

Karakterisasi dan Distribusi Spasial Sampah Kemasan Plastik Non-Sachet di Pesisir Jawa Timur, Indonesia

Indri Asifah Putri¹, Muhammad Azka Dzikri Firdausi², Arini Puspa Ahatsy¹,
Muhammad Ragib Bilhaq¹, Kaka Callista Qowwiyu¹, Adinda Martha Putri Andristi¹,
Layta Dinira³, Syarifah Hikmah Julinda Sari^{1,4}, Defri Yona^{1,4*}

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya

²Program Studi Magister Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya

³Program Studi Kimia, Departemen Kimia, Fakultas Fakultas Sains, Teknologi, dan Matematika,
Universitas Brawijaya

⁴Kelompok Riset Marine Resources Exploration and Management, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Universitas Brawijaya

Jl. Veteran, Ketawanggede, Lowokwaru, Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia

Email: defri.yona@ub.ac.id

Abstract

Characterization and Spatial Distribution of Non-Sachet Plastic Packaging Waste along the Coast of East Java, Indonesia

Non-sachet plastic packaging is a type of plastic waste that can accumulate in coastal areas due to suboptimal waste management. Non-sachet plastic packaging consists of plastic sheets designed to protect products from exposure to oxygen, water vapor, and light, extending the products' shelf life and allowing reuse at least once. This study examines the composition and spatial distribution of non-sachet plastic packaging waste along the northern and southern coasts of East Java. Sampling was conducted in 14 beaches along the northern and southern coasts of East Java in July 2025 using the square transect method in the beach foreshore area. The samples were subsequently analysed based on constituent materials, original function, size, physical condition, degree of degradation, and abundance. The composition analysis revealed that non-sachet plastic packaging waste was dominated by multi-layer types, with food, pharmaceutical, and household cleaning products as the highest categories in both regions. The packaging waste was mostly intact, with mild to moderate decomposition, indicating it was relatively recent and had not yet undergone significant degradation. The calculated abundance of non-sachet plastic packaging waste on the northern coast was higher than on the southern coast, with item abundance ranging from 0.0003 to 0.1120 items/m² and weight abundance ranging from 0.000272 to 0.5237 grams/m², which is closely related to the intensity of tourism, fishing, and waste input from the mainland. This study underscores the need for improved waste management as well as education for coastal communities and tourists regarding the impact of plastic packaging waste on the coastal and marine environment

Keywords: non-sachet plastic packaging, marine debris, waste characterization, coastal pollution, East Java

Abstrak

Kemasan plastik non-sachet merupakan salah satu jenis sampah plastik yang berpotensi terakumulasi di wilayah pesisir akibat pengelolaan sampah yang belum optimal. Kemasan plastik non-sachet memiliki karakteristik plastik lembaran yang dirancang untuk melindungi produk dari paparan oksigen, uap air, dan cahaya, sehingga dapat memperpanjang masa simpan produk dan setidaknya dapat digunakan lebih dari satu kali. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji komposisi dan distribusi spasial sampah kemasan plastik non-sachet di pesisir utara dan selatan Jawa Timur. Pengambilan sampel dilakukan pada 14 pantai di wilayah pesisir utara dan selatan Jawa Timur pada Juli 2025 menggunakan metode transek kuadrat pada area foreshore pantai, yang selanjutnya dianalisis berdasarkan material penyusun, fungsi awal, ukuran, kondisi fisik, tingkat pelapukan, dan kelimpahannya. Penelitian ini menunjukkan bahwa sampah kemasan plastik non-sachet didominasi oleh jenis multi-layer dengan fungsi awal produk makanan, farmasi, dan kebersihan rumah tangga sebagai kategori tertinggi di kedua kawasan. Kondisi fisik sampah kemasan yang ditemukan sebagian besar masih utuh dengan tingkat pelapukan awal hingga sedang, mengindikasikan bahwa sampah tersebut relatif baru dan belum mengalami pelapukan yang signifikan. Hasil perhitungan kelimpahan sampah kemasan plastik non-sachet di pesisir utara lebih tinggi dibandingkan dengan pesisir selatan, dengan rentang kelimpahan item 0.0003–0.1120 item/m² dan kelimpahan berat 0.0003–0.5237 gram/m² yang berkaitan erat dengan intensitas aktivitas wisata, perikanan, dan masukan sampah dari daratan. Penelitian ini menegaskan perlunya pengelolaan sampah yang lebih baik serta edukasi kepada masyarakat dan wisatawan pesisir mengenai dampak sampah kemasan plastik terhadap lingkungan pantai hingga laut.

Kata kunci : kemasan plastik non-sachet, sampah laut, karakterisasi sampah, pencemaran pesisir, Jawa Timur

PENDAHULUAN

Plastik merupakan material polimer sintesis yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor karena sifatnya yang ringan, kuat, dan fleksibel (Laurent, 2026). Salah satu bentuk plastik yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah plastik kemasan (*plastic packaging*). Plastik kemasan dirancang untuk melindungi produk dari paparan oksigen, uap air, cahaya, maupun kontaminasi eksternal sehingga dapat mempertahankan mutu dan memperpanjang masa simpan produk (Schmidt *et al.*, 2022). Berdasarkan pola penggunaannya, plastik kemasan dapat dibedakan menjadi kemasan *single-use* dan *non-single-use*. Kemasan *single-use* umumnya digunakan untuk produk sekali habis konsumsi, seperti *sachet*, sedangkan kemasan *non-single-use* digunakan untuk produk dengan kapasitas lebih besar sehingga isi produk dapat digunakan berulang kali sebelum habis.

Selain berdasarkan pola penggunaannya, plastik kemasan juga dapat dibedakan berdasarkan struktur materialnya menjadi kemasan *mono-layer* dan *multi-layer*. Kemasan *mono-layer* tersusun atas satu jenis polimer, sedangkan kemasan *multi-layer* terdiri atas beberapa lapisan polimer yang digabungkan untuk memperoleh fungsi tertentu, seperti meningkatkan sifat penghalang terhadap oksigen, kelembapan, dan cahaya (Bauer *et al.*, 2021; Puspita *et al.*, 2025). Karakteristik tersebut memberikan keunggulan dalam mempertahankan mutu dan keamanan produk selama penyimpanan. Namun, kompleksitas material, penggunaan aditif, serta kombinasi beberapa fungsi dalam satu kemasan dapat menyulitkan proses pemilahan dan daur ulang, sehingga menurunkan nilai guna material pascakonsumsi (Yansen *et al.*, 2023).

Indonesia menjadi salah satu negara penyumbang sampah plastik terbesar di dunia. Lebreton dan Andrady (2019) memperkirakan bahwa Indonesia menghasilkan sekitar 1.63 juta ton sampah plastik setiap tahunnya. Peningkatan konsumsi produk berbahan plastik turut meningkatkan jumlah sampah yang dihasilkan, terutama dari aktivitas rumah tangga dan kebutuhan sehari-hari (Aina *et al.*, 2019). Sampah tersebut didominasi oleh plastik kemasan, *sachet*, kantong belanja, dan kemasan minuman (Soulthoni & Itasari, 2024). Permasalahan ini semakin serius karena sistem pengelolaan sampah di Indonesia masih menghadapi berbagai keterbatasan. World Bank (2021) mencatat bahwa sekitar 4.9 juta ton sampah plastik per tahun masih tidak terkelola dengan baik dan hanya sebagian kecil yang didaur ulang. Rendahnya pemilahan sampah dari sumber, keterbatasan infrastruktur, dan belum optimalnya sistem pengumpulan menyebabkan sebagian sampah plastik lepas ke lingkungan dan terbawa melalui aliran sungai menuju laut (Lebreton *et al.*, 2017; Hidayat *et al.*, 2019).

Wilayah pesisir menjadi salah satu lokasi akumulasi sampah plastik karena menerima masukan sampah baik dari daratan maupun aktivitas manusia (Bergmann, 2015). Di Jawa Timur, karakteristik pencemaran sampah plastik pada wilayah pesisir utara dan selatan menunjukkan perbedaan yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan kondisi lingkungan. Kawasan pesisir Surabaya di pantai utara Jawa Timur diketahui kuat dipengaruhi oleh aktivitas domestik dan permukiman (Tangahu *et al.*, 2019). Sebaliknya, wilayah pesisir selatan Jawa Timur, khususnya kawasan wisata pantai di Malang dan Teluk Prigi, Trenggalek, menunjukkan dominasi sampah plastik yang berkaitan dengan aktivitas wisata dan perikanan (Nevandhra *et al.*, 2025; Yona *et al.*, 2023). Firdausi *et al.*, (2024) juga melaporkan bahwa aktivitas pariwisata dan penangkapan ikan menjadi sumber utama dominasi sampah plastik di Pantai Serang, Blitar.

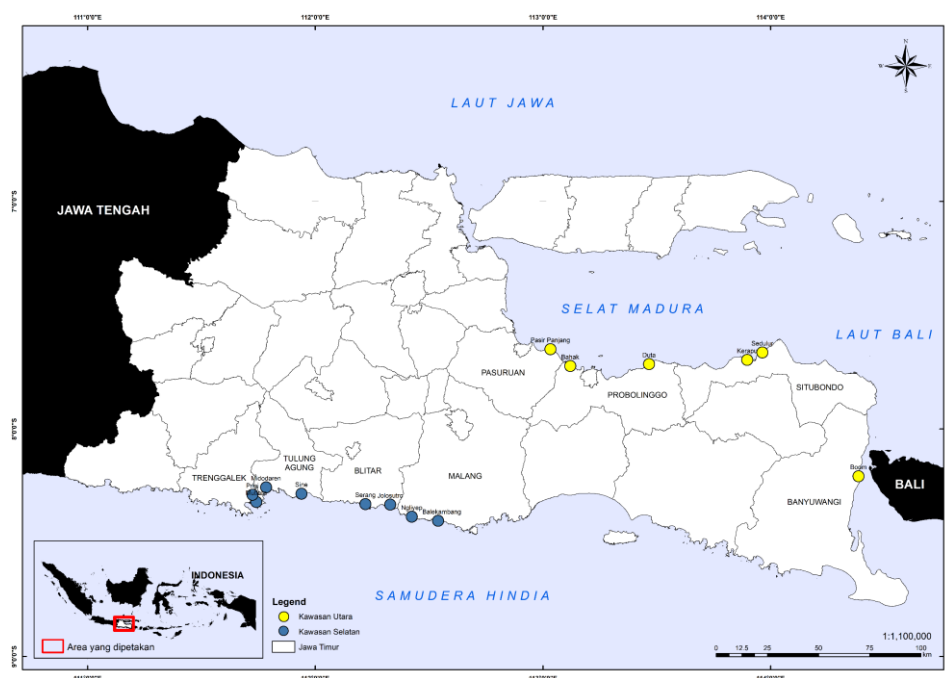
Salah satu jenis sampah yang berpotensi terakumulasi di wilayah pesisir adalah kemasan plastik *non-sachet*. Jenis kemasan ini umumnya memiliki ukuran lebih besar, struktur material lebih kompleks, dan ketahanan fisik yang lebih tinggi dibandingkan kemasan *sachet* atau kemasan sekali habis konsumsi. Ketika masuk ke lingkungan, material plastik tidak terurai secara sempurna, melainkan mengalami pelapukan bertahap yang menghasilkan fragmen lebih kecil hingga menjadi mikroplastik yang persisten (Law, 2017; Smith *et al.*, 2018). Selain itu, plastik yang mengalami pelapukan juga dapat berperan sebagai vektor pencemaran karena mampu mengadsorpsi dan

membawa berbagai kontaminan, termasuk logam berat dan senyawa kimia lainnya (Liu *et al.*, 2021; Maddela *et al.*, 2023; Tumwesigye *et al.*, 2023). Kondisi tersebut meningkatkan risiko ekologis karena partikel plastik dan kontaminan yang terikat padanya dapat tertelan oleh organisme laut dan masuk ke dalam rantai makanan (Besley *et al.*, 2017).

Meskipun isu sampah plastik di lingkungan pesisir telah banyak dikaji, penelitian yang secara khusus membahas kemasan plastik *non-sachet* masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada sampah plastik secara umum tanpa membedakan karakteristik material maupun fungsi kemasan (Law, 2017; Lebreton *et al.*, 2017). Padahal, variasi struktur dan fungsi kemasan berpotensi memengaruhi karakteristik, pola distribusi, tingkat pelapukan, dan perilaku sampah plastik di lingkungan pesisir. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan di wilayah pesisir Jawa Timur yang memiliki tekanan aktivitas manusia dan dinamika lingkungan yang beragam (Indriyarsi *et al.*, 2023). Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi karakteristik kemasan plastik *non-sachet* berdasarkan material penyusun, fungsi awal produk, ukuran, kondisi fisik, dan tingkat pelapukan; (2) mengkuantifikasi densitas sampah kemasan plastik *non-sachet* melalui kelimpahan item dan berat sebagai indikator tingkat pencemaran; serta (3) membandingkan distribusi spasial sampah kemasan plastik *non-sachet* antara pantai utara dan selatan Jawa Timur.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan pada 14 pantai di wilayah pesisir utara dan pesisir selatan Jawa Timur, Indonesia dan meliputi 8 wilayah administratif kabupaten. Pemilihan wilayah didasarkan oleh karakteristik antropogenik dari kedua lokasi serta perbedaan kondisi pesisir. Pesisir utara Jawa Timur (lingkaran kuning) merupakan perairan tertutup sedangkan pesisir selatan Jawa Timur (lingkaran biru) merupakan perairan terbuka (Gambar 1). Pengambilan sampel pada wilayah pesisir utara Jawa Timur meliputi Pantai Boom (BM), Sedulur (SD), Kerapu (KR), Duta (DT), Bahak (BK), serta Pasir Panjang (PP); dan di wilayah pesisir selatan Jawa Timur meliputi Pantai Balekambang (BG), Ngliyep (NG), Jolosutro (JS), Serang (SG), Sine (SN), Midodaren (MD), Mutiara (MT), dan Prigi (PG). *Sampling* dan analisis laboratorium dilakukan pada rentang Bulan Juli hingga Agustus 2025.

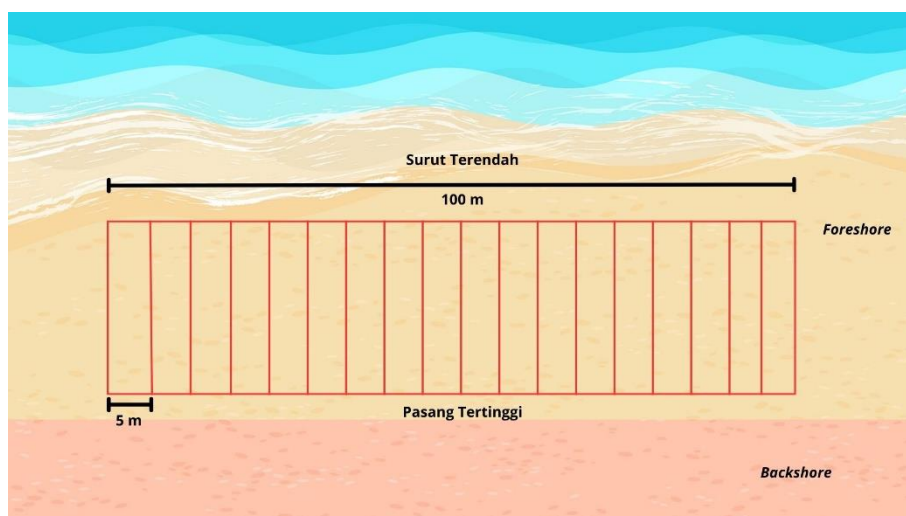


Gambar 1. Peta lokasi pengambilan data sampah kemasan multi-pakai di pesisir utara dan selatan Jawa Timur. Lingkaran kuning adalah lokasi penelitian di wilayah utara dan lingkaran biru menunjukkan lokasi penelitian di wilayah selatan Jawa Timur.

Prosedur pengambilan sampel sampah kemasan mengacu pada pedoman Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2020) dan *Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area* oleh Vollaire (OSPAR Commission, 2010). Transek kuadrat ditempatkan secara sistematis pada area *foreshore* untuk mewakili kondisi sampah yang ada pada setiap plot. Pemilihan area *foreshore* didasari karena area tersebut dapat merepresentasikan interaksi langsung antara aktivitas antropogenik dengan proses oseanografi (Smith & Turrell, 2021). Transek dengan panjang maksimal 100 meter diletakkan sejajar dengan garis pantai, panjang transek dibagi menjadi 20 plot dengan masing-masing ukuran lima meter dengan lebar menyesuaikan dengan lebar *foreshore* (Gambar 2).

Jumlah transek pada lokasi penelitian bervariasi tergantung pada panjang garis pantai dan sampel sampah plastik pada penelitian ini dibatasi pada kemasan plastik *non-sachet*. Kemasan plastik *non-sachet* didefinisikan sebagai kemasan plastik berformat lebih besar yang isinya dapat digunakan lebih dari satu kali sebelum kemasan tersebut habis atau dibuang, dan bukan merujuk pada kemasan yang secara fisik dirancang untuk dipakai ulang (*reusable packaging*). Kriteria sampel meliputi kemasan produk makanan dan minuman, produk pribadi dan kecantikan, produk kebersihan rumah tangga seperti kemasan deterjen dan sabun cuci, serta kemasan farmasi yang semuanya bervolume besar dan dapat digunakan beberapa kali sebelum isi kemasan habis. Sampel sampah kemasan tiap plot dikumpulkan untuk kemudian diidentifikasi lebih lanjut di laboratorium.

Sampel sampah kemasan plastik *non-sachet* diidentifikasi berdasarkan karakteristik material penyusun, fungsi awal produk, ukuran, kondisi fisik, dan tingkat pelapukan. Klasifikasi material penyusun sampah kemasan dilakukan untuk mengetahui material penyusun yang mendominasi sampel sampah kemasan yang didapatkan dari pengambilan lapang. Klasifikasi berdasarkan material penyusun sampah kemasan plastik *non-sachet* dibedakan menjadi *multi-layer* dan *mono-layer*. Kemasan *mono-layer* tersusun atas satu jenis polimer, tipis, dan biasanya digunakan untuk produk rumahan, sedangkan kemasan *multi-layer* terdiri atas beberapa lapisan polimer yang digabungkan dan biasa digunakan pada produk-produk industri manufaktur (Bauer et al., 2021; Puspita et al., 2025). Klasifikasi *mono-layer* dan *multi-layer* pada penelitian ini dilakukan berdasarkan pengamatan visual di lapangan dan laboratorium dengan melihat bekas sobekan atau bagian plastik yang mulai mengelupas, tanpa analisis material lebih lanjut dengan instrumen seperti FTIR. Oleh karena itu, hasil klasifikasi bersifat indikatif, yaitu diduga *mono-layer* atau diduga *multi-layer* berdasarkan pengamatan visual. Adapun komposisi material penyusun kemasan *multi-layer* yang dilaporkan, yaitu PET, PE, LDPE, PP, aluminium foil, tinta, dan perekat, mengacu pada informasi umum dari literatur, bukan hasil identifikasi material secara langsung dalam penelitian ini.



Gambar 2. Visualisasi transek pengambilan data sampah kemasan plastik *non-sachet*

Klasifikasi fungsi awal sampah kemasan plastik *non-sachet* dilakukan untuk mengetahui tingkat dominasi penggunaan plastik kemasan. Klasifikasi tersebut dibedakan menjadi, makanan, minuman, produk pribadi kecantikan, kebersihan rumah tangga, kesehatan dan farmasi, serta fungsi lainnya di luar lima fungsi yang sudah disebutkan. Sampel sampah kemasan plastik *non-sachet* diukur dan dilakukan klasifikasi ukuran menjadi empat kategori berdasarkan ukuran sisi terpanjang dari sampel sampah. Klasifikasi ukuran dibagi menjadi kecil (5 – 10 cm), sedang (10 – 15 cm), cukup besar (15 – 20 cm), dan besar (≥ 20 cm).

Klasifikasi sampel sampah kemasan plastik *non-sachet* berdasarkan kondisi fisik dilakukan untuk mengetahui bagaimana kondisi awal sampah kemasan pada saat ditemukan di lingkungan. Berdasarkan kondisi fisik dibedakan menjadi utuh, sobekan, terlipat, dan terbakar. Klasifikasi sampel sampah kemasan plastik *non-sachet* berdasarkan tingkat pelapukan dilakukan untuk mengetahui bagaimana tingkat pelapukan sampah kemasan di masing-masing lokasi pengambilan sampel. Dalam penelitian ini, klasifikasi kategori produk dan tingkat pelapukan ditetapkan berdasarkan acuan serta modifikasi dari beberapa sumber literatur yang relevan, salah satunya mengacu pada klasifikasi karakteristik fisik dan tingkat pelapukan sampah plastik oleh Albarra *et al.*, (2024). Penjelasan mengenai tingkat pelapukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Data yang telah diidentifikasi kemudian dilakukan rekapitulasi dengan mengacu pada perhitungan oleh KLHK (2020) untuk selanjutnya dianalisis. Komposisi fungsi awal dan tingkat pelapukan sampah kemasan dinyatakan dalam satuan persen (%) (Rumus 1), kelimpahan item sampah kemasan plastik *non-sachet* digunakan dengan satuan item/m² (Rumus 2) dan kelimpahan berat sampah kemasan plastik *non-sachet* dinyatakan dalam satuan gram/m² (Rumus 3).

$$\text{Komposisi (\%)} = \frac{\sum \text{sampah kemasan kategori-}i}{\sum \text{sampah kemasan yang ditemukan}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Kelimpahan item (item/m}^2\text{)} = \frac{\sum \text{item per plot}}{\text{Luas plot (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

$$\text{Kelimpahan berat (gram/m}^2\text{)} = \frac{\sum \text{berat sampah per plot}}{\text{Luas plot (m}^2\text{)}} \quad (3)$$

Pengujian statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics. Uji non-parametrik Mann-Whitney U Test digunakan untuk menentukan perbedaan kelimpahan jumlah dan kelimpahan berat sampah plastik kemasan (Mubarak *et al.*, 2021). Selain itu, digunakan pula uji Kruskal-Wallis untuk menentukan perbedaan panjang dan lebar sampah kemasan per kategori. Uji Chi-Square juga digunakan untuk mengetahui perbedaan kategori fungsi awal produk di pantai utara dan selatan. Seluruh data dipresentasikan dalam bentuk rata-rata $\pm$ SD, serta seluruh uji statistik menggunakan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=0.05$).

Tabel 1. Klasifikasi tingkat pelapukan sampah kemasan plastik *non-sachet*

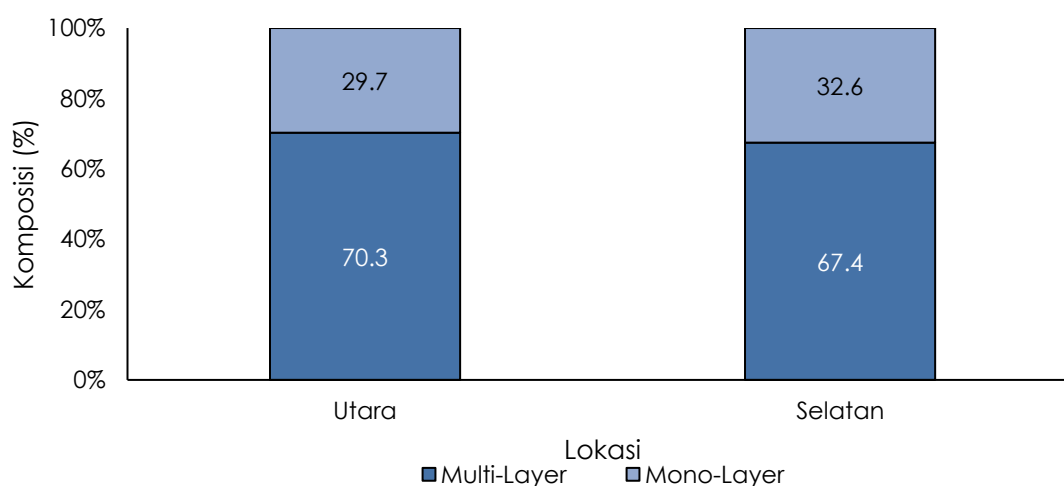
Tingkat Pelapukan	Kondisi Sampah
Baru	Sampah kemasan yang secara bentuk masih terlihat utuh, baru saja dibuang ke lingkungan, memiliki warna yang masih cerah, dan belum ada pelapukan.
Awal	Sampah kemasan yang secara bentuk mulai terdapat sedikit perubahan, ditandai dengan warna lapisan bagian luar yang mulai memudar, dan sudah terlihat adanya pelapukan atau degradasi pada permukaan plastik.
Sedang	Sampah kemasan yang secara bentuk mulai mengalami perubahan struktural, warna pada lapisan luar sudah memudar dan tingkat degradasi cukup parah, namun sampah masih bisa diidentifikasi nama produknya.
Berat	Sampah kemasan yang secara bentuk sudah tidak utuh lagi, warna sudah hilang sepenuhnya, lapisan-lapisan plastik sudah terlihat, dan sulit untuk diidentifikasi nama produknya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, ditemukan 319 item sampah kemasan plastik *non-sachet* yang didapatkan dari seluruh kawasan pantai utara dan selatan Jawa Timur. Berdasarkan jenis material penyusun, distribusi sampah kemasan plastik *non-sachet* di kawasan pesisir utara dan selatan Jawa Timur memiliki komposisi yang tidak berbeda dengan dominasi plastik kemasan *multi-layer* dengan persentase hingga 70.3% di utara dan 67.4% di selatan (Gambar 3) (Chi-Square, $\chi^2 = 0.316$; $p = 0.574$). Kelimpahan kemasan plastik *multi-layer* yang lebih tinggi dibandingkan dengan kemasan plastik *mono-layer* terjadi dikarenakan penggunaan kemasan *multi-layer* yang lebih luas oleh masyarakat (Soares *et al.*, 2022). Kemasan plastik *multi-layer* umumnya berasal dari produk-produk konsumsi massal yang diproduksi oleh perusahaan berskala besar. Hal ini disebabkan oleh penggunaan kemasan *multi-layer* yang lebih sesuai untuk produk industri skala besar karena memiliki kemampuan proteksi yang tinggi (Maharani *et al.*, 2022). Di sisi lain, plastik kemasan *mono-layer* lebih banyak dikaitkan dengan produk berskala kecil karena struktur kemasannya lebih sederhana, umumnya hanya terdiri atas satu jenis polimer. Jenis kemasan ini lebih mudah diperoleh, memiliki harga yang relatif murah, namun tidak diproduksi secara masif dan kebanyakan hanya digunakan dalam skala lokal. Meskipun demikian, temuan jenis material penyusun kemasan plastik *non-sachet* pada penelitian ini masih sebatas pengamatan visual dan bersifat dugaan, sehingga dalam penelitian selanjutnya dapat mengkonfirmasi lebih lanjut material penyusun kemasan plastik *non-sachet* menggunakan instrumen yang memadai.

Gambar 4 mengilustrasikan distribusi temuan sampah kemasan plastik *non-sachet* di pesisir Jawa Timur berdasarkan fungsi awal, dengan lebar kolom (sumbu X) merepresentasikan proporsi kontribusi temuan sampah kemasan di setiap pantai dan tinggi kolom (sumbu Y) menunjukkan presentase sampah kemasan berdasarkan fungsi awal. Label U menunjukkan kelompok pantai di pesisir utara, sedangkan S menunjukkan kelompok pantai di pesisir selatan Jawa Timur. Kode dua huruf menunjukkan nama pantai: pesisir utara terdiri atas PP (Pasir Panjang), BK (Bahak), SD (Sedulur), BM (Boom), DT (Duta), dan KR (Kerapu); pesisir selatan terdiri atas BG (Balekambang), NG (Ngliyep), JS (Jolosutro), SG (Serang), SN (Sine), MD (Midodaren), MT (Mutiarra), dan PG (Prigi).

Kawasan pesisir utara Jawa Timur secara keseluruhan memiliki kontribusi temuan sampah kemasan plastik sebesar 54.86% dari total temuan sampah, sedangkan pesisir selatan Jawa Timur menyumbang 42.95% dari total temuan. Secara statistik, kontribusi temuan sampah kemasan plastik *non-sachet* di pesisir utara dan selatan Jawa Timur tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (Chi-Square, $\chi^2 = 7.297$, $p = 0.199$). Meskipun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara pesisir utara dan selatan Jawa Timur, secara spesifik besaran kontribusi temuan sampah kemasan plastik *non-sachet* masih bisa dianalisis per pantai.



Gambar 3. Persentase sampah kemasan plastik *non-sachet* yang ditemukan di pesisir Jawa Timur berdasarkan material penyusun.

Tiga pantai dengan kontribusi temuan tertinggi, yaitu Boom (U-BM; 35.1%), Midodaren (S-MD; 26.0%), dan Pasir Panjang (U-PP; 12.2%), secara kumulatif menyumbang lebih dari dua pertiga total temuan sampah kemasan *non-sachet* di seluruh lokasi pengamatan. Pada ketiga pantai tersebut, kemasan produk makanan secara konsisten mendominasi komposisi sampah dengan proporsi masing-masing sebesar 36.6%, 28.9%, dan 46.2%, diikuti oleh kemasan produk kesehatan dan farmasi yang cukup signifikan di U-BM (29.5%) dan S-MD (42.2%). Pola dominasi kemasan makanan juga teramati pada pantai dengan kontribusi sedang, seperti Prigi (S-PG; 8.2%) dan Jolosutro (S-JS; 7.2%), masing-masing sebesar 65.4% dan 43.5%, yang diikuti oleh kontribusi kemasan kebersihan rumah tangga dan farmasi yang menunjukkan pola merata.

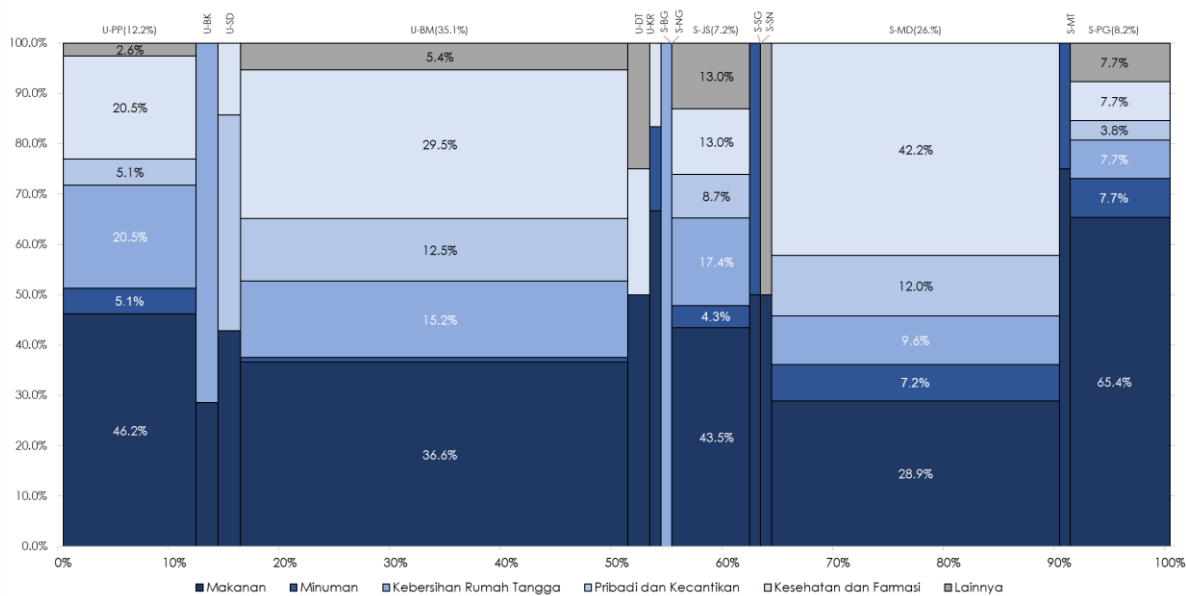
Sebaliknya, pantai-pantai dengan kontribusi temuan yang rendah (<3%) menunjukkan pola komposisi yang lebih homogen dan didominasi oleh satu kategori kemasan tertentu. Seluruh temuan sampah kemasan di Balekambang (S-BG) dan Ngliyep (S-NG), yang masing-masing hanya menyumbang 0.3% dari total temuan, berasal dari kemasan produk kebersihan rumah tangga (100%), sementara di Bahak (U-BK) kategori yang sama juga mendominasi hingga 71.4%. Pola ini mengindikasikan bahwa meskipun volume temuan di lokasi-lokasi tersebut relatif kecil, sumber sampah kemasan cenderung berasal dari jenis produk yang lebih spesifik dan berpotensi terkait dengan aktivitas domestik di sekitar garis pantai. Secara umum, dominasi kemasan produk makanan di sebagian besar lokasi, baik di pesisir utara maupun selatan mengindikasikan bahwa konsumsi produk makanan kemasan merupakan sumber utama sampah plastik *non-sachet* di wilayah pesisir Jawa Timur, sementara variasi komposisi pada pantai dengan temuan rendah mengarah pada kemungkinan adanya sumber pencemaran lokal yang lebih spesifik.

Dominasi kemasan makanan menunjukkan adanya keterkaitan dengan aktivitas konsumsi harian masyarakat dan wisatawan di sekitar pantai, terutama penggunaan produk siap konsumsi seperti makanan ringan, kue ringan, minuman kemasan, dan mie instan (Ashuri & Kustiasih, 2020). Keberadaan produk farmasi seperti kemasan obat bebas dan blister tablet sebagai salah satu jenis sampah yang dominan di kedua kawasan pantai mencerminkan pola perilaku masyarakat dalam penggunaan obat-obatan yang belum diimbangi dengan kesadaran pembuangan yang tepat. Selain produk farmasi, sampah dari kategori kebersihan rumah tangga seperti kemasan deterjen, sabun cuci, dan pembersih lantai turut mendominasi temuan di kedua kawasan pantai yang diteliti (Çapkin & Göknelma, 2023). Dominasi sampah kebersihan rumah tangga mengindikasikan adanya aliran limbah dari permukiman warga di sekitar kawasan pesisir yang tidak memiliki sistem pengelolaan sampah yang memadai (Ujianti *et al.*, 2024).

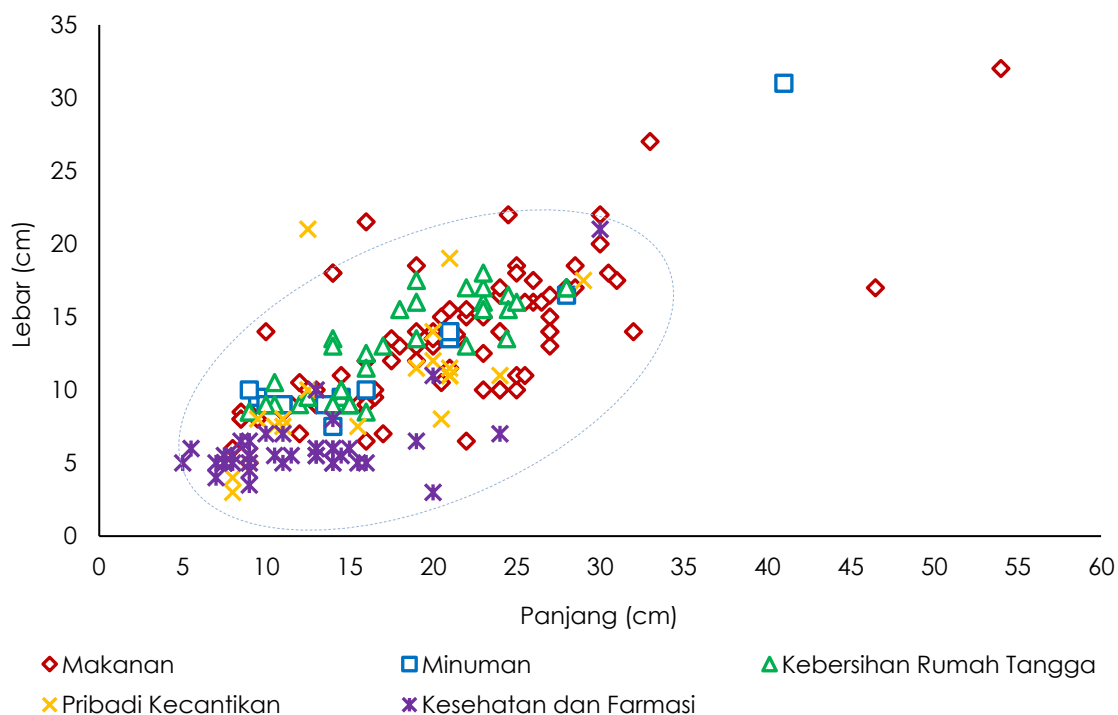
Dari 209 item sampah kemasan plastik *non-sachet* yang ditemukan dengan kategori utuh, ukuran sampah menunjukkan variasi yang berbeda. Panjang produk menunjukkan perbedaan yang signifikan antar kategori (Kruskal-Wallis, $H = 45.190$; $p < 0.001$). Hal serupa juga ditemukan pada ukuran lebar, yang menunjukkan perbedaan signifikan antar kategori (Kruskal-Wallis, $H = 82.248$; $p < 0.001$). Sampah kemasan yang ditemukan dalam kondisi utuh menunjukkan sebaran yang cukup bervariasi, dengan panjang berkisar sekitar 5–55 cm dan lebar sekitar 3–32 cm (Gambar 5). Sebagian besar sampel terkonsentrasi pada rentang ukuran panjang 8–30 cm dengan rata-rata 17 ± 7.5 cm dan lebar 5–20 cm dengan rata-rata 11 ± 5 cm. Pola ini menunjukkan kecenderungan hubungan positif antara panjang dan lebar. Hal ini menunjukkan bahwa kemasan plastik cenderung dibuat dengan ukuran yang lebih besar untuk volume penyimpanan produk yang lebih besar sehingga memungkinkan untuk digunakan lebih dari satu kali (Schmidt *et al.*, 2022). Berdasarkan klasifikasi ukuran, sebagian besar sampah kemasan berada pada kelas makroplastik, karena makroplastik berukuran 2.5 cm – 1 m (Lim *et al.*, 2023).

Dari berbagai ukuran sampah plastik kemasan yang ditemukan pada lokasi penelitian, kondisi fisik sampah dapat mempengaruhi ukuran dari sampah plastik yang ditemukan. Distribusi kategori kondisi dan tingkat degradasi menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kawasan utara dan selatan (Chi-Square, $\chi^2 = 22.614$; $p = 0.004$) (Gambar 6). Hasil temuan sampah kemasan di kedua

lokasi penelitian berdasarkan kondisi dan tingkat pelapukan didominasi oleh sampah utuh terutama pada tingkat pelapukan awal dan sedang. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar sampah kemasan berasal dari masukan yang relatif baru dan belum mengalami pelapukan lanjut. Perbedaan antarkawasan terlihat pada variasi kondisi fisik di setiap pantai. Di kawasan utara, kontribusi utuh-awal terbesar tampak pada Pantai Boom (26.6%) dan Pasir Panjang (48.7%), sedangkan di kawasan selatan tampak pada Pantai Midodaren (43.4%) dan Prigi (26.9%). Kawasan utara memperlihatkan variasi kerusakan fisik yang lebih beragam, sedangkan kawasan selatan cenderung terkonsentrasi pada beberapa lokasi tertentu.



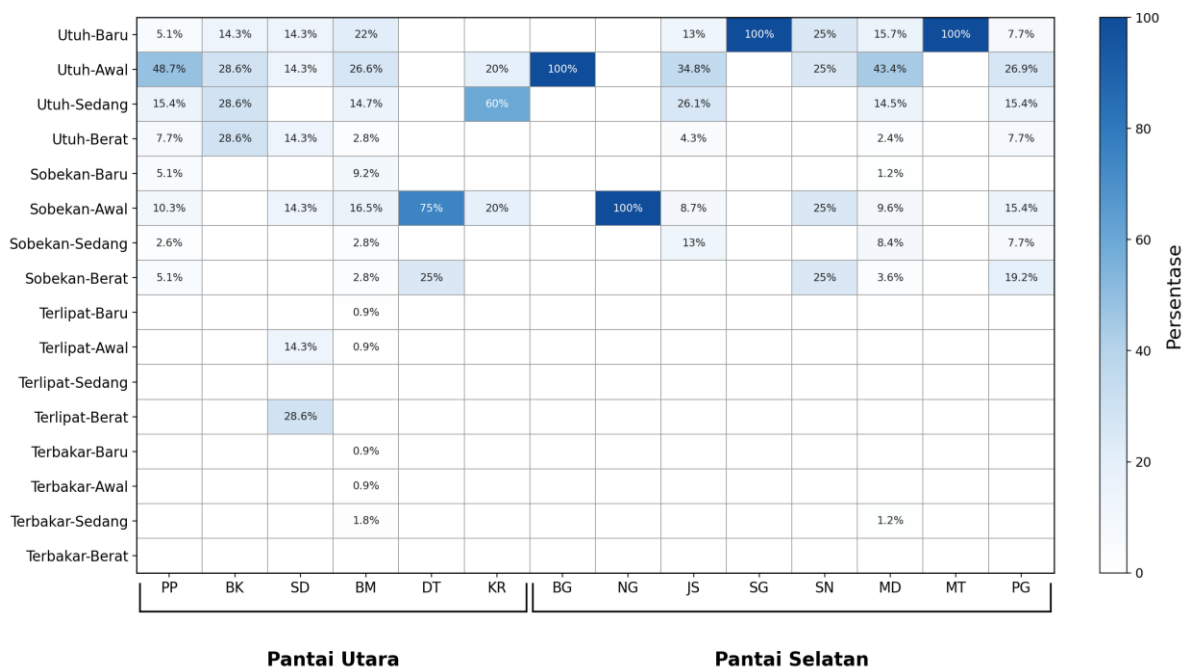
Gambar 4. Diagram mekko



Gambar 5. Komposisi sampah kemasan plastik *non-sachet* yang ditemukan di pesisir Jawa Timur berdasarkan dimensi ukuran.

Sampah dengan kondisi utuh yang mendominasi pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa plastik kemasan *multi-layer* memiliki ketahanan terhadap paparan sinar matahari dan faktor lainnya seperti aktivitas antropogenik (Wati & Sudarti, 2021). Selaras dengan studi yang dilakukan Albarra *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa kondisi fisik sampah plastik dipengaruhi oleh jenis material, faktor lingkungan, dan aktivitas manusia di tiap pantai. Faktor lingkungan seperti tingginya paparan sinar matahari, abrasi fisik oleh gelombang, serta turbulensi dapat menyebabkan terjadinya degradasi atau pelapukan pada permukaan plastik yang menimbulkan perubahan pada kondisi fisik sampah (Yona *et al.*, 2020). Kondisi sobekan-awal merupakan bentuk kondisi yang paling mendominasi setelah kategori utuh, yang diduga bahwa proses perubahan fisik kemasan di lingkungan pesisir lebih banyak disebabkan oleh gangguan mekanik, seperti abrasi, gelombang, arus, dan aktivitas manusia. Sementara itu, kategori terlipat dan terbakar ditemukan dalam proporsi yang rendah, sehingga menunjukkan bahwa pembakaran bukan faktor dominan dalam perubahan fisik sampah kemasan pada lokasi penelitian.

Berdasarkan tabel distribusi spasial (Gambar 7 dan Tabel 2), kelimpahan item sampah kemasan plastik *non-sachet* di wilayah Jawa Timur menunjukkan perbedaan signifikan antara kawasan utara dan selatan (Mann-Whitney, $U = 7.000$, $p = 0.028$). Kelimpahan item menunjukkan variasi spasial antarwilayah pesisir di Jawa Timur. Kelimpahan item sampah kemasan di pesisir utara memiliki nilai rata-rata 0.03 ± 0.04 item/m², sedangkan di pesisir selatan dengan rata-rata 0.01 ± 0.02 item/m². Pesisir utara memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan pesisir selatan, terutama di Pantai Boom (0.112 ± 0.109 item/m²), Pantai Pasir Panjang (0.052 ± 0.079 item/m²), dan Pantai Kerapu (0.018 ± 0.026 item/m²). Di sisi lain, pada kawasan pesisir selatan sebagian besar memiliki nilai kelimpahan item di bawah 0.001 item/m² dan hanya menunjukkan nilai tertinggi sebesar 0.083 ± 0.087 item/m² di Pantai Midodaren. Pola ini menunjukkan bahwa pantai utara lebih rentan terhadap akumulasi sampah plastik, kemungkinan karena aktivitas manusia di wilayah pesisir dan karakteristik hidrodinamika yang lebih memungkinkan penumpukan sampah, sementara pantai selatan yang terbuka cenderung menyebarkan atau mengangkut sampah ke laut lepas (Patuwo *et al.*, 2020; Simbolon, 2024).

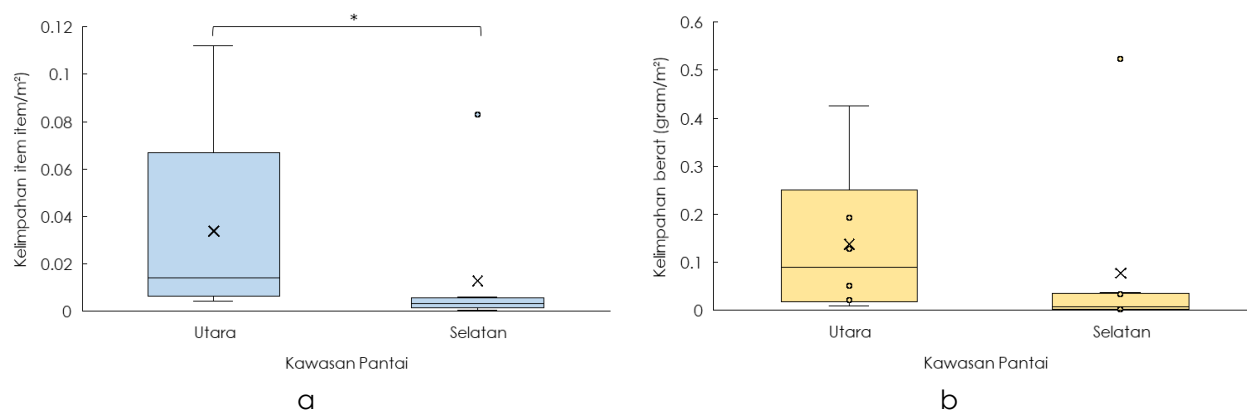


Gambar 6. Persentase sampah kemasan plastik *non-sachet* yang ditemukan di pesisir Jawa Timur berdasarkan kondisi kondisi fisik (utuh, sobekan, terlipat, terbakar) dan tingkat pelapukan (baru, awal, sedang, berat), dibandingkan antara kawasan pesisir utara dan selatan. PP (Pasir Panjang), BK (Bahak), SD (Sedulur), BM (Boom), DT (Duta), dan KR (Kerapu), BG (Balekambang), NG (Ngliyep), JS (Jolosutro), SG (Serang), SN (Sine), MD (Midodaren), MT (Mutiani), dan PG (Prigi).

Kelimpahan berat sampah kemasan plastik *non-sachet* di wilayah pesisir Jawa Timur tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kawasan utara dan selatan (Mann-Whitney, $U = 10.000$, $p = 0.071$). Kelimpahan berat sampah kemasan di pesisir utara memiliki nilai rata-rata 0.138 ± 0.204 gram/m², sedangkan di pesisir selatan dengan rata-rata 0.077 ± 0.239 gram/m². Rentang nilai pada kedua kawasan tersebut saling tumpang tindih dengan variabilitas antarpantai yang tinggi pada masing-masing kawasan, sehingga meskipun pesisir utara menunjukkan kecenderungan rata-rata yang lebih tinggi, perbedaan tersebut secara statistik tidak signifikan antara pesisir utara dan selatan. Secara spasial, pola distribusi kelimpahan berat relatif sejalan dengan pola kelimpahan jumlah. Hal ini didukung oleh hasil uji korelasi Spearman yang menunjukkan adanya hubungan positif sangat kuat antara kelimpahan item dan kelimpahan berat sampah kemasan plastik *non-sachet* (Spearman-rho, $r = 0.956$; $p < 0.001$). Lokasi-lokasi dengan kelimpahan item yang tinggi cenderung memperlihatkan nilai kelimpahan berat yang tinggi pula, terutama pada wilayah pesisir utara seperti di Pantai Boom (0.425 ± 0.585 gram/m²) dan Pantai Pasir Panjang (0.192 ± 0.261 gram/m²). Sebaliknya, pesisir selatan dengan rata-rata kelimpahan item rendah umumnya juga menunjukkan nilai berat yang rendah dan hanya menunjukkan nilai kelimpahan berat tertinggi pada Pantai Midodaren (0.524 ± 0.705 gram/m²). Hubungan ini menunjukkan bahwa massa sampah dipengaruhi oleh jumlah serta ukuran dan jenis kemasan yang ditemukan (Grundlehner *et al.*, 2023).

Secara spasial, akumulasi sampah kemasan plastik *non-sachet* tidak merata di sepanjang pesisir Jawa Timur. Tingginya kelimpahan pada beberapa pantai dapat dikaitkan dengan aktivitas wisata, perikanan, permukiman, serta masukan sampah dari daratan melalui sungai (Asyiwati & Akliyah, 2017; Firdausi *et al.*, 2024). Aktivitas pariwisata berpotensi meningkatkan sampah kemasan karena berkaitan dengan konsumsi produk dan perilaku pembuangan sampah di pantai (Yona *et al.*, 2023). Hal ini sesuai dengan penelitian Garcés-Ordóñez *et al.*, (2020) yang menyatakan bahwa aktivitas pariwisata dan pengelolaan sampah yang buruk menyebabkan penumpukan sampah plastik di kawasan pantai. Selain itu, masukan sampah plastik *non-sachet* dari aktivitas domestik terestrial juga merupakan faktor penting karena berkaitan dengan kepadatan penduduk pesisir, pengelolaan sampah, dan transpor sampah melalui sungai menuju laut (Lebreton *et al.*, 2017).

Perbedaan kelimpahan sampah kemasan plastik *non-sachet* antara pesisir utara dan selatan Jawa Timur dapat dijelaskan melalui perbedaan intensitas masukan antropogenik dan kondisi hidrooseanografi masing-masing kawasan. Pesisir utara cenderung memiliki masukan sampah yang lebih besar karena berdekatan dengan aktivitas permukiman, wisata, pelabuhan, serta aliran sampah dari daratan. Selain itu, karakteristik perairan utara yang relatif lebih tenang dan terlindung memungkinkan sampah plastik lebih mudah terakumulasi di pantai. Sebaliknya, pesisir selatan yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia memiliki energi gelombang dan arus yang lebih kuat, sehingga sampah plastik yang masuk ke wilayah pantai cenderung lebih mudah tersebar atau terbawa kembali ke laut. Studi pada pantai-pantai di kawasan selatan Jawa menunjukkan bahwa



Gambar 7. Boxplot kelimpahan item (a) dan kelimpahan berat (b) antara kawasan pesisir utara ($n=6$) dan selatan ($n=8$) Jawa Timur. Asterisk (*) menunjukkan signifikansi hasil uji statistik dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0.05$)

Tabel 2. Distribusi spasial (kelimpahan item – K.item dan kelimpahan berat – K.berat) sampah kemasan plastik *non-sachet* di pesisir utara dan selatan Jawa Timur

Kawasan	Pantai	Panjang Transek (m)	Lebar Transek (m)	Total Item	K. item (item/m ²)	Total Berat (gram)	K. Berat (gram/m ²)
Utara	Pasir Panjang (PP)	100	7.5	39	0.052±0.079	143.84	0.192±0.261
Utara	Bahak (BK)	85	11.25	7	0.009±0.015	48.6	0.056±0.108
Utara	Sedulur (SD)	100	7	7	0.005±0.019	14.81	0.011±0.037
Utara	Boom (BM)	100	5	112	0.112±0.109	424.54	0.425±0.585
Utara	Kerapu (KR)	65	5	6	0.018±0.026	41.42	0.127±0.219
Utara	Duta (DT)	100	5	4	0.004±0.015	8.78	0.009±0.052
Selatan	Balekambang (BG)	100	19	1	0.0003±0.002	5.27	0.001±0.009
Selatan	Ngliyep (NG)	100	9	1	0.001±0.004	0.49	0.0003±0.002
Selatan	Jolosutro (JS)	100	19	23	0.006±0.011	127.26	0.033±0.093
Selatan	Serang (SG)	100	10	2	0.002±0.006	6.1	0.006±0.02
Selatan	Sine (SN)	100	7	4	0.003±0.009	10.94	0.008±0.033
Selatan	Midodaren (MD)	100	5	83	0.083±0.087	523.74	0.524±0.705
Selatan	Mutiara (MT)	100	13	4	0.003±0.006	9.61	0.007±0.02
Selatan	Prigi (PG)	100	29	26	0.004±0.007	207.98	0.036±0.065

sampah laut, khususnya plastik, banyak berasosiasi dengan aktivitas wisata dan kebiasaan membuang sampah di area pantai (Yona *et al.*, 2023). Temuan serupa juga dilaporkan di Teluk Prigi, Trenggalek, Jawa Timur, yang menunjukkan bahwa aktivitas wisata dapat meningkatkan kelimpahan dan massa sampah di wilayah pantai, terutama yang berkaitan dengan kemasan makanan dan aktivitas wisata (Syamsuddin *et al.*, 2025). Selain itu, studi makroplastik di Teluk Prigi melaporkan bahwa plastik kemasan mendominasi komposisi sampah pada zona pantai (Nevandhra *et al.*, 2025).

Pengelolaan sampah kemasan plastik *non-sachet*, khususnya jenis *multi-layer*, penting untuk segera ditanggulangi mengingat karakteristik materialnya. Kemasan *multi-layer* memiliki tantangan daur ulang yang lebih besar dibandingkan kemasan *mono-layer* karena tersusun atas kombinasi beberapa lapisan polimer dan material non-polimer yang sulit dipisahkan menggunakan teknologi daur ulang mekanis yang umum tersedia (Soares *et al.*, 2022). Kemasan jenis ini juga memiliki nilai ekonomi pascakonsumsi yang rendah sehingga kurang diminati oleh industri daur ulang, serta memiliki ketahanan fisik yang tinggi terhadap faktor lingkungan sebagaimana ditunjukkan oleh dominasi kondisi utuh pada temuan penelitian ini. Ketahanan fisik yang tinggi tersebut menyebabkan kemasan *multi-layer* berpotensi menjadi sumber fragmen plastik dan mikroplastik dalam jangka panjang apabila tidak segera dikelola dengan baik (Law, 2017; Smith *et al.*, 2018). Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran mengenai kelimpahan sampah kemasan plastik *non-sachet*, tetapi juga berkontribusi pada diskusi mengenai pengelolaan sampah plastik kemasan serta kebijakan pengurangan sampah di wilayah pesisir.

Pengelolaan sampah kemasan plastik *non-sachet* di wilayah utara dan selatan Jawa Timur perlu diarahkan secara spesifik berdasarkan lokasi dengan kontribusi sampah tertinggi dan karakteristik sumbernya. Pada kawasan utara, prioritas pengelolaan dapat difokuskan pada pantai dengan akumulasi tinggi seperti Pantai Boom dan Pantai Pasir Panjang melalui peningkatan frekuensi pembersihan, penyediaan fasilitas tempat sampah terpilah, pengawasan aktivitas wisata, serta pengendalian masukan sampah dari daratan dan aliran sungai. Sementara itu, pada kawasan selatan, pengelolaan perlu difokuskan pada titik akumulasi seperti Pantai Prigi dan Pantai Midodaren, dengan tetap memperhatikan dominasi sampah kemasan makanan, minuman, dan kebersihan rumah tangga. Strategi ini penting karena akumulasi sampah plastik di pantai dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik, ketersediaan fasilitas pengelolaan sampah, dan frekuensi pembersihan pantai (Lim *et al.*, 2023).

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sampah kemasan plastik *non-sachet* yang diduga berjenis *multi-layer* cenderung mendominasi di kedua kawasan pesisir Jawa Timur. Berdasarkan fungsi awal produk, sampah kemasan didominasi oleh kemasan produk makanan, farmasi, dan kebersihan rumah tangga. Selain itu, kondisi fisik sampah yang ditemukan umumnya masih berada pada kondisi utuh dengan tingkat pelapukan awal hingga sedang. Dominasi sampah dengan kondisi relatif utuh menunjukkan bahwa kemasan plastik memiliki ketahanan yang cukup tinggi terhadap faktor fisik lingkungan pesisir. Hasil kuantifikasi menunjukkan bahwa kelimpahan sampah kemasan di kawasan pesisir utara Jawa Timur lebih tinggi dibandingkan pesisir selatan. Perbedaan tersebut diduga berkaitan dengan tingginya intensitas aktivitas manusia di wilayah pesisir utara, seperti pariwisata, perikanan, dan masukan limbah domestik dari daratan. Temuan ini menunjukkan bahwa karakteristik aktivitas manusia dan pengelolaan sampah berperan penting dalam memengaruhi distribusi dan akumulasi sampah plastik kemasan di wilayah pesisir. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa kemasan plastik *non-sachet* berpotensi menjadi sumber pencemaran persisten di lingkungan pesisir. Oleh karena itu, diperlukan penguatan pengelolaan sampah plastik, peningkatan kebersihan kawasan pantai, serta edukasi kepada masyarakat dan wisatawan mengenai dampak sampah plastik terhadap ekosistem pesisir dan laut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Hibah Penelitian Dasar Unggulan (PDU) Direktorat Riset Dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Brawijaya Tahun 2025, dengan nomor kontrak 01046.2/UN10.A0501/B/KS/2025 yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aina, Q., Herliana, S., & Lawiyah, N. (2019). Household plastic waste management model in Indonesia: *Proceedings of the 20th Malaysia Indonesia international conference on economics, management and accounting*, p.63–68. doi: 10.5220/0009588300002900
- Albarra, N. S., Yona, D., Asadi, M. A., Sari, S. H. J., Lestariadi, R. A., & Amirudin, A. (2024). Plastic debris characteristics and the effect of wind on Bawean Island Beaches, East Java, Indonesia. *Depik*, 13(3), 413–419. doi: 10.13170/depik.13.3.36620
- Ashuri, A., & Kustiasih, T. (2020). Timbulan dan komposisi sampah wisata pantai indonesia, studi kasus: Pantai Pangandaran. *Jurnal Permukiman*, 15(1), 1. doi: 10.31815/jp.2020.15.1-9
- Asyiwati, Y., & Akliyah, L. S. (2017). Identifikasi dampak perubahan fungsi ekosistem pesisir terhadap lingkungan di wilayah pesisir Kecamatan Muaragembong. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 14(1). doi: 10.29313/jpwk.v14i1.2551
- Bauer, A.-S., Tacker, M., Uysal-Unalan, I., Cruz, R. M. S., Varzakas, T., & Krauter, V. (2021). Recyclability and redesign challenges in multilayer flexible food packaging—a review. *Foods*, 10(11), 2702. doi: 10.3390/foods10112702
- Bergmann, M. (with Gutow, L., & Klages, M.). (2015). *Marine Anthropogenic Litter*. Springer International Publishing AG.
- Besley, A., Vijver, M. G., Behrens, P., & Bosker, T. (2017). A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 77–83. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.08.055
- Çapkin, Y. İ., & Gökelma, M. (2023). A review on characterization and recyclability of pharmaceutical blisters. *Cleaner Waste Systems*, 4, 100082. doi: 10.1016/j.clwas.2023.100082
- Firdausi, M. A. D., Syananta, C., Maheswari, M. D., Sudono, C. V. A., Siburian, A. S. J., Wahyudi, A. D., & Yona, D. (2024). Kelimpahan sampah laut dan mikroplastik di Pantai Serang, Kabupaten Blitar, Jawa Timur. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, 8(2), 147. doi: 10.30595/jrst.v8i2.21144
- Garcés-Ordóñez, O., Espinosa, L. F., Cardoso, R. P., Issa Cardozo, B. B., & Meigikos Dos Anjos, R. (2020). Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. *Environmental Pollution*, 267, 115495. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115495

- Grundlehner, A., Diepens, N. J., Linders, T., Peeters, E. T. H. M., & Koelmans, A. A. (2023). Towards continuous mass and size distributions for beach plastic litter: Spatiotemporal analyses of abundance and composition. *Journal of Hazardous Materials*, 458, 131984. doi: 10.1016/j.jhazmat.2023.131984
- Indriyasari, K. N., Soegianto, A., Irawan, B., Rahmatin, N. M., Marchellina, A., Mukholladun, W., & Payus, C. M. (2023). The presence of microplastics and plasticizers in different tissues of mullet (*mugil cephalus*) along the East Java Coast in Indonesia. *Water Air Soil Pollut*, 234(600). doi: 10.1007/s11270-023-06623-y
- KLHK. (2020). *Pedoman pemantauan sampah laut: sampah pantai, sampah mengapung, dan sampah dasar laut* ((2nd ed.)). Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Laurent, S. (2026). Advances in polymer-based materials for sustainable and flexible technologies. *International Journal of Materials Science*, 7(1), 09–13. doi: 10.22271/27078221.2026.v7.i1a.97
- Law, K. L. (2017). Plastics in the marine environment. *Annual Review of Marine Science*, 9(1), 205–229. doi: 10.1146/annurev-marine-010816-060409
- Lebreton, L., & Andrady, A. (2019). Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*, 5(1), 6. doi: 10.1057/s41599-018-0212-7
- Lebreton, L. C. M., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8(1), 15611. doi: 10.1038/ncomms15611
- Lim, E. V., Nilamani, N., Razalli, N. M., Zhang, S., Li, H., Haron, M. L., Abdullah, A. L., Yasin, Z., Zanuri, N. M., & Tan Shau Hwai, A. (2023). Abundance and distribution of macro- and mesoplastic debris on selected beaches in the Northern Strait of Malacca. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(5), 1057. doi: 10.3390/jmse11051057
- Liu, S., Shi, J., Wang, J., Dai, Y., Li, H., Li, J., Liu, X., Chen, X., Wang, Z., & Zhang, P. (2021). Interactions between microplastics and heavy metals in aquatic environments: a review. *Frontiers in Microbiology*, 12, 652520. doi: 10.3389/fmicb.2021.652520
- Maddela, N. R., Kakarla, D., Venkateswarlu, K., & Megharaj, M. (2023). Additives of plastics: Entry into the environment and potential risks to human and ecological health. *Journal of Environmental Management*, 348, 119364. doi: 10.1016/j.jenvman.2023.119364
- Maharani, A., Proboretno, N., Septiono, M. A., & Ismawati, Y. (2022). *Harmful chemicals in sachet*. Yayasan Fokus Nexus Tiga. <https://share.google/2NLhOlr7uBXyk3fj8>
- Mubarok, A., Sahroni, & Sunanto. (2021). Mann Whitney Test in Comparing the Students' Consultation Results of Entrepreneurial Practice Between Male and Female Lecturers in Economic Faculty of Pamulang University. *Procuratio: Jurnal Ilmiah Manajemen*, 9(1), 9–15. doi: 10.35145/procuratio.v9i1.785
- Nevandhra, A. P. A., Rijal, S. S., Sari, S. H. J., & Yona, D. (2025). *Macroplastic characteristics and assessment of the plastic abundance index (pai) of beach sediments in Prigi Bay, East Java, Indonesia*.
- OSPAR Commission. (2010). *Guideline for monitoring marine litter on the beaches in the OSPAR maritime area (Agreement No. 2010-02)*. OSPAR Commission. <https://www.ospar.org>
- Patuwo, N. C., Pelle, W. E. P. E., Manengkey, H. W. K., Schadu, J. N. W., Manembu, I., & Ngangi, E. L. A. (2020). Karakteristik sampah laut di pantai tumpaan desa tateli dua Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa. *JURNAL PESISIR DAN LAUT TROPIS*, 8(1), 70. doi: 10.35800/jplt.8.1.2020.27493
- Puspita, A. D., Retnowati, D., Lena, L., & Yayan R, M. (2025). Sustainable redesign of plastic packaging: transition single-layer for enhanced efficiency and circular economy. *Heuristic*, 139–148. doi: 10.30996/heuristic.v21i2.12037
- Schmidt, J., Grau, L., Auer, M., Maletz, R., & Woidasky, J. (2022). Multilayer packaging in a circular economy. *Polymers*, 14(9), 1825. doi: 10.3390/polym14091825
- Simbolon, A. (2024). Distribusi dan karakteristik sampah laut di kawasan pesisir Pantai Desa Banyubiru, Baluk dan Cupel, Bali. *Jurnal Kelautan dan Pesisir*, 1(2), 72–89.
- Smith, L., & Turrell, W. R. (2021). Monitoring plastic beach litter by number or by weight: the implications of fragmentation. *Frontiers in Marine Science*, 8, 702570. doi: 10.3389/fmars.2021.702570

- Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). Microplastics in seafood and the implications for human health. *Current Environmental Health Reports*, 5(3), 375–386. doi: 10.1007/s40572-018-0206-z
- Soares, C. T. D. M., Ek, M., Östmark, E., Gällstedt, M., & Karlsson, S. (2022). Recycling of multi-material multilayer plastic packaging: Current trends and future scenarios. *Resources, Conservation and Recycling*, 176, 105905. doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105905
- Soulthoni, H. P., & Itasari, M. (2024). Upaya pengelolaan limbah kemasan dalam program tanggung jawab sosial: studi kasus di industri makanan dan minuman tahun 2021-2023. *Jurnal Ilmu Kesejahteraan Sosial*, 25(1). doi: 10.7454/jurnalkessos.v25i1.1001
- Syamsuddin, M. F. D., Nevandra, A. P. A., Yona, D., Yamindago, A., Sari, S. H. J., & Yanuar, A. T. (2025). Beach cleanliness and marine debris characteristics for sustainable coastal tourism in Prigi Bay, Indonesia. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 30(3), 329–344. doi: 10.14710/ik.ijms.30.3.329-344
- Tangahu, B. V., Kartika, A. A. G., Saptarini, D., Pirade, F., & Aabidah, T. F. (2019). Marine litter characterization on the eastern coast of surabaya city, east java, indonesia: case study of Cumpat Beach and Kenjeran Beach. *Pollution Research*, 38, S211–S217.
- Tumwesigye, E., Felicitas Nnadozie, C., C Akamagwuna, F., Siwe Noundou, X., William Nyakairu, G., & Odume, O. N. (2023). Microplastics as vectors of chemical contaminants and biological agents in freshwater ecosystems: Current knowledge status and future perspectives. *Environmental Pollution*, 330, 121829. doi: 10.1016/j.envpol.2023.121829
- Ujianti, R. M. D., Novita, M., & Burhanuddin, A. (2024). Strengthening the blue economy through marine, coastal resources and the social environment. *KnE Social Sciences*, 550–556. doi: 10.18502/kss.v9i6.15304
- Wati, L. L., & Sudarti. (2021). Analisis perilaku wisatawan dalam membuang sampah di kawasan wisata Pantai Watu Ulo Kecamatan Ambulu. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 5(2), 1-8. doi: 10.30872/jtlunmul.v5i2.6747
- World Bank. (2021). *Plastic Waste Discharges from Rivers and Coastlines in Indonesia (Marine Plastics Series, East Asia and Pacific Region)*. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/country/indonesia/publication/plastic-waste-discharges-from-rivers-and-coastlines-in-indonesia>
- Yansen, A., Doaly, T. D. L., & Oktaviani, D. I. (2023). Manajemen Pengolahan sampah plastik multilayer menjadi kemasan plastik multilayer. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3(3), 2866–2877. doi: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/2426>
- Yona, D., Di Prikah, F. A., & As'adi, M. A. (2020). Identifikasi dan perbandingan kelimpahan sampah plastik berdasarkan ukuran pada sedimen di beberapa Pantai Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 375–383. doi: 10.14710/jil.18.2.375-383
- Yona, D., Nooraini, P., Putri, S. E. N., Sari, S. H. J., Lestariadi, R. A., & Amirudin, A. (2023). Spatial distribution and composition of marine litter on sandy beaches along the Indian Ocean coastline in the south Java region, Indonesia. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1220650. doi: 10.3389/fmars.2023.1220650