

Karakteristik Mikroplastik pada Sedimen dan Air laut di Muara Sungai Wulan Demak

Nando Arta Gusti Pamungkas¹, Retno Hartati^{1*}, Sri Redjeki¹, Ita Riniatsih¹,
Jusup Suprijanto¹, Edy Supriyo², Widianingsih¹

¹Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

²Departemen Teknik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

Email: retnohartati.undip@yahoo.com

Abstract

Microplastics Characteristics in Sediment and Water of Wulan Estuary Demak

Microplastics are small plastic particles that have the characteristics of easily accumulating in seawater and sediments with a diameter of less than 5 mm. The presence of microplastics in seawater and sediments may have a chain impact on marine ecosystems and humans. The purpose of this study was to determine the characteristics of microplastics in sediment and seawater in the Wulan River Estuary, Demak. Sediment and seawater samples were taken by purposive sampling at five different stations in line with the river mouth on 20 May 2021. Visual identification and counting of microplastics using a microscope, and FTIR (Fourier transform infrared) test. The highest abundance of microplastics was found in Station 2 sediment (400 particles.Kg-1) and Station 1 seawater (99 particles.L-1) which is the end of the Wulan river flow. The diversity of microplastic characteristics in the form of fragments, fibers, pellets and films, the most abundance was fragments of particles in sediment and seawater samples. The color of the microplastic particles is predominantly black and blue, with lesser number of brown, white, red, green, yellow and purple. The microplastic particle size range was found between 1.00-259.06 μ m. Microplastic pollutants are nitrile, nylon and PTFE (Polytetrafluoroethylene) plastics. The results of this study reveal the sources of anthropogenic pollution in the study area which are not only caused by human activities on land but also from the movement of water in the marine environment.

Keywords: FTIR Test, Microplastic, Seawater, Sediment, Wulan River Estuary.

Abstrak

Mikroplastik adalah partikel plastik kecil yang memiliki karakteristik mudah terakumulasi pada air laut laut dan sedimen dengan ukuran diameter kurang dari 5 mm. Keberadaan mikroplastik pada air laut laut dan sedimen dapat memberikan dampak berantai terhadap ekosistem perairan laut dan manusia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik mikroplastik pada sedimen dan air laut di Muara Sungai Wulan, Demak. Sampel sedimen dan air laut diambil dengan *purposive sampling* di lima stasiun yang berbeda segaris dengan muara sungai pada tanggal 20 Mei 2021. Identifikasi dan penghitungan mikroplastik secara visual menggunakan mikroskop, dan uji FTIR (*Fourier transform infrared*). Kelimpahan mikroplastik tertinggi ditemukan pada sedimen Stasiun 2 (400 partikel.Kg-1) dan air laut Stasiun 1 (99 partikel.L-1) yang merupakan akhir dari aliran sungai Wulan. Keragaman karakteristik mikroplastik yang berupa fragment, fiber, pellet dan film, partikel fragmen terbanyak di sample sedimen dan air laut. Warna partikel mikroplastik didominasi hitam dan biru, dengan warna coklat, putih, merah, hijau, kuning dan ungu yang lebih sedikit. Rentang ukuran partikel mikroplastik yang ditemukan antara 1,00-259,06 μ m. Polutan mikroplastik berjenis plastik *nitrile*, *nylon* dan PTFE (*Polytetrafluoroethylene*). Hasil penelitian ini mengungkapkan sumber polusi antropogenik di daerah penelitian yang tidak hanya disebabkan oleh aktivitas manusia di darat tetapi juga dari pergerakan air di lingkungan laut.

Kata Kunci: Air laut Laut, Mikroplastik, Muara Sungai Wulan, Sedimen, Uji FTIR.

PENDAHULUAN

Sungai Wulan merupakan salah satu sungai yang penting untuk menunjang aktivitas masyarakat pesisir yang berada di Kecamatan Wedung Kabupaten Demak (Atmojo *et al.*, 2015). Tingginya aktivitas masyarakat di daerah aliran sungai tersebut akan mempengaruhi kesuburan dan potensi pencemaran di perairan laut tersebut (Prihatin *et al.*, 2016). Salah satu jenis cemaran yang paling banyak dan menjadi masalah serius baik di darat maupun di laut adalah sampah.

Menurut penelitian Wahyudin dan Afriansyah (2020), lebih dari 50% sampah padat yang ditemukan di wilayah laut adalah sampah plastik, dan 80% sampah plastik dari wilayah darat mempunyai potensi dan turut serta dalam mencemari lautan (Septian *et al.*, 2018). Sampah plastik di laut melalui beberapa proses, antara lain akibat paparan cahaya ultraviolet (UV), perubahan iklim, abrasi fisik seperti gelombang ombak pasang-surut laut, arus, angin, akan terfragmentasi menjadi ukuran yang lebih kecil (Song *et al.*, 2017).

Mikroplastik, didefinisikan sebagai pecahan plastik yang ukurannya lebih kecil dari 5 milimeter (Gesamp, 2015) memainkan peran kunci polusi di laut. Mikroplastik telah ditemukan di pantai, permukaan laut dan dasar laut mulai dari pantai sampai laut terbuka (Obbard *et al.*, 2014). Kehadiran mikroplastik di lautan sangat mengkhawatirkan karena daya tahannya, keberadaannya di mana-mana dan bisa menjadi vektor yang mentransfer racun ke organisme karena mereka terkonsentrasi serta mampu mentransfer bahan kimia dari air laut ke organisme melalui proses konsumsi. Mikroplastik terbentuk oleh proses autokatalitik, termo-oksidatif, foto-oksidatif dan degradasi biologis yang mengubah partikel yang lebih besar menjadi partikel mikro atau mikroplastik (Andrady, 2011). Partikel mikro ini dapat menyebabkan keterlambatan pertumbuhan, menghasilkan risiko ekologi dan efek toksikologi pada organisme laut. Mikroplastik dapat berpindah dari primer ke konsumen tersier (Setala *et al.*, 2014).

Menurut Uddin *et al.* (2021) 70-90% partikel mikroplastik yang ada di kolom air laut akan mengendap di sedimen, tergantung pada kondisi laut, kecepatan pengendapan, jenis polimer, ukuran, bentuk, gelombang dan arus, serta adanya proses biofouling. Keberadaan mikroplastik di sedimen juga dipengaruhi oleh jarak dari daerah pengendapan maupun tingginya aktivitas pasang surut di wilayah tersebut (Harris, 2020).

Keberadaan mikroplastik di laut Indonesia sudah banyak diteliti, antara lain oleh Cordova dan Wahyudi (2016) di perairan barat laut Sumatera; Syakti *et al.* (2018) di Perairan Bintan; Cordova dan Hernawan (2018) di perairan Sumba; Cordova *et al.* (2019) di perairan utara Surabaya; Falahudin *et al.* (2019) di Teluk Banten; Amin *et al.*, (2020) di perairan barat Pulau Karimun besar; Kapo *et al.* (2020) di Teluk Kupang, Ridlo *et al.* (2020) di Pantai Ayah Kebumen; Sayogo *et al.* (2020) di Pulau Tidung Besar dan Bira besar, Jakarta; Muchlissin *et al.*, (2021) di ekosistem terumbu di Taman Nasional Laut Karimunjawa, dan Suteja *et al.* (2021) di Teluk Benoa Bali. Di wilayah Jawa Tengah, khususnya pantai utara, penelitian mikroplastik masih sedikit dilakukan, dan sebagian besar hanya melakukan pengamatan di air laut atau di sedimen saja. Pengamatan mikroplastik di sedimen laut dilakukan oleh Laila *et al.* (2020) di Perairan Desa Mangunharjo, Semarang dan Laksono *et al.* (2021) di Perairan Bandengan, Kendal. Sedangkan pengamatan sampel mikroplastik di air laut, dilakukan oleh Hanif *et al.* (2021) di muara Sungai Kendal, Wulandari *et al.* (2021) di perairan Semarang, dan Wulandari *et al.*, (2022) di perairan Delta Wulan, Demak. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan dan karakteristik mikroplastik di sedimen dan air laut yang meliputi bentuk, warna, ukuran, serta jenis plastik yang menyusun mikroplastik di muara Sungai Wulan, Demak. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal karakteristik mikroplastik di daerah tersebut dan sebagai dasar penelitian mikroplastik selanjutnya.

MATERI DAN METODE

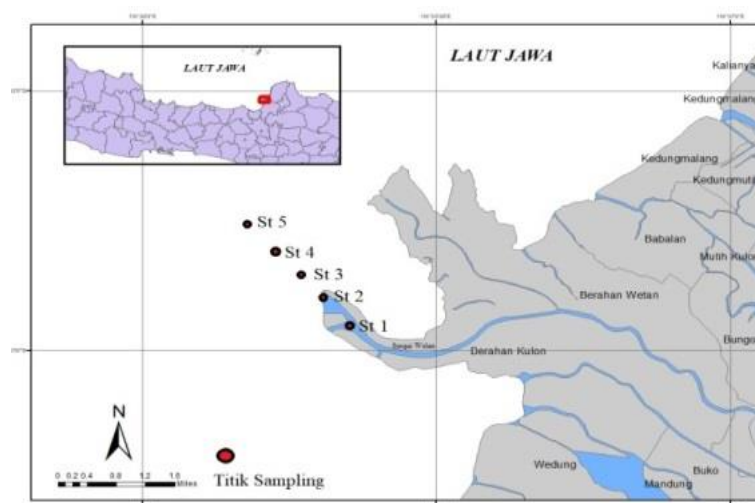
Materi dalam penelitian ini adalah mikroplastik pada sampel sedimen dan air laut yang diambil dari Muara Sungai Wulan Demak (Gambar 1) pada tanggal 30 April 2021 di 5 stasiun yang berbeda. Penentuan stasiun dilakukan dengan metode *purposive sampling* yaitu sejajar dengan arah muara sungai. Sampel air laut diambil menggunakan botol Nansen pada kedalaman 1 meter lalu dipindahkan ke botol sampel dan diberi label. Sampel sedimen diambil menggunakan *van veen grab*. Sampel yang diperoleh disimpan pada botol sampel.

Di Laboratorium Biologi Kelautan, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP, sampel air laut disaring menggunakan kertas saring selulosa 0,45 μm dengan bantuan *vacuum pump*. Sampel sedimen dioven selama 12 jam pada suhu 90°C. Sedimen yang sudah kering diambil sebanyak 250 gram dan direndam dengan larutan NaCl jenuh sebanyak 250 ml (perbandingan 1:1). Sampel diaduk hingga homogen dan didiamkan selama 24 jam, supernatannya disaring menggunakan kertas saring selulosa 0,45 μm dengan *vacuum pump* (Fallahudin *et al.*, 2019). Tidak adanya penambahan larutan pada sampel air laut dan sedimen untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kontaminasi reagen pada sampel mikroplastik (Frere *et al.*, 2017).

Partikel mikroplastik pada kertas saring dari sample sedimen dan air laut kemudian diamati jumlah, bentuk, ukuran, dan warna (Bosker *et al.*, 2018; Zhu *et al.*, 2018). menggunakan mikroskop stereo (Olympus SZ61) dengan perbesaran 40x yang dihubungkan ke laptop yang berisi *software Scope Image 9.0*. (Masura *et al.*, 2015) . Sampel mikroplastik selanjutnya diuji dengan metode spektrometer IR untuk mengidentifikasi dan membedakan sebagian besar polimer plastik, berdasarkan pada pita absorpsi infra merah yang ada dalam materi (Jung *et al.*, 2018). Data jumlah, bentuk, warna, dan ukuran partikel mikroplastik yang telah didapatkan diolah menggunakan Ms. Excel dan ditampilkan dalam bentuk grafik dan dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

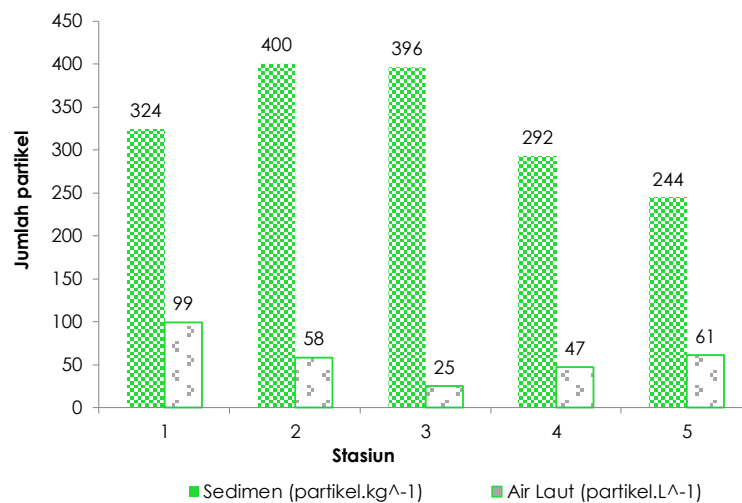
Mikroplastik merupakan hasil fragmentasi dari sampah plastik yang berasal dari daratan maupun laut di sekitar stasiun penelitian. Pada semua stasiun, mikroplastik yang berada di sedimen lebih tinggi jumlahnya dari pada di air laut (Gambar 2). Pada grafik tersebut juga nampak bahwa jumlah mikroplastik tertinggi di sedimen dan air laut berturut-turut 400 partikel.Kg⁻¹ dan 99 partikel.L⁻¹ di Stasiun 2 dan 1, yang merupakan akhir dari aliran Sungai Wulan. Sedangkan di Stasiun 3, 4, dan 5, jumlah mikroplastik menurun baik di sedimen (396, 292, 244 partikel.Kg⁻¹) maupun air laut (25, 47, 61 partikel.L⁻¹). Menurut Yulina *et al.*, (2022), konsentrasi mikroplastik di kolom air perairan Delta Wulan, Demak dipengaruhi oleh musim dan kondisi pasang surut perairan. Mikroplastik diangkut dan dipecah di bawah kekuatan gelombang menjadi fragmen kecil, memungkinkannya untuk melayang dan mengendap kembali di lepas pantai (Stasiun 1 dan 2) (Lo *et al.*, 2018). Penyebab yang lain adalah serpihan plastik mengalami kerusakan foto-oksidatif di bukit pasir (*sand dune*) yang berada di sekitar Delta Wulan, di bawah kondisi suhu dan sinar matahari yang tinggi, setelah itu plastik yang terfragmentasi diangkut ke laut. Menurut Khuyen *et al.* (2021) transport mikroplastik ke laut tersebut biasanya terjadi pada saat surut.



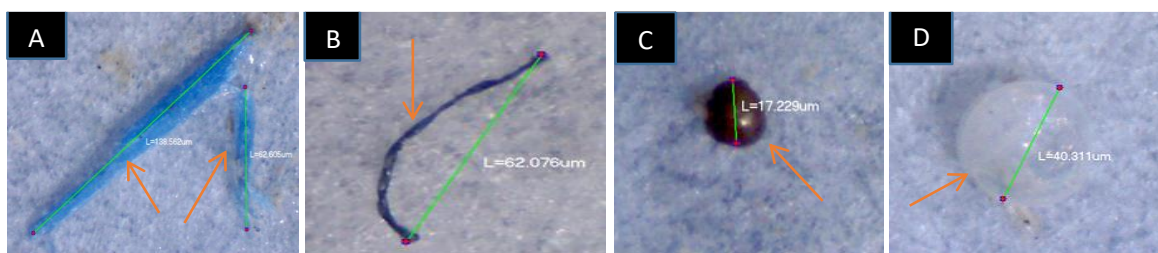
Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel air laut dan sedimen di Muara Sungai Wulan Demak (St 1, St 2, St 3, St 4, dan St 5 adalah titik lokasi sampling)

Hasil pengamatan pada sampel sedimen dan air laut di Muara sungai Wulan Demak ditemukan empat bentuk mikroplastik, yaitu fragmen, fiber, film dan pelet (Gambar 3). Mikroplastik berbentuk fragmen selalu paling banyak, baik pada sedimen maupun air laut di semua stasiun (Gambar 4). Mikroplastik berbentuk fragmen ini dapat berasal dari kantong plastik, bungkus nasi, kemasan makanan instan dan botol minuman plastik (Yoganandham *et al.*, 2018). Sedangkan mikroplastik fiber yang teridentifikasi di penelitian ini merupakan terbanyak kedua dan bentuknya sama seperti yang ditemukan Senduk *et al.* (2021), yaitu berbentuk memanjang dan memiliki ketebalan yang relatif sama. Mikroplastik jenis ini terbuat dari bahan nilon, polivinil, dan polipropilen. Nilon biasa digunakan di masyarakat sebagai bahan baku pembuatan garmen, karpet, tali dan senar pancing/jaring. Mikroplastik jenis film ditemukan dengan bentuk yang tidak beraturan, tipis seperti lembaran atau pecahan plastik. Mikroplastik jenis film berasal dari proses fragmentasi plastik kemasan maupun kantong plastik yang berwarna transparan (Wahyuningsih, 2018). Bentuk pelet ditemukan paling sedikit diduga karena sumber cemaran mikroplastik dari pelet tidak terlalu banyak. Hal ini sesuai dengan penelitian Zhao *et al.* (2018), yang mendapati mikroplastik bentuk pelet paling sedikit karena jenisnya yang merupakan mikroplastik primer yang jarang digunakan pada kegiatan rumah tangga.

Pada sampel sedimen dan air laut mikroplastik berbentuk fragmen yang paling banyak ditemukan, kemudin diikuti fiber film dan pelet (Gambar 4). Total jumlah mikroplastik berbentuk fragmen terbanyak di sedimen maupun air laut berturut turut ditemukan di Stasiun 3 (340 partikel.Kg⁻¹) dan Stasiun 1 (57 partikel.L⁻¹). Pada sample sedimen di Stasiun 3 tidak ditemukan mikroplastik berbentuk pellet, demikian juga pada sampel air laut di semua stasiun. Keberadaan mikroplastik berbentuk fragmen menunjukkan sumber polutannya berasal dari kegiatan manusia (Cordova *et al.*, 2019), karena Fragmen adalah potongan produk plastik dengan polimer plastik



Gambar 2. Jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan di sedimen dan air laut di Muara Sungai Wulan, Demak.



Gambar 3. Bentuk Partikel Mikroplastik (A: Fragmen, B: Fiber, C: Pelet, D: Film)

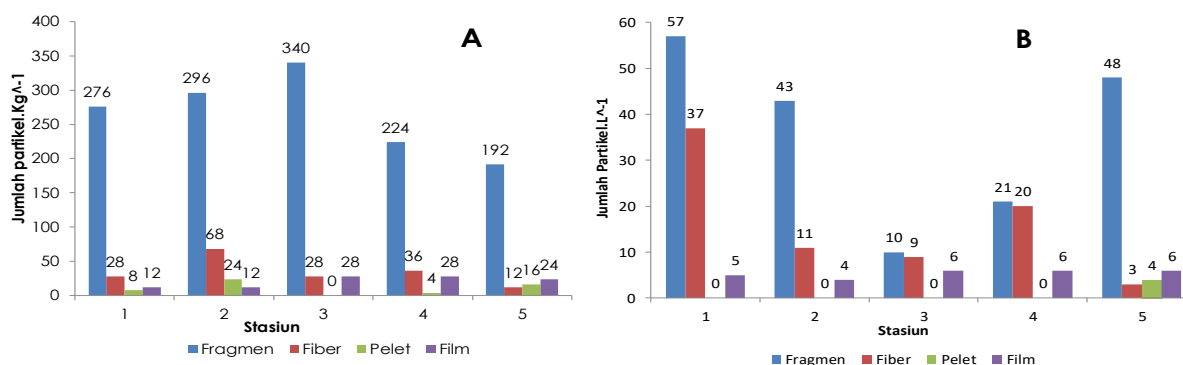
yang kuat, seperti botol minuman dan galon plastik (Tanaka dan Takada, 2016). Sedangkan fiber berasal dari fragmentasi monofilamen (serat tunggal) dari jaring ikan, tali plastik, dan kain sintesis atau serat pakaian (Zhou *et al.*, 2018). Pellet dibentuk sebagai bahan *air-blasting*, pembersih wajah dan tangan, dan lulur kosmetik (Fendall dan Sewell, 2009). Mikroplastik dengan jenis film ditemukan berkisar 0-28 partikel.Kg⁻¹ di sedimen dan 4-6 partikel.L⁻¹ di air laut. Mikroplastik berbentuk film dimungkinkan dihasilkan dari fragmentasi kantong plastik, kemasan plastik dan plastik berdensitas rendah (Cole, 2011) atau *Low Density Polyethylene* (LDPE) yang merupakan lapisan tangki kimia, plastik kemasan umum dan pipa gas dan air.

Ukuran partikel mikroplastik yang ditemukan pada sampel sedimen dan air laut sangat beragam tergantung bentuknya seperti disajikan pada Tabel 1. Mikroplastik berbentuk fiber selalu memanjang, bahkan sampai 214,53 µm di sedimen dan 259,06 µm di air laut dan hasil ini sama dengan penelitian Khuyen *et al.* (2021). Dari data di Tabel 1 tersebut nampak bahwa partikel mikroplastik yang paling kecil adalah pellet di sedimen yang berukuran 1,00 µm, sedangkan yang terbesar adalah fiber yang ditemukan di air laut, yaitu berukuran 259,06 µm. Perbedaan ukuran yang ada pada mikroplastik dipengaruhi oleh lamanya proses fragmentasi mikroplastik di perairan. Mikroplastik yang berukuran kecil menunjukkan proses fragmentasi yang cukup lama, hingga partikel plastik terpecah menjadi ukuran yang lebih kecil (Hebner dan Maurer-Jones, 2020). Banyak mikroplastik berukuran lebih kecil yang terkubur di lapisan pasir atau sedimen yang lebih dalam sebelum diangkut oleh arus laut (Jayasiri *et al.*, 2013; Yu *et al.*, 2016).

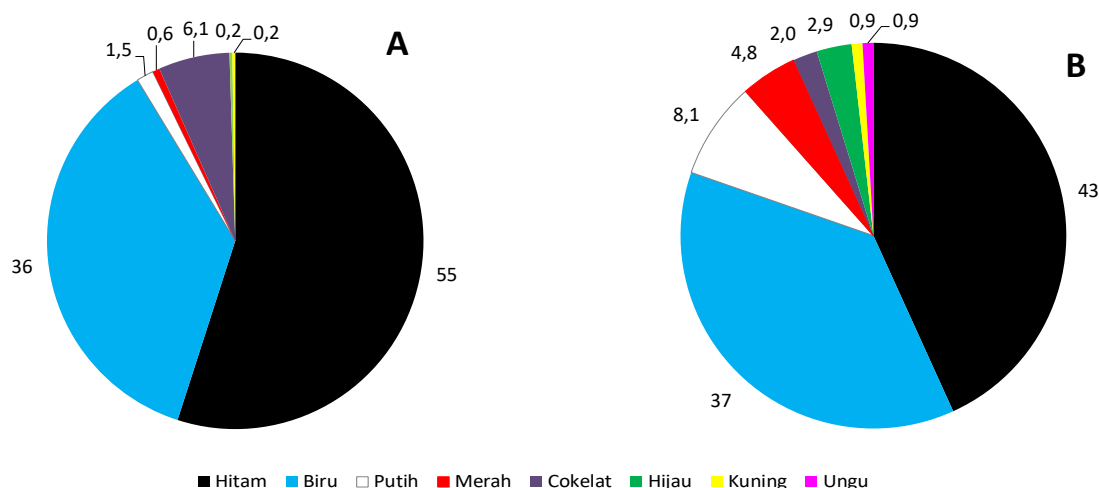
Berdasarkan warnanya, mikroplastik pada sampel air laut terdapat 8 warna, yaitu hitam, biru, putih, merah, coklat, hijau, kuning, dan ungu, sedangkan di sedimen terdapat 7 warna, yaitu hitam, biru, putih, merah, coklat, hijau, dan kuning (Gambar 5). Mikroplastik berwarna hitam dan biru paling banyak di kedua sampel, masing-masing 55 dan 35 % di sedimen dan 43 dan 37% di air laut. Sedangkan warna lain (putih, merah, coklat, hijau, kuning, ungu) berkisar 0,2-1,5% di sedimen dan 0,9-8,1% di air laut. Menurut Syakti *et al.* (2018) pengamatan warna mikroplastik akan bermanfaat untuk mengetahui sumber polutannya. Adanya warna atau transparan yang memungkinkan biota laut memakan mikroplastik ini karena mirip dengan makanannya (Santos *et al.*, 2016; Ugwu *et al.*, 2021).

Tabel 1. Bentuk, dan Ukuran Mikroplastik pada Sedimen dan Air Laut di Muara Sungai Wulan Demak

Sampel	Bentuk	Kisaran Ukuran (µm)	Sampel	Bentuk	Kisaran Ukuran (µm)
Sedimen	Fragmen	1,02-59,79	Air Laut	Fragmen	1,07-76,48
	Fiber	2,23-214,53		Fiber	2,20-259,06
	Film	2,78-52,82		Film	6,47-102,54
	Pelet	1,00-15,86		Pelet	2,12-11,05



Gambar 4. Bentuk dan jumlah mikroplastik pada sampel sedimen (A) dan air laut (B) di Muara Sungai Wulan Demak.



Gambar 5. Persentase mikroplastik di sedimen (A) dan air laut (B) di Muara Sungai Wulan berdasarkan warnanya

Bentuk dan warna mikroplastik sampai batas tertentu menunjukkan proses degradasinya (Khuyen *et al.*, 2021). Fragmentasi disebabkan oleh kekuatan mekanik, seperti abrasi pasir atau aksi gelombang, sedangkan pelapukan fotokimia terjadi ketika mikroplastik terkena panas dan sinar ultraviolet (UV). Pada daerah dengan iklim monsun tropis seperti di Demak, dan suhu rata-rata bulanan berkisar antara 25,8 hingga 29 °C (Wulandari *et al.*, 2022) akan menyebabkan suhu tinggi dan 5-9 jam sinar matahari setiap hari yang menciptakan kondisi ideal untuk fragmentasi plastik (Kuenzer dan Vo, 2013) terutama di bagian atas lapisan pasir. Paparan sinar matahari dengan intensitas tinggi dalam waktu lama membuat partikel plastik menjadi lemah, rapuh dan rentan terhadap kerusakan (Crawford and Quinn, 2016) dan menjadi mikroplastik. Selain itu, warna pada mikroplastik yang terbentuk juga akan terpengaruh. Banyak fragmen yang ditemukan tembus cahaya (transparan), yang dapat disebabkan oleh aksi perubahan warna sinar UV (Kunz *et al.*, 2016; Crawford dan Quinn, 2016) atau juga berwarna putih, biru, merah atau oranye.

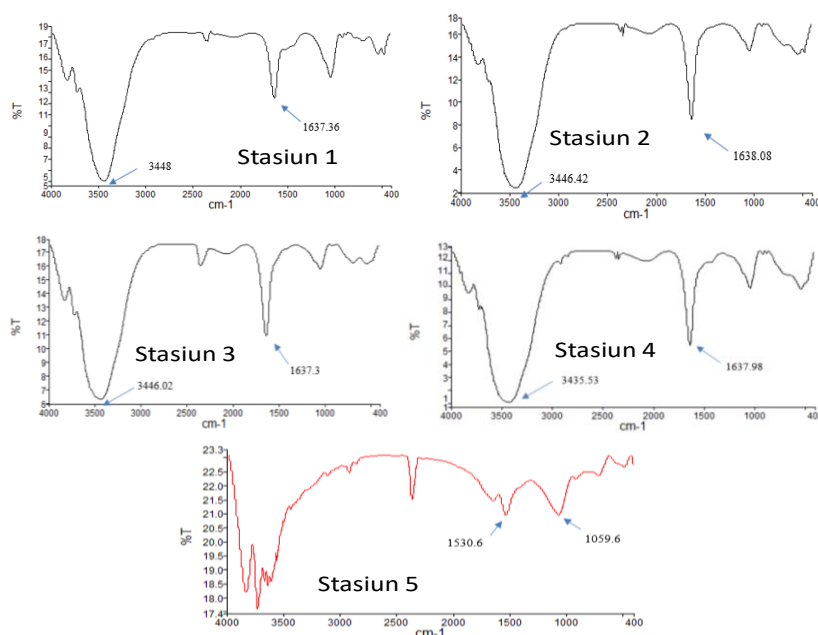
Identifikasi jenis senyawa kimia partikel mikroplastik pada sedimen dan air laut pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Uji FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectrometry*) (Laila *et al.*, 2020) yang dilihat berdasarkan standar karakteristik *Infra Red Absorption* oleh Silverstein (Jung *et al.*, 2018). Berdasarkan hasil spektrum FTIR mikroplastik yang dapat dilihat pada Tabel 2, pada sampel sedimen Stasiun 1-5 masuk ke dalam susunan senyawa N-H stretch dengan absorbansi 3448; 3446,42; 3446,02; 3435,53; dan 3446,87 cm^{-1} yang termasuk ke dalam senyawa *nylon*. Senyawa C=C stretch dengan absorbansi 1637,36; 1638,08; 1637,3; 1637,98; dan 1637,49 cm^{-1} yang termasuk ke dalam senyawa *nitrile*. Berdasarkan hasil spektrum FTIR air laut laut Stasiun 1-5 masuk ke dalam susunan senyawa C=C stretch dengan absorbansi 1643,99; 1639,38; 1532,29; 1532,55; dan 1530,6 cm^{-1} yang termasuk ke dalam senyawa *nitrile*. Senyawa C-F stretch dengan absorbansi 1035,45; 1062,31; 1068,97; 1063,89; dan 1059,6 cm^{-1} yang termasuk ke dalam senyawa PTFE (*Polytetrafluoroethylene*). Hasil spektrum FTIR mikroplastik di sedimen dan air laut laut disajikan pada Gambar 6 dan 7.

Jenis mikroplastik yang ditemukan berdasarkan spektrum FTIR ada 3 yaitu *nitrile*, *nylon*, dan PTFE (*Polytetrafluoroethylene*). Jenis *nitrile* yang ditemukan diduga berasal dari penggunaan sarung tangan dan produk berbahan resin yang dibuang di laut dan mengalami degradasi menjadi mikroplastik (Choong *et al.*, 2021) Sebelumnya, nitril telah dilaporkan umum digunakan dalam kimia, medis, farmasi, otomotif, dan aeronautika di bidang industri (Utrera-Barrios *et al.*, 2020). Jenis kedua yaitu *nylon* yang diduga berasal dari benang pancing, jaring nelayan, atau tali tambang yang digunakan nelayan. Hal ini diketahui karena pada lokasi penelitian banyak ditemukan rumpon-rumpon pemancing dan aktivitas nelayan yang cukup tinggi yang berpotensi menyumbang cemaran mikroplastik jenis *nylon*. Terakhir ada jenis PTFE (*Polytetrafluoroethylene*)

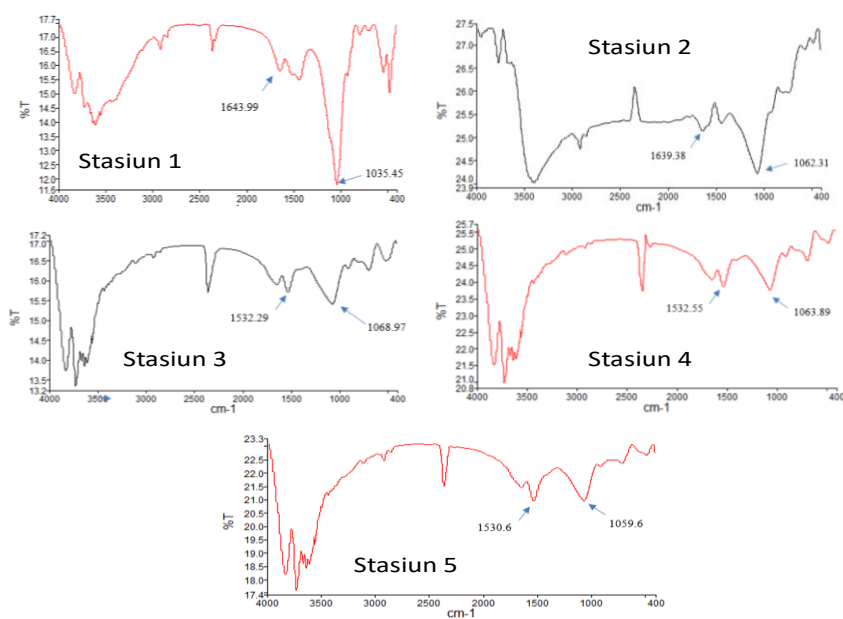
yang ditemukan pada air laut laut. Menurut Cheng *et al.* (2021) diduga berasal dari pelapis panci dan alat masak lain yang sifatnya anti lengket. Hasil ini menunjukkan kemungkinan jenis PTFE masuk ke perairan laut dari sisa pencucian alat masak.

Tabel 2. Hasil Identifikasi jenis mikroplastik dari sedimen dan air laut Muara Sungai Wulan, Demak

Sampel	Stasiun	Peak (cm ⁻¹)	Ikatan Senyawa	Pendugaan Jenis Polimer Plastik	Peak (cm ⁻¹) (Jung <i>et al.</i> , 2018)
Sedimen	1	3448	N-H Stretch	Nylon	3298
		1637,36	C=C Stretch	Nitrile	1605
	2	3446,42	N-H Stretch	Nylon	3298
		1638,08	C=C Stretch	Nitrile	1605
	3	3446,02	N-H Stretch	Nylon	3298
		1637,3	C=C Stretch	Nitrile	1605
	4	3435,53	N-H Stretch	Nylon	3298
		1637,98	C=C Stretch	Nitrile	1605
	5	3446,87	N-H Stretch	Nylon	3298
		1637,49	C=C Stretch	Nitrile	1605
Air Laut	1	1643,99	C=C Stretch	Nitrile	1605
		1035,45	C-F Stretch	PTFE	1147
	2	1639,38	C=C Stretch	Nitrile	1605
		1062,31	C-F Stretch	PTFE	1147
	3	1532,29	C=C Stretch	Nitrile	1605
		1068,97	C-F Stretch	PTFE	1147
	4	1532,55	C=C Stretch	Nitrile	1605
		1063,89	C-F Stretch	PTFE	1147
	5	1530,6	C=C Stretch	Nitrile	1605
		1059,6	C-F Stretch	PTFE	1147



Gambar 5. Spektrum FTIR Mikroplastik Sedimen dari Stasiun 1, 2, 3, 4 dan 5 di Muara Sungai Wulan, Demak



Gambar 4. Spektrum FTIR Mikroplastik pada Air laut dari Stasiun 1, 2, 3, 4 dan 5 di Muara Sungai Wulan, Demak

KESIMPULAN

Determinasi mikroplastik di sedimen dan air laut di Muara Sungai Wulan memperlihatkan gambaran umum tentang polusi plastik di wilayah ini. Kelimpahan tertinggi pada sedimen Stasiun 2 (400 partikel.Kg-1) dan air laut Stasiun 1 (99 partikel.L⁻¹) yang merupakan akhir dari aliran sungai Wulan. Keragaman karakteristik mikroplastik yang berupa fragment, fibel, pellet dan film; Warna hitam, biru, coklat, putih, merah, hijau, kuning dan ungu; rentang ukuran antara 1,00-259,06 μm , dengan jenis plastik *nitrile*, *nylon* dan PTFE (*Polytetrafluoroethylene*) mengungkapkan sumber polusi antropogenik di daerah penelitian yang tidak hanya disebabkan oleh aktivitas manusia di darat tetapi juga dari pergerakan air di lingkungan laut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan-UNDIP, karena penelitian ini didanai oleh Kegiatan Hibah Penelitian FPIK UNDIP kepada Penulis Kedua (Penulis korespondensi) dan Tim, sesuai Surat Penugasan Pelaksanaan Kegiatan No. 73/UN7.5.10.2/PP/2021 yang bersumber dari Dana Selain APBN Universitas Diponegoro.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, B., Galib, M., & Setiawan, F. (2020). Preliminary Investigation on the Type and Distribution of Microplastics in the West Coast of Karimun Besar Island. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 430(1), p.012011. doi: 10.1088/1755-1315/430/1/012011
- Andrady A.L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1596–1605.
- Atmojo, H., Wicaksana, H., Rizal, A. C., Nugroho, H., & Ralanarko, D. (2015). 3D Modelling of Longshore Bar Deposit in Modern Fluvial Dominated Delta, Case Study Wulan Delta, Demak, Central Java Province. *Research Report : Diponegoro University, Semarang*. 56 pages.
- Bosker, T., Guaita, L., & Behrens, P. (2018). Microplastic pollution on Caribbean beaches in the Lesser Antilles. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 442–447. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.05.060.
- Cheng, Y-L., Zhang, R., Tisinger, L., Cali, S., Yu, Z., Yun, H., & Li, A. (2021). Characterization of Microplastics in Sediment Using Stereomicroscopy and Laser Direct Infrared (LDIR) Spectroscopy. *Gondwana Research*, 108, 22-30. doi: 10.1016/j.gr.2021.10.002.

- Choong, W.S., Hadibarata, T., Yuniarto, A., Tang, K.H.D., Abdullah, F., Syafrudin, M., & Al-Mohaimed, A. M. (2021). Characterization of microplastics in the water and sediment of Baram River Estuary, Borneo Island. *Marine Pollution Bulletin*, 172, p.112880. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.112880.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. & Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62: 2588–2597
- Cordova, M.R. & Hernawan, UE. (2018). Microplastics in Sumba waters, East Nusa Tenggara. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 162(1), p.012023. doi: 10.1088/1755-1315/162/1/012023
- Cordova, M.R. & Wahyudi, A.J. (2016). Microplastic in the deep-sea sediment of southwestern Sumatran waters. *Marine Research in Indonesia*, 41(1): 27–35. doi: 10.14203/mri.v41i1.99
- Cordova, M.R., Purwiyanto, A.I.S., & Suteja, Y. (2019). Abundance and characteristics of microplastics in the northern coastal waters of Surabaya, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 183-188.
- Crawford, B.C., & Quinn, B. (2016). *Microplastic Pollutants*. (1st ed.) Elsevier Limited. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.11.005
- Falahudin, D., Cordova, M. R., Sun, X., Yogaswara, D., Wulandari, I., Hindarti, D., & Arifin, Z. (2020). The First Occurrence, Spatial Distribution and Characteristics of Microplastic Particles in Sediments from Banten Bay, Indonesia, *Science of the Total Environment*, 705, p. 135304. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135304.
- Fendall, L.S., & Sewell, M.A., (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1225–1228 doi: 10.1016/j.marpolbul.2009.04.025.
- Frère, L., Paul-Pont, I., Rinnert, E., Petton, S., Jaffré, J., Bihannic, I., Soudant, P., Lambert, C., & Huvet, A. (2017). Influence of Environmental And Anthropogenic Factors on The Composition, Concentration and Spatial Distribution Of Microplastics: A case study of the Bay of Brest (Brittany, France). *Environmental Pollution*, 225, 211–222. doi: 10.1016/j.envpol.2017.03.023
- Gesamp. (2015). Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: Global Assesment. International Maritime Organization London. 96 pp
- Hanif, K.H., Suprijanto, J., & Pratikto, I. (2021). Identifikasi Mikroplastik di Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, 10(1), 1-6. doi: 10.14710/jmr.v9i2.26832.
- Harris, P.T. (2020). The Fate of Microplastic in Marine Sedimentary Environments: A review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 158, p.111398. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111398.
- Hebner, T.S., & Maurer-Jones, M.A. (2020). Characterizing Microplastic Size and Morphology of Photodegraded Polymers Placed in Simulated Moving Water Conditions. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 22(2), 398-407. doi:10.1039/c9em00475k.
- Horton, A., & Dixon, S. (2017). *Microplastics: An Introduction to Environmental Transport Processes*. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 5(2), e1268. doi: 10.1002/wat2.1268.
- Jayasiri, H.B., Purushothaman, C.S., & Vennila, A. (2013). Quantitative analysis of plastic debris on recreational beaches in Mumbai, India. *Marine Pollution Bulletin*, 77(1-2), 107-112. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.10.024.
- Jung, M.R., Horgen, F.D., Orski, S.V., Rodriguez, V., Beers, K.L., Balazs, G.H., Jones, T.T., Work, T.M., Brignac, K.C., Royer, S-J., Hyrenbach, K.D., Jensen, B.A., & Lynch, J.M. (2018). Validation of ATR FT-IR to Identify of Plastic Marine Debris, Including Those Ingested by Marine Organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 704-716.
- Kapo, F.A., Toruan, L.N.L. & Paulus, C.A. (2020). Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik pada Kolom Permukaan Air laut di Perairan laut Teluk Kupang. *Jurnal Bahari Papadah*, 1(1), 10-21.
- Khuyen, V.T.K., Le, D.V.L, Fischer, A.R., & Dornack, C. (2021). Comparison of Microplastic Pollution in Beach Sediment and Seawater at UNESCO Can Gio Mangrove Biosphere Reserve. *Global Challenges*, 5(11), p.2100044. doi: 10.1002/gch2.202100044
- Kuenzer, C., & Vo, T.Q. 2013. Assessing the Ecosystem Services Value of Can Gio Mangrove Biosphere Reserve: Combining Earth-Observation- and Household-Survey-based Analyses. *Applied Geography*, 45, 167-184. doi: 10.1016/j.apgeog.2013.08.012

- Kunz, A., Walther, B.A., Löwemark, L., & Lee, Y. (2016). Distribution and quantity of microplastic on sandy beaches along the northern coast of Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 111(1-2), 126-135. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.07.022.
- Laila, Q.N., Purnomo, P.W., & Jati, O.E. (2020). Kelimpahan mikroplastik pada sedimen di Desa Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4(1), 28-35. doi: 10.14710/pasir laut.2020.30524
- Laksono, O.B., Suprijanto, J. & Ridlo, A. (2021). Kandungan Mikroplastik pada Sedimen di Perairan lautn Bandengan Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, 10(2), 158-164, doi: 10.14710/jmr.v10i2.29032.
- Lo, H., Xu, X., Wong, C., Cheung, S. (2018). Comparisons of microplastic pollution between mudflats and sandy beaches in Hong Kong. *Environmental Pollution*, 236, 208-217. doi: 10.1016/j.envpol.2018.01.031.
- Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Arthur, C. (2015). Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for Quantifying Synthetic Particles in Waters and Sediments. ed C. Herring. NOAA. Technical Memorandum.
- Muchlissin, S.I., Widyananto, P.A., Sabdono, A., & Radjasa, O.K. (2021). Kelimpahan Mikroplastik Pada Sedimen Ekosistem Terumbu di Taman Nasional Laut Karimunjawa. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(1), 1-6. doi : 10.14710/jkt.v24i1.9865
- Obbard, R.W., Sadri, S., Qi Wong, Y., Khitun, A.A., Baker, I., & Thompson, R.C. (2014). Global warming releases micro plastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future*, 2, 315–320
- Prihatin, M., Suprpto, D. & Rudiyaniti, S. (2016). Hubungan Nitrat dan Fosfat dengan Klorofil-A di Muara Sungai Wulan Kabupaten Demak. *Diponegoro Journal of Maquares Management Of Aquatic Resources*, 5(2), 27-34.
- Ridlo, A., Ario, R., Ayyub, A.M.A., Supriyantini, E., & Sedjati, S. (2020). Mikroplastik pada Kedalaman Sedimen yang Berbeda di Pantai Ayah Kebumen Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(3): 325-332. doi: 10.14710/jkt.v23i3.7424
- Santos, R.G., Andrades, R., Fardim, L.M., & Martins, A.S., (2016). Marine debris ingestion and Thayer's law - the importance of plastic color. *Environmental Pollution*, 214, 585–588. doi: 10.1016/j.envpol.2016.04.024.
- Sayogo, B.H., Patria, M.P., & Takarina, N.D. (2020). The density of microplastic in se cucumber (*Holothuria* sp.) and sedimen at Tidung Besar and Bira besar Island, Jakarta. *IOP Conference Series: Journals of Physics*, 1524(1), p.012064. doi : 10.1088/1742-6596/1524/1/012064.
- Senduk, J.L., Suprijanto, J., & Ridlo, A. (2021). Mikroplastik pada Ikan Kembung (*Rastrelliger* sp.) dan Ikan Selar (*Selaroides eptolepis*) di TPI Tambak Lorok Semarang dan TPI Tawang Rowosari Kendal. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3): 251-258. doi: 10.14710/buloma.v10i3.37930
- Septian, F., Purba, N., Agung, M., Yuliadi, L., Akuan, L., & Mulyani, P. (2018). Sebaran Spasial Mikroplastik di Sedimen Pantai Pangandaran, Jawa Barat. *Jurnal Geomaritim Indonesia*, 1(1): 1-8.
- Setala, O., Fleming-Lehtinen, V., & Lehtiniemi, M. (2014). Ingestion and transfer of micro plastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, 185, 77-83
- Song, Y.K., Hong S.H, Jang M, Han G.M, Jung S.W, & Shim W.J. 2017. Combined Effects of UV Exposure Duration and Mechanical Abrasion on Microplastic Fragmentation By Polymer Type. *Environment of Science Technology*, 51, 4368–4376.
- Suteja, Y., Atmadipoera, A.S., Riani, E., Nurjaya, I.W., Nugroho, D., & Cordova, M.R. (2021). Spatial and temporal distribution of microplastic in surface water of tropical estuary: Case study in Bena Bay, Bali, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 163(1), p.111979. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.111979
- Syakti, A.G., Hidayati, N.V., Yales Veva Jaya, Y.V. Siregar, S.H., Yude, R., Suhendy, Asia, L., Wong-Wah-Chung, P., & Doumenq, P. (2018). Simultaneous grading of microplastic size sampling in the Small Islands of Bintan water, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 137, 593–600
- Tanaka, K., & Takada, H., (2016). Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. *Scientific Reports*, 6, p.34351. doi: 10.1038/srep34351.

- Uddin, S., Fowler, S. W., Uddin, M. F., Behbehani, M., & Najji, A. (2021). A Review Of Microplastic Distribution In Sediment Profiles. *Marine Pollution Bulletin*, 163, 111973. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.11.
- Ugwu, K., Herrera, A., & Gomez, M. (2021). Microplastics in marine biota: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 169, 112540. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.112540
- Utrera-Barrios, S., Araujo-Morera, J., Reyes, L.P.d.L., Manzanares, R.V., Verdejo, R., Manchado, M.A.L., & Santana, M.H. (2020). An Effective and Sustainable Approach for Achieving Self-Healing in Nitrile Rubber. *European Polymer Journal*, 139, p.110032. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2020.110032
- Wahyudin, G.D., & Afriansyah, A. (2020). Penanggulangan Pencemaran Sampah Plastik di Laut Berdasarkan Hukum Internasional. *Jurnal IUS Kajian Hukum dan Keadilan*, 8(3), 532-550.
- Wahyuningsih, H.B. (2018). The Relation of Sediment Texture to Macro and Microplastic Abundance in Intertidal Zone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 122, 1-5.
- Wulandari, S.Y., Radjasa, O.K., Yulianto, B., & Munandar, B., (2022). Pengaruh Musim dan Pasang Surut Terhadap Konsentrasi Mikroplastik di Perairan Delta Sungai Wulan, Kabupaten Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2), 215-220. doi: 10.14710/buloma.v11i2.46329
- Wulandari, S.Y., Radjasa, O.K., Yulianto, B., Ismanto, A., Muslim, Marwoto, J., Siagian, H., & Maisyarah, S. (2021). Microplastics model distribution in Semarang Waters. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 25(1), 109-120.
- Yoganandham, S., Ravindranathl, R., Davvuru, J., Shaji, A., Valappil, F., Sathyamoorthy, G., & Renuka, R. (2018). Microplastics Distribution and Characterization as vector toxicity in marine environment as contaminant: A short review. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 22(11), 89-95.
- Yu, X., Peng, J., Wang, J. Wang, K., & Bao, S. (2016). Occurrence of microplastics in the beach sand of the Chinese inner sea: the Bohai Sea. *Environmental Pollution*, 214, 722-730. doi: 10.1016/j.envpol.2016.04.080.
- Zhao, S., Zhu, L., Gao, L., & Li, D. (2018). Limitations For Microplastic Quantification In The Ocean And Recommendations For Improvement And Standardization. *Edited by E.Y. Zeng. Microplastic contamination in aquatic environments: An emerging matter of environmental urgency. Elsevier*. p.27-49.
- Zheng, Y., Li, J., Cao, W., Liu, X., Jiang, F., Ding, J., & Sun, C. (2019). Distribution characteristics of microplastics in the seawater and sediment: A case study in Jiaozhou Bay, China. *Science of The Total Environment*. 674, 27-35. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.008.
- Zhou, Q., Zhang, H., Fu, C., Zhou, Y., Dai, Z., Li, Y., Tu, C., & Luo, Y., (2018). The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea. *Geoderma*, 322, 201–208. doi: 10.1016/j.geoderma.2018.02.015.
- Zhu, L., Bai, H., Chen, B., Sun, X., Qu, K., & Xia, B. (2018). Microplastic pollution in North Yellow Sea, China: observations on occurrence, distribution and identification. *Science of the Total Environment*, 636, 20–29. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.182.