

KARAKTERISASI POLIMER MIKROPLASTIK DI PERAIRAN LOMBOK MENGGUNAKAN SPEKTROSKOPI FTIR-ATR (ATTENUATED TOTAL REFLECTANCE)

ANTON PRASETYO¹, TRI KUSTONO ADI², AGUNG TEGUH WIBOWO ALMAIS³
RIF'ATUL MAHMUDAH⁴, TRI HARNINGSIH^{5*}, ALFINA TAURIDA⁶

^{1,2,3,4}Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Malang, Indonesia

^{5*}Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional, Sukoharjo, Indonesia

⁶Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

Email: tri.harningsih@stikesnas.ac.id

ABSTRAK

Mikroplastik merupakan partikel plastik berukuran <5 mm yang telah menjadi polutan global di berbagai ekosistem akuatik termasuk perairan Lombok. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis polimer mikroplastik yang terdapat di perairan Lombok menggunakan teknologi Fourier Transform Infrared-ATR. Sampel mikroplastik dikumpulkan dari berbagai lokasi di perairan Lombok yaitu Pantai Sekotong, Pelabuhan Lembar, Pantai Luang Balok, Tanjung Karang, dan Meninting pada tahun 2025. Analisis FTIR dilakukan dengan resolusi 4 cm^{-1} terhadap semua sampel untuk mengidentifikasi gugus fungsi karakteristik dari setiap polimer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perairan Lombok terkontaminasi oleh lima jenis polimer utama: Polyethylene (PE) 40%, Polyvinyl Chloride (PVC) 20%, Polypropylene (PP) 10%, Polystyrene (PS) 10%, dan Polyethylene Terephthalate/Polyamide (PET/PA) 20%. PE dan PVC merupakan polimer paling dominan, diindikasikan oleh puncak spektral khas pada bilangan gelombang $540\text{--}700\text{ cm}^{-1}$ dan 2900 cm^{-1} . Potensi sumber kontaminan diduga berasal dari aktivitas pariwisata, perikanan, pemukiman pesisir, dan limbah domestik. Penelitian ini memberikan wawasan penting tentang komposisi polimer mikroplastik di perairan Lombok dan dasar untuk kebijakan pengelolaan limbah plastik yang lebih efektif di wilayah pesisir.

Kata Kunci: Fourier Transform Infrared-ATR, mikroplastik, kontaminan, polimer

ABSTRACT

Microplastics are plastic particles <5 mm in size that have become global pollutants in various aquatic ecosystems including Lombok waters. This research aims to identify the types of microplastic polymers found in Lombok waters using Fourier Transform Infrared ATR technology. Microplastic samples were collected from various locations in Lombok waters, namely Sekotong Beach, Lembar Harbor, Luang Balok Beach, Tanjung Karang, and Meninting in 2025. FTIR analysis was performed at 4 cm^{-1} resolution for all samples to identify characteristic functional groups of each polymer. Results showed that Lombok waters are contaminated with five major polymer types: Polyethylene (PE) 40%, Polyvinyl Chloride (PVC) 20%, Polypropylene (PP) 10%, Polystyrene (PS) 10%, and Polyethylene Terephthalate/Polyamide (PET/PA) 20%. PE and PVC were the most dominant polymers, indicated by characteristic spectral peaks at wavenumbers $540\text{--}700\text{ cm}^{-1}$ and 2900 cm^{-1} . Potential contaminant sources are suspected to originate from tourism activities, fisheries, coastal settlements, and domestic waste. This research provides important insights into the composition of microplastic polymers in Lombok waters and a basis for more effective plastic waste management policies in coastal areas.

Keywords: Fourier Transform Infrared-ATR, microplastics, contaminant, polymer

1. PENDAHULUAN

Pencemaran plastik di lingkungan laut telah mencapai tingkat mengkhawatirkan dalam dua dekade terakhir. Diperkirakan lebih dari 8 juta ton plastik masuk ke laut setiap tahun dan jumlahnya terus meningkat seiring pertumbuhan konsumsi plastik global (Jambeck dkk., 2015). Mikroplastik, yaitu fragmen plastik berukuran <5 mm, kini ditemukan pada hampir seluruh ekosistem laut, termasuk plankton, ikan, sedimen, hingga organisme benthik (Cole dkk., 2011; Van Cauwenberghe dkk., 2013). Indonesia sebagai negara kepulauan dan memiliki garis pantai terpanjang ke-2 di dunia memiliki wilayah laut lebih luas dibanding daratan. Semakin panjang garis pantai maka semakin banyak titik masuk polutan yang berasal dari limbah domestik, limbah industri, runoff pertanian dan aktivitas pelabuhan. Implikasinya yaitu beban pencemaran terdistribusi luas dan sulit dikendalikan.

Mikroplastik tidak hanya menyebabkan gangguan fisik pada organisme laut, tetapi juga berfungsi sebagai vektor berbagai polutan berbahaya seperti logam berat dan persistent organic pollutants (POPs) (Gundogdu dkk., 2018; Waring dkk., 2018). Keberadaannya dalam rantai makanan menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia, terutama melalui konsumsi ikan dan makanan laut (Horton dkk., 2017). Mikroplastik dapat menjadi ancaman serius bagi ekosistem laut dan kesehatan manusia. Ukuran mikroplastik yang sangat kecil memungkinkan partikel ini untuk diserap oleh berbagai organisme laut mulai dari plankton, ikan, moluska, hingga mamalia laut.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa komposisi polimer mikroplastik sangat dipengaruhi oleh sumber kontaminasi di wilayah tersebut. *Polyethylene* (PE), *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS), *Polyvinyl Chloride* (PVC), dan *Polyethylene Terephthalate* (PET) merupakan polimer yang paling sering ditemukan di laut karena penggunaannya yang sangat luas dalam kemasan, tekstil, dan industri (Plastics Europe, 2022; Hidalgo-Ruz dkk., 2012). Identifikasi polimer mikroplastik penting untuk memahami sumber, perilaku lingkungan, dan potensi toksisitasnya. Masing-masing polimer memiliki tingkat degradasi, toksisitas, dan kemampuan bioakumulasi yang berbeda-beda. Oleh karena itu, identifikasi jenis polimer sangat penting untuk memahami sumber kontaminan dan dampak ekotoksikologis dari mikroplastik di perairan.

Pulau Lombok merupakan kawasan pesisir dengan aktivitas pariwisata, perikanan, dan pemukiman pesisir yang intensif. Berbagai laporan menyebutkan bahwa wilayah-wilayah dengan aktivitas antropogenik tinggi cenderung memiliki tingkat kontaminasi mikroplastik lebih besar (Kato dkk., 2014; Kang dkk., 2015). Namun studi mengenai karakterisasi polimer mikroplastik di Lombok masih sangat terbatas. Studi karakterisasi polimer mikroplastik sangat penting karena memungkinkan identifikasi jenis polimer plastik yang tersebar di lingkungan perairan Lombok sekaligus digunakan sebagai data monitoring secara berkelanjutan.

Teknologi Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan salah satu metode analitis yang paling efektif dan akurat untuk identifikasi jenis polimer berdasarkan pola spektral yang unik dari setiap gugus fungsi. FTIR memiliki keunggulan dalam hal kecepatan analisis, tidak merusak sampel, dan tidak memerlukan persiapan sampel yang rumit dibandingkan dengan teknik spektroskopi lainnya. FTIR *spectroscopy* merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk mengidentifikasi mikroplastik karena kemampuannya mendeteksi gugus fungsi karakteristik polimer secara akurat dan cepat (Torres-Palazzolo dkk., 2020; Suprijanto dkk., 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis polimer mikroplastik yang terdapat di perairan Lombok menggunakan teknologi FTIR, sehingga dapat memberikan gambaran komprehensif tentang komposisi dan jenis polimer pencemar di wilayah tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar informasi bagi pengambil kebijakan dalam merancang strategi pengelolaan dan penanggulangan pencemaran plastik di perairan pesisir Indonesia.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di perairan Lombok, Nusa Tenggara Barat, Indonesia. Lokasi pengambilan sampel di beberapa titik di perairan Lombok yang mewakili zona pariwisata, area pelabuhan, dan wilayah pemukiman pesisir meliputi Pantai Sekotong, Pelabuhan Lembar, Pantai Luang Balok, Tanjung Karang dan Meninting. Penetapan lokasi pengambilan sampel (Gambar 1) dilakukan secara *purposive* sampling dengan mempertimbangkan aktivitas antropogenik dan aksesibilitas lokasi.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel mikroplastik dikumpulkan menggunakan trawl net dengan ukuran mesh 0,5 mm di permukaan perairan pada kedalaman 0-5 meter. Selanjutnya sampel air disaring menggunakan kertas saring berukuran 0,5 mm untuk memisahkan partikel mikroplastik dari matriks air. Residual pada kertas saring kemudian dibilas dengan aquadest untuk menghilangkan garam dan material organik yang tertinggal. Partikel-partikel yang sudah terseleksi dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam hingga mencapai berat konstan sebelum dianalisis (Hidalgo-Ruz dkk., 2012). Analisis spektrum mikroplastik menggunakan instrumen FTIR Model IRSpirit-QATR-S (Shimadzu) yang dilengkapi dengan aksesoris Attenuated Total Reflectance (ATR) diamond crystal (Gambar 2). Setiap sampel mikroplastik diletakkan langsung di atas crystal ATR dan dianalisis tanpa persiapan sampel lebih lanjut. Parameter analisis FTIR yang digunakan adalah sebagai berikut: Mode (Transmittance); Resolusi: 4 cm⁻¹; Jumlah scan: 10 scan per sampel; Jangkauan bilangan gelombang: 4000-400 cm⁻¹; Apodization: Happ-Genzel. Spektrum FTIR yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan mengidentifikasi puncak-puncak spektral yang khas dan

membandingkannya dengan spektrum referensi polimer standar (PE, PP, PET, PVC, PS) yang tersimpan dalam database spektral FTIR. Identifikasi polimer dilakukan berdasarkan posisi bilangan gelombang puncak-puncak signifikan dan pola spektral yang konsisten dengan literatur dan referensi polimer standar.

Identifikasi polimer dilakukan berdasarkan puncak-puncak spektral khas dari PE, PP, PET, PVC, PS yang dibandingkan dengan pustaka spektrum referensi dan literatur (Kaczorowska dkk., 2006; Torres-Palazzolo dkk., 2020). Interpretasi spektral untuk mengidentifikasi gugus fungsi karakteristik dari setiap polimer berdasarkan bilangan gelombang puncak yang muncul. Puncak-puncak kunci yang diidentifikasi untuk setiap jenis polimer meliputi: Polyethylene (PE): Puncak C-H rocking pada $720-730\text{ cm}^{-1}$, C-H stretching pada $2900-2950\text{ cm}^{-1}$. Polypropylene (PP): Puncak CH_3 scissoring pada 1374 cm^{-1} , CH_2 scissoring pada 1456 cm^{-1} , C-H stretching pada $2900-2950\text{ cm}^{-1}$. Polyvinyl Chloride (PVC): Puncak C-Cl stretching pada $540-700\text{ cm}^{-1}$, C-H rocking pada $750-800\text{ cm}^{-1}$, C-H stretching pada $2900-2950\text{ cm}^{-1}$. Polystyrene (PS): Puncak aromatic C=C stretching pada 1600 cm^{-1} , aromatic C-H bending pada $900-1000\text{ cm}^{-1}$, aromatic C-H stretching pada $3000-3100\text{ cm}^{-1}$. Polyethylene Terephthalate (PET): Puncak C=O stretching pada 1700 cm^{-1} , C-O stretching pada $1250-1300\text{ cm}^{-1}$, aromatic C=C stretching pada 1600 cm^{-1} .



Gambar 2. Instrumentasi FTIR-ATR

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis FTIR dan Identifikasi Polimer

Analisis FTIR terhadap 10 sampel mikroplastik (MCP1-MCP10) yang dikumpulkan dari perairan Lombok menghasilkan spektrum yang menunjukkan kehadiran lima jenis polimer utama.

Penyajian puncak kunci FTIR ini untuk memastikan bahwa identifikasi polimer mikroplastik dilakukan secara akurat dan berbasis bukti spektral, karena setiap polimer memiliki fingerprint bilangan gelombang yang khas sesuai vibrasi gugus fungsinya. Dengan ditampilkannya puncak-puncak karakteristik ini dapat memverifikasi jenis polimer yang ditemukan, membandingkannya dengan spektrum referensi, serta menilai kualitas interpretasi data yang disajikan. Selain itu, informasi puncak kunci memungkinkan

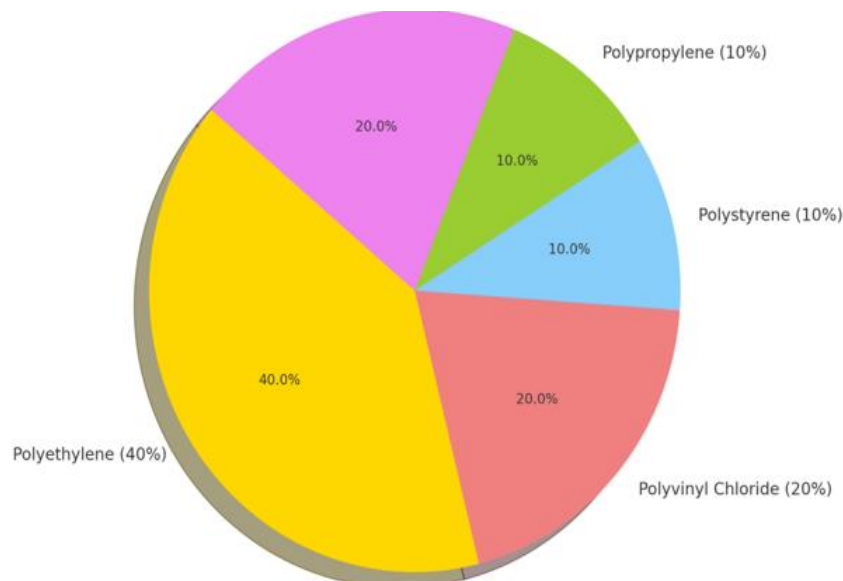
reproduktibilitas penelitian, membantu interpretasi tingkat degradasi atau perubahan kimia akibat proses lingkungan, dan menjadi acuan komparatif bagi studi lain dalam monitoring mikroplastik. Dengan demikian, keberadaan puncak kunci FTIR tidak hanya memperkuat kredibilitas hasil, tetapi juga meningkatkan transparansi dan keterlacakan data hasil penelitian.

Tabel 1. Identifikasi Polimer Mikroplastik Perairan Lombok

Kode Sampel	Identifikasi Polimer	Puncak Kunci (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi Utama
MCP1	Polyvinyl Chloride (PVC)	541.96, 690.29, 754.47, 904.22, 1024.02, 1363.46, 1444.75, 1598.78, 2918.03, 3032.13	C-Cl stretch, CH ₂ rocking, aromatic C-H bend, C=C aromatic
MCP2	Polyvinyl Chloride (PVC)	541.96, 693.14, 754.47, 905.64, 1025.45, 1367.74, 1447.60, 1595.93, 2853.85, 2919.46, 3023.57	C-Cl stretch, CH ₂ rocking, C-O stretch, C=C aromatic
MCP3	Polyethylene (PE)	720.24, 1038.28, 1373.44, 1466.15, 1540.31, 1575.96, 2848.14, 2915.18	CH ₂ rocking, C-O stretch, C=C aromatic, CH ₂ stretch
MCP4	Polyethylene (PE)	460.67, 808.66, 840.04, 898.51, 972.68, 998.35, 1043.99, 1102.46, 1165.21, 1256.49, 1300.71, 1374.87, 1454.74, 2839.59, 2870.96, 2918.03, 2952.26	Multiple C-O stretches, CH ₂ /CH ₃ bending, C-H stretching
MCP5	Polystyrene (PS)	539.11, 697.42, 753.04, 907.07, 1026.87, 1449.03, 1491.82, 1600.21, 2849.57, 2920.88, 3024.99, 3059.22	C-Cl/aromatic, aromatic C=C, aromatic C-H
MCP6	Polypropylene (PP)	457.81, 808.66, 840.04, 898.51, 974.10, 999.77, 1102.46, 1162.36, 1374.87, 1456.16, 2839.59, 2916.60, 2952.26	CH ₃ /CH ₂ scissoring, C-H stretching, aromatic C-H
MCP7	Polyethylene (PE)	721.66, 807.24, 840.04, 901.37, 1001.20, 1038.28, 1096.76, 1162.36, 1374.87, 1456.16, 2846.72, 2915.18, 2953.68	CH ₂ rocking, C-O stretches, CH ₂ /CH ₃ bending, C-H stretching
MCP8	PET/Polyamide (PA)	808.66, 841.46, 898.51, 974.10, 998.35, 1101.04, 1166.64, 1256.49, 1300.71, 1376.29, 1454.74, 2838.16, 2870.96, 2918.03, 2952.26	Ester C-O stretching, amide C-O, C=O ester, C-H stretching
MCP9	Polyethylene (PE)	417.88, 808.66, 840.04, 899.94, 972.68, 998.35, 1163.79, 1374.87, 1456.16, 2839.59, 2873.82, 2916.60, 2953.68	CH ₂ rocking, C-O stretches, CH ₂ /CH ₃ bending, C-H stretching
MCP10	Polyethylene + Polyamide	433.57, 459.24, 808.66, 840.04, 899.94, 972.68, 998.35, 1101.04, 1165.21, 1300.71, 1374.87, 1456.16, 2839.59, 2872.39, 2916.60, 2953.68	Mixed PE dan amide functional groups

Berdasarkan Tabel 1 jika dilakukan klasifikasi prosentase hasil analisis FTIR terhadap 10 sampel mikroplastik mendeteksi lima jenis polimer utama (Gambar 3): PE (40%), PVC (20%), PP (10%), PS (10%), dan PET/PA (20%). Komposisi ini sejalan dengan laporan global bahwa PE dan PP mendominasi sampah plastik laut akibat penggunaannya pada produk sekali pakai (Andrady, 2011; Cole dkk., 2011). Penelitian lain yang mendukung dominasi PE di Lombok juga ditemukan pada penelitian di laut Belgia (Claessens dkk., 2011), perairan Jepang (Kato dkk., 2014), dan Sungai Yangtze (Peng dkk., 2015). Hal ini menunjukkan sifat PE yang ringan, mudah mengapung, dan sangat tahan degradasi. Hasil

analisis FTIR ini sejalan dengan laporan global yang menyebutkan bahwa PE, PP, dan PET merupakan polimer paling sering ditemukan di lingkungan laut (Cole dkk., 2011; Andrady, 2011).



Gambar 3. Distribusi Jenis Polimer Mikroplastik di Perairan Lombok

3.2 Karakteristik Spektral Polyethylene (PE)

Polyethylene merupakan polimer yang paling umum ditemukan di perairan Lombok, teridentifikasi pada sampel MCP3, MCP4, MCP7, MCP9, dan sebagian dari MCP10 (40% dari total sampel). Spektrum FTIR dari sampel-sampel PE menunjukkan puncak-puncak karakteristik yang sangat konsisten. Puncak paling dominan adalah CH₂ rocking pada bilangan gelombang 720-721 cm⁻¹ dengan intensitas tinggi, yang merupakan ciri khas struktur polietilen rantai jenuh. Puncak C-H stretching pada daerah 2839-2953 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi ulur dari ikatan C-H pada gugus CH₂ dan CH₃.

Puncak-puncak pada 1374 cm⁻¹ dan 1456 cm⁻¹ mengindikasikan bending dari CH₃ dan CH₂ berturut-turut. Kehadiran puncak pada 1038-1102 cm⁻¹ diinterpretasikan sebagai C-O stretching, yang kemungkinan berasal dari kontaminasi minor atau cross-linking dari sampel PE. Penelitian ini identik dengan temuan Hidalgo-Ruz dkk. (2012) review mikroplastik dari berbagai lingkungan laut dan Suprijanto dkk. (2021) di TPI Tambaklorok Semarang yang menunjukkan jika PE pada puncak karakteristik pada 720-730 cm⁻¹ (CH₂ rocking) dan 2839-2953 cm⁻¹ (C-H stretching).

Sumber utama PE di perairan Lombok diduga berasal dari kantong plastik, botol air kemasan, dan kemasan sachet yang banyak digunakan dalam aktivitas pariwisata dan kehidupan sehari-hari penduduk pesisir. PE memiliki densitas rendah (0,92-0,96 g/cm³) sehingga mudah terapung di permukaan air dan tersebar luas di wilayah perairan. Menurut (Roch dkk., 2020), PE dapat mengganggu sistem pencernaan biota laut. Hal ini disebabkan PE memiliki mobilitas tinggi dan dapat menyebar ke seluruh penjuru perairan Lombok melalui arus laut dan badai.

3.3 Karakteristik Spektral Polyvinyl Chloride (PVC)

Polyvinyl Chloride (PVC) teridentifikasi pada sampel MCP1 dan MCP2 (20% dari total sampel), menjadikannya polimer kedua yang paling dominan setelah PE. Spektrum FTIR dari sampel-sampel PVC menunjukkan pola spektral yang sangat karakteristik dan berbeda dari PE.

Puncak paling signifikan adalah C-Cl stretching pada daerah 540-700 cm^{-1} , yang merupakan ciri spektral paling khas dari PVC. Puncak ini muncul sebagai serangkaian band pada 541-542 cm^{-1} , 690-693 cm^{-1} , dan 754 cm^{-1} , yang merepresentasikan berbagai mode vibrasi dari ikatan C-Cl pada struktur PVC. Puncak C-H stretching pada 2918-2919 cm^{-1} dan 3023-3032 cm^{-1} serupa dengan PE tetapi dengan intensitas relatif yang berbeda. Puncak-puncak pada 1364-1367 cm^{-1} , 1444-1447 cm^{-1} , 1595-1598 cm^{-1} mengindikasikan berbagai mode bending dan stretching dari gugus CH_2 dan $\text{C}=\text{C}$.

PVC khas dengan puncak C-Cl stretching pada 540–700 cm^{-1} . Keberadaan PVC (20%) cukup signifikan dibanding banyak studi regional yang melaporkan <10% PVC (Avio dkk., 2015). PVC berpotensi melepaskan aditif toksik seperti phthalates (Lithner dkk., 2011). Keunikan spektral PVC memudahkan untuk membedakannya dari polimer lain, terutama dari puncak C-Cl yang tidak dijumpai pada polimer termoplastik lainnya. PVC biasanya digunakan dalam aplikasi pipa air, sarung kabel listrik, dan berbagai material konstruksi lainnya. Kehadiran PVC di perairan Lombok kemungkinan berasal dari pembuangan limbah konstruksi, degradasi infrastruktur pesisir yang tua, dan limbah industri. PVC memiliki densitas relatif tinggi (1,16-1,30 g/cm^3), sehingga partikel PVC cenderung mengendap di dasar perairan dan membentuk reservoir kontaminan jangka panjang.

3.4 Karakteristik Spektral Polystyrene (PS)

Polystyrene (PS) teridentifikasi pada sampel MCP5 (10% dari total sampel). Spektrum FTIR dari sampel PS menunjukkan pola spektral yang unik dengan dominasi puncak-puncak aromatic. Puncak aromatic $\text{C}=\text{C}$ stretching pada 1600 cm^{-1} dan 1491 cm^{-1} merupakan ciri khas dari struktur cincin benzena dalam PS, yang membedakannya secara jelas dari polimer alifatik seperti PE dan PP. Puncak aromatic C-H bending pada 900-1000 cm^{-1} juga merupakan indikator penting dari struktur aromatic. Puncak C-H stretching pada 2920-3024 cm^{-1} termasuk kontribusi dari aromatic C-H stretching pada daerah 3000-3100 cm^{-1} yang tidak ada pada polimer alifatik. Kehadiran puncak pada 539 cm^{-1} dalam sampel PS mengindikasikan adanya kontaminasi minor dari senyawa berklorin, kemungkinan berasal dari PVC atau limbah industri yang mengandung klor.

PS diidentifikasi melalui puncak aromatic $\text{C}=\text{C}$ pada 1490–1600 cm^{-1} dan aromatic C-H pada 3000–3100 cm^{-1} . PS sering ditemukan di area wisata akibat penggunaan styrofoam (Murray & Cowie, 2011). Sumber PS di perairan Lombok terutama berasal dari kemasan makanan sekali pakai (styrofoam), wadah minuman, dan komponen elektronik. PS memiliki sifat brittle di lingkungan laut dan mudah terfragmentasi menjadi partikel-partikel kecil mikroplastik akibat degradasi fisik dan kimia. Partikel PS memiliki potensi risiko ekotoksikologi yang tinggi karena dapat melepaskan monomer stirena yang bersifat neurotoksik dan karsinogenik. Hal ini sejalan dengan penelitian Watts dkk. (2015) yaitu PE dapat melepas stirena yang bersifat neurotoksik.

3.5 Karakteristik Spektral Polypropylene (PP)

Polypropylene (PP) teridentifikasi pada sampel MCP6 (10% dari total sampel). Spektrum FTIR dari sampel PP menunjukkan pola spektral yang konsisten dengan struktur polimer propilen:

Puncak-puncak CH_3 dan CH_2 scissoring pada 1374 cm^{-1} dan 1456 cm^{-1} merupakan indikator penting dari adanya gugus CH_3 dalam PP, yang membedakannya dari PE yang hanya memiliki gugus CH_2 . Puncak C-H stretching pada 2839-2953 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur dari ikatan C-H dalam struktur alifatik. Puncak-puncak pada 807-808 cm^{-1} dan 840 cm^{-1} diinterpretasikan sebagai aromatic C-H bending, kemungkinan berasal dari kontaminasi polimer aromatic atau tatanan kristal dari PP.

PP menunjukkan puncak CH_3 scissoring (1374 cm^{-1}) dan CH_2 bending (1456 cm^{-1}). PP sering terkait aktivitas perikanan (tali, jaring) sebagaimana dilaporkan Kang dkk. (2015). PP banyak digunakan dalam aplikasi industrial dan consumer goods seperti tali tambang, jaring nelayan, karung plastik, dan komponen otomotif. Kehadiran PP di perairan Lombok kemungkinan berkaitan erat dengan aktivitas perikanan lokal di mana jaring dan tali plastik yang rusak atau ditinggalkan lepas ke perairan (ghost fishing). PP memiliki densitas rendah ($0,90\text{--}0,92\text{ g/cm}^3$) sehingga terapung di permukaan air dan mudah terdispersi luas di perairan.

3.6 Karakteristik Polyethylene Terephthalate (PET) dan Polyamide (PA)

Polyethylene Terephthalate (PET) dan Polyamide (PA) teridentifikasi pada sampel MCP8 (masing-masing 10% untuk PET/PA dan 10% untuk PE+PA dalam MCP10). Spektrum FTIR dari sampel-sampel ini menunjukkan pola spektral yang menggabungkan karakteristik ester atau amida. Puncak C=O stretching dari ester PET pada daerah 1700 cm^{-1} tidak terlihat jelas dalam spektrum yang diamati, tetapi puncak C-O stretching pada $1256\text{--}1300\text{ cm}^{-1}$ dan aromatic C=C stretching pada 1600 cm^{-1} memberikan indikasi kuat dari kehadiran PET. Puncak pada 1166 cm^{-1} dan $1256\text{--}1300\text{ cm}^{-1}$ konsisten dengan C-O stretching dari gugus ester dalam PET. Kehadiran puncak pada $1256\text{--}1300\text{ cm}^{-1}$ juga dapat mengindikasikan kehadiran gugus amida dari Polyamide (Nylon), yang memiliki karakteristik spektral yang serupa.

Puncak PET pada $1250\text{--}1300\text{ cm}^{-1}$ (C-O stretching). PET umum ditemukan pada botol minuman dan tekstil sintetis (Roos dkk., 2016). PET biasanya digunakan dalam botol minuman, kemasan makanan, dan serat tekstil sintetis. Polyamide digunakan dalam serat pakaian, kain, dan berbagai aplikasi industri. Kehadiran PET/PA di perairan Lombok diduga berasal dari pembuangan botol minuman kemasan, pakaian sintetis yang hilang dalam cuci laundry, dan limbah tekstil dari aktivitas industri atau pariwisata. PET memiliki densitas tinggi ($1,30\text{--}1,45\text{ g/cm}^3$) sehingga cenderung mengendap di dasar perairan, sementara Polyamide memiliki densitas yang bervariasi dan dapat terapung atau tenggelam tergantung pada struktur dan modifikasinya.

3.7 Komposisi Polimer dan Sumber Kontaminan

Keberagaman jenis polimer mikroplastik yang ditemukan di perairan Lombok memiliki implikasi ekotoksikologi yang kompleks. Setiap polimer memiliki karakteristik degradasi, mobilitas, dan toksisitas yang berbeda-beda (Tabel 2).

Sumber-sumber kontaminan ini diduga berasal dari:

1. Aktivitas Pariwisata: Sampah dari wisatawan dan limbah hotel termasuk plastik sekali pakai, kemasan makanan, dan botol minuman menjadi kontributor utama.
2. Aktivitas Perikanan: Jaring nelayan yang rusak atau ditinggalkan, tali tambang, dan equipment perikanan lainnya menjadi sumber PP dan PE mikroplastik.
3. Pemukiman Pesisir: Sampah domestik dari rumah tangga penduduk pesisir yang tidak dikelola dengan baik menjadi sumber utama berbagai jenis polimer.
4. Limbah Industri: Kemungkinan adanya limbah dari industri pengolahan plastik atau industri lainnya yang membuang limbahnya ke perairan.
5. Laundry dan Tekstil: Serat sintetis dari proses pencucian pakaian dan pembuangan sisa tekstil berkontribusi pada kehadiran PA dan PE.

Tabel 2. Sumber Mikroplastik Berdasarkan Jenis Polimer di Perairan Lombok

No	Jenis Polimer	Persentase (%)	Sumber Utama	Aktivitas/Asal Spesifik	Implikasi Lingkungan
1	Polyethylene (PE)	40%	Consumer goods	Kantong plastik, kemasan makanan, botol, plastik sekali pakai	Kontributor utama mikroplastik terapung; mudah terfragmentasi di laut
2	Polyvinyl Chloride (PVC)	20%	Konstruksi& infrastruktur	Pipa, kabel, bahan bangunan pesisir	Cenderung tenggelam; berpotensi membawa aditif toksik (plasticizer)
3	Polystyrene (PS)	10%	Limbah makanan& minuman	Styrofoam, wadah makanan, gelas sekali pakai, kemasan	Mudah rapuh → cepat jadi mikroplastik; risiko tertelan biota
4	Polypropylene (PP)	10%	Aktivitas perikanan	Jaring ikan, tali, karung, rope	Indikator kontribusi fishing industry; dominan di zona pesisir
5	Polyethylene Terephthalate (PET)	10%	Kemasan minuman	Botol air mineral, minuman ringan	Sumber mikroplastik dari limbah wisata & domestik
6	Polyamide (PA / Nylon)	10%*	Tekstil & perikanan	Serat pakaian, jaring, benang pancing	Fiber mikroplastik; mudah terdispersi di kolom air

3.8 Implikasi Ekotoksikologi

PE dan PP merupakan plastik yang relatif stabil dan resisten terhadap degradasi biologis. Namun, ukuran mikroplastik memungkinkan partikel ini untuk diserap oleh filter-feeding organisme seperti zooplankton dan berbagai spesies ikan kecil. Partikel-partikel ini dapat mengakibatkan physical harm terhadap sistem pencernaan, malnutrisi, dan pengurangan survival rate pada organisme laut. PVC memiliki potensi toksisitas tinggi karena dapat melepaskan zat aditif seperti phthalate plasticizers yang bersifat endocrine disruptors. Degradasi PVC di lingkungan juga dapat menghasilkan produk-produk toksik seperti hydrogen chloride yang dapat meningkatkan aciditas air laut lokal. PS merupakan polimer yang sangat brittle dan mudah terfragmentasi.

Produk degradasi PS termasuk monomer stirena dan oligomer yang bersifat neurotoksik dan dapat merusak sistem saraf organisme laut. PS juga diketahui memiliki kemampuan yang tinggi untuk menyerap dan mengakumulasi polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) dan persistent organic pollutants (POPs) dari lingkungan air laut. PET pada umumnya bersifat inert dan tidak mudah terdegradasi. Namun, akumulasi PET di dasar perairan dapat mengganggu habitat benthic organisms dan mengurangi turbulensi air yang diperlukan untuk transfer oksigen. Kehadiran PET jangka panjang di perairan dapat menjadi barrier terhadap pertumbuhan sedimen dan regenerasi habitat laut. Implikasi lebih jauh adalah bahwa mikroplastik dapat menjadi vektor untuk transportasi logam berat dan bahan kimia organik yang terakumulasi di permukaan polimer. Organisme yang mengkonsumsi mikroplastik dapat mengalami bioakumulasi dari kontaminan-kontaminan ini dalam jaringan tubuh mereka, mengakibatkan efek sub-lethal termasuk penurunan fecundity, delayed development, dan increased disease susceptibility. Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas

antropogenik pesisir Lombok menghasilkan jejak polimer yang mirip dengan pola kontaminasi laut di berbagai wilayah dunia.

4. KESIMPULAN

Penelitian identifikasi jenis polimer mikroplastik di perairan Lombok menggunakan teknologi FTIR telah menghasilkan kesimpulan-kesimpulan penting:

1. Perairan Lombok terkontaminasi oleh lima jenis polimer utama: Polyethylene (40%), Polyvinyl Chloride (20%), Polystyrene (10%), Polypropylene (10%), dan Polyethylene Terephthalate/Polyamide (20%).
2. Polyethylene merupakan polimer paling dominan, diikuti oleh PVC, yang bersama-sama menyumbang 60% dari total komposisi mikroplastik.
3. Analisis spektral FTIR membuktikan efektivitasnya dalam identifikasi cepat dan akurat terhadap jenis-jenis polimer mikroplastik di perairan, dengan karakteristik spektral yang unik untuk setiap polimer.
4. Potensi sumber kontaminan yang menyumbang mikroplastik tertinggi di perairan Lombok yaitu kantong plastik, kemasan makanan, botol, plastik sekali pakai. Strategi pengelolaan limbah plastik harus fokus pada pengurangan produksi polimer disposable, peningkatan infrastruktur daur ulang, dan pengawasan ketat terhadap pembuangan limbah di kawasan pesisir.

PERSANTUNAN

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih sebesar-besarnya kepada MoRA-LPDP atas dukungan funding melalui Program Pendanaan Riset Indonesia Bangkit Kementerian Agama Tahun 2025. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional, dan Universitas Mataram yang telah memberikan fasilitas, dukungan, serta kontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Penghargaan turut disampaikan kepada seluruh pihak yang terlibat sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605.
- Avio, C. G., Gorbi, S., & Regoli, F. (2015). Plastics and microplastics in the oceans: environmental and toxicological perspectives. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 188(11), 592.
- Claessens, M., De Meester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K., & Janssen, C. R. (2011). Occurrence and distribution of microplastics in sediments of the Belgium beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 62(2), 428-430.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588-2597.
- Gundogdu, S., Cevik, C., Guzel, E., & Kilercioğlu, S. (2018). Microplastics: A review of the process, occurrence, and toxic effects of microplastics. *Chemosphere*, 204, 483-498.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060-3075.

- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to inform future research. *Science of The Total Environment*, 586, 127-141.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., dkk. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.
- Kaczorowska, A., Puchalska, Z., Konieczna, A., & Cichocki, A. (2006). Fourier transform infrared spectroscopy studies on the thermal degradation of polycarbonate. *Polymer*, 47(14), 5129-5136.
- Kang, J. H., Kwon, O. Y., Shim, W. J., Cha, W. S., Gerdaux, P., & Okuda, K. (2015). Marine litter monitoring around the Korean peninsula. *Marine Pollution Bulletin*, 60(7), 1218-1226.
- Kato, Y., Onda, T., Terauchi, H., Kasan, H., & Seto, M. (2014). Assessment of the sources of marine debris: Results of beach monitoring on Japanese coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 96(1-2), 448-454.
- Lithner, D., Larsson, Å., & Dave, G. (2011). High levels of bisphenol A leaching from plastic touching food. *Food and Chemical Toxicology*, 49(2), 425-433.
- Murray, F., & Cowie, P. R. (2011). Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (L.). *Marine Pollution Bulletin*, 62(6), 1207-1217.
- Peng, G., Zhu, B., Yang, D., Tang, L., & Akkhtar, F. (2015). Microplastics in sediments of the Yangtze River, China. *Environmental Pollution*, 200, 112-120.
- Plastics Europe. (2022). *Plastics – The Facts 2022*. Plastics Europe Association of Plastics Manufacturers. Brussels, Belgium.
- Roch, S., Friedrich, C., & Brinker, A. (2020). Uptake routes of microplastics in fishes and other aquatic animals. *Environmental Science & Technology*, 54(20), 12033-12038.
- Roos, S., Sandin, G., Zamani, B., & Peters, G. (2016). Will clothing be sustainable? Assessing the Sustainability of Apparel Consumption and the Circulating Economy. *Mistra Future Fashion Report*, Stockholm Environment Institute, Sweden.
- Suprijanto, J., Senduk, J. L., & Makriza, D. B. (2021). Penggunaan Fourier Transform Infrared untuk Analisis Mikroplastik pada *Loligo* sp. dan *Rastrelliger* sp. dari TPI Tambak Lorok Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3), 291-298.
- Thompson, R. C., Olmos, Y., Moore, C. J., Leecaster, M., & Weisberg, S. B. (2015). Lost at sea: Where is all the plastic? *Science*, 304(5672), 838.
- Torres-Palazzolo, C., Fasano, L., Malizia, A., & Liphardt, K. (2020). Microplastics characterization: A multi-analytical approach. *Applied Spectroscopy Reviews*, 56(4), 287-317.
- Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., & Janssen, C. R. (2013). Microplastics in deep-sea sediments and fish. *Environmental Pollution*, 182, 495-499.
- Waring, R. H., Harris, R. M., & Mitchell, S. C. (2018). Plastic contamination of the food chain: A threat to human health? *Molecular Medicine and Biology*, 4(1), 1-14.
- Watts, A. J., Urbina, M. A., Corr, S., Lewis, C., & Galloway, T. S. (2015). Ingestion of plastic microfibers by the crab *Carcinus maenas* and its effect on food consumption and energy balance. *Environmental Science & Technology*, 49(24), 14597-14604.