

Karakteristik dan Kepadatan Sampah Laut pada Ekosistem Padang Lamun di Perairan Sanur, Pulau Bali

Eunike Siburian^{a*}, I Gede Hendrawan^a, Widiastuti^a

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

*Corresponding author, email: eunikesiburian2911@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 10 September 2024

Received in revised form: 15 November 2024

Accepted: 4 Januari 2025

Available online: 28 Februari 2025

Keywords:

Bali Island

Characteristics

Density

Marine Debris

Seagrass Ecosystems

ABSTRACT

Marine debris is one of the global issues that is now receiving serious attention. Economic and tourism growth in Bali Province has led to an increase in waste that is not always matched by an adequate waste management system. This study analyzed the characteristics and density of marine debris in seagrass ecosystems in Sanur Waters, Bali Island, and the relationship between seagrass density and marine debris density. Garbage collection was conducted at 16 location points covering the entire seagrass ecosystem area in Sanur Waters. The data collection method was performed using the method developed by the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) Global Plastic Pollution Project, where the marine debris studied was macro. Perpendicular line transects were drawn starting from the discovery of the first seagrass to the open sea along 50 meters with three repetitions at each point, where each repetition was carried out at three different transect locations 50 m apart from each other at each point. Of the various types of waste found, the most dominant kind of waste is plastic, which is 76.98%, dominated by the soft plastic class at as much as 49.01%, hard plastic class at 13.58%, and foam at 12.58%. The size of waste found was dominated by waste, with a size of 8-16 cm, which was as much as 28.15%. As much as 57% of the waste is in the form of whole, and 43% is in the form of fragments. Marine debris was scattered throughout the seagrass ecosystem area of Sanur Water, with debris density ranging from 0.07-0.22 pieces/m² with an average value of 0.12 pieces/m². The results of Pearson correlation analysis ($r = 0.08$) illustrate a less significant relationship between seagrass density and litter density.

ABSTRAK

Sampah laut merupakan salah satu isu global yang kini mendapat perhatian serius. Pertumbuhan ekonomi dan pariwisata di Provinsi Bali menyebabkan peningkatan sampah yang tidak selalu diimbangi dengan sistem pengelolaan sampah yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik dan kepadatan sampah laut pada ekosistem padang lamun di Perairan Sanur, Pulau Bali, serta hubungan antara kerapatan lamun terhadap kepadatan sampah laut. Pendataan sampah dilakukan di 16 titik lokasi yang mencakup seluruh kawasan ekosistem padang lamun di Perairan Sanur. Metode pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) Global Plastic Pollution Project dimana sampah laut yang dikaji merupakan sampah makro. Penarikan transek garis secara tegak lurus dilakukan dimulai dari ditemukannya lamun pertama menuju laut lepas sepanjang 50 meter dengan 3 kali pengulangan pada tiap titik, dimana pada tiap pengulangan dilakukan pada 3 lokasi transek berbeda yang berjarak 50 m antar satu sama lain pada setiap titik. Dari berbagai jenis sampah yang ditemukan, jenis sampah yang paling dominan adalah sampah plastik yakni sebesar 76,98% didominasi oleh kelas *soft plastic* sebanyak 49,01%, kelas *hard plastic* 13,58%, dan *foam* 12,58%. Ukuran sampah yang ditemukan didominasi oleh sampah dengan ukuran 8-16 cm sebanyak 28,15%. Sebanyak 57% sampah berbentuk *whole* dan sebanyak 43% berbentuk *fragment*. Sampah tersebar di seluruh kawasan ekosistem padang lamun Perairan Sanur, Pulau Bali dengan kepadatan sampah berkisar antara 0,07-0,22 buah/m² dengan nilai rata-rata 0,12 buah/m². Hasil analisis korelasi Pearson ($r=0,08$) yang menggambarkan hubungan kurang berarti antara kerapatan lamun dan kepadatan sampah.

Kata Kunci:

Ekosistem Padang Lamun

Karakteristik

Kepadatan

Pulau Bali

Sampah Laut

2025 JMRT. All rights reserved.

1. Pendahuluan

Sampah laut telah menjadi salah satu isu lingkungan global yang mendesak, dengan dampak yang signifikan terhadap ekosistem laut dan pesisir. Indonesia, sebagai negara kepulauan

dengan garis pantai yang panjang, menempati peringkat kedua sebagai penghasil sampah terbesar di dunia setelah Cina, dengan estimasi buangan sampah ke laut yang mencapai 0,48–1,29 juta metrik ton (MMT) per tahun (Jambeck *et al.*, 2015). Jika

permasalahan ini tidak segera diatasi, jumlah kebocoran sampah ke badan-badan air diperkirakan akan terus meningkat, hingga mencapai 780.000 ton per tahun (CBD-STAP, 2012).

Sampah laut dapat masuk melalui sungai atau dibuang secara langsung ke wilayah laut. Selain dari daratan, kegiatan yang berkaitan langsung dengan wilayah laut dapat menjadi potensi masuknya sampah laut seperti pariwisata (Chen *et al.*, 2019; Wilson & Verlis, 2017) maupun masyarakat yang tinggal di kawasan pesisir (Syakti *et al.*, 2017). Sumber sampah laut dapat melalui berbagai macam sumber namun umumnya kurang lebih 80% berasal dari wilayah daratan, sedangkan 20% berasal dari kegiatan di perairan laut seperti kegiatan perikanan maupun pelayaran (Niaounakis, 2017). Sampah laut menyebar karena terbawa arus laut yang merupakan pergerakan massa air secara horisontal yang disebabkan karena pengaruh pasang surut air laut, perbedaan densitas maupun pergerakan angin (Fazey dan Ryan, 2016). Peningkatan jumlah sampah laut ini memberikan dampak serius terhadap ekosistem laut, termasuk hilangnya keanekaragaman hayati di perairan. Salah satu ekosistem yang terancam oleh sampah laut adalah ekosistem lamun (GEF, 2012; Marissa, 2014).

Ekosistem lamun memiliki peranan penting terhadap ekologi yaitu sebagai produsen primer, sebagai stabilisator dasar perairan, sebagai pendaur hara, sebagai sumber makanan dan sebagai tempat asuhan (Azkab, 2000). Sebagai ekosistem pesisir, keberadaan ekosistem lamun ini memiliki ancaman kerusakan yang dapat mengurangi jumlah populasinya. Kerusakan ekosistem lamun disebabkan dari tekanan lingkungan yang bersifat alami dan aktivitas antropogenik (Green dan Short, 2003). Aktivitas antropogenik yang menyebabkan kerusakan pada lamun salah satunya adalah pariwisata. Meningkatnya pengunjung yang berwisata di daerah pesisir menjadi salah satu faktor meningkatnya sampah laut. Hal ini bersamaan dengan banyaknya pengunjung yang tidak bertanggungjawab yang membuang secara sengaja sampah seperti kemasan makanan, botol plastik, puntung rokok, dan sebagainya. Sampah yang dibuang lambat laun akan terbawa arus laut dan selanjutnya meningkatkan jumlah dan volume sampah di perairan (NOAA, 2015).

Provinsi Bali, khususnya Kota Denpasar, merupakan salah satu daerah di Indonesia yang mengalami peningkatan volume sampah secara signifikan. Peningkatan ini didorong oleh tingginya angka kunjungan wisatawan serta pertumbuhan jumlah penduduk (Putra *et al.*, 2022; Sudarmayasa dan Komang, 2023). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Denpasar (2023), pada tahun 2022 kepadatan penduduk di Kota Denpasar mencapai 5.770 penduduk/km². Selain itu, jumlah kunjungan wisatawan mancanegara pada tahun 2020 tercatat sebanyak 1.050.505 orang (BPS Kota Denpasar, 2021). Pertumbuhan ekonomi yang pesat, terutama di sektor pariwisata, telah menyebabkan peningkatan jumlah sampah yang dihasilkan di Bali. Namun, peningkatan ini tidak selalu diimbangi dengan sistem pengelolaan sampah yang memadai, di mana sebanyak 52% sampah di Provinsi Bali belum dikelola dengan baik, atau setara dengan 2.220 ton sampah per hari.

Sampah yang tidak dikelola dengan baik sering kali berakhir di saluran air dan akhirnya menuju laut, berkontribusi pada peningkatan volume sampah laut. Distribusi timbulan sampah di Kota Denpasar 827 ton/hari di mana sampah yang tidak ditangani dengan baik sebanyak 64 ton/hari (Bali Partnership, 2019). Sampah yang tidak ditangani dengan baik ditemukan sebanyak 33 ton/hari yang terbuang ke lingkungan dan 16 ton/hari terbuang ke saluran air. Sedangkan Menurut data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023), timbulan sampah di Kota Denpasar mencapai 980,78 ton/hari. Berkembangnya kegiatan manusia di wilayah pesisir seperti kegiatan penangkapan ikan, pariwisata, pemukiman,

dan aktivitas pelabuhan dapat menyebabkan adanya pengaruh terhadap volume sampah. Selain dari berkembangnya aktivitas manusia, daerah pesisir Kota Denpasar juga sangat rentan dengan pencemaran air lautnya yang diakibatkan pembuangan sampah dan limbah secara sembarangan di sungai-sungai yang secara langsung bermuara di pantai atau laut seperti Sungai Abianbasa dan Sungai Loloan di wilayah Mertasari. Hal ini diduga berdampak pada distribusi sampah di kawasan Perairan Sanur, Bali.

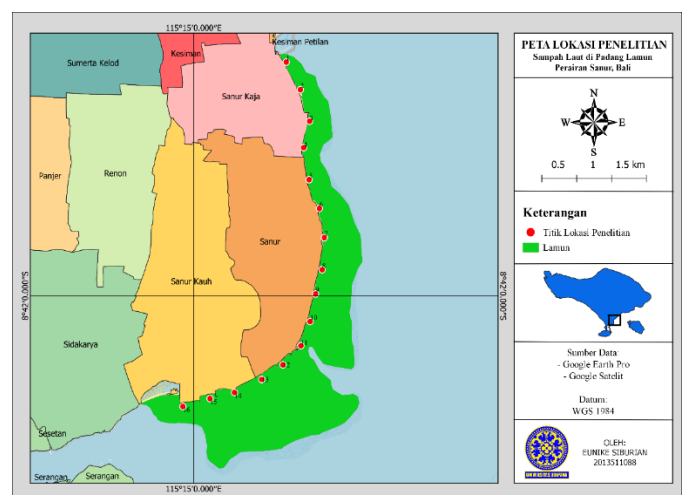
Tidak hanya aktivitas lokal, faktor alam seperti musim hujan, angin, dan arus laut juga berkontribusi terhadap penyebaran sampah laut ke wilayah Sanur. Berdasarkan data dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) Denpasar, kawasan Pantai Sanur setiap tahunnya menerima kiriman sampah sebanyak 20 ton akibat siklus angin dari timur ke barat. Peningkatan jumlah sampah laut ini tidak hanya mengancam ekosistem pantai tetapi juga menurunkan estetika pantai, yang pada akhirnya berdampak negatif terhadap sektor pariwisata, salah satu tulang punggung ekonomi Bali (Cordova, 2017).

Banyaknya sampah laut yang masuk ke laut menimbulkan dampak langsung maupun tidak langsung pada ekosistem padang lamun. Menghadapi permasalahan ini, diperlukan pemahaman yang mendalam mengenai karakteristik dan kepadatan sampah laut di ekosistem padang lamun, terutama di kawasan Sanur. Informasi ini sangat penting sebagai dasar untuk menentukan strategi pengelolaan yang tepat dan berkelanjutan guna melindungi ekosistem padang lamun dan menjaga kelestarian lingkungan pesisir.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2024 di kawasan ekosistem padang lamun Perairan Sanur (Gambar 1). Penentuan lokasi pengambilan data sampah tidak menggunakan kriteria tertentu sehingga seluruh kawasan padang lamun di Perairan Sanur, Bali mendapatkan kesempatan yang sama untuk dipilih menjadi salah satu titik lokasi pendataan pada penelitian ini. Titik pendataan dipilih secara acak dengan metode *Simple Random Sampling* dengan jarak antar titik ± 500 m dan didapat 16 titik yang dianggap dapat mewakili seluruh kawasan padang lamun di Perairan Sanur.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan data sampah dilakukan dengan mengadaptasi metode yang dikembangkan oleh *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) Global Plastic*

Pollution Project (Schuyler *et al.*, 2018). Dalam penelitian ini sampah laut yang dikaji merupakan sampah yang tergolong ke dalam sampah makro dengan ukuran >2,5 cm sampai dengan 1 m. Metode ini dilakukan dengan menarik transek garis secara tegak lurus dengan bibir pantai, dimulai dari titik 0 (nol) pada meteran. Penentuan titik 0 (nol) dimulai dari ditemukannya lamun pertama menuju laut lepas sepanjang 50 meter dengan 3 kali pengulangan pada tiap titik, dimana pada tiap pengulangan dilakukan pada 3 lokasi transek berbeda yang berjarak 50 m antar satu sama lain pada setiap titik (Schuyler *et al.*, 2018). Setelah transek telah ditentukan, kegiatan selanjutnya meliputi (Ningsih *et al.* 2020):

1. Pengumpulan sampah laut dilakukan dengan metode transek garis (*line transek*) sebanyak dua kali penyisiran dari pinggir pantai ke arah laut dan sebaliknya untuk memastikan semua sampah terambil.
2. Pengambilan sampel (Gambar 2) pada garis dengan lebar 1 meter ke arah kiri dan 1 meter ke arah kanan dengan panjang garis transek 50 meter.
3. Pengamat berjalan di sepanjang penampang/garis transek, dimana ukuran sampah yang diamati > 2,5 cm - < 1 m (*macro-debris*).
4. Sampah yang ditemukan di substrat maupun yang menempel di lamun pada setiap interval penampang dikumpulkan kemudian dicatat sesuai dengan karakteristiknya dalam *form items list*.
5. Sampel sampah laut yang dikumpulkan dari setiap titik transek dicatat dan dokumentasikan.



Gambar 2. Cara penggunaan transek pada tiap lokasi penelitian (Schuyler *et al.*, 2018).

Pendataan sampah dilakukan dengan cara mencatat berupa jumlah dan jenis sampah, ukuran, titik koordinat pada titik mulai dan titik akhir transek, total panjang line transek dan diakhiri dengan dokumentasi setiap stasiun. Adapun jenis sampah dikategorikan ke dalam 13 kategori kelas sampah, diantaranya adalah kelas *hard plastic, soft plastic, plastic straps, metal, glass, rubber, foam, paper, fishing, timber, cloth, miscellaneous* dan *other*. 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). Kondisi bentuk sampah terbagi menjadi 2 kategori, yaitu sampah berbentuk utuh (*whole*) dan tidak utuh (*fragment*). Ketika bentuk sampahnya masih dominan utuh dan masih dapat diidentifikasi dengan persentase >80%, sampah tersebut termasuk ke dalam sampah utuh (*whole*). Ketika sampah berada pada persentase 60-70% di bawah bentuk asli, maka sampah termasuk ke dalam sampah tidak utuh (*fragment*). Pengambilan data kerapatan lamun juga dilakukan di setiap transek garis. Dalam 1 transek garis terdiri dari 3 transek kuadran berukuran 50 x 50 cm yang diletakkan di awal, tengah dan akhir transek garis sehingga didapatkan 9 transek kuadrat pada tiap titik.

2.3 Analisis Data

2.3.1 Analisis Karakteristik Sampah Laut

Karakteristik sampah laut dianalisa berdasarkan persentase kelas sampah, jenis sampah, ukuran sampah dan bentuk sampah (utuh/tidak utuh). Perhitungan persentase kelas, jenis, ukuran dan bentuk sampah dihitung berdasarkan 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, serta
X_i = Total kelas, jenis, bentuk dan ukuran sampah ke-i.

2.3.2 Kepadatan Sampah

Tahap awal analisis data dilakukan dengan perhitungan Kepadatan sampah. Kepadatan sampah menggambarkan jumlah sampah dalam suatu unit area. Kepadatan sampah laut dihitung berdasarkan persamaan 2 (Lippiatt *et al.*, 2013):

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

Keterangan:

C = Kepadatan sampah (buah/m²),
n = Total sampah,
w = lebar transek (m), dan
l = Panjang transek (m)

Analisis statistik dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel 2021* dan divisualisasikan dalam bentuk statistik deskripsi seperti diagram batang/ grafik.

2.3.3 Kerapatan Lamun

Pada setiap stasiun terdapat 3 *line transek* (panjang 50 meter) dengan jarak masing-masing line 50 meter yang ditarik dari arah pantai menuju arah laut (*offshore*). Pengamatan kerapatan lamun dilakukan menggunakan transek kuadrat berukuran 50 cm x 50 cm yang diletakkan di titik awal, tengah dan ujung line transek. Pengamatan kerapatan lamun (Bengen, 2003) dilakukan dengan cara menghitung jumlah tegakan di dalam plot. Kerapatan lamun dihitung dengan menggunakan persamaan (3) (Brower *et al.*, 1990):

$$D_i = \frac{N_i}{A} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

D_i = Kerapatan jenis lamun (tegakan/m²)
N_i = Jumlah tegakan
A = Luas daerah yang di sampling (m²)

2.3.4 Analisis Statistik

Korelasi Pearson menghasilkan koefisien korelasi yang berfungsi untuk mengukur kekuatan hubungan linear antara dua variabel. Jika hubungan antara dua variabel tidak bersifat linear, nilai koefisien korelasi ini mencerminkan ketidak adanya hubungan linear antara keduanya. Meskipun keduanya dapat memiliki hubungan yang kuat (Firdaus, 2009). Pada penelitian ini, koefisien korelasi antara kedua variabel dibandingkan antara variabel kepadatan sampah laut dengan kerapatan lamun. Persamaan dan kriteria untuk menentukan nilai koefisien Korelasi

pearson menurut Setiawan (2004), masing masing ditunjukkan pada persamaan 4 dan Tabel 1.

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

Dimana:

r_{xy} = Koefisien korelasi antara variabel X dan Y

x = deviasi dari mean untuk nilai variabel X

y = deviasi dari mean untuk nilai variabel Y

$\sum xy$ = jumlah perkalian antara nilai X dan Y

x^2 = Kuadrat dari nilai x

y^2 = Kuadrat dari nilai y

Tabel 1. Kriteria Nilai Korelasi Pearson

Koefisien Korelasi (r_{xy})	Kekuatan Hubungan
0,00	Tidak Ada Hubungan
0,01 – 0,09	Hubungan Kurang Berarti
0,10 – 0,29	Hubungan Lemah
0,30 – 0,49	Hubungan Moderat
0,50 – 0,69	Hubungan Kuat
0,70 – 0,89	Hubungan Sangat Kuat
>0,90	Hubungan Mendekati Sempurna

One Way ANOVA (Analysis of Variance) adalah uji statistik yang digunakan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata tiga atau lebih kelompok independen. Uji ini memeriksa apakah variasi antar kelompok lebih besar daripada variasi dalam kelompok, yang akan menunjukkan bahwa setidaknya satu kelompok berbeda secara signifikan dari yang lain.

Tabulasi dan diagram dianalisis menggunakan *software Microsoft Excel*, sedangkan untuk analisis perbedaan kelimpahan menggunakan *software IBM SPSS 29* dengan penggunaan uji *One Way Anova* dengan uji lanjut *post hoc* untuk dapat menganalisis perbandingan rata-rata konsentrasi sampah laut pada tiap stasiun. Adapun hipotesis dan kriteria dari analisis yang digunakan diantaranya adalah sebagai berikut:

H_0 : tidak terdapat perbedaan secara signifikan kepadatan sampah laut

$\text{sig} > 0,05$ maka H_0 diterima, H_a ditolak

H_a : terdapat perbedaan secara signifikan kepadatan sampah laut

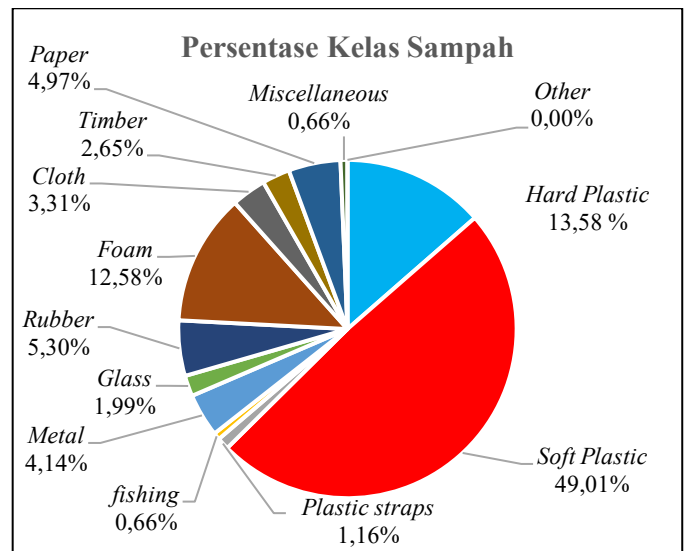
$\text{sig} < 0,05$ maka H_0 ditolak, H_a diterima

2. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Sampah

3.1.1 Kelas dan Jenis Sampah

Pada pendataan sampah yang telah dilakukan di lokasi penelitian diperoleh jumlah total sampah yang tercatat sebanyak 604 buah sampah dari 48 transek yang tersebar di 16 titik lokasi pengamatan di sepanjang kawasan padang lamun perairan Sanur.



Gambar 3. Klasifikasi kelas sampah di kawasan Padang Lamun Perairan Sanur.

Berdasarkan Gambar 3, diketahui bahwa dari berbagai jenis sampah yang ditemukan, adapun jenis sampah yang paling dominan adalah sampah plastik yakni sebesar 76,98% (465 buah) yang terdiri dari kelas *soft plastic* (plastik lunak) mencapai angka 49,01%, kelas *hard plastic* (plastik keras) 13,58%, *foam* (busa) 12,58%, *plastic straps* (tali plastik) 1,16%, dan *fishing* (sampah pancing) 0,66%. Selain itu terdapat juga sampah *non plastic* sebesar 23,01% (139 buah) yang terdiri dari beberapa kelas sampah diantaranya, *rubber* (karet) yakni sebesar 5,30%, *paper* (kertas) 4,97%, *metal* (logam) 4,14%, *cloth* (kain) 3,31%, *timber* (kayu) 2,65%, *glass* (kaca) 1,99%, dan *miscellaneous* (lainnya) 0,66% (Gambar 3).

Jenis sampah plastik yang paling banyak ditemukan berupa *food wrapper/label* (pembungkus makanan/label), *unknown/other soft* (Plastik lunak lain/yang tidak diketahui), *other plastic bag* (plastik pembungkus), *food container* (wadah makanan), *foam* (busa), *straw* (sedotan), *cup/plates foam* (gelas/piring busa), *bottle cap/lid* (tutup/tutup botol), *rubber band* (gelang karet), *cigarette/butt* (puntung rokok), *cup/lid* (cangkir/tutup), *unknown/other hard* (tidak diketahui/sulit lainnya), *botol*, *lollipop stick* (stik permen), dan juga perkakas makan. Sampah-sampah tersebut dapat berasal dari darat seperti aktivitas konsumsi, aktivitas wisata, sapuan *runoff* dari jalan-jalan dan saluran pembuangan (Sul *et al.*, 2011; Jang *et al.*, 2014). Hasil yang diperoleh sejalan dengan penelitian terdahulu bahwa jenis sampah laut (*marine debris*) yang ditemukan pada area pantai berupa jenis sampah plastik botol, plastik keras, plastik kemasan, karet, tali, botol kaca, *sterofoam*, logam, dan lain sebagainya (Patuwo *et al.*, 2020). Hasil penelitian lainnya mengindikasikan hal serupa bahwa sampah laut jenis plastik merupakan sampah dominan pada area pesisir bahkan mencapai lebih dari 90%, (Johan *et al.*, 2020).

Kelas sampah yang paling dominan ditemukan pada lokasi pendataan sampah adalah kelas *soft plastic* (49,01%), *hard plastic* (13,58%), dan *foam* (12,58%). Hal ini karena sampah plastik merupakan jenis sampah yang paling umum diproduksi sehingga dapat terdistribusi ke seluruh perairan (Zhukov, 2017). Hal tersebut juga mengindikasikan bahwa sampah tersebut dapat berasal dari aktivitas dan kawasan di sekeliling dan sepanjang garis pantai Perairan Sanur yang berpotensi memiliki peran sebagai penyumbang sampah, seperti aktivitas wisata, aktivitas konsumsi di kawasan permukiman, aktivitas nelayan, aktivitas penyeberangan dan masukan aliran air. Sampah dari kelas plastik,

baik plastik lunak (*soft plastic*) maupun plastik padat (*hard Plastic*) umum dijumpai dikarenakan penggunaan plastik yang masih menjadi komoditi utama untuk menjadi bahan penggunaan kebutuhan masyarakat sehari-hari. Menurut NOAA (2016) sampah plastik merupakan jenis paling umum dan banyak dijumpai serta yang paling beresiko memberikan dampak terhadap organisme laut. Zink *et al.* (2017) juga melaporkan bahwa setengah dari seluruh plastik yang diproduksi densitasnya lebih kecil dibandingkan air laut oleh karenanya dapat terapung di laut sehingga lebih mudah dalam penyebarannya.

Tabel 2. Jenis Sampah Terbanyak yang ditemukan di kawasan Padang Lamun Perairan Sanur Bali

10 Jenis Sampah Terbanyak yang Ditemukan							
Urutan	Class					Jenis Sampah	
1	Soft Plastic	Hard Plastic	Foam	Rubber	Cloth	Paper	Food wrapper/label
2							Unknown/other soft
3							Other plastic bag
4							Food Container
5							Straw
6							Cup/plates/bowls
7							Bottle cap/lid
8							Rubber band
9							Cigarette/butt
10							Cup/lid

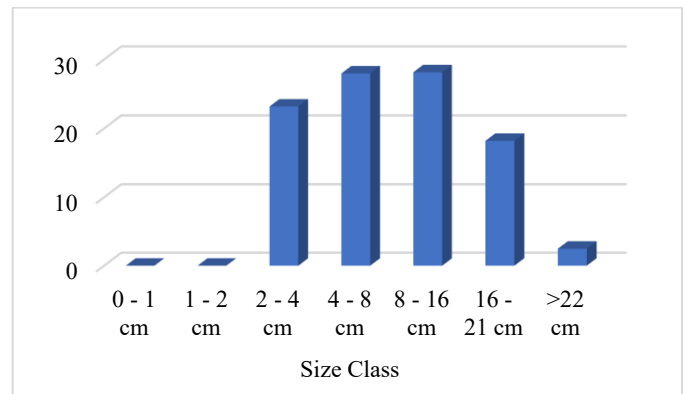
3.1.2 Ukuran dan Bentuk Sampah

Berdasarkan ukurannya, Lippiat *et al.* (2013) telah mengklasifikasikan karakteristik ukuran sampah laut ke dalam lima kategori, yaitu *Mega-debris* (>1 m), *Macro-debris* (>2,5 cm - 1 m), *Meso-debris* (5 mm - 2,5 cm), *Micro-debris* (0,33 mm - 5,00 mm), dan *Nano-debris* (<1 nanometer). Faktor-faktor yang mempengaruhi bentuk dan ukuran sampah yang terdampar di lingkungan meliputi lama waktu sampah tersebut berada di lingkungan tersebut, kondisi lingkungan di wilayah tersebut, serta keadaan bentuk sampah saat pertama kali masuk ke lingkungan tersebut (Zarfl *et al.*, 2011).

Pada penelitian ini, karakteristik ukuran sampah yang ditemukan dibatasi hanya sampah dengan ukuran *macro-debris*. Ukuran sampah yang diambil ditentukan oleh dimensi terpanjang dari sampah yang sesuai dengan kotak kelas ukuran. Dari 604 buah data sampah yang terkumpul, sampah yang terdapat di kawasan padang lamun Perairan Sanur didominasi oleh sampah dengan ukuran 8-16 cm sebanyak 28,15% yang terdiri dari beberapa jenis sampah seperti pembungkus/label makanan, cup minuman, botol minuman, kaleng makanan, minuman kotak berbahan kertas, bungkus rokok, plastik lunak tidak diketahui/lunak lainnya, dan lain-lain. Kemudian diikuti oleh ukuran 4-8 cm yang jumlahnya hampir sama dengan ukuran 5 yakni sebanyak 27,98% yang terdiri dari jenis pembungkus/label makanan, pecahan plastik lunak, *lollipop stick/earbud*, gelang karet, pecahan kantong plastik, baterai, dan lain-lain. Kemudian ukuran 2-4 cm sebesar 23,18% dengan jenis tutup botol, puntung rokok, sampah pecahan pembungkus makanan/label, pecahan plastik lunak tidak diketahui/lunak lainnya, pecahan wadah makanan busa, pecahan kaca, dan lain-lain. Lalu ukuran 16-21 cm sebesar 18,21% seperti pembungkus makanan, botol minuman, sedotan besar, perkakas makanan, sendal, plastik lembut tidak diketahui/lunak lainnya, kantong plastik, tali, wadah makanan, plastik keras tidak

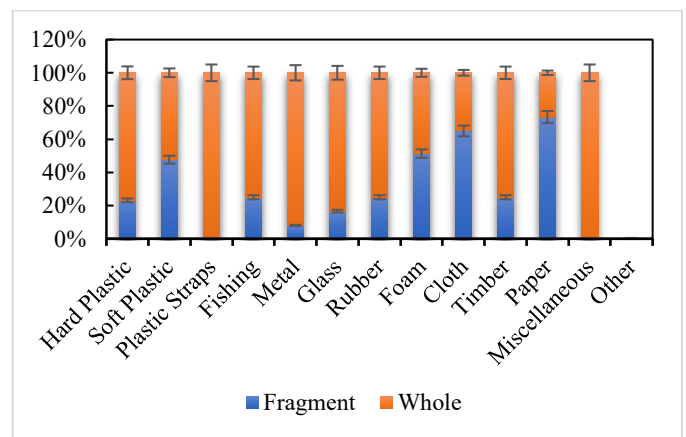
diketahui/sulit lainnya, dan lain-lain. Selanjutnya sampah dengan ukuran >22 cm sebesar 2,48% seperti pakaian, kayu, kantong plastik lainnya, tali, dan lain-lain.

Pada penelitian ini, sampah dengan ukuran 1 (0-1 cm) dan ukuran 2 (1-2 cm) tidak didata karena data sampah yang diambil yakni sampah *macro-debris* di mana sampah ini merupakan jenis sampah dengan ukuran yang masih dapat dilihat secara visual sebab ukurannya yang masih berkisar >2,5 cm - 1m. Kondisi yang sama juga dilaporkan oleh Djaguna *et al.* (2019); Bangun *et al.* (2019); Pane *et al.* (2020) dan Lasut *et al.* (2021) bahwa sampah makro merupakan sampah yang paling banyak ditemukan di pesisir pantai. Hal ini disebabkan karena produksi sampah ukuran makro jauh lebih banyak dibandingkan ukuran meso dan juga perubahan sampah makro menjadi kepingan yang lebih kecil membutuhkan waktu dan proses yang cukup lama. Sampah dengan ukuran yang kecil cenderung tenggelam sebelum menyebar jauh ke laut (Fazey dan Ryan, 2016).



Gambar 4. Jumlah sampah pada tiap kelas ukuran sampah

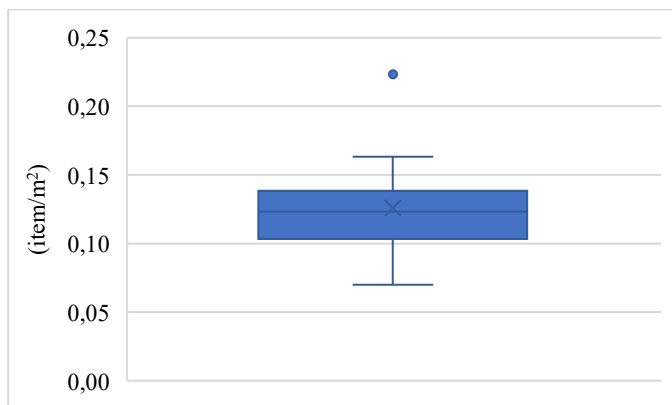
Dari 604 sampah yang terdata, 344 sampah berbentuk utuh (57%) dan 260 sampah berbentuk pecahan (43%). Sampah berbentuk utuh (*whole*) didominasi oleh kelas sampah *soft plastic*, *hard plastic*, *foam*, *rubber*, *metal*, *tinber*, *glass*, *paper*, *cloth*, *miscellaneous*, dan *plastic straps*. Sedangkan sampah berbentuk pecahan (*fragment*) mendominasi pada kelas *soft plastic*, *foam*, *paper*, *hard plastic*, *cloth*, *rubber*, *plastic straps*, *tinber*, *fishing*, *glass* dan *metal*. Banyaknya sampah utuh yang ditemukan di kawasan padang lamun Perairan Sanur dapat mengindikasikan bahwa sampah tersebut relatif belum lama masuk ke lingkungan laut sehingga memungkinkan bahwa sampah tersebut berasal dari sumber lokal mengingat daerah pendataan sampah merupakan daerah dengan aktivitas manusia secara langsung sehingga dapat berdampak terhadap masuknya sampah di wilayah tersebut.



Gambar 5. Persentase bentuk pada tiap kelas sampah

3.2 Kepadatan Sampah

Berdasarkan hasil 48 transek yang tersebar di 16 titik pengamatan didapatkan sampah di kawasan padang lamun Perairan Sanur berkisar antara 0,07-0,22 buah/m² dengan nilai rata-rata 0,13 buah/m². Gambar 8 menunjukkan distribusi nilai kepadatan sampah dalam satuan item per meter persegi (item/m²) menggunakan *boxplot* yang mengilustrasikan beberapa statistik deskriptif penting. Nilai kepadatan tertinggi yang tercatat adalah 0,22 item/m², yang dianggap sebagai *outlier*. Nilai ini berada di luar *whisker* atas, menunjukkan bahwa meskipun jarang terjadi, ada beberapa kasus di mana kepadatan sampah mencapai tingkat yang sangat tinggi. Nilai kepadatan terendah yang tercatat adalah 0,07 item/m², yang ditunjukkan oleh *whisker* bawah. Hal ini menunjukkan batas bawah dari nilai kepadatan sampah yang bukan *outlier*, mengindikasikan bahwa dalam beberapa area, kepadatan sampah bisa sangat rendah.



Gambar 6. *Boxplot* nilai rata-rata kepadatan

Berdasarkan hasil 48 transek yang tersebar di 16 titik pengamatan didapatkan sampah di kawasan padang lamun Perairan Sanur berkisar antara 0,07-0,22 buah/m² dengan nilai rata-rata 0,12 buah/m². Sampah di kawasan padang lamun perairan Sanur tersebar di seluruh sisi kawasan, dimana kawasan yang paling terdampak dengan tingginya nilai kepadatan sampah adalah di kawasan padang lamun Pantai Karang (titik 7) dengan rata-rata kepadatan 0,22 item/m². Hal ini disebabkan oleh Pantai Karang yang menjadi salah satu area dengan tingkat aktivitas antropogenik yang cukup ramai di kawasan perairan Sanur dan *backshore type* (tipe pantai belakang) merupakan area permukiman, *cafe*, hotel, *home stay* sehingga dapat berdampak pada tingginya kepadatan sampah. Menurut Yormie (2019), penyumbang sampah terbanyak di Kota Manado berasal dari pemukiman warga sebesar 65,68%, pasar tradisional 8,12%, pusat perniagaan 5,65%, dan sampah kawasan 2,4%. Hal ini didukung juga dengan penelitian Bergmann *et al.* (2017); Andrades *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa sebagian besar sampah laut berasal dari sumber berbasis lahan terutama pada pemukiman padat penduduk dan wisatawan.

Sampah yang terdampar di sekitar pantai ini diasumsikan terbawa dari pemukiman warga, aktivitas wisatawan dan pengguna kawasan pantai tersebut yang ditandai dengan banyaknya sampah kemasan produk kebutuhan dan peralatan sehari-hari yang ditemukan. Aktifitas manusia berperan penting dalam menyumbang sampah masuk ke lingkungan (Olivatto *et al.*, 2019). Hal tersebut dapat dilihat dari jenis sampah yang ditemukan di kawasan ini merupakan sampah sekali pakai yang cenderung belum lama berada pada kawasan lamun seperti sampah pembungkus makanan/makanan/label (*soft plastic*), botol minuman (*hard plastic*), dan sampah wadah makanan (*foam*) yang umumnya hanya digunakan sekali. Hal ini juga didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Bangun *et al.* (2019) bahwa aktivitas rekreasi

lokal menjadi salah satu sumber kelimpahan sampah pada pantai. Aktivitas laut juga dapat menjadi penyumbang sampah ke laut (Cheshire dan Adler, 2009). Pada lokasi ini juga ditemukan sampah peralatan pancing sehingga sumber sampah pada lokasi ini tidak hanya berasal dari darat namun juga berasal dari laut meskipun dengan proporsi yang sangat kecil.

Kepadatan sampah terendah berada di Pantai Segara Ayu (titik 1, 2, dan 3) tercatat memiliki rata-rata konsentrasi antara 0,07 hingga 0,16 buah/m². Beberapa faktor utama berkontribusi terhadap rendahnya tingkat konsentrasi sampah di kawasan ini yakni Pantai Segara Ayu dikenal sebagai salah satu kawasan dengan tingkat keramaian yang cukup rendah di wilayah Sanur, sehingga jumlah sampah yang dihasilkan dari aktivitas manusia juga lebih sedikit. Penelitian Thomson *et al.* (2009) juga menegaskan bahwa kawasan dengan tingkat aktivitas manusia yang lebih rendah cenderung memiliki jumlah sampah yang lebih sedikit karena aktivitas wisata dan lokal yang lebih terbatas. Besarnya sampah yang dihasilkan dalam suatu daerah tertentu sebanding dengan jumlah penduduk, jenis aktivitas yang beragam dan tingkat konsumsi penduduk tersebut terhadap barang material (Manik *et al.*, 2016).

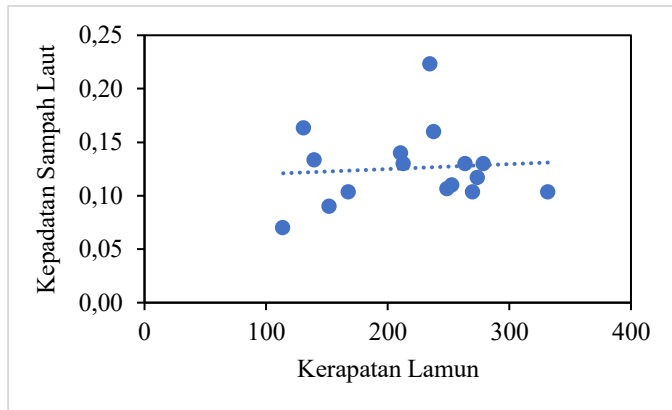
Pantai Sanur dikenal memiliki aksesibilitas tinggi bagi wisatawan dan penduduk setempat, yang berdampak pada peningkatan jumlah sampah di kawasan tersebut. Meskipun pihak berwenang rutin mengadakan kegiatan pembersihan pantai di beberapa lokasi strategis, timbulan sampah tetap belum teratasi sepenuhnya. Menurut Thompson *et al.* (2004), meskipun berbagai peraturan dan tindakan sudah diterapkan untuk mengurangi sampah laut, keberadaan sampah tetap terlihat di beberapa area dan bahkan cenderung meningkat. Hal ini sejalan dengan penelitian Andrady (2011), yang menyatakan bahwa sampah plastik, yang merupakan sebagian besar dari sampah ini, tidak mudah terurai di lingkungan. Akibatnya, jumlah sampah plastik terus bertambah seiring berjalannya waktu, memperparah kondisi lingkungan pesisir. Kondisi ini tidak hanya merusak estetika pantai tetapi juga mengancam ekosistem laut dan kesehatan masyarakat sekitar. Oleh karena itu, diperlukan upaya lebih lanjut yang tidak hanya melibatkan pembersihan rutin tetapi juga edukasi masyarakat dan kebijakan yang lebih ketat dalam pengelolaan sampah. Barnes *et al.* (2009) menekankan bahwa masalah sampah plastik di lautan adalah krisis lingkungan yang membutuhkan tindakan segera dan kolaboratif dari berbagai pihak untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan laut dan kesehatan global.

3.3 Hubungan antara Kerapatan Lamun terhadap Kepadatan Sampah Laut

Berdasarkan hasil pengamatan kerapatan total lamun yang dilakukan pada 48 line transek terdapat jenis lamun yang ditemukan yakni *Enhalus acoroides*, *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, *Syringodium isoetifolium*, *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata* dan *Halophila ovalis*. Kerapatan lamun tertinggi terdapat pada titik ulangan 5, 6, dan 10 mencapai 332 tegakan/m². Sedangkan kerapatan lamun terendah berada pada titik ulangan 2, 1 dan 3 dengan kerapatan total 114 tegakan/m², 131 tegakan/m², dan 152 tegakan/m². Jenis lamun yang ditemukan di Pantai Sanur pada penelitian ini memiliki jumlah jenis yang sama pada penelitian yang dilakukan Arthana (2004). Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi dan Ernawati (2018) di Pantai Sanur didapatkan sebanyak 6 jenis, yaitu *Cymodocea serrulata*, *Cymodocea rotundata*, *Halophila ovalis*, *Halodule uninervis*, *Halodule pinifolia*, dan *Syringodium isoetifolium*. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan tahun dan titik stasiun pengamatan.

Pengamatan kerapatan lamun yang dilakukan menunjukkan bahwa kerapatan lamun di Perairan Sanur (Gambar 9) masuk

kategori tinggi merujuk kepada pernyataan Supriadi *et al.* (2012) dimana kategori kerapatan lamun yang rendah bernilai < 50 tegakan/m², kepadatan yang sedang yakni bernilai 50 - 100 tegakan/m² serta kepadatan yang tinggi bernilai > 100 tegakan/m².



Gambar 7. Hubungan antara Kerapatan Lamun terhadap Kepadatan Sampah Laut

Analisis korelasi menggunakan uji korelasi Pearson dengan hasil koefisien korelasi sebanyak ($r = 0,08$) yang menggambarkan hubungan kurang berarti antara kerapatan lamun dan kepadatan sampah. Pola sebaran titik-titik pasangan data pada hasil analisis korelasi menunjukkan titik-titik pasangan data tidak mendekati garis lurus (garis linier), dimana hubungan antara tegakan lamun dan volume sampah tersebut dapat menunjukkan tidak adanya korelasi antara kepadatan sampah dengan tegakan lamun. Hasil yang sama juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sintia *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa berdasarkan hasil uji korelasi dinyatakan tidak berkorelasi positif antara volume sampah dengan tegakan total spesies lamun di Padang Lamun P. Kedindingan. Hal yang sama juga ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh Mandasari (2014) hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan dan morfologi daun lamun tidak terkait dengan volume sampah yang mudah terurai dan sulit terurai di Pulau Barranglompo.

Persebaran sampah bukan dipengaruhi oleh kerapatan lamun, namun faktor lain. Masuknya sampah makro kedalam perairan dapat dibantu oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi distribusi *macrodebris* di perairan yaitu pasang surut air laut. Pengamatan dilokasi selama terjadinya proses pasang terlihat beberapa sampah makro yang sebelumnya berada di daratan terbawa masuk ke dalam perairan dibantu oleh proses pasang surut, arus dan gelombang. Hujan lebat dan banjir dapat membawa sampah dari lingkungan daratan dataran tinggi melalui kanal dan sungai yang berakhir di lautan (Requiron dan Bacosa, 2022). Menurut Galgani *et al.* (2000) geomorfologi, kondisi geografis, hidrodinamika, dan stratifikasi batimetri semuanya memiliki peran dalam penyebaran sampah di dasar laut pesisir/dasar laut. Telah diketahui bahwa sampah plastik dapat diangkut ke tempat-tempat terpencil melalui arus, pasang surut, dan bahkan iklim (Galgani *et al.*, 2013).

Sampah yang terdapat di wilayah pesisir adalah sampah yang dihasilkan dari pembuangan masyarakat sekitar dan kemudian masuk ke dalam perairan dengan bantuan siklus pasang surut dan arus yang terjadi. Ketika sampah sampai di laut, sampah akan tenggelam dan tertumpuk di lokasi sampah pertama kali masuk ke laut (Galgani *et al.*, 2000; Barnes *et al.*, 2010). Tetapi, ada kemungkinan sampah mengapung di laut pada waktu yang lama sehingga bisa dijumpai jauh dari tempat asalnya. Sampah yang masuk ke perairan tidak semuanya akan terperangkap oleh padang lamun yang ada di perairan, dan juga tidak semua sampah yang

telah terperangkap akan menetap di padang lamun melainkan ada juga yang akan menuju keperairan yang lebih dalam dikarenakan adanya peristiwa pasang surut. Hal ini sesuai dengan pengamatan yang telah dilakukan pada saat pengambilan data dimana sampel sampah laut yang terperangkap pada padang lamun yang ada di Stasiun pada saat pasang sampah menghilang. Namun ada sampel sampah yang tetap berada di padang lamun pada saat pasang dikarenakan sampah tersebut telah banyak ditutupi oleh sedimentasi perairan dan berada di dekat substrat padang lamun.

Distribusi sampah dipengaruhi oleh proses pasang surut dan bantuan arus yang membawa masuk sampah dengan jumlah yang banyak kedalam suatu perairan. Sampah dilaut juga dapat terbawa dari satu lokasi ke lokasi lain oleh arus laut dan angin, bahkan dapat menempuh jarak yang jauh dari sumbernya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kurniawan *et al.* (2021), pasang surut dan arus tidak hanya mengangkut nutrisi dari darat ke laut, tetapi juga membawa sampah di sekitar suatu perairan ke lokasi penelitian. Laut menjadi tempat pembuangan sampah atau limbah secara langsung dari berbagai aktivitas manusia, oleh karena itu berbagai jenis sampah dan polutan lainnya mudah ditemukan dilaut (Djaguna *et al.*, 2019).

3.4 Perbedaan Kepadatan Sampah Laut di antara Lokasi yang Diuji

ANOVA adalah metode statistik yang digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata antara tiga atau lebih kelompok. Dalam konteks penelitian ini, ANOVA digunakan untuk menentukan apakah ada perbedaan signifikan dalam kepadatan sampah laut antar lokasi yang diuji. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kepadatan sampah laut di tiga jalur transek (*Line 1*, *Line 2*, dan *Line 3*) menggunakan analisis varians (ANOVA) dan uji lanjut (*post-hoc*) Tukey HSD.

Nilai signifikansi (Sig. (0.778) > 0.05) menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dalam kepadatan sampah laut di antara lokasi yang diuji. Hal ini berarti variasi dalam kepadatan sampah laut di berbagai lokasi tidak cukup besar untuk dianggap berbeda secara statistik. Nilai F yang rendah (0,252) dalam hasil ANOVA menunjukkan bahwa variabilitas antara kelompok lebih kecil dibandingkan dengan variabilitas dalam kelompok. Ini berarti bahwa perbedaan rata-rata kepadatan sampah laut antar jalur transek (*Line 1*, *Line 2*, dan *Line 3*) tidak cukup besar untuk dianggap signifikan secara statistik. Dengan kata lain, variasi kepadatan sampah laut lebih banyak terjadi di dalam masing-masing jalur transek daripada di antara jalur transek yang berbeda. Hal ini mendukung kesimpulan bahwa perbedaan kepadatan sampah laut antar lokasi tidak signifikan.

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam kepadatan sampah laut antar kelompok. Untuk mendalami lebih lanjut, dilakukan uji lanjut (*post-hoc*) menggunakan *Tukey HSD (Honestly Significant Difference)* untuk membandingkan setiap pasangan kelompok. Uji Tukey HSD digunakan untuk menentukan kelompok mana yang berbeda secara signifikan setelah ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan (meskipun dalam kasus ini ANOVA tidak menunjukkan perbedaan signifikan, uji *post-hoc* tetap dilakukan untuk melihat detail perbandingan antar kelompok).

Berdasarkan hasil uji *Tukey HSD*, seluruh nilai Sig. lebih besar dari 0.05, menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam kepadatan sampah laut antara semua pasangan kelompok (*Line 1*, *Line 2*, dan *Line 3*). *Confidence Interval* (Interval kepercayaan) untuk setiap perbandingan mencakup nol, yang menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata antara kelompok tidak signifikan secara statistik. Ini menguatkan hasil analisis ANOVA sebelumnya bahwa kepadatan sampah laut di berbagai lokasi tidak berbeda secara signifikan.

Hasil Uji *Tukey HSD* menunjukkan kepadatan sampah laut rata-rata untuk *Line 1* adalah 0,1200, untuk *Line 2* adalah 0,1269, dan untuk *Line 3* adalah 0,1306. Perbedaan ini cukup kecil di antara ketiga jalur transek. Nilai signifikansi (0,764) lebih besar dari 0,05, menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dalam kepadatan sampah laut di antara ketiga jalur transek. Ini berarti bahwa variasi kepadatan sampah laut di *Line 1*, *Line 2*, dan *Line 3* tidak signifikan secara statistik. Semua jalur transek termasuk dalam subset yang homogen dengan $\alpha = 0,05$, yang berarti bahwa rata-rata kepadatan sampah laut tidak berbeda secara signifikan di antara ketiganya.

Faktor yang menjadi penyebab hasil yang ditemukan tidak terdapat perbedaan yang signifikan diduga karena distribusi sampah yang merata di mana sampah laut bisa saja terbawa arus, angin, gelombang atau pasang surut yang mendistribusikan sampah secara merata di berbagai lokasi pengamatan. Kesamaan aktivitas di area sekitar di mana pengamatan berada di lokasi dengan aktivitas manusia yang serupa, seperti wilayah wisata, aktivitas perikanan, atau daerah permukiman yang berdekatan, maka sumber sampah hampir sama. Selain itu, kondisi lingkungan yang serupa di semua stasiun selama periode pengambilan data menyebabkan sampah diduga tersebar dengan pola yang relatif konsisten.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Sampah di kawasan padang lamun Perairan Sanur terdiri dari beragam kelas dan jenis yang beragam di mana kelas sampah yang paling dominan ditemukan pada lokasi pendataan sampah adalah kelas *soft plastic* (49,01%), *hard plastic* (13,58%), dan *foam* (12,58%). Ukuran sampah didominasi 8-16 cm (28,15%) dan >22 cm (2,48%). Dari 604 sampah yang ditemukan di kawasan Padang Lamun Perairan Sanur sebanyak 344 sampah berbentuk utuh (57%) dan 260 sampah berbentuk pecahan (43%).
2. Kepadatan sampah laut pada ekosistem padang lamun di Perairan Sanur berkisar antara 0,07-0,22 buah/m² dengan nilai rata-rata 0,13 buah/m². Hasil uji ANOVA menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan dalam kepadatan sampah laut di antara lokasi yang diuji.
3. Hubungan kurang berarti antara kerapatan lamun dan kepadatan sampah ($r = 0,08$).

Ucapan Terimakasih

Penulis berterima kasih kepada pihak Desa Sanur dan pengelola Pantai Sanur yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di Ekosistem Padang Lamun Perairan Sanur.

Daftar Pustaka

- [BPS] Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. 2021. Perkembangan Pariwisata Provinsi Bali Desember 2020. Berita Resmi Statistik Perkembangan Pariwisata Provinsi Bali No. 12/02/51/Th. XV: 7 hlm.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Kota Denpasar. 2023. Kota Denpasar Dalam Angka, 2023. BPS Kota Denpasar/BPS-Statistics of Denpasar Municipality: 246 hlm.
- [CBD] Convention on Biological Diversity. 2012. Impacts of Marine Debris on Biodiversity: Current Status and Potential Solutions. *Secretariat of the Convention on Biological Diversity and the Scientific and Technical Advisory Panel GEF*. Technical Series No. 67, Montreal: 61 hlm.
- [NOAA] National Oceanic and Atmospheric Administration. 2013. *Programmatic Environmental Assessment (PEA) for the NOAA Marine Debris Program (MDP)*. Maryland (US): NOAA: 168p.
- [NOAA] National Oceanic and Atmospheric Administration. 2015. *Turning The On Trash A Learning Guide On Marine Debris*. NOAA PIFSC CRED.
- [NOAA] National Oceanic and Atmospheric Administration. 2016. *Habitat Marine Debris Impact on Coastal and Benthic Habitats*. National Oceanic and Atmospheric Administration Book Publish. 15 hlm.
- [UNEP] United Nations Environment Programme. 2011. *UNEP Year Book: Emerging Issues in our Global Environment*. Nairobi (KE): UNEP. 79 hlm.
- [UNEP] United Nations Environment Programme. 2018. *Countries meet to address mercury as global emissions rise by 20%*. Diambil kembali dari United Nations Environment Programme: www.unenvironment.org.
- Aji, J. S. & Lestari, D. F. 2021. The Relationship of Total Macro Marine Debris Abundance with Total Seagrass Density in Tidung Kecil Island, DKI Jakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 771: 1-9.
- Amri K, Setiadi D, Qayim I, Djokosetiyanto D. 2010. Nutrient content of seagrass *Enhalus acoroides* leaves in Barranglompo and Bonebatang Islands: implication to increased anthropogenic pressure. *Ilmu Kelautan*, 16 (4): 181-186.
- Andrades, R., Martins S.A., Fardim L.M., Ferreira, J.S., & Santos, R.G. (2016). Origin of marine debris is related to disposable packs of ultra-processed food. *Marine Pollution Bulletin*, 109:192-195.
- Apuke, O. D. (2017). Quantitative Research Methods a Synopsis Approach. *Arabian Journal of Business and Management Review (Kuwait Chapter)*, 6(October). <https://doi.org/10.12816/0040336>.
- Ar, M. M. 2014. Hubungan Kondisi Padang Lamun Dengan Sampah Laut di Pulau Barranglompo. [Skripsi]. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Arieska, P. K., & Herdiani, N. (2018). Pemilihan Teknik Sampling Berdasarkan Perhitungan Efisiensi Relatif. *Jurnal Statistika*, 6(2): 166-171.
- Arthana, I. W. 2004. Jenis Dan Kerapatan Padang Lamun Di Pantai Sanur Bali, Denpasar: Universitas Udayana.
- Balestri, E., Menicagli, V., Vallerini, F., & Lardicci, C. 2017. Biodegradable plastic bags on the seafloor: a future threat for seagrass meadows?. *Science of the Total Environment*, 605(606): 755-763.
- Bali Beach Conservation Project. 1998. Field Survey Report, Vol IV Marine Ecological Survey, Bali.
- Bali Partnership, 2019. Workshop Kerjasama Pengelolaan Sampah Plastik Pesisir dan Laut. Kantor Gubernur Bali.
- Bangun, S., Sangari, J., Tilaar, F., Pratasik, S., Salaki, M., & Pelle, W. (2019). Marine Debris Composition on Tasik Ria Beach, Tombariri, Minahasa Regency. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 7(1): 320-328.
- Bengen, D.G. 2003. Ekosistem dan Sumberdaya Pesisir dan Laut serta Pengelolaan Secara Terpadu dan Berkelanjutan. In: Koleksi Dokumen Proyek Pesisir 1997-2003 (Knight, M dan S.Tighe, editor). Coastal Resources Center, University of Rhode Island, Narragansett, Rhode Island, USA.
- Bergmann, M., Lutz, B., Tekman, M.B., dan Gutow L. (2017). Citizen scientists reveal: Marine litter pollutes Arctic beaches and effects wildlife. *Marine Pollution Bulletin*, 125: 535-540.
- Brower, J., Jerrold, Z., & Ende, C. V. (1990). *Field and Laboratory Method for General Ecology*. (3th ed.). Dubuque, IA, United States, Europa: Brown William C.
- Bruge A, Barreau C, Carlot J, Collin H, Moreno C, Maison P. 2018. Monitoring litter inputs from the Adour River (Southwest France) to the marine. *Journal of Marine Science and Engineering*, 6 (2): 24-36.
- Casagrandi R, Rinaldi S. 2002. A Theoretical Approach to Tourism Sustainability. International Institute for Applied Systems Analysis Schlossplatz 1 A-2361 Laxenburg, Austria.
- Cauwenberghe, L.V., Vanreusel, A., Mees, J., Janssen, C.R., 2013. Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environ. Pollut.* 182, 495-499. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.08.013>.

- Cheshire, A.C., & Adler, E. (2009). UNEP/IOC Guidelines on survey and monitoring of marine litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series No. 83.
- Compa, M., Carme Alomar, Chris Wilcox, Erik van Sebille, Laurent Lebreton, Britta Denise Hardesty, & Salud Deudero. 2019. Risk assessment of plastic pollution on marine diversity in the Mediterranean Sea. *Science of The Total Environment*, 678: 188-196.
- CSIRO (Ocean and Atmosphere Flaship). (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 diakses pada pukul 21.00 WITA, tanggal 15 Juni 2023.
- Darmana, Ketut, dan I Nyoman Suarsana. (2016). Optimalisasi Potensi Kawasan Sanur Memasuki Pasar Bebas Global Asean Economic Community (MEA). Laporan Penelitian Antropologi Pariwisata. Universitas Udayana.
- de Los Santos, C. B., Krång, A. S., & Infantes, E. 2021. Microplastic retention by marine vegetated canopies: Simulations with seagrass meadows in a hydraulic flume. *Environmental Pollution*, vol.269: 116050.
- den Hartog, C. & Kuo, J. 2001. Seagrass Taxonomy and Identification Key. *Global Seagrass Research Methods*, 2: 31-58.
- Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Denpasar. 2021. Data Pengelolaan Sampah & RTH. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>
- Djafar, J., Mamu, H., & Hamidun, M. S. 2022. Biodiversitas Jenis Lamun Di Perairan Wisata Tambatan Perahu Desa Pentadu Timur Kabupaten Boalemo. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*, 7(2): 14-23.
- Djaguna, A., Pelle, W.E., Schaduw, J.N.W., Manengkey, H.W.K., Rumampuk, N.D.C., & Ngangi, E.L.A. (2019). Identifikasi sampah laut di Pantai Tongkaina dan Talawaan Bajo, *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 7, 175-182.
- Fajey, F., & Ryan, P.G. 2016. Biofouling on buoyant marine plastics: An experimental study into the effect of size on surface longevity. *Environmental Pollution*, 210:354-360.
- GEF, STAP. 2012. "Marine Debris as a Global Environmental Problem: Introducing a Solutions Based Framework Focused on Plastics", STAP Information Document, November 2011.
- Graha, Y.I., Arthana, I.W., & Karang IWGA. 2016. Simpanan Karbon Padang Lamun Di Kawasan Pantai Sanur, Kota Denpasar. *Journal of Environmental Science*, 10 (1) : 46-53.
- Hendrawan IG, Karidewi MP, Pratama GIP, Maharta IPRF, Adibhusana MN. 2019. Survei dan Monitoring Sampah Laut Pesisir Bali. Denpasar: *WWF Indonesia*. 56 hlm
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*. AAAS 347, 768-771.
- Jones, K. L., Hartl, M. G., Bell, M. C., & Capper, A. 2020. Microplastic accumulation in a *Zostera marina* L. bed at Deerness Sound, Orkney, Scotland. *Marine pollution bulletin*, 152: 110-883.
- Lasut, M.T., Pane, L.R., Doda, D.V.D., Kumurur, V.A., Warouw, V., & Mamuaja, J.M. (2021). Seasonal variation of marine debris at Manado Bay (North Sulawesi, Indonesia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences*, 744 (2021) 012038.
- Lippiatt, Sherry, Sarah O, Courtney A. 2013. *Marine Debris Monitoring and Assessment*. USA: NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R46. 88 hlm.
- Mandasari, M. 2014. Hubungan Kondisi Padang Lamun Dengan Sampah Laut di Pulau Barranglombo. [Skripsi]. Makassar, Indonesia: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Hasanudin. 54 hlm.
- Marissa., Jompa, Jamaluddin & Amiruddin. 2014. Kendala dan Strategi Pengelolaan Sampah Pulau Barrang Lombo. [Skripsi]. Program Stu di Pengelolaan Lingkungan Hidup. Universitas Hasanuddin.
- McKenzie, L. J. Campebell, S.J., Roden, C.A. 2003. *Seagrass-Watch: Manual for Mapping and Monitoring Seagrass Resources by Community (citizen) Volunteers*, 2nd edition, Northern Fisheries Centre, Cairns.
- McKenzie, L. J., Nordlund, L. M., Jones, B. L., Cullen-Unsworth, L. C., Roelfsema, C., & Unsworth, R. K. 2020. The global distribution of seagrass meadows. *Environmental Research Letters*, 15(7): 074041.
- McKenzie, L. J., Yaakub, S. M. & Yoshida, R. L. 2007. *Seagrass-Watch: Guidelines for Team Seagrass Singapore Participants*. *Proceedings of a Training Workshop, National Parks Board, Biodiversity Centre, Singapore*. 24th- 25th March 2007 (DPI&F, Cairns). 32pp.
- Nadir, F. 2020. Identifikasi Sampah Laut (Marine Debris) Pada Ekosistem Padang Lamun Di Pulau Barrangcaddi Kota Makassar. [Skripsi]. Makassar, Indonesia: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Hasanudin. 50 hlm.
- Navarrete-Fernandez, T., Bermejo, R., Hern, I., & Deidun, A. B. 2022. The Role of Seagrass Meadow in the Coastal Trapping of Litter. *Marine Pollution Bulletin*, hal.174.
- Ningsih, N.W. 2020. Identifikasi Sampah Laut Berdasarkan Jenis dan Massa di Perairan Pulau Lae-Lae Kota Makassar, *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*, 4(2): 10-18.
- Nordlund, L.M., R.F.K. Unsworth, M. Gullstrom and L.C. Cullen-Unsworth. 2017. Global significance of seagrass fishery activity. *Fish and Fisheries*.1-14. DOI: 10.1111/faf.12259.
- 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.
- Patuwo, N.C., Pelle, W.E., Manengkey, H.W.K., Schaduw, J.N.W., Manembu, I.S., & Ngangi, E.L.A. (2020). Karakteristik sampah laut di Pantai Tumpa Desa Tateli Dua Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa, *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 8, 14.
- Plastics Europe. 2013. *Plastics the Facts 2013. An Analysis of European Latest Plastics Production, Demand and Waste Data*. Plastics Europe: Association of Plastic Manufacturers, Brussels, p. 40.
- Prasetyawan, T., (2018). Upaya Mengatasi Sampah Plastik Di Laut. *Info Singkat, Pusat Penelitian Badan Keahlian DPR RI*, Vol. X, No. 10, April, hlm. 13-18.
- Pratama, P. S., Wiyanto, Dwi Budi., Faiqoh, Elok. 2017. Struktur Komunitas Perifiton Pada Lamun Jenis *Thalassia hemprichii* dan *Cymodocea rotundata* di Kawasan Pantai Sanur. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 3(1): 123-133.
- Pratiwi, M.A., Emawati, N.M. 2018. Struktur Komunitas Ekosistem Padang Lamun Pada Daerah Intertidal Di Pantai Sanur, Bali. *Ecotrophic*, 12(1) : 50-56.
- Purba, N.P., Apriliani, I.M., Dewanti, L.D., Herawati, H., and Faizal, I. 2018. Distribution of Macro Debris at Pangandaran Beach, Indonesia. *World Scientific News*, 103: 144-156.
- Purnomo, T., & Hariyadi, S. (2017). Kajian potensi perairan dangkal untuk pengembangan wisata bahari dan dampak pemanfaatannya bagi masyarakat sekitar (studi kasus Pulau Semak Daun sebagai daerah penunjang kegiatan wisata Pulau Pramuka Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu). *DEPIK Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 2(3), 172-183.
- Putra, I. P. T. B., I Gede Hendrawan., I Wayan Gede Astawa Karang. 2023. Konsentrasi Makroplastik pada Ekosistem Terumbu Karang di Perairan Pesisir Pemuteran dan Padang Bai. *Journal of Marine Research and Technology*, 6(1): 7-12.
- Putra, M. G. A., Neviaty Putri Zamani., Nyoman Metta N. Natih., dan Amir Yarkhasy Yuliardi. (2022). Potensi Sumber dan Sebaran Sampah Laut di Ekosistem Terumbu Karang Perairan Pulau Kelapa, Pulau Kelapa Dua, dan Pulau Harapan, DKI Jakarta. *Journal of Marine and Aquatic Science*, 8(2): 244-253.
- Requiron, J.C. and Bacosa, H., 2022. Macroplastic transport and deposition in the environs of Puloan River, Dapitan City, Philippines. *Philippine Journal Science*. 151 (3), 1211-1220.
- Sakti, U.W. 2022. Kemampuan Padang Lamun Dalam Mengakumulasi Sampah Laut (*Macro Debris*) Di Pulau Badi, Kabupaten Pangkajene Kepulauan. [Skripsi]. Makassar, Indonesia: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Hasanudin. 47 hlm.
- Sanchez-Vidal, A., Canals, M., De Haan, W. P., Romero, J., & Veny, M. 2021. Seagrasses provide a novel ecosystem service by trapping marine plastics. *Scientific Reports*, 11(1): 1-7.
- Sara Wijana, I. M., Ernawati, N. M., & Ayu Pratiwi, M. 2019. Keanekaragaman Lamun Dan Makrozoobentos Sebagai Indikator Kondisi Perairan Pantai Sindhu, Sanur, Bali. *ECOTROPIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 13(2): 238.
- SCBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity) & STAP (the Scientific and Technical Advisory Panel)-GEEF. 2012. *Impacts of Marine Debris on Biodiversity: Current Status and Potential Solutions*. Montreal, Technical Series No. 67, 61 hlm.

- Schuyler Q, Willis K, Lawson TJ, Mann V, Wilcox C. 2018. *Handbook of Survey Methodology Plastics Leakage (developed for CSIRO Global Plastic Pollution Project)*. Australia: CSIRO ePublish EP178700. 52 hlm.
- Sintia, Ita., Aditya Irawan, Lily Inderia Sari. 2023. Hubungan Kondisi Padang Lamun dengan Sampah Laut di Perairan Pulau Kedindingan Kota Bontang Kalimantan Timur. *Tropical Aquatic Sciences*, Vol2(1):106 -112.
- Sjafrie N.D.M., L. Adrianto, A. Damar and M. Boer. 2018. Human appropriation of net primary production (HANPP) in seagrass ecosystem: an example from the east coast of Bintan Regency, Kepulauan Riau Province. *Environment Development and Sustainability*. 20: 865-881p. DOI 10.1007/s10668-017-9914-z.
- Sudarmayasa, A & I Komang. 2023. Penerapan aplikasi Sistem Informasi Sadar dan Peduli Lingkungan (SIDARLING) sebagai Inovasi Pengelolaan Sampah Plastik di Kota Denpasar. Other thesis. IPDN.
- Thompson RC, Swan SH, Moore CJ, Vom Saal FS. 2009. Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Science*, 364(1526): 2153-2166.
- Thompson, R.C., Moore, C.J., Vom Saal, F.S., & Swan, S.H. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*.
- Yudhantari, C.I., Hendrawan, I.G., & Pusphita, N.L. 2019. Kandungan mikroplastik pada saluran pencernaan Ikan Lemuru Protolan (*Sardinella Lemuru*) hasil tangkapan di Selat Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, 2(2): 48-52.
- Zhukov, A. (2017). The distribution, abundance and characteristics of plastic debris along the Coast of Grândola, Portugal. Bachelor's thesis in Natural Resources Degree Programme in Sustainable Coastal Management. Novia University of Applied Science. Portugal