

## Karakteristik dan Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen Ekosistem Terumbu Karang di Perairan Padangbai, Karangasem, Bali

Melan Alprino Saragi<sup>a\*</sup>, I Gede Hendrawan<sup>a</sup>, I Nyoman Giri Putra<sup>a</sup>

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

\*Corresponding author, email: [alprimosaragi7@gmail.com](mailto:alprimosaragi7@gmail.com)

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received: 3 Juni 2024

Received in revised form: 11 Juli 2024

Accepted: 16 Desember 2024

Available online: 28 Februari 2025

#### Keywords:

Microplastics;

Characteristics;

Abundance;

Sediment;

Coral Reef Ecosystem

#### Kata Kunci:

Mikroplastik;

Karakteristik;

Kelimpahan;

Sedimen;

Ekosistem Terumbu Karang

### ABSTRACT

Plastic waste is one of the types of waste we often find in the sea. Plastic waste is a complex decomposing material, but an oxidation process using ultraviolet (UV) light or mechanical processes can cause plastic particles to break down to micro-size. Microplastics are defined as plastic fragments smaller than 5 millimeters. This research aims to discover the characteristics and abundance of microplastics in coral reef ecosystem sediments in the waters of Padangbai Bali in October 2023. Bed load samples were taken at high tide during the transition season II. The purposive sampling method determined the research location (station). There are two station locations. At each station, 10 samples were taken using the purposive sampling method. Preparation for microplastic analysis is carried out in the laboratory in several stages, namely drying, homogenizing, weighing, separating density and WPO, and filtering. Identification of types of microplastics is carried out in the laboratory. Characteristics of microplastic samples were identified based on the type, number, size, and color of microplastics. Then, calculate the abundance. The total number of microplastics found was 173 particles, with the types of microplastics including 95% fiber, 4% fragments, and 1% film, where fiber dominated. The size range of microplastics found was 0.1 - 4.7 mm. The size of the microplastics found was categorized as <0.5, 0.5-1, 1-3, and 3-5 mm, dominated by microplastics measuring 1-3 mm with a total percentage value for both stations of 53%. The colors of the microplastics found were Blue, Brown, Purple, Green, Red, and Orange. Purple is the most common color found, with a percentage value of 40%. The average abundance of microplastics reached  $43.3 \pm 5.2$  particles/kg.

### ABSTRAK

Salah satu sampah yang banyak kita temukan di laut adalah sampah plastik. Sampah plastik merupakan material yang sulit terurai, namun dengan menggunakan proses oksidasi oleh sinar Ultra Violet (UV) atau proses-proses mekanik dapat menyebabkan partikel plastik pecah hingga ukuran mikro. Mikroplastik didefinisikan sebagai pecahan plastik yang ukurannya lebih kecil dari 5 milimeter. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik dan kelimpahan mikroplastik pada sedimen ekosistem terumbu karang di perairan Padangbai Bali pada bulan Oktober 2023. Pengambilan sampel *bed load* diambil pada saat menuju pasang di periode musim peralihan II. Penentuan lokasi (stasiun) penelitian menggunakan metode *purposive sampling*. Terdapat dua stasiun, setiap stasiun diambil 10 sampel menggunakan metode *purposive sampling*. Analisis mikroplastik di laboratorium dengan beberapa tahap, yaitu pengeringan, penghomogenan, penimbangan, pemisahan densitas dan WPO serta penyaringan. Identifikasi jenis mikroplastik dilakukan di Laboratorium. Sampel mikroplastik diidentifikasi karakteristiknya berdasarkan jenis, jumlah, ukuran, dan warna mikroplastik, kemudian dihitung kelimpahannya. Total keseluruhan mikroplastik yang ditemukan sebanyak 173 partikel dengan jenis mikroplastik meliputi fiber 95%, fragmen 4% dan film 1% dimana fiber mendominasi. Rentang ukuran mikroplastik yang ditemukan 0.1 - 4.7 mm. Ukuran Mikroplastik yang ditemukan dikategorikan dengan kisaran <0,5, 0,5-1, 1-3, 3-5 mm didominasi oleh mikroplastik berukuran 1-3 mm dengan nilai persentase total kedua stasiun 53%. Warna mikroplastik yang ditemukan yaitu *Blue, Brown, Purple, Green, Red, Orange*. *Purple* merupakan jenis warna terbanyak yang ditemukan dengan nilai persentase 40 %. Rata-rata kelimpahan mikroplastik yang di dapat mencapai  $43,3 \pm 5,2$  partikel/kg.

## 1. Pendahuluan

Salah satu sampah yang banyak yang kita temukan di laut adalah sampah plastik. Sampah plastik merupakan material yang sulit terurai (Foekema *et al.*, 2013), namun dengan menggunakan proses oksidasi oleh sinar Ultra Violet (UV) atau proses-proses mekanik dapat menyebabkan partikel plastik pecah hingga ukuran mikro (Wagner *et al.*, 2014).

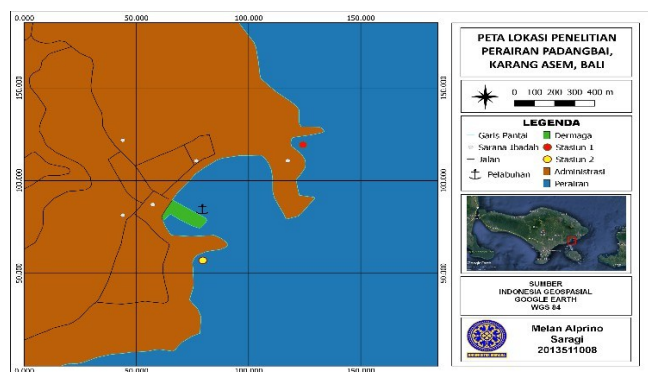
Mikroplastik didefinisikan sebagai pecahan plastik yang ukurannya lebih kecil dari 5 milimeter, memainkan peran kunci polusi di laut (Gesamp, 2015). Lebih dari 11 miliar barang plastik diperkirakan terjatuh di terumbu karang di Asia-Pasifik (Lamb *et al.*, 2018). Mikroplastik yang terdistribusi pada kolom perairan dapat terakumulasi dalam sedimen karena transport mikroplastik yang cenderung lebih lambat pada sedimen dibandingkan pada kolom perairan (Mauludy *et al.*, 2019). Pengendapan yang terjadi secara terus-menerus mengakibatkan terakumulasinya mikroplastik pada lapisan sedimen yang lebih dalam (Azizah *et al.*, 2020). Keberadaan mikroplastik di ekosistem terumbu karang memungkinkan adanya ancaman tidak langsung terhadap kesehatan terumbu karang (Hall *et al.*, 2015; Connors, 2017; Reichert *et al.*, 2018; Axworthy dan Padilla-Gamiño, 2019; Corona *et al.*, 2020). Contohnya seperti meningkatnya produksi lendir mukus pada karang, sebagai salah satu proteksi karang terhadap masuknya mikroplastik serta pengaruh kerusakan jaringan yang membuat pemutihan (Cordova *et al.*, 2018).

Kawasan teluk Padangbai setidaknya memiliki empat fungsi, antara lain fungsi pertama sebagai kawasan wisata, fungsi kedua sebagai pelabuhan penyeberangan, fungsi ketiga sebagai kawasan spiritual keagamaan, dan fungsi keempat sebagai lokasi penyandaran perahu para nelayan. Adanya dua pelabuhan penyeberangan di Padangbai memberikan dampak terhadap kesibukan pelabuhan (kapal atau perahu yang baru tiba, sedang menyandar, atau akan berangkat). Penelitian mengenai mikroplastik pada sedimen ekosistem terumbu karang di perairan Padangbai hingga saat ini belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan kelimpahan mikroplastik pada sedimen ekosistem terumbu karang di perairan Padangbai Karangasem Bali.

## 2. Metode Penelitian

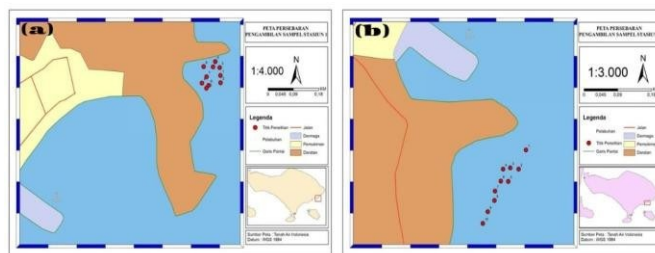
### 2.1 Waktu dan Tempat

Lokasi penelitian dilaksanakan di perairan Padangbai Kabupaten Karangasem Bali tepatnya di sedimen ekosistem terumbu karang pada bulan Oktober 2023. Terdapat dua stasiun yaitu stasiun pertama pada pantai Blue Lagoon di sebelah timur dengan koordinat *Latitude* 8°31.8020'S dan *Longitude* 115°30.8680'E serta stasiun kedua pada pantai Bias Tugel di sebelah barat dengan kordinat *Latitude* 8°32.1870'S dan *Longitude* 115°30.6400'E (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode pengambilan sampel mikroplastik mengacu pada Cordova *et al.*, (2018). Penentuan stasiun dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Pengambilan sampel *bed load* diambil pada saat menuju pasang di periode musim peralihan II (September – November). Pada setiap stasiun diambil 10 sampel menggunakan metode *purposive sampling*. Setiap titik mewakili lokasi ekosistem terumbu karang yang ada di lokasi stasiun. Satu sampel yang diperoleh merupakan hasil satu kali pengambilan sampel sedimen sehingga jumlah sampel yang diperoleh sebanyak 20 sampel. Persiapan analisis mikroplastik pada sampel sedimen mengacu kepada metode Li *et al.*, (2020). Peta persebaran titik pengambilan sampel di kedua stasiun dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta persebaran titik pengambilan sampel di kedua stasiun (a) Stasiun 1 Blue Lagoon; (b) Stasiun Bias Tugel.

Pengambilan sampel mikroplastik diawali dengan menggunakan kapal ke titik lokasi penelitian dan alat SCUBA set untuk membantu pengambilan sampel sedimen di bagian ekosistem terumbu karang. Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan tabung besi berjaring mikro dengan ukuran volume tabung 3 inci pada kedalaman laut berkisar 5 – 7 meter. Sedimen *bed load* diambil  $\pm$  500 gram dan disimpan dalam wadah loyang persegi atau non plastik. Koordinat GPS titik stasiun dicatat pada lembar data. Wadah loyang persegi yang sudah berisi sampel kemudian dibersihkan dan diberi label dengan nama sampel dan tanggal dengan spidol yang tahan dengan air lalu dimasukkan kedalam *cool box*. Pengambilan sampel sedimen dilakukan sepuluh kali pada setiap stasiun

### 2.3 Persiapan analisis mikroplastik

Identifikasi jenis mikroplastik dilakukan di Laboratorium Perikanan Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Udayana. Pemisahan partikel mikroplastik dari sedimen dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu (a) pengeringan, (b) penghomogenan dan penimbangan (c) pemisahan densitas dan WPO, (d) penyaringan (Li *et al.*, 2020).

#### a) Pengeringan

Sampel sedimen dikeringkan di laboratorium menggunakan oven dengan suhu 75°C selama 72 jam (menyesuaikan kondisi sedimen). Pengeringan ini dilakukan untuk mengurangi kandungan air pada sedimen (berat sedimen tetap).

#### b) Penghomogenan dan penimbangan

Sampel sedimen hasil pengeringan kemudian di homogenkan menggunakan mortar lalu diaduk menggunakan sendok. Tahap penimbangan dilakukan dengan timbangan digital untuk menimbang 200 gram sampel sedimen kering lalu yang dipindahkan pada gelas beaker 600 ml.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Perairan Padangbai memiliki panjang garis pantai  $\pm$  5,6 kilometer. Perairan Padangbai memiliki beberapa aktivitas wisata seperti snorkeling, diving, dan berenang di perairan pantai yang dangkal dan tenang. Terdapat juga Pelabuhan dimana Padangbai memiliki pelabuhan khusus penumpang dan barang dengan fasilitas dermaga, bongkar muat barang dan naik turunnya penumpang (Saraswati *et al.*, 2016). Karakteristik Pantai di Padangbai memiliki pasir putih bersih dan tebal, serta ombak laut yang sangat tenang dan perairan dangkal (Pucangan *et al.*, 2023). Blue lagoon dan Bias Tugel merupakan lokasi stasiun penelitian dimana titik pengambilan sampel sedimen *bed load* diambil. Sedimen *bed load*, yang juga dikenal sebagai *loud sediment*, adalah lapisan sedimen yang terbentuk di atas sedimen dasar. Lapisan ini biasanya terdiri dari material yang lebih lunak dan lebih mudah bergerak, seperti pasir dan lumpur. Sedimen *bed load* merupakan mekanisme transpor dimana partikel yang lebih kasar dan padat bergerak sepanjang dasar perairan baik secara menggelinding, bergeser maupun meloncat-loncat karena pengaruh tumbukan diantara partikel dan turbulensi tetapi selalu kembali ke dasar.

Blue Lagoon terletak di sebelah timur laut Pulau Bali, dimana merupakan sebuah teluk yang terbentuk oleh aktivitas geologis dan telah menjadi tempat wisata populer di perairan Padangbai. Bias Tugel terletak di sebelah barat laut Pulau Bali, dimana merupakan sebuah pantai yang terbentuk oleh aktivitas geologis dan telah menjadi tempat wisata populer sama seperti Blue lagoon. Tipologi dasar perairan Blue Lagoon dan Bias Tugel Bali umumnya tipe terumbu datar (Pemerintah Provinsi Bali, 2018a). Lokasi Pantai Blue Lagoon memiliki karakteristik perairan yang relatif tenang dan dangkal. Lokasi pantai Bias Tugel memiliki karakteristik perairan yang relatif agak keras dan dangkal dibandingkan Blue lagoon. Aktivitas yang dapat ditemukan di kedua lokasi pantai ini adalah aktivitas wisatawan seperti bersantai dan menikmati keindahan di pesisir pantai. Selain itu, dengan lokasi yang berada dekat karang alami membuat kedua kawasan ini paling sering dikunjungi wisatawan untuk melakukan diving ataupun snorkeling.

Pantai Blue Lagoon Bali dan Bias Tugel memiliki air yang jernih sehingga mudah untuk melihat apa yang ada di bawahnya, serta memiliki kehidupan ekosistem terumbu karang yang melimpah. Untuk aktivitas masyarakat lokal sekitar pantai Padangbai sebagian besar sebagai nelayan, sopir boat, pedagang, dan tukang pijat. Dengan demikian, gambaran umum lokasi penelitian menunjukkan bahwa lokasi perairan Padangbai tepatnya di kedua stasiun pengambilan sampel Blue Lagoon dan Bias Tugel memiliki karakteristik perairan yang relatif tenang dan dangkal serta kondisi aktivitas di daerah perairan yang cukup padat dan memiliki kehidupan ekosistem terumbu karang yang melimpah. Gambaran umum lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Gambaran umum lokasi penelitian (a) Stasiun 1 Pantai Blue Lagoon; (b) Stasiun 2 Pantai Bias Tugel; (c) Kawasan Parkir Perahu; (d) Pelabuhan Padangbai; (e) Ekosistem Terumbu Karang Pantai Blue Lagoon; (f) Ekosistem Terumbu Karang Pantai Bias Tugel.

#### c) Pemisahan densitas dan WPO

Pemisahan densitas dilakukan dengan dengan hasil menimbang 200 gr sedimen kering, ditambahkan larutan NaCl Jenuh 500 ml, kemudian diaduk dengan menggunakan batang pengaduk bersih selama 2 menit dan didiamkan selama 2 jam. Bungkus menggunakan aluminium foil untuk menghindari kontaminasi mikroplastik pada udara. Setelah pengadukan, jenis plastik yang berukuran ringan akan mengapung dipermukaan, tipe mikroplastik umumnya adalah *polystyrene*, *polyethylene*, dan *polypropylene* (Riska *et al.*, 2022).

Tahap *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) dilakukan dengan menyiapkan erlenmeyer, corong kaca dan kain saring lalu menuangkan hasil proses pemisahan densitas yang sudah mengapung ke dalam erlenmeyer untuk disaring melalui kain saring. Dilakukan pembilasan kain saring menggunakan larutan hydrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 30 % dan dipindahkan pada gelas ukur 100 ml. Dilakukan pengoven kembali pada suhu 65 °C selama 24 jam, ini bertujuan untuk menghilangkan material organik yang terdapat pada sedimen.

#### d) Penyaringan

Tahap penyaringan oleh *vacuum pump* dengan kertas saring Whatman Filter Selulosa (ukuran pori 0,45  $\mu$ m). Kertas Whatman Filter Selulosa hasil penyaringan disimpan ke dalam petri disposal steril.

### 2.4 Analisis Data

#### 2.4.1 Identifikasi Karakteristik Mikroplastik

Metode untuk identifikasi jenis mikroplastik yang digunakan mengacu dari NOAA (2015). Pengamatan identifikasi dan kuantifikasi Partikel mikroplastik menggunakan mikroskop stereo dengan perbesaran 2,5 x, 3 x, 3,5 x dan 4,5 x. Data diamati berdasarkan jumlah, ukuran, dan warna mikroplastik serta dikelompokkan ke dalam lima jenis, yaitu *film*, *fiber*, *fragmen*, *foam* dan *other*. Partikel yang diidentifikasi sebagai mikroplastik dengan kriteria ukuran antara <0.5 – 5 mm.

#### 2.4.2 Kelimpahan Mikroplastik

Mikroplastik pada sampel memiliki ciri-ciri warna partikel yang homogen, tidak terdapat struktur organik, dan tidak terdapat ciri jaringan sel makhluk hidup (Cordova *et al.*, 2017). Sampel mikroplastik pada sedimen diidentifikasi karakteristiknya kemudian dihitung kelimpahannya sehingga dapat diketahui berapa banyak mikroplastik dalam sedimen ekosistem terumbu karang wilayah perairan Padangbai. Kelimpahan mikroplastik dihitung menggunakan persamaan 1 (Nugroho *et al.*, 2018).

$$C = \frac{n}{m}$$

dimana C adalah kelimpahan (partikel/kg); n adalah jumlah partikel; m adalah berat sedimen kering (kg).

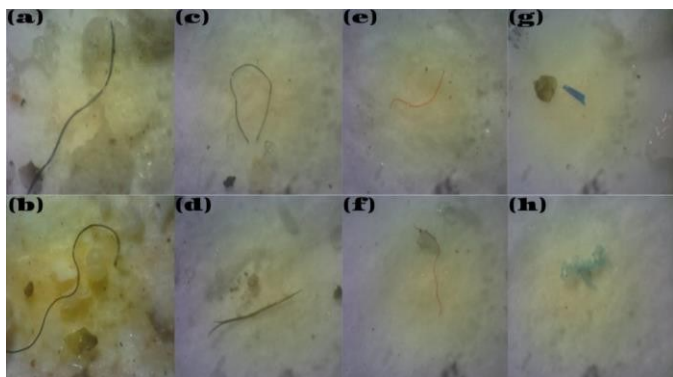
#### 2.4.3 Analisis Statistik

Metode analisis statistik yang digunakan untuk perbandingan kelimpahan mikroplastik berdasarkan bentuk, warna, dan ukuran yaitu uji anova satu arah. ANOVA digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan kelimpahan mikroplastik di antara kelompok sampel (Cheang *et al.*, 2018). Kelimpahan jenis mikroplastik disajikan secara deskriptif.



3.2 Karakteristik Mikroplastik

Mikroplastik yang ditemukan yang ditemukan pada sedimen ekosistem terumbu karang di perairan Padangbai Bali sejumlah 173 partikel mikroplastik. Analisis sampel dilakukan di laboratorium menunjukkan 83 psc ditemukan di stasiun 1 (Blue Lagoon), dan 90 partikel ditemukan di stasiun 2 (Bias Tugel). Hasil partikel mikroplastik yang ditemukan dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Mikroplastik yang ditemukan pada sampel sedimen ekosistem terumbu karang di perairan Padangbai. (a) fiber blue; (b) fiber brown; (c) fiber purple; (d) fiber green; (e) fiber red; (f) fiber orange; (g) fragmen blue; (h) film blue.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan mikroplastik telah ditemukan pada sedimen ekosistem terumbu karang di perairan Padangbai Bali. Jenis mikroplastik meliputi fiber 95%, fragmen 4% dan film 1% dimana fiber mendominasi. Dari hasil analisis kelimpahan rata-rata mikroplastik berdasarkan jenisnya menunjukkan bahwa terdapat persamaan dominansi jenis pada kedua stasiun yaitu mikroplastik dengan bentuk fiber (Tabel 1). Kelimpahan jenis fragmen menempati posisi tertinggi kedua disusul oleh film dengan posisi ketiga, sedangkan jenis yang paling sedikit ditemukan pada seluruh stasiun yaitu mikroplastik dengan bentuk foam. Hasil uji statistik One Way ANOVA menunjukkan  $p < 0,05$  (tolak  $H_0$ ) yang dimana dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan kelimpahan pada kelimpahan jenis mikroplastik antar kedua stasiun.

**Tabel 1.** Tabel kelimpahan mikroplastik perjenis (item/kg) yang diamati pada stasiun penelitian. Stasiun 1: Blue Lagoon; Stasiun 2: Bias Tugel.

Lokasi	Kelimpahan Mikroplastik (n particles per-kg)			
	Jenis Mikroplastik			
	Fiber	Fragment	Film	Foam
St.1 Blue Lagoon	390	15	10	0
St. 2 Bias Tugel	430	20	0	0
Total	410	17.5	5	0
Persentase (%)	95	4	1	0

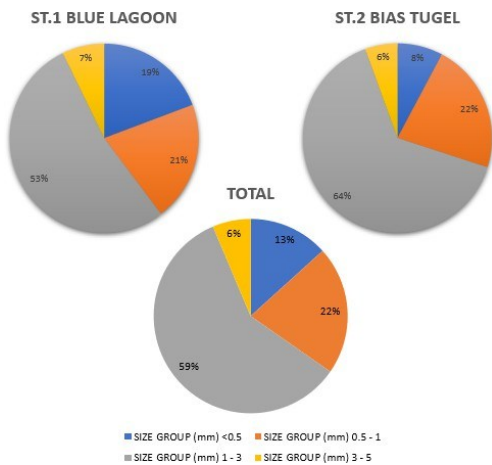
Layn (2020) menyatakan bahwa jenis mikroplastik yang umum masuk dalam perairan yaitu mikroplastik berjenis fragment, fiber, dan film. Hal ini diperkuat oleh Claessens *et al.* (2011), persentase mikroplastik pada sedimen dasar laut tertinggi yaitu fiber dan terendah yaitu jenis film. Faktor utama dalam keberadaan partikel mikroplastik secara alami ialah arus perairan. Secara lokal pola arus dan kecepatannya berbeda-beda menurut lokasi dan periode musim serta pasang surut. Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada bulan oktober di perairan Padangbai pada waktu

menjelang pasang di periode musim peralihan II (September – November). Pada periode tersebut massa air dari Selat Lombok memasuki Selat Badung dan berakhir ke Samudera Hindia. Massa air Selat Lombok memasuki daerah Candidasa Karangasem berbelok ke barat menuju pantai dengan kecepatan 50 cm/dt dan melemah hingga 10 cm/dt di daerah Padangbai (Pucangan *et al.*, 2023). Melemahnya kecepatan arus di perairan Padangbai membuat mikroplastik terdeposisi di area perlindungan, yakni ekosistem terumbu karang memiliki kondisi yang lebih stabil dan keberadaan substrat yang cocok untuk deposisi sedimen memungkinkan mikroplastik mengendap dan menumpuk lebih besar di daerah-daerah terumbu karang dibandingkan di daerah terbuka, dimana mikroplastik dengan waktu yang lama akan menumpuk lebih banyak pada sedimen perairan (Layn *et al.*, 2020).

Mikroplastik jenis fiber memiliki ciri yaitu berbentuk menyerupai serabut ataupun seperti jaring nelayan, secara umum mikroplastik jenis fiber mudah ditemukan. Hal itu dikarenakan penggunaannya sebagai bahan dasar dalam pembuatan pakaian, serat pakaian, jaring nelayan, maupun dalam pembuatan peralatan rumah tangga (Soares *et al.*, 2020). Menurut (Riska *et al.*, 2022), fiber merupakan salah satu jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan pada sedimen di ekosistem terumbu karang. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor aktivitas manusia dan industri seperti penggunaan material sintetis yaitu pakaian, furnitur, tali pancing, dan jaring serta industri perkapalan, hal ini sesuai dengan kondisi perairan Padangbai. Aktivitas perikanan di Padangbai yang intensif menggunakan banyak alat pancing dan jaring yang terbuat dari serat sintetis. Ketika alat-alat ini terlepas ke laut atau rusak, mereka melepaskan serat-serat mikroplastik ke perairan, lokasi Padangbai juga merupakan pelabuhan penting yang melayani berbagai kegiatan maritim, termasuk kapal penumpang dan kargo. Serat-serat sintetis dari tali-temali kapal dan berbagai perlengkapan lainnya dapat terlepas ke laut. Selain itu, kegiatan perawatan dan pembersihan kapal juga berpotensi melepaskan mikroplastik ke lingkungan laut. Faktor lain ialah Padangbai adalah salah satu destinasi wisata terkenal di Bali, terutama untuk aktivitas menyelam dan snorkeling. Tingginya aktivitas wisata juga berkontribusi terhadap peningkatan limbah plastik menurut Suripatty *et al.* (2023), termasuk serat-serat mikroplastik dari pakaian dan perlengkapan selam. Bentuk dan tekstur permukaan mikroplastik fiber yang kasar dan berpori membuat lebih mudah terikat atau menempel dengan partikel sedimen dan tenggelam ke dasar laut (Ling Ding *et al.*, 2019).

Jenis mikroplastik fragmen dan film juga ditemukan di sedimen ekosistem terumbu karang di perairan Padangbai Bali. Jenis fragmen berasal dari potongan mikroplastik yang berukuran kecil dan tidak beraturan, seperti pecahan atau serpihan. Menurut Layn (2020), dijelaskan bahwa ciri utama dari mikroplastik fragmen adalah bentuknya yang berbentuk pecahan dari plastik, tidak seperti film yang berbentuk lembaran atau fiber yang berbentuk seperti serabut. Jenis film adalah lembaran mikroplastik yang tipis dan fleksibel, seperti plastik pembungkus atau kantong plastik (Nurhuda *et al.*, 2021). Mikroplastik bertipe film berasal dari kantong-kantong plastik, kemasan makanan yang berserakan, yang tidak hanya berasal dari pulau itu sendiri tetapi juga dari daratan yang lain. Mikroplastik film diidentifikasi sebagai polimer polietilen dan polipropil-ene, yang biasa digunakan dalam bungkus plastik dan tas (Azizah *et al.*, 2020). Mikroplastik ini mudah hancur dan memiliki densitas yang rendah (Muchlissin *et al.*, 2021). Mirip dengan fiber, sumber mikroplastik fragmen dan film juga berasal dari berbagai aktivitas manusia dan industri, seperti penggunaan plastik sekali pakai, industri perkapalan, dan penggunaan material plastik.

Rentang ukuran mikroplastik yang ditemukan 0.1 - 4.7 mm. Ukuran Mikroplastik yang ditemukan dikategorikan dengan kisaran <0,5, 0,5-1, 1-3, 3-5 mm. Dari hasil analisis kelimpahan rata-rata mikroplastik berdasarkan ukurannya menunjukkan bahwa terdapat persamaan dominansi ukuran pada seluruh stasiun. Ukuran mikroplastik didominasi oleh mikroplastik berukuran 1-3 mm dengan nilai persentase total kedua stasiun 59%. Ukuran yang paling sedikit ditemukan yaitu mikroplastik dengan ukuran 3-5 mm dengan nilai persentase 6%. Hasil uji statistik One Way ANOVA menunjukkan  $p < 0,05$  (tolak  $H_0$ ) dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dari nilai kelimpahan mikroplastik berdasarkan ukuran. Perbedaan ukuran plastik dapat terjadi karena beberapa faktor antara lain, fotodegradasi radiasi UV, perubahan iklim, gelombang, arus, angin dan faktor abiotik lainnya (Arya et al., 2023). Hasil nilai persentase partikel mikroplastik berdasarkan ukurannya dapat dilihat pada Gambar 5.

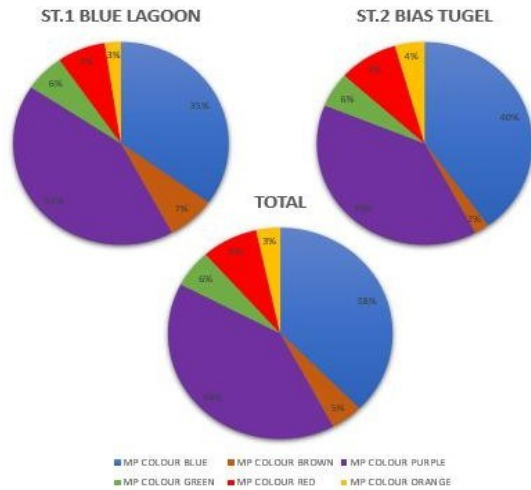


**Gambar 5.** Diagram lingkaran mikroplastik berdasarkan ukurannya di perairan Padangbai

Tingginya nilai konsentrasi mikroplastik ukuran 1-3 mm pada sedimen dapat dipengaruhi oleh proses degradasi dan fragmentasi yang dimana mikroplastik yang awalnya lebih besar dapat mengalami proses degradasi fisika dan kimia di lingkungan, seperti abrasi oleh air dan radiasi UV, yang dapat menyebabkan mereka pecah menjadi fragmen yang lebih kecil (Apriyanthi et al., 2023). Seiring waktu fragmen ini mungkin lebih mudah tersebar dan mengendap dalam sedimen. Mikroplastik dengan ukuran yang lebih kecil, seperti mikroplastik dengan ukuran kurang dari 3 mm, cenderung tersebar luas di lingkungan perairan dan sulit dihilangkan (Bagaskara et al., 2020; Syachbudi, 2020). Adanya pengaruh dari mikroorganisme dan partikel-partikel lainnya juga dapat menyebabkan mikroplastik tenggelam di sedimen (Woodall et al., 2015). Hal ini disebabkan karena interaksi dengan organisme hidup seperti plankton atau organisme dasar laut lainnya yang memiliki kemungkinan besar menangkap atau mengonsumsi mikroplastik yang memiliki ukuran lebih kecil, menyebabkan mikroplastik dengan ukuran di bawah 3 mm dapat lebih mudah terakumulasi dalam organisme dan terbawa ke dalam sedimen melalui proses biologis (Jhon et al., 2022).

Warna mikroplastik yang ditemukan bervariasi yaitu *Blue, Brown, Purple, Green, Red, Orange* (Gambar 6). Dari hasil analisis kelimpahan rata-rata mikroplastik berdasarkan warnanya menunjukkan bahwa terdapat perbedaan dominansi warna antar stasiun. Warna mikroplastik *purple* pada stasiun satu blue lagoon dan *blue* pada stasiun dua Bias Tugel. Terdapat perbedaan warna yang paling sedikit juga pada kedua stasiun yaitu warna *orange* pada stasiun satu dan *brown* pada stasiun dua. Warna mikroplastik yang ditemukan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 6.

Hasil uji statistik One Way ANOVA menunjukkan  $p < 0,05$  (tolak  $H_0$ ) dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dari nilai kelimpahan mikroplastik berdasarkan warna. Warna mikroplastik di sedimen terumbu karang dapat bervariasi tergantung pada jenis dan sumber plastiknya yang beragam, serta berbagai faktor lainnya seperti pewarna dan bahan aditif yang ada pada produk plastik terhadap penggunaan spesifik serta proses paparan lingkungan dan proses degradasi (Trivantira et al., 2022). Perbedaan warna mikroplastik diduga dapat terjadi karena adanya faktor lama atau tidaknya paparan sinar matahari terhadap mikroplastik tersebut (Laksono et al., 2021).



**Gambar 6.** Diagram lingkaran mikroplastik berdasarkan warnanya di perairan Padangbai

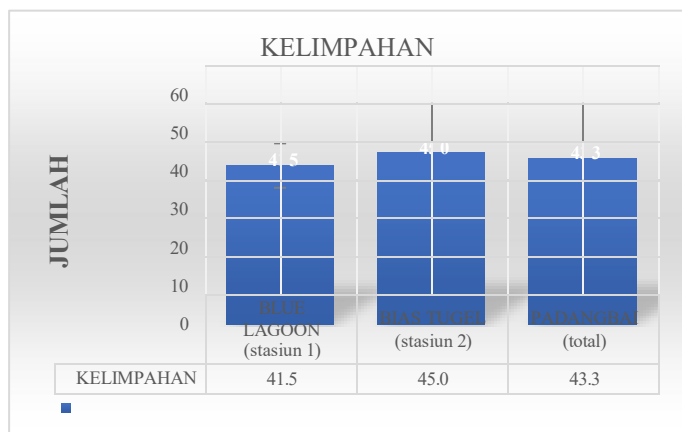
*Purple* merupakan jenis warna terbanyak yang ditemukan pada penelitian ini dengan nilai persentase 40%. Diduga mikroplastik berwarna *purple* yang ditemukan bisa berasal dari tekstil dan pakaian yang dimana berjenis fiber. Pakaian dan tekstil sering menggunakan serat sintetis seperti poliester atau nilon. Jika pewarnaan ungu digunakan pada serat tersebut, maka mikroplastik berwarna ungu dapat dilepaskan selama proses pemecahan dan degradasi tekstil (Apriyanthi et al., 2023). Sama halnya dengan warna mikroplastik *Blue, Brown, Green, Red* dan *Orange* dimana diduga bisa berasal dari tekstil dan pakaian yang ditemukan berbentuk fiber ditambah dengan aktivitas nelayan yang ada dikawasan perairan padangbai pada saat mencari ikan, dimana penggunaan alat penangkap ikan seperti jaring yang terbuat dari benang (Azizah dkk., 2020). Warna gelap seperti hitam, cokelat, hijau, dan ungu menunjukkan partikel tersebut merupakan jenis *Polystyrene (PS)* dan *Polypropylene (PP)* serta diduga terkontaminasi polutan seperti *Polychlorinated Biphenyls (PCBs)* dan *Polyaromatic Hydrocarbons (PAHs)* (Ridlo et al., 2020).

Secara umum, warna yang masih pekat pada mikroplastik yang ditemukan menunjukkan mikroplastik belum mengalami degradasi atau perubahan warna (*discolouring*) yang cukup signifikan (Hiwari et al., 2019). Pada penelitian Di & Wang, (2018) juga ditemukan banyak mikroplastik berwarna merah dan biru dengan warna yang memudar, bahkan beberapa telah memudar hampir menjadi transparan. Warna transparan menunjukkan warna asli plastik yang baru terdegradasi maupun plastik yang warnanya sudah lama luntur (Sugandi et al., 2021). Untuk warna *blue* berjenis fragmen diduga berasal dari perahu warga lokal. Dimana mirip dengan warna biru perahu warga lokal yang banyak bersandar pada perairan Padangbai, hal ini sama seperti hasil penelitian Utami et al. (2021). Untuk warna biru berjenis film diduga berasal dari Kantong belanja plastik biru atau kemasan plastik sekali pakai yang memiliki warna biru. Pecahan mikroplastik bisa terbentuk

dari degradasi plastik ini setelah digunakan dan dibuang (Asrul *et al.*, 2022) dimana diketahui pemakaian kantong plastik sekali pakai masi banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari bahkan pada kawasan perairan Padangbai.

### 3.3 Kelimpahan Mikroplastik

Rata-rata kelimpahan dari kedua stasiun yaitu stasiun pertama pada pantai Blue Lagoon di sebelah timur dan stasiun kedua pada pantai Bias Tugel di sebelah barat, menunjukkan bahwa kelimpahan mikroplastik yang berada di sedimen ekosistem terumbu karang yang ada di perairan Padangbai pada bulan Oktober 2023 mencapai  $43,3 \pm 5,2$  partikel/kg. Untuk rata-rata di setiap stasiun kelimpahan tertinggi terdapat pada stasiun 2 dengan total  $45 \pm 4,1$  partikel/kg, dan stasiun 1 dengan total kelimpahan  $41,5 \pm 5,8$  partikel/kg. Grafik kelimpahan mikroplastik dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik kelimpahan mikroplastik di perairan Padangbai

Rata-rata kelimpahan mikroplastik yang di dapat pada sedimen ekosistem terumbu karang di perairan Padangbai pada bulan Oktober 2023 mencapai  $43,3 \pm 5,2$  partikel/kg. Analisis statistic ANOVA (Analysis of Variance), dilakukan untuk menilai perbedaan potensial dalam kelimpahan mikroplastik di antara kedua stasiun. Hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata kelimpahan mikroplastik pertitik di 2 stasiun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (ANOVA:  $F = 0.463601533$ ,  $df = 9$ ,  $p = 0.868682$ ). Hal ini menunjukkan bahwa, berdasarkan data yang terkumpul, tidak ada variasi yang substansial dalam kelimpahan mikroplastik di antara kedua stasiun yang diteliti, dimana menjelaskan bahwa pengaruh arus laut menghantarkan sampah (plastik/ mikroplastik) ke daerah yang terpencil (Pawar *et al.*, 2016). Berdasarkan data arus dari TMD (Tidal Model Driver) TPXO-9 pada hari pengambilan data perairan padangbai memiliki rata-rata kecepatan arus 0,2 m/s. Pada kondisi arus di perairan padangbai, pergerakan dan kecepatan arus di Selat Lombok selama musim peralihan II yaitu bulan September-November, September memiliki kecepatan arus yaitu 0,3253-0,7336 m/detik, bulan Oktober 0,2627-0,6656 m/detik, dan bulan November 0,1129- 0,3231 m/detik (Setiawan *et al.*, 2013). Arus pada musim peralihan II ini mengalami penurunan, dimana arus terkuat berada pada bulan September, sedangkan untuk arus terlemah berada pada bulan November. Oleh karena itu, partikel mikroplastik yang terdeteksi pada stasiun satu Blue Lagoon dan stasiun dua Bias Tugel diduga disebabkan adanya faktor alami yakni proses fisik laut (arus) yang membawa cemaran plastik/ mikroplastik dari daerah cemaran sampah yang lebih besar (Muchlissin *et al.*, 2021).

Dekatnya kedua stasiun lokasi penelitian dengan lokasi pelabuhan juga menjadi salah satu faktor, dimana pelabuhan dan aktivitas pelabuhan (jalur kapal) merupakan salah satu sumber

cemaran plastik di lautan (Muchlissin *et al.*, 2021). Claessens *et al.*, (2011) menjelaskan bahwa aktivitas di pelabuhan membuat area di sekitar pelabuhan memiliki densitas mikroplastik yang tinggi. Aktivitas tersebut terdiri atas sandar kapal dari kegiatan kapal wisata dan kapal industri, pengiriman pemuatan dan pembongkaran kapal. Kapal yang lewat juga melakukan pencemaran ke laut, jalur transportasi kapal yang padat, baik kapal nelayan maupun kapal wisata, berpotensi menghasilkan cemaran mikroplastik yang tinggi. Menurut Riska *et al.*, (2022), daerah dengan kelimpahan mikroplastik yang besar juga merupakan daerah jalur lintas kapal, baik jalur kapal komersial (angkutan penumpang) ataupun kapal wisata. Arus laut sekitar pelabuhan Padangbai mungkin membawa mikroplastik yang dilepas dari pelabuhan dan mengalmirkannya ke arah kedua stasiun. Arus laut dapat berperan sebagai agen transportasi yang efektif, membawa partikel- partikel mikroplastik jauh ke perairan sekitarnya (Jhon *et al.*, 2022).

Selain dari aktivitas pelabuhan, Padangbai juga terkenal dengan kawasan wisata dimana di stasiun 1 dan 2 merupakan tempat banyaknya pengunjung untuk bersantai di pesisir pantai dan spot lokasi menyelam dan snorkeling yang populer untuk melihat ekosistem terumbu karangnya. Dimana menurut penulis pengunjung dari situs-situs ini mungkin membuang plastik secara acak atau tidak sengaja, plastik tersebut dapat mencakup kantong plastik dan botol plastik. Dibandingkan dengan botol plastik dan plastik keras lainnya, kantong plastik umumnya terbuat dari PE (*polyethylene*) dimana lebih lembut dan tipis. Artinya, mereka bisa lebih terkoyak-koyak dengan mudah dan dengan demikian, lebih rentan untuk terurai menjadi mikroplastik oleh sinar UV (fotodegradasi), energi gelombang, energi arus, dan biodegradasi (Andrady, 2011). Statistik deskriptif kelimpahan mikroplastik (item/kg) yang diamati pada kedua stasiun disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Tabel kelimpahan mikroplastik perjenis (item/kg) yang diamati pada stasiun penelitian. Stasiun 1: Blue Lagoon; Stasiun 2: Bias Tugel.

Lokasi	Jumlah Sampel	Rata-rata	Nilai Tengah	Standar Deviasi
Blue Lagoon	10	41.5	40	5.8
Bias Tugel	10	45.0	45	4.1
All	20	43.3	45	5.2

Lokasi stasiun 1 dan 2 merupakan lokasi perairan Padangbai yang memiliki ekosistem terumbu karang yang indah dan menjadi spot wisata diving dan snorkeling (Arida *et al.*, 2015). Keberadaan mikroplastik pada sedimen ekosistem terumbu karang di perairan Padangbai dapat memberikan ancaman terhadap kesehatan terumbu karang serta kesehatan organisme laut yang berkaitan dengan terumbu karang tersebut. Riska *et al.*, (2022) menjelaskan Partikel-partikel mikroplastik yang terakumulasi di dalam tubuh organisme laut, seperti terumbu karang, dapat mengganggu fungsi fisiologis dan sistem pencernaan mereka. Paparan terhadap mikroplastik juga dapat menyebabkan gangguan pada reproduksi dan pertumbuhan organisme laut, termasuk organisme yang berkaitan dengan terumbu karang. Hal ini dapat mengganggu keseimbangan populasi dan ekosistem secara keseluruhan.

**Tabel 3.** Perbandingan kelimpahan mikroplastik pada sedimen ekosistem terumbu karang di berbagai wilayah Indonesia

Lokasi	Asal	Asal (mm)	Kelimpahan Mikroplastik (particles per-kg)	References
Sekotong, Lombok	Coral reefs	< 0,2-5	48.3	Cordova <i>et al.</i> , (2018)
Taman Nasional Laut Karimunjawa	Coral reefs	< 0,5-5	32.2	Muchlissin <i>et al.</i> , (2021)
Kepulauan Seribu	Coral reefs	< 0,3-1,3	62.5	Utami <i>et al.</i> (2021).

Perbandingan mikroplastik pada sedimen ekosistem terumbu karang di berbagai perairan Indonesia disajikan pada Tabel 3. Dibandingkan dengan lokasi lain, kelimpahan mikroplastik dalam penelitian ini lebih tinggi dari lokasi Karimun Jawa dengan total kelimpahan 32,2 partikel/kg (Muchlissin *et al.*, (2021) dan lebih rendah dibandingkan sedimen lain dari habitat ekosistem terumbu karang lainnya, misalnya sedimen ekosistem terumbu karang di Kawasan sekotong lombok 48,3 partikel/kg (Cordova *et al.*, (2018) dan Kepulauan Seribu 62,5 partikel/kg (Utami *et al.* (2021). Tidak mudah untuk membandingkan hasil penelitian kelimpahan mikroplastik di berbagai wilayah, ini dikarenakan perbedaan metode pengambilan sampel, metode ekstraksi, dan metode identifikasi yang bervariasi dalam penelitian yang berbeda, yang dimana dapat berkontribusi pada variasi hasilnya. Penyatuan dan standarisasi ukuran serta metode mengenai mikroplastik perlu dilakukan untuk memungkinkan perbandingan antar penelitian.

## Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik mikroplastik pada sedimen ekosistem terumbu karang di perairan Padangbai Karangasem Bali ditemukan jenis film, fiber, fragmen dengan warna bervariasi yaitu *Blue, Brown, Purple, Green, Red, Orange*. Jenis mikroplastik fiber merupakan jenis terbanyak yang ditemukan, diikuti oleh fragmen dan film. Rentang ukuran mikroplastik yang ditemukan berukuran 0.1 - 4.7 mm dengan ukuran mikroplastik terbanyak berkisar 1-3 mm dengan warna mikroplastik yang mendominasi adalah *purple*.
2. Rata-rata kelimpahan mikroplastik pada sedimen ekosistem terumbu karang di perairan Padangbai Karangasem Bali adalah 43,3±5,2 partikel/kg sedimen kering.

## Daftar Pustaka

- Apriyanti, D. P. R. V., Widayanti, N. P., Damara, A. A. S. R. S., & Utami, S. K. (2023). *Mikroplastik Menjelajah Dunia*. Deepublish. Asrul, N. A. M. (2022). *Fundamental Mikroplastik*. CV Jejak (Jejak Publisher).
- Azizah, P., Ridlo, A., & Suryono, C. A. (2020). Mikroplastik pada Sedimen di Pantai Kartini Kabupaten Jepara Jawa Tengah. *Journal of marine Research*, 9(3), 326-332.
- Bagaskara, I. G. D., Suteja, Y., & Hendrawan, I. G. (2020). Pemodelan Pergerakan Mikroplastik di Selat Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(2), 205-215.
- Cheang, C. C., Ma, Y., & Fok, L. (2018). Occurrence and composition of microplastics in the seabed sediments of the coral communities in proximity of a metropolitan area. *International journal of environmental research and public health*, 15(10), 2270.
- Claessens, M., Meester, S. D., Landuyt, L.V., Clerck, K. D., Janssen, C. R. 2011. Occurrence And Distribution of Microplastics In Marine

- Cordova, M. R. (2017). Pencemaran plastik di laut. *Oseana*, 42(3), 21-30.
- Cordova, Muhammad R., Hadi, T.A., & Prayudha, B. 2018. Occurrence and abundance of microplastics in coral reef sediment: a case study in Sekotong, Lombok-Indonesia. *Advances in Environmental Sciences*, 10(1):23–29. doi : 10.5281/zenodo.1297719
- de Oliveira Soares, M., Matos, E., Lucas, C., Rizzo, L., Allcock, L., & Rossi, S. (2020). Microplastics in corals: An emergent threat. *Marine Pollution Bulletin*, 161, 111810.
- Foekema, E. M., De Grijter, C., Mergia, M. T., Van Franeker, J. A., Murk, A. J., & Koelmans, A. A. (2013). Plastic in north sea fish. *Environmental Science and Technology*, 47(15), 8818–8824. <https://doi.org/10.1021/es400931b>
- GESAMP (2015) Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. Kershaw PJ (ed). Rep Stud GESAMP No. 90, 96 pp\
- HIWARI, H., PURBA, N. P., IHSAN, Y. N., YULIADI, L. P., & MULYANI, P. G. (2019). Condition of microplastic garbage in sea surface water at around Kupang and Rote, East Nusa Tenggara Province. In *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* (Vol. 5, No. 2, pp. 165-171).
- John, J., Nandhini, A. R., Velayudhaperumal Chellam, P., & Sillanpää, M. (2022). Microplastics in mangroves and coral reef ecosystems: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 1-20.
- Lamb, J.B., Willis, B.L., Fiorenza, E.A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D.N., True, J.D., Lisa, A.K., Ahmad, A., Jompa, J., & Harvell, C.D. 2018. Commentary: Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Frontiers in Marine Science*, 5:26–29. doi : 10.3389/fmars.2018.00237
- Layn, A. A., Emiyarti, & Ira. (2020). Distribution Microplastic at Sediment in the Kendari Bay Pendahuluan. *Sapa Laut*, 5(2), 115– 122.
- Li, Y., Lu, Z., Zheng, H., Wang, J., & Chen, C. (2020). Microplastics in surface water and sediments of Chongming Island in the Yangtze Estuary, China. *Environmental Sciences Europe*, 32(1), 1-12.
- Ling, D., Mao, R. Fan., Guo, X., Yang, X., Zhang, Q., Yang, C. 2019. Microplastics In Surface Waters And Sediments Of The Wei River, In The Northwest Of China. *Science of the Total Environment* 667 : 427 – 434
- Mauludy, M. S., Yunanto, A., & Yona, D. (2019). Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen Pantai Wisata Kabupaten Badung, Bali. *Jurnal Perikanan*, 21(2), 73–78. <https://doi.org/10.22146/jfs.45871>.
- Muchlissin, S. I., Abi Widyananto, P., Sabdono, A., & Radjasa, O. K. (2020). Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Ekosistem Terumbu di Taman Nasional Laut Karimunjawa. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(1), 1-6.
- NOAA, 2015. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. Available from [https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publicationsfiles/noaa\\_microplastics\\_methods\\_manual.pdf](https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publicationsfiles/noaa_microplastics_methods_manual.pdf).
- NOAA. (2013). Programmatic Environmental Assessment (PEA) for the NOAA Marine Debris Program (MDP). Maryland (US) : NOAA. 168 p.
- Nugroho, D. H., Restu, I. W., & Ernawati, N. M. (2018). Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Perairan Teluk Benoa Provinsi Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1(1), 80-88.
- Nurhuda, I. S., Purnomo, P. W., Afati, N., Jati, O. E., & Ayuningrum, D. Mikroplastik pada Terumbu Karang di Pulau Panjang Jepara. *Jurnal Pasir Laut*, 7(1), 15-22.
- Pawar, P. R., Shirgaonkar, 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.
- Pemerintah Provinsi Bali. (2018a). Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Provinsi Bali. 653, 2033.
- Pucangan, I. P. W. W., & Prajnowrdhi, T. A. (2023). Tipologi dan dinamika wilayah pesisir Padangbay di Kabupaten Karangasem. *SPACE*, 10(2).
- Rahmadhani, Fitra. 2019. "Identifikasi Dan Analisis Kandungan Mikroplastik Pada Ikan Pelagis Dan Demersal Serta Sedimen



- Dan Air Laut Di Perairan Pulau Mandangin Kabupaten Sampang.” Skripsi, 1–66.
- Restu, I. W. (2016). Ekosistem Terumbu Karang Dan Statusnya (Studi Kasus Kondisi Terumbu Karang Di Provinsi Bali). *Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Kelautan Dan Perikanan Universitas Udayana Bali, Bali*.
- Ridlo, A., Ario, R., Al Ayyub, A. M., Supriyantini, E., & Sedjati, S. (2020). Mikroplastik pada Kedalaman Sedimen yang Berbeda di Pantai Ayah Kebumen Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(3), 325–332. <https://doi.org/10.14710/jkt.v23i3.7424>
- Riska, R., Tasabaramo, I. A., Lalang, L., Muchtar, M., & Asni, A. (2022). Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen Ekosistem Terumbu Karang di Pulau Bokori Sulawesi Tenggara. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 6(4), 331-342.
- Saraswati, Et Al. (2016). Arsitektur dan Desain Riset Studi Perkotaan dan Lingkungan Binaan Kritik Perencanaan dan Arsitektur Binaan. *E-Jurnal Arsitektur, Universitas Udayana*, 4(1).
- Setiawan, A. N., Dhahiyat, Y., & Purba, N. P. (2013). Variasi sebaran suhu dan klorofil-a akibat pengaruh Arlindo terhadap distribusi ikan cakalang di Selat Lombok. *Depik*, 2(2).
- Sugandi, D., Agustiawan, D., Febriyanti, S. V., Yudi, Y., & Wahyuni, N. (2021). Identifikasi jenis mikroplastik dan logam berat di air sungai Kapuas Kota Pontianak. *Positron*, 11(2), 112-120.
- Syachbudi, R. R. (2020). Identifikasi Keberadaan dan Bentuk Mikroplastik pada Air dan Ikan di Sungai Code, DI Yogyakarta.
- Utami, D. A., Reuning, L., Konechnaya, O., & Schwarzbauer, J. (2021). Microplastics as a sedimentary component in reef systems: a case study from the Java Sea. *Sedimentology*, 68(6), 2270-2292.
- Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Muñoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., ... & Rodriguez-Mozaz, S. (2014). Microplastics in Freshwater Ecosystems: What We Know and What We Need to Know. *Environmental Sciences Europe*, 26, 12.
- Woodall, L. C., Gwinnett, C., Packer, M., Thompson, R. C., Robinson, L. F., & Paterson, G. L. (2015). Using a forensic science approach to minimize environmental contamination and to identify microfibrils in marine sediments. *Marine pollution bulletin*, 95(1), 40- 46.