Volume 7, No. 4, 2026

ISSN 2723-7583 (Online)

Variasi Spasial Mikroplastik Terduga dan Struktur Komunitas Plankton di Taman Laut Pandanan, Lombok Utara

Spatial Variation of Putative Microplastics and Plankton Community Structure in Pandanan Marine Park, North Lombok

Viky Vidayanti[1]*, Catur Retnaningdyah[1], Muhammad Yusuf[1]

[1] Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

*Corresponding author email: viky.vidayanti@ub.ac.id

Submitted: 08 November 2025/ Revised: 04 August 2026 / Accepted: 25 September 2026

http://doi.org/10.21107/juvenil.v7i4.32336

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi hubungan antara kondisi fisika-kimia perairan, mikroplastik, dan struktur komunitas plankton di Taman Laut Pandanan (TLP), Lombok Utara. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga lokasi dengan karakteristik berbeda: pelabuhan dengan restorasi karang (ShCP), area alami (NaCP), dan area rekreasi (Rec) pada dua kedalaman (permukaan dan 5 m). Parameter fisika-kimia air yang diukur meliputi salinitas, pH, oksigen terlarut (DO), dan total padatan tersuspensi (TSS). Identifikasi mikroplastik terduga dilakukan melalui pengamatan morfologi menggunakan mikroskop stereo. Struktur komunitas plankton dianalisis menggunakan beberapa indeks ekologi. Hasil menunjukkan adanya variasi kondisi fisika-kimia perairan TLP antarlokasi dan/atau antarkedalaman, kecuali pH. Komunitas plankton didominasi oleh diatom, dengan Guinardia memiliki Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi di seluruh titik sampling, kecuali pada NaCP permukaan. Konsentrasi mikroplastik terduga berkisar 18,67–88,83 partikel/L, didominasi oleh fiber (68,47–84,59%) dengan kelimpahan total yang lebih tinggi secara signifikan pada kedalaman 5 m dibandingkan dengan permukaan. Dua komponen utama pertama pada PCA menjelaskan 57,58% model. Mikroplastik terduga cenderung searah dengan TSS, namun berlawanan arah dengan DO dan kelimpahan plankton. Pola tersebut menunjukkan adanya asosiasi antarvariabel. Studi ini memberikan informasi dasar mengenai distribusi mikroplastik terduga serta kondisi ekologi perairan TLP.

Kata kunci: *Mikroplastik terduga, plankton, kualitas air, Taman Laut Pandanan*

ABSTRACT

This research aimed to assess the correlation among water physicochemical parameters, microplastics, and the structure of plankton communities in Pandanan Marine Park (TLP), North Lombok. Sampling was carried out at three distinct locations: a harbor with coral restoration (ShCP), a natural area (NaCP), and a recreational area (Rec), at two depths (surface and 5 m). The measured physicochemical parameters comprised salinity, pH, dissolved oxygen (DO), and total suspended solids (TSS). The identified putative microplastics were based on morphology observation using a stereo microscope. The structure of the plankton community was examined using various ecological indices. The findings indicated a variation in the physicochemical properties of the TLP waters among sampling sites and depth, except for pH. The plankton community was dominated by diatoms, primarily Guinardia, in all sampling sites except the NaCP surface, which was supported by a high INP portion. Putative microplastics abundance ranged from 18.67 to 88.83 particles/L, with fibers comprising from 68.47 to 84.59% of the total. The total abundance of putative microplastics was higher in the 5 m-depth layer than at the surface. The PCA explained 57.58% of the observed variance, with putative microplastics showing the same direction as TSS but the opposite direction of DO and plankton abundance. Those patterns showed an association among variables. In the end, this study revealed basic information on the distribution of suspected microplastics and the ecological conditions of TLP waters.

Keywords*: putative microplastics, plankton, water quality, Pandanan Marine Park*

PENDAHULUAN

Mikroplastik merupakan partikel plastik berukuran kurang dari 5 mm yang kini menjadi salah satu isu utama pencemaran laut global karena sifatnya yang persisten dan kemampuannya berinteraksi dengan berbagai polutan lain . Sebagian besar mikroplastik di laut berasal dari aktivitas daratan seperti limbah domestik, industri, dan tekstil, sedangkan sebagian lainnya bersumber dari kegiatan perikanan dan pelayaran (Coyle *et al.,* 2020). Keberadaan mikroplastik di kolom air tidak hanya menimbulkan risiko fisik bagi biota, tetapi juga dapat memengaruhi proses ekosistem melalui adsorpsi senyawa toksik dan perubahan kualitas air (S. Liu *et al.,* 2022; Patidar *et al.,* 2023; Polazzo *et al.,* 2022).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik memiliki kemampuan mengadsorpsi senyawa toksik seperti logam berat dan hidrokarbon aromatik polisiklik (PAHs), sehingga berpotensi menjadi vektor pencemar sekunder. Keberadaan mikroplastik di kolom air dapat menurunkan transparansi perairan, mengubah laju pertukaran gas, dan menghambat penetrasi cahaya yang dibutuhkan untuk fotosintesis fitoplankton (Montoya *et al.,* 2024). Selain itu, bentuk morfologinya yang bervariasi, seperti fiber, fragment, dan film, memengaruhi perilaku hidrodinamika dan waktu tinggal partikel dalam kolom air. Di antara tipe tersebut, fiber merupakan morfotipe yang paling sering ditemukan di ekosistem laut tropis karena berasal dari degradasi tali nilon, jaring ikan, dan serat pakaian sintetis yang sulit terdegradasi (Coyle *et al.,* 2020; Kim *et al.,* 2024).

Plankton, yang mencakup fitoplankton dan zooplankton, berperan sentral dalam sistem produktivitas primer dan transfer energi di ekosistem laut. Fitoplankton berfungsi sebagai produsen utama yang mengonversi energi cahaya menjadi biomassa, sedangkan zooplankton berperan sebagai konsumen primer yang mentransfer energi tersebut ke tingkat trofik lebih tinggi. Karena memiliki siklus hidup pendek dan respon cepat terhadap perubahan lingkungan, plankton sering digunakan sebagai bioindikator kesehatan ekosistem perairan (Hemraj *et al.,* 2017). Perubahan konsentrasi mikroplastik di perairan dapat memengaruhi struktur komunitas plankton melalui beberapa mekanisme, antara lain penurunan efisiensi fotosintesis, stres oksidatif, gangguan nutrisi, dan kompetisi ruang akibat partikel plastik yang tersuspensi (Davidov *et al.,* 2024; Hitchcock & Mitrovic, 2019; Mao *et al.,* 2018).

Interaksi antara mikroplastik dan parameter lingkungan juga berperan penting dalam menentukan distribusi serta dampaknya terhadap biota. Parameter seperti salinitas, oksigen terlarut (DO), total padatan tersuspensi (TSS), dan pH diketahui memengaruhi keberadaan serta pergerakan mikroplastik di kolom air. Studi di Laut Korea Selatan oleh Kim et al. (2024) menunjukkan bahwa mikroplastik cenderung terakumulasi pada area dengan nilai TSS tinggi dan DO rendah, menandakan keterkaitan erat antara dinamika partikel tersuspensi dan degradasi kualitas perairan. Di sisi lain, penelitian di Selat Singapura menemukan bahwa distribusi spasial mikroplastik mengikuti pola sirkulasi arus, salinitas, dan stratifikasi massa air (Curren & Yew Leong, 2023). Kondisi serupa juga dijumpai di Samudra Atlantik, di mana mikroplastik lebih banyak ditemukan pada zona transisi dengan perbedaan densitas air yang tinggi (Andersen *et al.,* 2024).

Keterkaitan antara mikroplastik dan plankton tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga biologis. Permukaan mikroplastik dapat menjadi substrat bagi koloni mikroorganisme, termasuk bakteri, alga, dan fungi (Davidov *et al.,* 2024). Komunitas ini mampu mengubah struktur biotik di kolom air dan berpotensi bersaing dengan komunitas plankton alami dalam memanfaatkan sumber daya (Molina-Grima *et al.,* 2022). Beberapa mikroba bahkan memiliki kemampuan degradasi polimer tertentu, yang dapat memengaruhi siklus karbon dan nitrogen di perairan pesisir (Molina-Grima *et al.,* 2022). Hubungan kompleks antara mikroplastik, komunitas mikroba, dan plankton inilah yang menjadikan studi integratif penting untuk memahami fungsi ekosistem laut secara utuh.

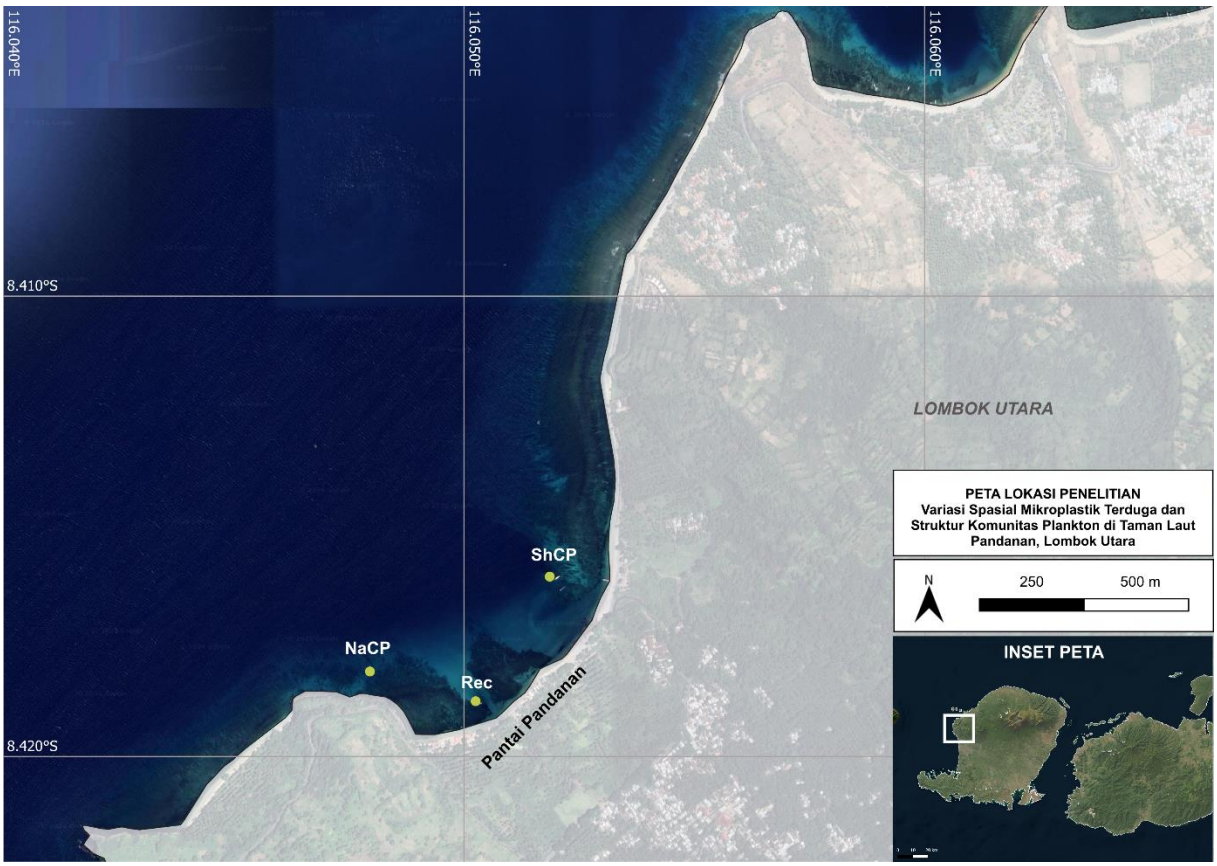
Taman Laut Pandanan (TLP) di Lombok Utara merupakan salah satu kawasan konservasi yang memiliki peran ekologis penting sebagai *nursery ground* dan habitat bagi terumbu karang. Meskipun memiliki aktivitas konservasi, kawasan ini menghadapi tekanan antropogenik dari aktivitas wisata bahari, pelayaran, dan permukiman pesisir. Beberapa studi lokal menunjukkan adanya indikasi peningkatan partikel plastik dan penurunan kualitas air di wilayah pesisir Lombok Utara, namun kajian yang secara komprehensif menghubungkan mikroplastik dengan struktur komunitas plankton dan kondisi lingkungan masih terbatas. Penelitian pada skala lokal seperti ini penting untuk memberikan dasar ilmiah dalam pengelolaan kawasan konservasi yang adaptif terhadap tekanan antropogenik (Kim *et al.,* 2024; H. Liu *et al.,* 2024). Penelitian ini

bertujuan untuk (1) menganalisis variasi parameter fisika–kimia air di TLP, (2) mengidentifikasi sebaran dan jenis mikroplastik di perairan TLP, (3) mengkaji struktur komunitas plankton berdasarkan indeks ekologi, serta (4) mengevaluasi keterkaitan antara mikroplastik, kualitas air, dan plankton.

MATERI DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari Maret hingga Desember 2025 di Taman Laut Pandanan (TLP), Lombok Utara (**Gambar 1**). Laut Pandanan merupakan salah satu destinasi wisata bahari dan tengah mengembangkan konservasi terumbu karang. Penelitian ini menyasar tiga area berbeda: area alami dengan restorasi karang (NaCP), pelabuhan dengan restorasi karang (ShCP), serta area rekreasi (Rec) dengan dua kedalaman yang berbeda, yaitu permukaan (s) dan kedalaman 5 m (5m) pada titik horizontal yang sama. Pada setiap lokasi dan kedalaman, terdapat tiga titik (ulangan) berbeda dengan jarak antartitik sekitar 3–5 m. Maka pada penelitian ini terdapat 18 sampel yang diproses secara terpisah (tidak dikompositkan).



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel air untuk analisis mikroplastik dan plankton di Taman Laut Pandanan, Lombok Utara: area alami dengan restorasi karang (NaCP), pelabuhan dengan restorasi karang (ShCP), dan area rekreasi (Rec)

Pengambilan Sampel Air dan Pengukuran Parameter Fisika-Kimia

Sampel air diambil menggunakan *vertical water sampler* sebanyak 5 liter per ulangan pada kedalaman permukaan dan 5 meter, dengan tiga kali pengulangan. Parameter fisika- kimia yang diukur meliputi suhu air, pH, oksigen terlarut (DO), salinitas, konduktivitas, turbiditas, dan total padatan tersuspensi (TSS) yang diukur secara *in-situ*.

Ekstraksi Mikroplastik

Air sebanyak 5 liter difiltrasi menggunakan jaring dengan ukuran mesh sebesar 100 µm saat di lapang. Sampel selanjutnya ditambahkan dengan H_2O_2 30% untuk menghilangkan material organik, dilanjutkan dengan pemisahan berbasis berat jenis menggunakan larutan NaCl jenuh. Sampel tersebut difilter menggunakan kertas saring Whatman berukuran 47 mm dengan ukuran mesh 0,45 µm menggunakan pompa vakum (Vidayanti & Retnaningdyah, 2024). Partikel mikroplastik yang diperoleh diamati menggunakan mikroskop stereo dan diklasifikasikan berdasarkan jenisnya, antara

lain *fiber, foam, microbead, fragment, pellet,* dan *film* (Mohamed Nor & Obbard, 2014) tanpa konfirmasi FTIR atau metode identifikasi polimer lainnya. Untuk meminimalkan kontaminasi, personel menggunakan jas laboratorium dan jumlah orang di ruang kerja dibatasi selama proses ekstraksi dan identifikasi. Kontrol kontaminasi udara laboratorium dilakukan dengan menempatkan akuades dalam wadah terbuka di ruang kerja selama penyaringan sampel. Blanko lapangan tidak digunakan dalam penelitian ini. Wadah sampel dan filter ditutup saat tidak sedang dikerjakan.

Identifikasi plankton

Sampel plankton diperoleh dengan menyaring 5 liter air laut menggunakan jaring plankton berukuran 100 µm. Filtrat yang berisi plankton diawetkan dengan formalin 4% dan $CuSO_4$ pekat. Filtrat kemudian dibawa ke Laboratorium Ekologi dan Restorasi Ekosistem Tropika dan diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100×. Identifikasi dilakukan dengan literatur standar plankton laut yang mengacu pada *Phytoplankton Identification Manual* (Verlencar & Desai, 2004) dan *Marine Phytoplankton* (Hoppenrath *et al.,* 2009).

Analisis Data

Data kualitas air, kepadatan terduga mikroplastik, dan komunitas plankton ditabulasi dalam Microsoft Excel. Selanjutnya, pada data plankton dilakukan penentuan kelimpahan, kekayaan taksa, indeks nilai penting (INP), indeks diversitas Shannon-Wiener (H), indeks kemerataan (E), dan indeks dominansi (D). Parameter fisika-kimia air dianalisis menggunakan ANOVA dua arah pada Rstudio, mencakup lokasi, kedalaman, dan interaksinya. Tingkat signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 0,1$ untuk tujuan eksplorasi. Batas tersebut dipilih dengan menerima risiko galat tipe I yang lebih tinggi. Uji lanjutan dilakukan pada parameter fisika-kimia yang signifikan menggunakan uji Holm. Sedangkan keterkaitan antarvariabel dieksplorasi menggunakan Principal Component Analysis (PCA) dengan perangkat lunak RStudio.

HASIL DAN PEMBAHASAN

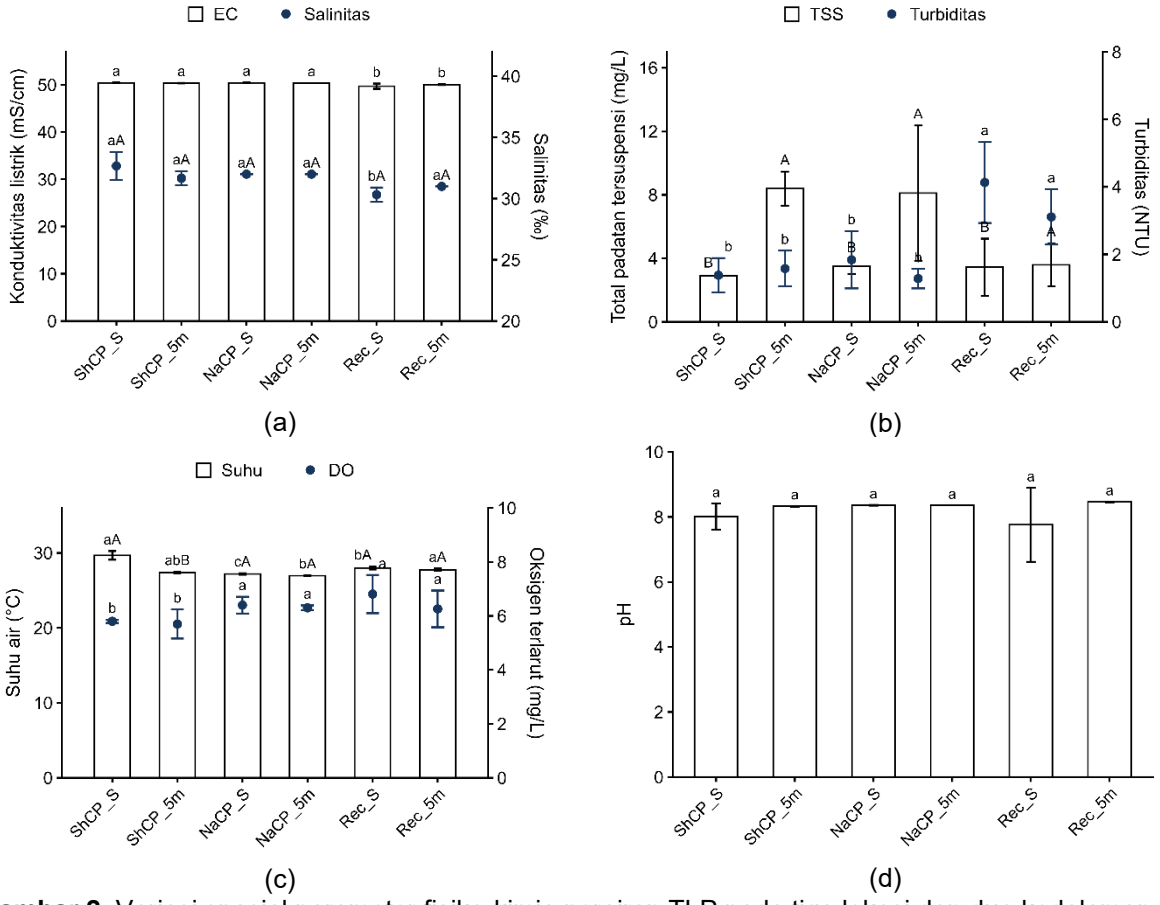
Kualitas Fisika-Kimia Air Taman Laut Pandanan

Hasil pengukuran parameter fisika–kimia perairan di TLP menunjukkan variasi pada beberapa parameter (**Gambar 2**). Salinitas berkisar antara 30–34‰ dan menunjukkan perbedaan signifikan antarlokasi dan antarkedalaman ($p = 0,058$). Salinitas pada permukaan air Rec (lokasi wisata) signifikan lebih rendah dibandingkan dengan ShCP dan NaCP, namun pada kedalaman 5 m tidak terdapat perbedaan signifikan antarlokasi. Sementara itu, konduktivitas (EC) tidak menunjukkan perbedaan signifikan antarlokasi ($p = 0,0198$), dengan EC pada Rec lebih rendah dibandingkan dengan ShCP dan NaCP (**Gambar 2a**). Hal ini dapat menjadi dasar dugaan adanya perbedaan pencampuran atau sirkulasi massa air. Evaporasi lokal dan aktivitas manusia diduga juga dapat meningkatkan konsentrasi garam di perairan, namun hal ini belum dapat ditentukan dari pengukuran ini.

TSS berbeda secara signifikan antarkedalaman ($p = 0,0058$), di mana TSS pada kedalaman 5 m lebih tinggi dibandingkan permukaan (**Gambar 2b**). Diketahui bahwa turbiditas berbeda secara signifikan antarlokasi ($p = 0,0012$), di mana TSS pada Rec diketahui lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya. Peningkatan TSS di area pelabuhan dan turbiditas di area wisata kemungkinan disebabkan oleh resuspensi sedimen akibat pergerakan kapal dan aktivitas bongkar muat (Bhuyan *et al.,* 2025). Kondisi tersebut dapat mengurangi penetrasi cahaya, sehingga menurunkan efisiensi fotosintesis fitoplankton serta memengaruhi proses kalsifikasi karang yang bergantung pada intensitas cahaya (Jones *et al.,* 2020; Toniolo *et al.,* 2026).

Suhu air (WT) TLP berkisar antara 28–30°C dengan variasi kecil antarlokasi. Nilai ini tergolong normal bagi perairan tropis dan masih mendukung proses biologis organisme laut. Oksigen terlarut (DO) menunjukkan perbedaan signifikan antarlokasi ($p = 0,0026$) (**Gambar 2c**). Uji lanjut dengan koreksi Holm menunjukkan bahwa DO di ShCP memiliki nilai DO yang lebih rendah dibandingkan dengan NaCP dan Rec, sedangkan keduanya tidak berbeda signifikan. Salah satu kemungkinan penyebab turunnya DO ini adalah masukan bahan organik di sekitar lokasi, termasuk wisata bahari, yang dapat meningkatkan konsumsi oksigen melalui proses dekomposisi. Perbedaan suhu dan DO berpotensi berkaitan dengan komposisi komunitas plankton dengan menekan kelimpahan fitoplankton yang sensitif dan mendorong dominansi spesies yang lebih toleran terhadap kondisi stres lingkungan (Carey, 2023; McCabe *et al.,* 2021). Namun, mekanisme tersebut belum dapat dipastikan karena masukan bahan organik, laju dekomposisi, dan respons fisiologis plankton tidak diukur dalam studi ini.

Nilai pH perairan berkisar antara 7,8–8,1 yang masih mendukung kehidupan organisme laut, dengan nilai terendah terdapat pada permukaan ShCP, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada kedalaman 5 m di Rec (**Gambar 2d**). Meskipun terdapat variasi secara deskriptif, pH tidak menunjukkan perbedaan antarlokasi dan antarkedalaman. Aktivitas fotosintesis fitoplankton yang menggunakan CO_2 terlarut merupakan salah satu kemungkinan penyebab variasi pH di perairan (Jiang *et al.,* 2024). Secara keseluruhan, parameter fisika–kimia perairan di Taman Laut Pandanan masih tergolong stabil, meskipun terdapat indikasi gangguan lokal di sekitar area pelabuhan dan rekreasi.



Gambar 2. Variasi spasial parameter fisika-kimia perairan TLP pada tiga lokasi dan dua kedalaman: (a) konduktivitas listrik (EC) dan salinitas; (b) total padatan tersuspensi (TSS) dan turbiditas; (c) suhu dan oksigen terlarut (DO); serta (d) pH.

Keterangan:
- pelabuhan dengan restorasi karang (ShCP), alami dengan restorasi karang (NaCP), dan rekreasi (Rec))
- Batang dan titik menunjukkan rata-rata; garis galat menunjukkan ± SD.
- Pada suhu dan salinitas, huruf kecil membandingkan lokasi pada kedalaman yang sama, sedangkan huruf kapital membandingkan kedalaman pada lokasi yang sama. Huruf pada DO, EC, dan turbiditas membandingkan lokasi berdasarkan rata-rata kedua kedalaman. Huruf pada TSS membandingkan kedalaman berdasarkan rata-rata dari ketiga lokasi.
- Kelompok yang berbagi huruf tidak berbeda secara signifikan berdasarkan koreksi Holm pada α = 0,10.

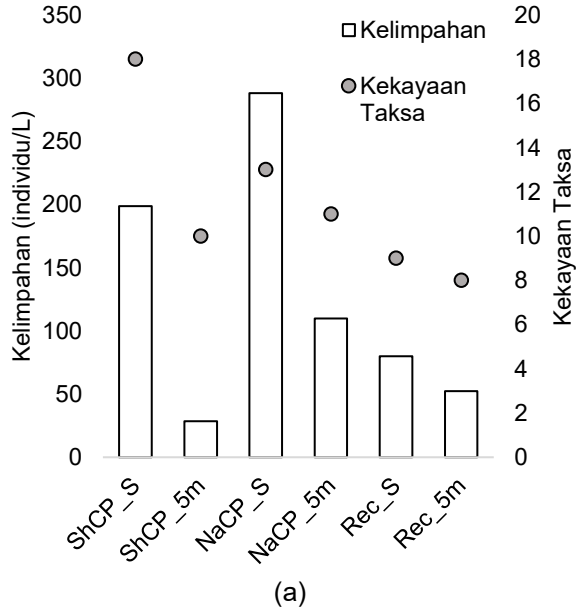
Struktur Komunitas Plankton Taman Laut Pandanan

Struktur komunitas plankton di Taman Laut Pandanan memperlihatkan variasi yang nyata antarlokasi dan antarkedalaman (**Gambar 3**). Kelimpahan total plankton berkisar antara 28,6–288,0 individu/L, dengan nilai tertinggi pada NaCP_S dan terendah pada ShCP_5m (**Gambar 3a**). Komunitas plankton yang teramati terdiri atas fitoplankton serta zooplankton yang terdiri atas 18 taksa.

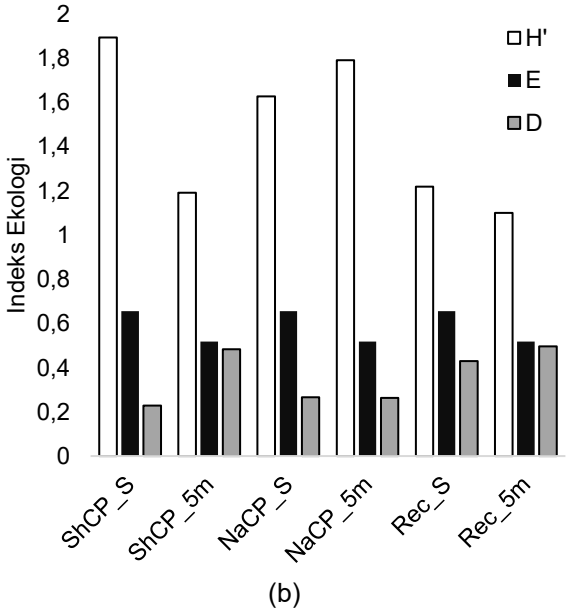
Analisis Indeks Nilai Penting (INP) memperlihatkan bahwa komunitas plankton di TLP didominasi oleh diatom, terutama

Guinardia, *Fragilaria*, *Chaetoceros*, dan *Coscinodiscus*. *Guinardia* merupakan taksa dominan dengan INP tertinggi di hampir seluruh titik (43,89–85,08%), terutama di kedalaman 5 meter di lokasi wisata dan pelabuhan dengan restorasi karang (Rec_5m dan ShCP_5m). Hal ini menandakan penguasaan komunitas oleh satu genus yang sangat adaptif terhadap perubahan lingkungan. Sebaliknya, *Fragilaria* dan *Chaetoceros* memiliki INP tinggi di area konservasi terumbu karang (NaCP). Nilai indeks keanekaragaman Shannon–Wiener (H′) mendukung pola ini, dengan nilai tertinggi pada ShCP_S (1,89) dan NaCP_5m (1,79), serta terendah pada Rec_5m (1,10). Artinya, lokasi dengan dominansi tunggal cenderung memiliki keanekaragaman rendah, sedangkan lokasi dengan beberapa taksa penting memiliki struktur komunitas yang lebih heterogen dan lebih stabil.

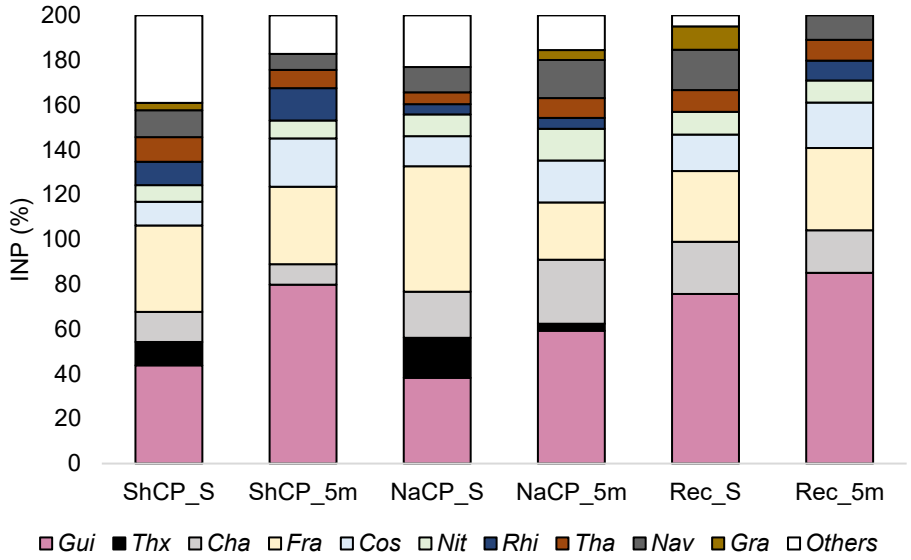
Nilai evenness (E) berkisar antara 0,52–0,66, dengan sebaran individu lebih merata di permukaan (NaCP_S dan ShCP_S), sedangkan dominansi (D) tertinggi tercatat di Rec_5m (0,49) dan ShCP_5m (0,48). Temuan ini menunjukkan bahwa semakin besar peran satu taksa dominan (seperti *Guinardia*), semakin rendah nilai H′ dan E, serta semakin tinggi D. Hal ini mengindikasikan penurunan kompleksitas komunitas. Pola ini sesuai dengan sejumlah penelitian lain yang menyatakan bahwa dominansi diatom tunggal di kawasan dengan aktivitas manusia menandakan tekanan ekosistem ringan hingga sedang, sementara tingginya keanekaragaman dan keseragaman di kawasan alami mencerminkan resiliensi dan keseimbangan trofik yang lebih baik (Kuturo *et al.,* 2024; Wang *et al.,* 2022). Dominansi *Guinardia* menunjukkan adanya dominansi takson tertentu dalam komunitas plankton, tetapi belum dapat mengarah pada dugaan pengayaan nutrien di perairan. Menesguen et al. (2018) menunjukkan bahwa perubahan keseimbangan nutrien dapat mendukung peningkatan jumlah diatom. Namun, dalam studi ini, hubungan tersebut tidak dievaluasi karena tidak ada pengukuran nitrat, fosfat, dan silika. (Ménesguen *et al.,* 2018)



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Struktur komunitas plankton TLP di tiga lokasi sampling (pelabuhan dengan restorasi karang (ShCP), alami dengan restorasi karang (NaCP), dan rekreasi (Rec)) pada dua titik pengambilan (permukaan dan 5 m). Terdapat variasi pada (a) kelimpahan dan kekayaan taksa, (b) indeks ekologi H, E, dan D, serta (c) INP.

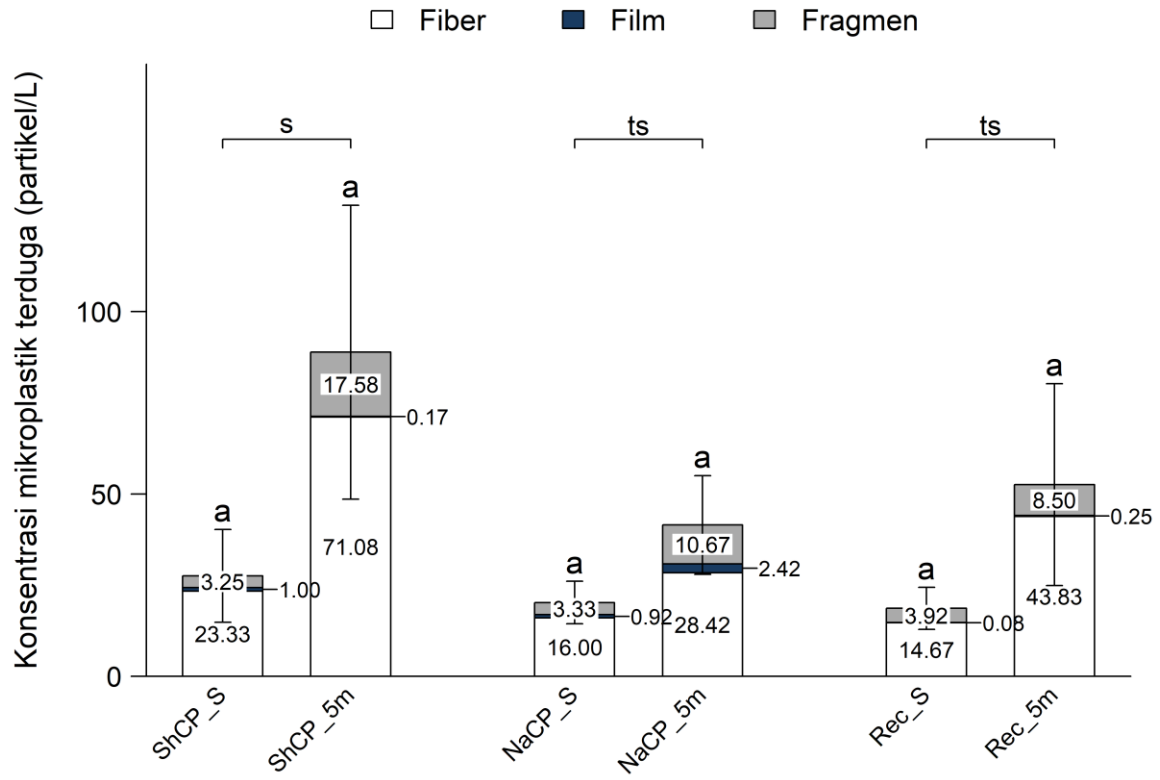
Keterangan: *Gui: Guinardia; Thx: Thalassiothrix; Cha: Chaetoceros; Fra: Fragilaria; Cos: Coscinodiscus; Nit: Nitzschia; Rhi: Rhizosolenia; Tha: Thalassionema; Nav: Navicula; Gra: Grammatophora; Others: Taksa lainnya.*

Distribusi dan Karakteristik Mikroplastik

Total konsentrasi mikroplastik terduga di perairan TLP tertinggi terdapat di ShCP_5m sebesar 88,83 partikel/L dan yang paling rendah di Rec_S sebesar 18,67 partikel/L (**Gambar 4**). Jenis mikroplastik yang dominan adalah fiber, dengan proporsi antara 68,47–84,59% atau sekitar 14,67–71,08 partikel/L dari total partikel. Jenis mikroplastik lain yang teridentifikasi adalah fragmen dan film. Dominasi fiber dapat dikaitkan dengan potensi atau kemungkinan masukan dari tekstil atau peralatan perikanan yang mengalami degradasi di laut, misalnya tali, jaring, dan bahan sintetis lainnya. Hal serupa dilaporkan secara luas pada ekosistem pesisir tropis, di mana fiber merupakan morfotipe yang paling umum terdistribusi di kolom air (Coyle *et al.,* 2020; Kim *et al.,* 2024). Namun, asal partikel belum dapat dipastikan hanya berdasarkan morfologi.

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa konsentrasi total mikroplastik terduga berbeda signifikan antarkedalaman ($p = 0,0073$), namun tidak berbeda antarlokasi maupun pada interaksi antarlokasi-kedalaman. Distribusi vertikal memperlihatkan bahwa pada kedalaman 5 m, ketiga lokasi memiliki akumulasi partikel yang lebih tinggi dibandingkan dengan permukaan. ShCP menunjukkan perbedaan signifikan dibandingkan dengan kedua lokasi lainnya ($p = 0,0332$), sedangkan kedua lokasi, NaCP dan Rec tidak berbeda secara signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa kedalaman memiliki pengaruh yang berbeda antarlokasi.

Konsentrasi mikroplastik terduga yang lebih tinggi pada kedalaman 5 m menunjukkan bahwa distribusi partikel tidak terbatas pada permukaan perairan. Pola ini dapat berkaitan dengan proses transportasi dan pengendapan yang dipengaruhi oleh densitas, ukuran, serta morfologi partikel (Ben Stride *et al.,* 2024; Dittmar *et al.,* 2024). Selain itu, studi Kooi et al. (2017) menunjukkan bahwa pembentukan biofilm dapat mengubah pergerakan vertikal mikroplastik, sehingga partikel dapat mengapung, tenggelam, atau bergerak naik-turun bergantung pada karakteristiknya. Namun, pola konsentrasi menurut kedalaman tidak selalu seragam. Gunaalan et al. (2024) tidak menemukan perbedaan konsentrasi mikroplastik antarkedalaman meskipun kolom air memiliki stratifikasi yang kuat. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa distribusi vertikal melibatkan proses yang lebih kompleks, bukan hanya kedalaman perairan.



Gambar 4. Distribusi vertikal dan komposisi morfotipe mikroplastik di perairan TLP. Setiap segmen dan angka menunjukkan rata-rata konsentrasi morfotipe dari tiga ulangan. Garis galat menunjukkan ± SD konsentrasi total terduga mikroplastik. Huruf membandingkan konsentrasi total antar lokasi pada kedalaman yang sama. Kelompok yang memiliki huruf yang sama tidak berbeda secara signifikan. Kurung menunjukkan perbandingan konsentrasi total antara permukaan dan kedalaman 5 m dalam setiap lokasi. Signifikansi ditentukan berdasarkan uji lanjut dengan koreksi Holm pada α = 0,10.

Keterangan: s = signifikan; ts = tidak signifikan. S = permukaan; 5m = kedalaman 5 m.

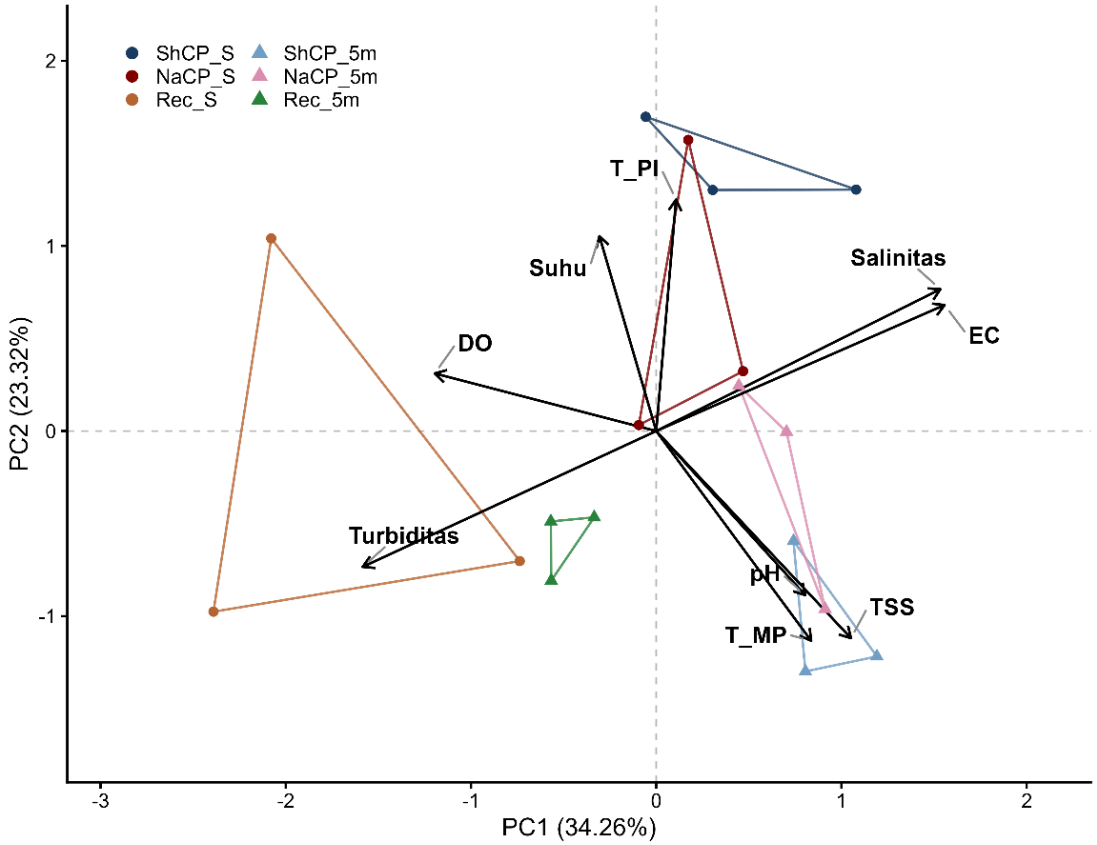
Eksplorasi Keterkaitan Antarparameter Lingkungan, Mikroplastik Terduga, dan Plankton

Analisis PCA menunjukkan adanya perbedaan antarlokasi pengamatan berdasarkan parameter fisika-kimia air, kelimpahan mikroplastik terduga, dan kelimpahan plankton (**Gambar 5**). PC1 dan PC2 masing-masing menjelaskan 34,26% dan 23,32% keragaman (kumulatif = 57,58%). PC1 diketahui berkaitan dengan EC dan salinitas ke arah positif serta turbiditas ke arah negatif. PC2 berkaitan dengan kelimpahan plankton dan suhu air pada arah positif, namun dengan kelimpahan mikroplastik terduga dan TSS pada arah negatif. Diketahui bahwa ShCP_5m dicirikan oleh total mikroplastik terduga (T_MP) dan TSS, sedangkan ShCP_S dicirikan oleh kelimpahan plankton dan suhu, dan Rec dicirikan oleh turbiditas.

Kedekatan arah vektor kelimpahan mikroplastik terduga dan TSS menunjukkan kecenderungan asosiasi positif. Pola ini menunjukkan kemungkinan keterkaitan antara distribusi mikroplastik, materi tersuspensi, dan perpindahan partikel. Densitas air, dinamika arus, dan fluktuasi salinitas merupakan beberapa faktor yang memengaruhi distribusi mikroplastik di kolom air pada perairan tropis (Andersen *et al.,* 2024; Curren & Yew Leong, 2023; Kim *et al.,* 2024). Namun, temuan ini belum sepenuhnya membuktikan bahwa mikroplastik terperangkap dalam material yang tersuspensi.

Arah vektor DO dan kelimpahan plankton dengan mikroplastik terduga menunjukkan arah yang berlawanan pada bidang PC1-PC2. Pola tersebut menggambarkan asosiasi dalam data, bukan bukti bahwa mikroplastik menyebabkan penurunan DO dan kelimpahan mikroplastik terduga. Sejumlah studi mengonfirmasi bahwa paparan fragmen dan fiber berukuran mikro dapat memicu respons stres oksidatif dan gangguan metabolik pada

organisme planktonik dan zoobentos (Choi *et al.,* 2024; Han *et al.,* 2022), sehingga memengaruhi distribusi organisme laut, termasuk plankton. Gradien fisik perairan diketahui memengaruhi distribusi plankton (Bharathi *et al.,* 2022), namun hasil PCA studi ini tidak cukup untuk menunjukkan faktor yang memengaruhi kelimpahan plankton.



Gambar 5. Biplot hasil analisis PCA menunjukkan hubungan antara parameter lingkungan (pH, DO, TSS, EC, dan salinitas), total mikroplastik terduga (T_MP), dan total plankton (T_Pl) di perairan Taman Laut Pandanan

KESIMPULAN DAN SARAN

Perairan Taman Laut Pandanan menunjukkan variasi spasial mikroplastik terduga, kualitas air, dan struktur komunitas plankton. Mikroplastik terduga terdistribusi di seluruh lokasi dengan dominansi fiber dengan kelimpahan lebih tinggi pada kedalaman 5 m. Variasi kualitas air serta indeks ekologi plankton menunjukkan heterogenitas kondisi antarlokasi dan kedalaman, sementara Guinardia (kelompok diatom) memiliki peranan relatif besar berdasarkan INP pada sebagian besar lokasi. PCA memperlihatkan pola asosiasi mikroplastik terduga dengan material tersuspensi, DO, dan kelimpahan plankton, tetapi belum menjelaskan mekanisme penyebabnya. Penelitian ini merekomendasikan perlunya pemantauan temporal, konfirmasi polimer mikroplastik terduga, serta pengukuran nutrien dan hidrodinamika untuk memperjelas mekanisme yang mendasari pola tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Sains, Teknologi, dan Matematika, Universitas Brawijaya atas pendanaan penelitian ini melalui skema Hibah Penelitian Internal No. 02115.22/UN10.F0901/B/PG/2025. Penulis mengapresiasi dukungan dari pihak pengelola Taman Laut Pandanan, Lombok Utara serta bantuan teknis dari Durrotul Inayah, Gracetya N Kejora, Anatasya N Aprilia, dan semua pihak yang terlibat.

DAFTAR PUSTAKA

Andersen, R., Harsaae, A. L., Kellner, A., Smyth, A., Westermann, T. A. R., Green, M., Vollertsen, J., Syberg, K., & Lorenz, C. (2024). Abundance, distribution and characteristics of microplastics in the North and South Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, *209*, 117217.

https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117217

Ben Stride, Abolfathi, S., Bending, G. D., & Pearson, J. (2024). Quantifying microplastic dispersion due to density effects. *Journal of Hazardous Materials*, *466*, 133440. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.133440

Bharathi, M. D., Venkataramana, V., & Sarma, V. V. S. S. (2022). Phytoplankton community structure is governed by salinity gradient and nutrient composition in the tropical estuarine system. *Continental Shelf Research*, *234*, 104643. https://doi.org/10.1016/j.csr.2021.104643

Bhuyan, Md. S., Jenzri, M., & Adikari, D. (2025). Impacts of sedimentation on coral health and reef ecosystems: A comprehensive review. *Marine Pollution Bulletin*, *221*, 118480. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118480

Carey, C. C. (2023). Causes and consequences of changing oxygen availability in lakes: Kilham Plenary Lecture Article. *Inland Waters*, *13*(3), 316–326. https://doi.org/10.1080/20442041.2023.2239110

Choi, K.-M., Mun, S. H., Shin, D., Kim, C. H., Kim, T. H., & Jung, J.-H. (2024). The toxic effects of exposure to fibrous and fragmented microplastic in juvenile rockfish based on two omics approach. *Chemosphere*, *367*, 143541. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143541

Coyle, R., Hardiman, G., & Driscoll, K. O. (2020). Microplastics in the marine environment: A review of their sources, distribution processes, uptake and exchange in ecosystems. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, *2*, 100010. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100010

Curren, E., & Yew Leong, S. C. (2023). Spatiotemporal characterisation of microplastics in the coastal regions of Singapore. *Heliyon*, *9*(1), e12961. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12961

Davidov, K., Marsay, K. S., Itzahri, S., Rubin-Blum, M., Sobral, P., Kranzler, C. F., & Oren, M. (2024). Community composition and seasonal dynamics of microplastic biota in the Eastern Mediterranean Sea. *Scientific Reports*, *14*(1), 26131. https://doi.org/10.1038/s41598-024-73281-3

Dittmar, S., Ruhl, A. S., Altmann, K., & Jekel, M. (2024). Settling Velocities of Small Microplastic Fragments and Fibers. *Environmental Science & Technology*, *58*(14), 6359–6369. https://doi.org/10.1021/acs.est.3c09602

Gunaalan, K., Almeda, R., Vianello, A., Lorenz, C., Iordachescu, L., Papacharalampos, K., Nielsen, T. G., & Vollertsen, J. (2024). Does water column stratification influence the vertical distribution of microplastics? *Environmental Pollution*, *340*(Part 1). https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122865

Han, Y., Zhang, X., Liu, P., Xu, S., Chen, D., Liu, J. N., & Xie, W. (2022). Microplastics exposure causes oxidative stress and microbiota dysbiosis in planarian Dugesia japonica. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(19), 28973–28983. https://doi.org/10.1007/s11356-022-18547-x

Hemraj, D. A., Hossain, M. A., Ye, Q., Qin, J. G., & Leterme, S. C. (2017). Plankton bioindicators of environmental conditions in coastal lagoons. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *184*, 102–114. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.10.045

Hitchcock, J. N., & Mitrovic, S. M. (2019). Microplastic pollution in estuaries across a gradient of human impact. *Environmental Pollution*, *247*, 457–466. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.069

Hoppenrath, M., Elbrächter, M., & Drebes, G. (2009). *Marine Phytoplankton: Selected microphytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt*. Schweizerbart Sche Vlgsb.

Jiang, Z., Qin, C., Pan, Y., Le, C., Rabalais, N., Turner, R. E., Fennel, K., Wang, K., & Cai, W. (2024). Multi-Decadal Coastal Acidification in the Northern Gulf of Mexico Driven by Climate Change and Eutrophication. *Geophysical Research Letters*, *51*(5), e2023GL106300. https://doi.org/10.1029/2023GL106300

Jones, R., Giofre, N., Luter, H. M., Neoh, T. L., Fisher, R., & Duckworth, A. (2020). Responses of corals to chronic

turbidity. *Scientific Reports*, *10*(1), 4762. https://doi.org/10.1038/s41598-020-61712-w

Kim, K. Y., Jeong, H. H., Kim, J. H., Min, B. K., Cho, C. R., Soh, H. Y., Ishibashi, Y., & Cho, H. S. (2024). Microplastic Distribution Characteristics Considering the Marine Environment Based on Surface Seawater Quality Parameters in Southern Sea of Korea, 2019. *Sustainability*, *16*(15), 6272. https://doi.org/10.3390/su16156272

Kooi, M., Nes, E. H. V., Scheffer, M., & Koelmans, A. A. (2017). Upsand Downs in the Ocean: Effects of Biofoulingon Vertical Transport of Microplastics. *Environmental Science & Technology*, *51*(14), 7963–7971. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04702

Kuturo, L., Malaza, N., Paulse, A. N., & Mpungose, P. (2024). Diatoms as an Indicator of Water Quality in the Kuils River, Western Cape, South Africa. *Applied Biosciences*, *3*(4), 517–531. https://doi.org/10.3390/applbiosci3040033

Liu, H., Gilmartin, J., Sluis, M. Z., Kobari, T., Rooker, J., Bi, H., & Quigg, A. (2024). Dynamic oceanographic influences on zooplankton communities over the northern Gulf of Mexico continental shelf. *Journal of Sea Research*, *199*, 102501. https://doi.org/10.1016/j.seares.2024.102501

Liu, S., Huang, J., Zhang, W., Shi, L., Yi, K., Yu, H., Zhang, C., Li, S., & Li, J. (2022). Microplastics as a vehicle of heavy metals in aquatic environments: A review of adsorption factors, mechanisms, and biological effects. *Journal of Environmental Management*, *302*, 113995. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113995

Mao, S., Guo, S., Deng, H., Xie, Z., & Tang, T. (2018). Recognition of Patterns of Benthic Diatom Assemblages within a River System to Aid Bioassessment. *Water*, *10*(11), 1559. https://doi.org/10.3390/w10111559

McCabe, K. M., Smith, E. M., Lang, S. Q., Osburn, C. L., & Benitez-Nelson, C. R. (2021). Particulateand Dissolved Organic Matter in StormwaterRunoff Influences Oxygen Demand in Urbanized Headwater Catchments. *Environmental Science & Technology*, *55*(2), 952–961. https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04502

Ménesguen, A., Desmit, X., Dulière, V., Lacroix, G., Thouvenin, B., Thieu, V., & Dussauze, M. (2018). How to avoid eutrophication in coastal seas? A new approach to derive river-specific combined nitrate and phosphate maximum concentrations. *Science of The Total Environment*, *628–629*, 400–414. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.025

Mohamed Nor, N. H., & Obbard, J. P. (2014). Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, *79*(1–2), 278–283. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.025

Molina-Grima, E., García-Camacho, F., Acién-Fernández, F. G., Sánchez-Mirón, A., Plouviez, M., Shene, C., & Chisti, Y. (2022). Pathogens and predators impacting commercial production of microalgae and cyanobacteria. *Biotechnology Advances*, *55*, 107884. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2021.107884

Montoya, D., Rastelli, E., Casotti, R., Manna, V., Trano, A. C., Balestra, C., Santinelli, C., Saggiomo, M., Sansone, C., Corinaldesi, C., Montoya, J. M., & Brunet, C. (2024). Microplastics alter the functioning of marine microbial ecosystems. *Ecology and Evolution*, *14*(11), e70041. https://doi.org/10.1002/ece3.70041

Patidar, K., Ambade, B., Mohammad, F., & Soleiman, A. A. (2023). Microplastics as heavy metal vectors in the freshwater environment: Distribution, variations, sources and health risk. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, *131*, 103448. https://doi.org/10.1016/j.pce.2023.103448

Polazzo, F., Marina, T. I., Crettaz-Minaglia, M., & Rico, A. (2022). Food web rewiring drives long-term compositional differences and late-disturbance interactions at the community level. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *119*(17), e2117364119. https://doi.org/10.1073/pnas.2117364119

Toniolo, L. M., Louis, Y. D., Seveso, D., Montalbetti, E., Haw, J. K. C., Yong, W. L. O., Huang, D., & Tanzil, J. (2026). Effects of light limitation on the photophysiology of the coral

Pachyseris speciosa from Singapore's turbid reefs. *Coral Reefs*, *45*(1), 291–306. https://doi.org/10.1007/s00338-025-02726-6

Verlencar, X., & Desai, S. (2004). *Phytoplankton Identification Manual*. National Institute of Oceanography.

Vidayanti, V., & Retnaningdyah, C. (2024). Microplastic pollution in the surface waters, sediments, and wild crabs of mangrove ecosystems of East Java, Indonesia. *Emerging Contaminants*, *10*(4), 100343. https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100343

Wang, L.-C., Li, H.-C., & Shiau, L.-J. (2022). Impacts of Anthropogenic Disturbances on Diatom Diversity in a Shallow Spring-Fed Pool. *Diversity*, *14*(3), 166. https://doi.org/10.3390/d14030166