

Editor: Hairil Akbar

MIKROPLASTIK DI LINGKUNGAN

Sarinah Basri K
Badrun Ahmad
Nur Rismawati
Ririn Pakaya
Susilowati

I Made Bulda Mahayana
Surahma Asti Mulasari
Dimas Akmarul Putera
I Wayan Sudiadnyana
Nur Ayini S. Lalu
Alvendo Wahyu Aranski
Ratna Dwi Puji Astuti



BUNGA RAMPAI

MIKROPLASTIK DI LINGKUNGAN

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

MIKROPLASTIK DI LINGKUNGAN

Sarinah Basri K
Badrun Ahmad
Nur Rismawati
Ririn Pakaya
Susilowati
I Made Bulda Mahayana
Surahma Asti Mulasari
Dimas Akmarul Putera
I Wayan Sudiadnyana
Nur Ayini S. Lalu
Alvendo Wahyu Aranski
Ratna Dwi Puji Astuti

Penerbit



CV. MEDIA SAINS INDONESIA
Melong Asih Regency B40 - Cijerah
Kota Bandung - Jawa Barat
www.medsan.co.id

Anggota IKAPI
No. 370/JBA/2020

MIKROPLASTIK DI LINGKUNGAN

Sarinah Basri K | Badrun Ahmad
Nur Rismawati | Ririn Pakaya
Susilowati | I Made Bulda Mahayana
Surahma Asti Mulasari
Dimas Akmarul Putera
I Wayan Sudiadnyana
Nur Ayini S. Lalu
Alvendo Wahyu Aranski
Ratna Dwi Puji Astuti

Editor:
Hairil Akbar

Tata Letak:
Enjellia Putri Zega

Desain Cover:
Manda Aprikasari

Ukuran:
A5 Unesco: 15,5 x 23 cm

Halaman:
vi, 261

ISBN:
978-623-195-906-5

Terbit Pada:
April 2024

Hak Cipta 2024 @ Media Sains Indonesia dan Penulis

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit atau Penulis.

PENERBIT MEDIA SAINS INDONESIA

(CV. MEDIA SAINS INDONESIA)
Melong Asih Regency B40 - Cijerah
Kota Bandung - Jawa Barat
www.medsan.co.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga buku kolaborasi dalam bentuk buku dapat dipublikasikan dan dapat sampai di hadapan pembaca. Buku ini disusun oleh sejumlah dosen dan praktisi sesuai dengan kepakarannya masing-masing. Buku ini diharapkan dapat hadir dan memberi kontribusi positif dalam ilmu pengetahuan khususnya terkait dengan “Mikroplastik di Lingkungan”, buku ini memberikan nuansa berbeda yang saling menyempurnakan dari setiap pembahasannya, bukan hanya dari segi konsep yang tertuang dengan detail, melainkan contoh yang sesuai dan mudah dipahami terkait Mikroplastik di Lingkungan.

Sistematika buku ini dengan judul “Mikroplastik di Lingkungan”, mengacu pada konsep dan pembahasan hal yang terkait. Buku ini terdiri atas 12 bab yang dijelaskan secara rinci dalam pembahasan antara lain mengenai Sifat Dasar Mikroplastik; Sumber dan Generasi Mikroplastik; Transportasi dan Penyebaran Mikroplastik; Dampak Lingkungan dan Kesehatan; Metode Deteksi dan Analisis Mikroplastik; Kebijakan dan Regulasi Mikroplastik; Alternatif dan Strategi Pengurangan; Dampak Sosial dan Ekonomi; Pendidikan dan Kesadaran Publik; Tantangan dalam Penanganan Mikroplastik; Inovasi dan Kolaborasi; Visi Misi Masa Depan dan Aksi Lanjutan Pencemaran Mikroplastik.

Buku ini memberikan nuansa yang berbeda dengan buku lainnya, karena membahas berbagai Mikroplastik di Lingkungan sesuai dengan update keilmuan. Akhirnya kami mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah mendukung dalam proses penyusunan dan penerbitan buku ini, secara khusus kepada Penerbit Media Sains Indonesia sebagai inisiator buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Bandung, 2024

Editor

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
1 SIFAT DASAR MIKROPLASTIK	1
Pengantar	1
Situasi Pencemaran Mikroplastik.....	3
Definisi dan Klasifikasi Mikroplastik	7
Ukuran Mikroplastik.....	12
Distribusi Mikroplastik	14
2 SUMBER DAN GENERASI MIKROPLASTIK	27
Pendahuluan	27
Mikroplastik Primer	29
Mikroplastik Sekunder.....	30
Sumber Mikroplastik	31
Sumber Mikroplastik dari Daratan	32
Sumber Mikroplastik dari Laut	33
Jenis Mikroplastik dan Generasinya	34
Polietilen.....	34
Polystyrene	35
Polypropylene.....	35
Poliuretane	36
Polyvinil Chloride (PVC).....	36
Polietilen Tereftalat	37
3 TRANSPORTASI DAN PENYEBARAN MIKROPLASTIK.....	43
Transportasi Mikroplastik.....	43

	Transportasi Mikroplastik di Perairan	44
	Transportasi Mikroplastik di Tanah atau Sedimen	48
	Penyebaran Mikroplastik	50
	Mikroplastik di Udara atau Atmosfer	52
	Mikroplastik di Perairan.....	53
	Mikroplastik di daratan	57
4	DAMPAK LINGKUNGAN DAN KESEHATAN	67
	Pendahuluan	67
	Sumber dan Distribusi Mikroplastik	68
	Dampak Mikroplastik terhadap Lingkungan dan Kesehatan	75
	Tantangan dan Kendala dalam Mengatasi Mikroplastik.....	77
	Upaya Mitigasi dan Perlindungan	80
	Kesimpulan.....	83
5	METODE DETEKSI DAN ANALISIS MIKROPLASTIK.....	89
	Pendahuluan	89
	Metode Deteksi Mikroplastik dan Analisis Mikroplastik	91
	Physical characterization	95
	<i>Chemical Characterization</i>	99
	Quantitative analysis	106
	Kesimpulan.....	106
6	KEBIJAKAN DAN REGULASI MIKROPLASTIK....	113
	Kebijakan.....	113
	Pengertian Kebijakan	114

	Regulasi.....	114
	Pengertian Regulasi	116
	Pengertian Mikroplastik	116
	Kebijakan dan Regulasi Pengurangan Kantong Plastik.....	117
	Perubahan Paradigma Pengelolaan Sampah	122
	Pemerintah Perlu Membuat Regulasi Mikroplastik	123
	Rekomendasi WHO	126
7	ALTERNATIF DAN STRATEGI PENGURANGAN MIKROPLASTIK	131
	Strategi Pengurangan Timbulan Sampah Plastik Berbasis Pemberdayaan Masyarakat	131
	Alternatif Teknis Pengurangan Mikroplastik	135
8	DAMPAK SOSIAL DAN EKONOMI	155
	Pendahuluan	155
	Mikroplastik.....	156
	Jalur Mikroplastik Ke Laut	159
	Dampak Sosial dan Ekonomi.....	161
	Strategi Menurunkan Mikroplastik	165
9	PENDIDIKAN DAN KESADARAN PUBLIK	173
	Mikroplastik dan Bahayanya	173
	Edukasi Berkelanjutan	176
	Keterlibatan dan Penyadaran Masyarakat.....	181
10	TANTANGAN DALAM PENANGANAN MIKROPLASTIK.....	193
	Pengertian Mikroplastik	193
	Sumber Sumber Mikroplastik	193

	Dampak Mikroplastik	194
	Peran Mikroplastik dalam Krisis Plastik Global..	199
	Pentingnya Memahami dan Menangani Masalah Mikroplastik Secara Efektif.....	200
	Identifikasi Sumber Utama Mikroplastik: Pencemaran Udara, Air, dan Tanah	201
	Proses Degradasi Plastik menjadi Mikroplastik	203
	Distribusi Mikroplastik di Lingkungan Laut, Darat, dan Udara	205
	Tantangan Teknis dalam Deteksi dan Pemantauan Mikroplastik	206
	Metode Deteksi Mikroplastik: Mikroskopi, Spektroskopi, dan Teknik Analisis Kimia	208
	Tantangan dalam Mengidentifikasi dan Membedakan Mikroplastik dari Bahan Alami.....	210
	Strategi Penanganan Mikroplastik	212
11	INOVASI DAN KOLABORASI	219
	Inovasi Mikroplastik di Lingkungan	219
	Kolaborasi.....	223
12	VISI MASA DEPAN DAN AKSI LANJUTAN PENCEMARAN MIKROPLASTIK	239
	Pendahuluan	239
	Proses Adsorpsi dan Desorpsi Bahan Polutan Berbahaya Pada Mikroplastik	243
	Implikasi Interaksi Antara Bahan Kimia Toksik dan Mikroplastik	245
	Tantangan dan Aksi Lanjutan dari Pencemaran Mikroplastik	248
	Kesimpulan.....	253

SIFAT DASAR MIKROPLASTIK

Sarinah Basri K., SKM., M.Kes
Universitas Negeri Gorontalo

Pengantar

Mikroplastik, sebagai fenomena yang tak terhindarkan dari limbah plastik, memunculkan tantangan serius bagi lingkungan dan kehidupan di Bumi. Untuk memahami dampak yang ditimbulkan oleh mikroplastik, sangat penting untuk menjelajahi sifat dasar partikel-partikel ini. Bab ini akan menyelidiki karakteristik intrinsik mikroplastik, menggali ukuran, distribusi dan situasi pencemaran mikroplastik saat ini.

Ukuran mikroplastik menjadi salah satu sifat dasarnya yang paling mencolok. Mikroplastik, dengan ukuran kurang dari 5 milimeter, seringkali sulit terlihat dengan mata manusia. Partikel-partikel ini dapat bervariasi mulai dari beberapa nanometer hingga beberapa milimeter (Horton, Walton, Spurgeon, Lahive, & Svendsen, 2017). Karena jumlah mikroplastik kecil, mereka bisa mudah terbawa arus udara dan air. Oleh karena itu, mikroplastik dapat ditemukan di mana saja (di sungai, danau, udara yang kita hirup, lautan dalam dan bahkan dalam tubuh manusia) (Albazoni, Al-haidarey, & Nasir, 2024).

Sumber mikroplastik melibatkan berbagai aspek dalam siklus hidup plastik. Salah satu sumber utama adalah hasil degradasi plastik yang lebih besar, seperti botol dan kantong plastik. Sumber lainnya termasuk produk

konsumen yang mengandung mikroplastik, seperti scrub wajah, sabun cuci, dan pewarna (Geyer, Jambeck, & Law, 2017). Pemahaman mendalam tentang sumber-sumber ini menjadi landasan penting untuk mengembangkan strategi pengelolaan mikroplastik. Plastik konvensional dapat mengalami degradasi dalam waktu lama dan mikroplastik cenderung bertahan lebih lama dalam lingkungan. Saat ini, penelitian eksperimental menunjukkan bahwa plastik konvensional, bahkan plastik biodegradable, dapat mempertahankan fungsinya di lingkungan tanah dan laut selama lebih dari tiga tahun, dan juga dapat bertahan di lingkungan dengan oksigen rendah dan cahaya selama berabad-abad (Shi et al., 2024).

Horton et al., (2017) mencatat bahwa sifat inerta mikroplastik membuatnya sulit terurai, menciptakan tantangan khusus dalam mengelola dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh partikel-partikel ini. Kemampuan mikroplastik untuk menyerap zat berbahaya menjadi aspek penting yang memperumit dampaknya. Partikel-partikel ini dapat menjadi vektor untuk zat kimia beracun dan polutan di lingkungan air (Koelmans, Besseling, & Shim, 2015). Penelitian ini menunjukkan bahwa mikroplastik tidak hanya menjadi sumber polusi fisik, tetapi juga potensial menyebarkan risiko kesehatan melalui penyebaran zat berbahaya.

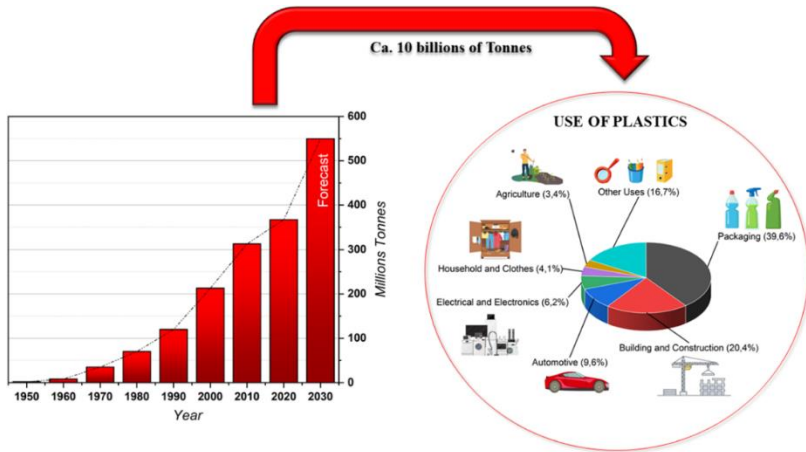
Penyebaran mikroplastik melalui ekosistem global menunjukkan sifatnya yang dapat menyebar luas. Dengan kemampuan berpindah melalui angin, air, dan aktivitas manusia, mikroplastik dapat menyebar di seluruh dunia (A. L. Lusher, Welden, Sobral, & Cole, 2017). Hal ini menciptakan tantangan tambahan dalam mengendalikan dan mengurangi dampak mikroplastik secara efektif. Seiring dengan sifat penyerapan zat berbahaya, mikroplastik juga dapat bertindak sebagai

"pompa" zat beracun. Saat mikroplastik terpapar di lingkungan, ia dapat menyerap kontaminan dari air dan menjadi konsentrasi bergerak yang dapat diakumulasi dalam organisme yang mengonsumsinya (Koelmans, Besseling, & Foekema, 2014). Ini memberikan perspektif yang lebih luas tentang dampak mikroplastik dalam rantai makanan. Manusia berpotensi terpapar mikroplastik tidak hanya melalui makanan dan minuman, tetapi juga dari udara serta kontak kulit karena mikroplastik terdapat dalam produk perawatan pribadi (sabun lulur, pasta gigi, dan pencuci muka) dan kosmetik (K, Daud, Astuti, & Basri, 2021).

Dalam bab ini, kami akan menjelajahi sifat-sifat dasar mikroplastik yang menciptakan kompleksitas dan dampak dalam lingkungan. Dengan melibatkan temuan-temuan dari berbagai sumber penelitian, kita dapat memperoleh wawasan mendalam tentang sifat intrinsik mikroplastik dan menemukan cara-cara untuk mengatasi tantangan yang dihadapi oleh partikel-partikel ini.

Situasi Pencemaran Mikroplastik

Berkembangnya polimer karbon, yang biasa disebut plastik, merupakan ciri khas zaman antroposen. Lebih dari 50 tahun memasuki era geologi baru, plastik sudah ada di mana-mana dan dapat ditemukan di ekosistem apa pun (Chen, Bloem, & Zhuang, 2020). Sejak tahun 1950-an, terjadi pertumbuhan eksponensial dalam produksi plastik global. Saat ini, mayoritas jenis plastik yang diproduksi adalah *low-density polyetilen* (LDPE), *high-density polyetilen* (HDPE), *polipropilen* (PP), *polistiren* (PS), *polyetilen tereftalat* (PET) dan *polivinil klorida* (PVC). Jika digabungkan, plastik-plastik ini menyumbang sekitar 90% dari produksi plastik dunia (Curren, Kuwahara, Yoshida, & Leong, 2021).



Gambar 1.1 Produksi tahunan plastik di seluruh dunia dari tahun 1950 hingga 2020 (dalam juta metrik ton) dan penggunaannya

Sejak revolusi industri ke-3 pada tahun 1950, lebih dari 10 miliar ton plastik telah diproduksi dengan laju produksi tahunan meningkat secara eksponensial. Lebih spesifiknya, produksi plastik meningkat secara besar-besaran dari 2 juta ton pada tahun 1950 menjadi 367 juta ton pada tahun 2020 (turun sekitar 0,3 persen dibandingkan tahun 2019 karena dampak COVID-19 terhadap sektor ini). Selanjutnya diperkirakan produksi akan semakin meningkat hingga sekitar 600 juta ton pada tahun 2025 (Gambar 1.1) (Tursi et al., 2022).

Secara keseluruhan, Asia memproduksi hampir setengah dari bahan plastik dunia pada tahun 2014. Bahan plastik ini digunakan dalam berbagai pasar, termasuk kemasan, bangunan dan konstruksi, otomotif, listrik dan elektronik, pertanian, konsumen, dan peralatan rumah tangga, dll. Jenis polimer yang paling banyak digunakan adalah polipropilena (PP), polietilena (PE), dan polivinil klorida (PVC), yang masing-masing menyumbang 19,2%, 29,3%, dan 10,3% dari permintaan plastik di Eropa (Wagner & Lambert, 2018).

Akibat pandemi COVID-19, terjadi peningkatan penggunaan plastik sekali pakai yang mengkhawatirkan di seluruh Asia Tenggara. Karena periode lockdown, Malaysia, Thailand, dan Singapura mencatat lonjakan penggunaan plastik seperti kemasan plastik sekali pakai, tas, dan wadah. Dampak lainnya termasuk meningkatnya kebutuhan peralatan medis berbahan plastik akibat pandemi ini. Di Malaysia, terjadi tumpahan sampah dan peningkatan sampah plastik rumah tangga. Kasus serupa juga terjadi di Singapura, Thailand, Myanmar, Filipina, dan Vietnam (Ng et al., 2023). COVID-19 selain memicu lonjakan penggunaan plastik sekali pakai juga memicu lonjakan penggunaan peralatan pelindung diri yang tidak dapat didaur ulang dapat menyumbat saluran pembuangan limbah, dan berakhir di laut dan samudera melalui banjir dan kanal di permukaan. Menurut WHO, hampir 89 juta masker prosedur diperlukan setiap bulan untuk mencegah COVID-19, sehingga meningkatkan produksi masker wajah global yang terbuat dari bahan polimer ke tingkat yang belum pernah terjadi sebelumnya (Prabhu, Pan, & Krishnan, 2022).

Terdapat 20 negara teratas yang diurutkan berdasarkan massa limbah plastik yang tidak terkelola, semuanya adalah negara berkembang kecuali Amerika Serikat yang memiliki tingkat pembuangan tertinggi tetapi persentase limbah plastik yang tidak terkelola terendah. Dua belas negara Asia masuk dalam daftar tersebut, dengan Tiongkok, Indonesia, dan Filipina menempati tiga teratas. Persentase limbah plastik yang tidak terkelola di antara negara-negara Asia ini bervariasi dari 1,0 hingga 27,7%. Akibatnya, pelepasan lingkungan limbah plastik lebih mungkin terjadi di negara-negara Asia ini (Wagner & Lambert, 2018).

Asia Tenggara merupakan wilayah yang kaya dan memiliki keanekaragaman hayati, dengan hampir 150.000 km garis pantai dan lebih dari 25.000 pulau termasuk sekitar 34% terumbu karang dunia dan 25%–33% hutan bakau global, yang memiliki keanekaragaman spesies laut tropis Negara-negara dengan kepadatan penduduk lebih tinggi di sepanjang garis pantai menunjukkan potensi pencemaran laut yang lebih tinggi dengan plastik. Mengingat banyak negara, termasuk Indonesia, Filipina, dan Vietnam, yang memiliki populasi pesisir yang besar, kemungkinan besar hal ini akan meningkatkan kemungkinan terjadinya pencemaran laut dengan plastik. Negara-negara Asia Tenggara ini menghasilkan lebih dari 1,5 juta metrik ton plastik yang salah dikelola setiap tahunnya. Malaysia, Thailand, Vietnam, Filipina, dan Indonesia semuanya berada di peringkat 10 besar negara dengan jumlah kesalahan pengelolaan plastik tertinggi, sedangkan Indonesia dan Filipina masing-masing berada di peringkat kedua dan ketiga (Ng et al., 2023). Indonesia adalah negara dengan polusi plastik terbesar kedua di dunia; Dengan hampir 17.508 pulau dan 54.716 km garis pantai, polusi plastik telah menjadi sumber permasalahan lingkungan utama bagi ekosistem laut dan pesisir Indonesia. Hampir 1,29 juta ton plastik memasuki lautan Indonesia setiap tahunnya, kepadatan penduduk yang tinggi di wilayah pesisir dan pengelolaan sampah yang tidak memadai mungkin berkontribusi terhadap tingginya tingkat polusi ini. Di alam, sampah plastik terdegradasi dan terfragmentasi menjadi partikel mikro dan nano yang lebih kecil dengan ukuran kurang dari 5 mm. Karena ukurannya yang kecil, mikroplastik dapat dengan mudah tersebar dan menjadi polutan yang ditularkan melalui air, tanah, dan udara. Dari lingkungan domestik dan industri, mikroplastik dapat masuk ke ekosistem perairan dan darat melalui pembuangan yang tidak

tuntas di instalasi pengolahan air limbah dan akumulasinya dalam lumpur limbah (Luqman et al., 2021).

Garis pantai yang luas dan berpenduduk padat ini mungkin berkontribusi terhadap besarnya jumlah sampah plastik yang masuk ke wilayah laut di Asia Tenggara. Meskipun demikian, banyak negara lain di Asia yang memiliki jumlah penduduk pesisir yang banyak namun tidak mempunyai permasalahan serupa dengan negara-negara tersebut di atas. Negara-negara ini memiliki sistem pengelolaan sampah plastik yang kuat dan mapan meskipun letaknya dekat dengan laut (Ng et al., 2023).

Definisi dan Klasifikasi Mikroplastik

Secara umum plastik yang terbuat dari polimer organik sintetik sebagian besar dibagi menjadi dua jenis seperti termoplastik dan resin termoset. Termoplastik mempunyai sifat reversibel yaitu dapat meleleh jika dipanaskan dan mengeras jika didinginkan. Dengan demikian mudah untuk dibentuk kembali menjadi material baru dengan pemanasan ulang dan pendinginan. Bahan-bahan tersebut termasuk polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinil-klorida (PVC), polietilen tereftalat (PET), polistiren (PS), polistiren yang diperluas (EPS), akrilonitril butadiena stirena (ABS), stirena akrilonitril (SAN), poliamida (PA), polikarbonat (PC), poli metil metakrilat (PMMA), elastomer termoplastik (TPE) dll. Di sisi lain, termoset memiliki sifat ireversibel yang tidak dapat dicairkan kembali atau dibentuk kembali dengan pemanasan karena perubahan kimia ketika dipanaskan pada awalnya. Contoh termoset antara lain poliuretan (PUR), poliester tak jenuh, resin epoksi, silikon, fenol-formaldehida (PF), resin akrilik, dan lain-lain (Uwamungu et al., 2022). Plastik lebih disukai dan

lebih banyak diproduksi karena sifatnya yang lembam, tahan lama, ringan, dan tahan korosi. Sifat-sifat ini menyebabkan penggunaan plastik secara ekstensif dengan aplikasi yang tidak ada habisnya (Loganathan & Kizhakedathil, 2023).

Stabil secara biologis dan kimia hanya kekuatan fisik yang memecahnya menjadi partikel yang lebih kecil dan partikel terkecilnya disebut “mikroplastik” (Chen et al., 2020) Mikroplastik adalah partikel plastik dengan ukuran kurang dari 5 milimeter, telah menjadi ancaman serius bagi ekosistem dan kesehatan manusia. Geyer et al. (2017) memberikan definisi yang mencakup segala bentuk partikel kecil ini, yang dapat berasal dari mikroplastik primer yang sengaja dibuat atau mikroplastik sekunder dari hasil degradasi plastik yang lebih besar misalnya disebutkan Kibria (2022) adalah kantong plastik, botol, dan ban mobil. Beragam bentuk mikroplastik, seperti serat, fragmen, butiran, atau bola, menimbulkan kompleksitas dalam pemahaman dan penanganannya (Gewert et al., 2017). Ukurannya yang kecil memungkinkan mikroplastik tersebar di ekosistem air dan daratan, menciptakan tantangan serius dalam upaya mengatasi polusi plastik (Horton et al., 2017).

Mikroplastik di lingkungan laut umumnya ditemukan dalam bentuk pelet, fragmen, atau serat dan terdiri dari berbagai polimer (Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson, & Thiel, 2012), beberapa di antaranya lebih padat dari air laut dan diharapkan tenggelam ke dasar laut. Ini termasuk poliamida, poliester, polimer vinyl klorida (PVC), dan akrilik, antara lain. Yang lain lebih ringan dari air laut dan sering ditemukan mengapung di permukaan, termasuk polietilena, polipropilena, dan polistirena. Produk plastik terdiri dari monomer yang digabungkan untuk membentuk struktur polimer dan bahan tambahan kimia. Selama produksi, plastik diproses dengan penambahan bahan tambahan untuk memberikan sifat-sifat khusus (Lithner, 2011).

Dalam tanah, beberapa jenis mikroplastik dapat melepaskan bahan kimia, seperti bahan tambahan dan stabilizer ke dalam tanah, yang dapat memengaruhi ketersediaan nutrisi dan pH tanah. Selain itu, Mikroplastik dapat menyerap logam berat dan polutan lainnya, yang dapat lebih lanjut merusak kualitas tanah. Bahan kimia dan polutan ini dapat menumpuk di tanah dan berpotensi merusak tanaman, organisme tanah, dan organisme lainnya yang bergantung pada tanah yang sehat. Mikroplastik, sebagai kontaminan persisten yang muncul, memiliki kemampuan untuk secara progresif mengubah sifat kimia tanah sambil memberikan pengaruh luas pada biota tanah. Kesuburan, hasil tanaman, dan keanekaragaman hayati tanah pertanian memiliki korelasi langsung dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) yang diharapkan tercapai pada tahun 2030 (Chukwuemeka, Li, Mo, & Jean, 2024).

Mikroplastik, sebagai bentuk polusi global yang terus meningkat, memiliki potensi untuk melepaskan bahan kimia berbahaya ke udara, menciptakan risiko tambahan bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Penelitian oleh Dris et al. (2017) menunjukkan bahwa mikroplastik dapat bertindak sebagai vektor untuk bahan kimia adsorben, seperti polutan organik persisten (POP) dan senyawa organik terlarut (SOT). Partikel mikroplastik, terutama yang mengalami degradasi fisik, dapat melepaskan zat kimia yang terkandung di dalamnya ke udara. Situasi ini menciptakan risiko ekstra terutama di lingkungan yang terpapar mikroplastik secara signifikan. Pelepasan bahan kimia dari mikroplastik ke udara dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, paparan sinar ultraviolet (UV), dan kelembaban. Penelitian oleh Koelmans et al. (2019) menyoroti bahwa kondisi lingkungan ini dapat mempercepat proses pelepasan, mengubah mikroplastik menjadi sumber potensial emisi bahan kimia ke atmosfer. Situasi ini

menunjukkan adanya faktor-faktor dinamis yang memengaruhi tingkat dan jenis bahan kimia yang dilepaskan.

Komposisi bahan plastik dalam mikroplastik, termasuk jenis plastik seperti polietilena (PE), polipropilena (PP), dan polivinil klorida (PVC), dapat memengaruhi karakteristik fisik dan kimianya (Gewert, Plassmann, & Macleod, 2015). Ini memberikan gambaran lebih lengkap tentang potensi dampaknya pada ekosistem. Mikroplastik juga memiliki kemampuan untuk menyerap zat kimia berbahaya dari lingkungan sekitarnya. Penelitian oleh Ziajahromi et al. (2017) menunjukkan bahwa mikroplastik dapat menjadi vektor bagi polutan, membawa zat kimia beracun ke dalam rantai makanan dan meracuni organisme yang memakannya.

Persistensi mikroplastik dalam lingkungan menjadi perhatian utama. Horton et al., (2017) menekankan bahwa partikel mikroplastik dapat menetap di berbagai habitat air dan tanah untuk jangka waktu yang lama, membentuk risiko akumulasi yang dapat merusak ekosistem. Persebaran mikroplastik melibatkan transportasi melalui aliran air dan udara. Penelitian oleh Lebreton et al. (2017) menemukan bahwa partikel mikroplastik dapat mencapai samudra melalui sistem aliran air, menunjukkan dimensi global dari tantangan penanganan polusi plastik.

Mikroplastik memiliki keberagaman sifat selain fisik dan kimia, mikroplastik juga memiliki sifat biologi. Sifat fisik, kimia, dan biologi mikroplastik saling terkait dan menciptakan dampak lingkungan yang kompleks. Mikroplastik dapat memasuki rantai makanan, mengakibatkan penumpukan senyawa berbahaya, dan merugikan organisme di berbagai trofik level. Keberadaannya di berbagai media lingkungan, termasuk air, tanah, dan udara, menambah kompleksitas tantangan pengelolaannya.

Mikroplastik di perairan menjadi perhatian utama karena interaksi yang kompleks dengan organisme hidup di lingkungan akuatik. Penelitian oleh Lönnstedt et al. (2016) menunjukkan bahwa mikroplastik dapat mempengaruhi perilaku dan fungsi organisme laut. Efek ini memiliki dampak jangka panjang pada struktur dan fungsi ekosistem perairan. Penelitian oleh Wright & Kelly (2017) menunjukkan bahwa mikroplastik dapat menjadi vektor untuk penyerapan bahan kimia berbahaya oleh organisme laut. Hal ini dapat mempengaruhi fungsi organisme, seperti reproduksi dan pertumbuhan, dan berdampak pada ekosistem laut secara keseluruhan. Sifat biologi mikroplastik juga tercermin dalam efek toksiknya pada organisme air tawar. Penelitian oleh Free et al. (2014) (Free et al., 2014) menunjukkan bahwa mikroplastik dapat menyebabkan perubahan dalam tingkat trofik dan komunitas biota air tawar. Dampak ini dapat merugikan keragaman hayati dan mengancam stabilitas ekosistem air tawar.

Di lingkungan tanah, sifat biologi mikroplastik melibatkan interaksi dengan mikroorganisme tanah. Penelitian oleh De Souza Machado et al. (2018) menunjukkan bahwa mikroplastik dapat mempengaruhi aktivitas mikroba tanah dan ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Hal ini memiliki implikasi pada produktivitas tanah dan ekosistem daratan.

Pengetahuan mendalam tentang definisi dan klasifikasi mikroplastik menjadi dasar penting untuk merancang strategi mitigasi dan pengelolaan yang efektif. Dengan mengakui kompleksitas dan potensi dampak mikroplastik, kita dapat lebih baik menjaga keberlanjutan ekosistem dan kesehatan manusia.

Ukuran Mikroplastik

Ukuran mikroplastik menjadi aspek kritis yang membentuk karakteristik dasarnya. Umumnya, batasan ukuran mikroplastik ditentukan secara operasional melalui metode pengambilan sampel dan analisis. Mikroplastik mencakup berbagai ukuran, yang biasanya berukuran panjang 1 μm hingga 5 mm (Zhang et al., 2020). Sebagai partikel kecil dengan dimensi kurang dari 5 milimeter, mikroplastik dapat mencakup rentang ukuran yang sangat bervariasi, mulai dari beberapa nanometer hingga beberapa milimeter. Hal ini menciptakan tantangan unik dalam mendeteksi dan mengukur mikroplastik, terutama karena sebagian besar partikel ini terlalu kecil untuk terlihat dengan mata manusia. Tingkat kecilnya ukuran mikroplastik memungkinkan mereka tersebar secara luas di lingkungan. Sifat inovatif partikel ini yang dapat meresap ke dalam tanah, air, dan udara, menciptakan potensi dampak yang luas dalam berbagai ekosistem. Ukuran mikroplastik yang kecil ini menjadi salah satu faktor utama dalam kemampuannya untuk menciptakan ancaman yang meluas di seluruh planet (Horton et al., 2017).

Berdasarkan distribusi ukuran mikroplastik, partikel-partikel ini dapat dibagi menjadi kategori yang lebih spesifik. Misalnya, mikroplastik dapat diklasifikasikan menjadi mikroplastik primer, yang dibuat dalam ukuran kecil, dan mikroplastik sekunder, yang terbentuk dari degradasi plastik yang lebih besar (Gewert et al., 2015). Pemahaman mendalam tentang distribusi ini menjadi kunci dalam merinci asal-usul dan jalur penyebaran mikroplastik.

Ukuran mikroplastik yang sangat kecil juga menimbulkan risiko serius dalam hal paparan lingkungan dan kesehatan manusia. Partikel-partikel

berukuran nanometer dapat menciptakan rintangan tambahan dalam upaya penghapusan, dan sekaligus dapat lebih mudah dimasukkan ke dalam organisme hidup (Gigault et al., 2018). Oleh karena itu, ukuran mikroplastik menjadi parameter penting dalam mengevaluasi dampaknya pada ekosistem dan manusia.

Meskipun ukuran mikroplastik umumnya kecil, ada variasi yang signifikan dalam distribusi ukuran. Horton et al., (2017) mencatat bahwa sumber mikroplastik tertentu dapat menghasilkan partikel dengan ukuran yang cenderung lebih besar daripada partikel lainnya. Perbedaan ini dapat memengaruhi sejauh mana mikroplastik dapat berinteraksi dengan organisme hidup dan memasuki berbagai lingkungan.

Dalam memahami ukuran mikroplastik, perhatian khusus harus diberikan pada partikel ultra-kecil yang disebut nanoplastik. Nanoplastik memiliki ukuran di bawah 100 nanometer, dan penelitian telah menunjukkan bahwa partikel ini dapat memiliki sifat dan dampak yang unik (Hartmann et al., 2019). Nanoplastik memunculkan pertanyaan serius tentang bagaimana dampaknya dapat berbeda dari mikroplastik pada skala yang lebih besar.

Dalam eksplorasi sifat dasar mikroplastik, pemahaman mendalam tentang ukurannya menjadi dasar kritis untuk mengatasi dampaknya. Dengan merinci variasi ukuran, distribusi, dan potensi risiko, kita dapat mengembangkan strategi yang lebih efektif dalam mengelola dan mengurangi kehadiran mikroplastik dalam lingkungan.

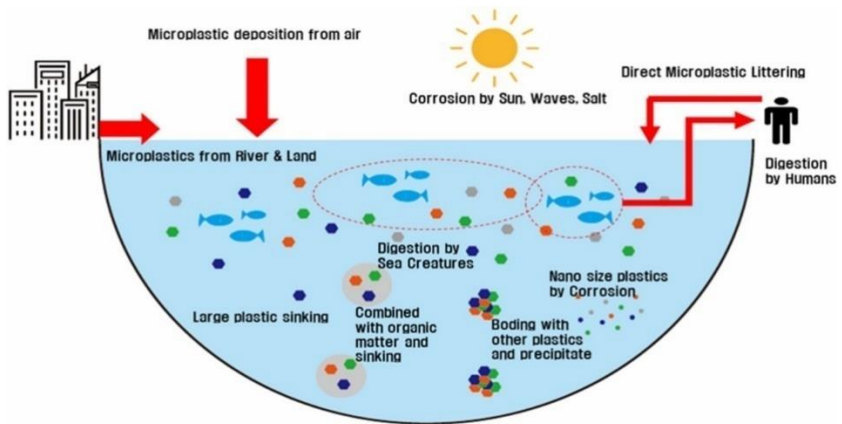
Distribusi Mikroplastik

Distribusi mikroplastik di lingkungan mencakup perjalanan melalui berbagai media, termasuk air, udara, dan tanah, membentuk jejak polusi global yang kompleks. Pemahaman mendalam tentang bagaimana mikroplastik tersebar di berbagai ekosistem menjadi penting untuk merancang strategi mitigasi yang efektif.

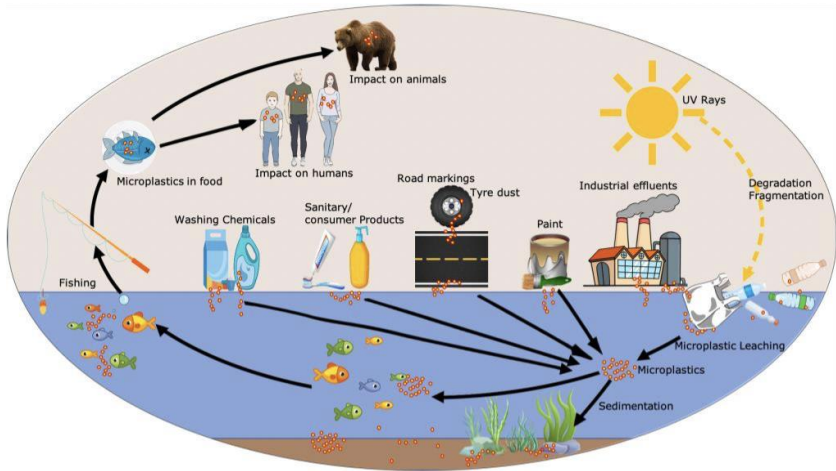
Mikroplastik ini tersebar di berbagai matriks lingkungan dalam sistem air tawar, termasuk air permukaan, kolom air, sedimen, dan organisme akuatik (Xu, Chan, Johnson, He, & Stanton, 2022). Salah satu sumber distribusi utama mikroplastik adalah air sungai. Penelitian oleh Lebreton et al. (2017) menunjukkan bahwa sungai berkontribusi besar terhadap pengiriman mikroplastik ke lautan. Proses aliran air membawa partikel-partikel ini dari berbagai wilayah ke pesisir, menciptakan tantangan pengelolaan yang melibatkan skala yang sangat luas.

Lingkungan laut, khususnya zona pesisir, menjadi tempat signifikan lainnya untuk distribusi mikroplastik (Lebreton et al., 2017). Distribusi ini mempengaruhi berbagai bentuk kehidupan laut dan ekosistem pesisir. Polusi mikroplastik bervariasi menurut lokasi geografis. Kelimpahan dan distribusi mikroplastik terutama ditentukan oleh lingkungan dan faktor antropogenik. Namun, faktor lingkungan mungkin memainkan peran yang lebih besar dalam distribusi mikroplastik dibandingkan faktor antropogenik. Faktor lingkungan meliputi arus gelombang, pasang surut, arah angin dan hidrodinamika yang menentukan distribusi mikroplastik. Konsentrasi mikroplastik akan tinggi jika faktor lingkungan ini lebih kuat. Sedangkan faktor antropogenik adalah aktivitas manusia yang menyebabkan penumpukan sampah plastik di lingkungan (Shahul Hamid et al., 2018). Gambar 1.2

menunjukkan jalur kontaminasi dan distribusi mikroplastik di laut. Mikroplastik di lautan, melalui sungai, daratan, dan udara, pertama kali diserap oleh hewan dan tumbuhan laut. Manusia mencerna berbagai organisme laut (misalnya ikan, garam, kerang, rumput laut, dan lain-lain) yang mengandung mikroplastik (Park & Park, 2021).

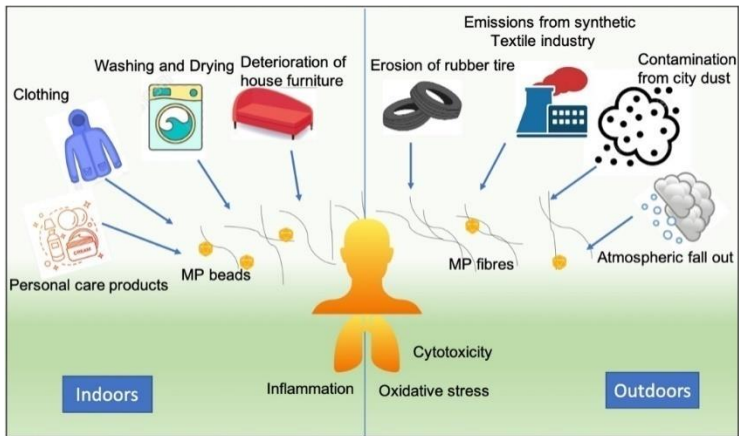


Gambar 1.2 Jalur Distribusi Pencemaran Mikroplastik di Laut Pembentukan, pengangkutan, dan konsumsi mikroplastik di lingkungan yang berdampak pada keseluruhan ekosistem. Berbagai proses yang menjadi bagian dari kehidupan kita sehari-hari berkontribusi terhadap kehadiran mikroplastik akibat membuang sampah sembarangan dan sistem pembuangan yang salah. Mikroplastik ini dapat berasimilasi di dalam berbagai bentuk makanan di berbagai tingkat rantai makanan dan dikonsumsi oleh hewan atau manusia. Mikroplastik dapat disebabkan oleh berbagai bentuk fragmentasi plastik, yang mungkin berasal dari degradasi sampah plastik, limbah industri, bak cat, marka jalan, debu ban, dan juga dari sabun cuci muka dan pasta gigi yang ditunjukkan pada gambar 1.3 (Ghosh et al., 2023).



Gambar 1.3 Sumber Mikroplastik di Ekosistem Air

Selain air, distribusi mikroplastik juga terjadi di lingkungan udara. Partikel mikroplastik dapat terangkut oleh angin dari berbagai sumber, termasuk aktivitas manusia seperti transportasi udara dan proses alami seperti abrasi dari permukaan plastik yang ada (Bergmann et al., 2019), proses ini menyebabkan distribusi mikroplastik yang luas di atmosfer. Mikroplastik di udara dibebaskan dari keausan bahan pakaian, melalui pencucian dan pengeringan, erosi ban karet sintetis, kerusakan furnitur rumah, emisi dari industri tekstil sintetis, emisi dari vinil klorida dan industri polivinil klorida (PVC), dan kontaminasi dari debu kota (Gambar 1.4). Selain itu, sejumlah besar plastik dibakar di tempat pembuangan sampah terbuka setiap hari, yang mengakibatkan penguapan berbagai senyawa berbahaya yang pasti akan berintegrasi ke dalam aerosol di atmosfer (Habibi, Uddin, Fowler, & Behbehani, 2022).

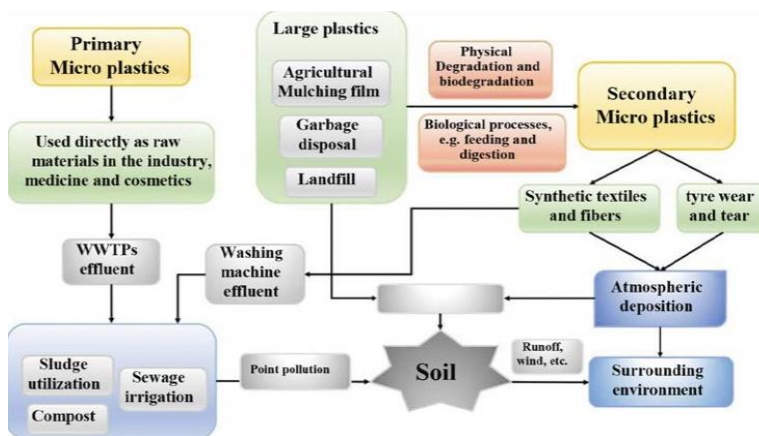


Gambar 1.4 Sumber Mikroplastik di Atmosfer

Di lingkungan daratan, distribusi mikroplastik juga dapat ditemukan di berbagai tempat, termasuk tanah, udara, dan bahkan dalam kehidupan sehari-hari. Fragmentasi dari produk plastik yang lebih besar dan penggunaan produk-produk yang mengandung mikroplastik dapat menyebabkan distribusi partikel-partikel plastik ke berbagai sudut lingkungan daratan (Ziajahromi et al., 2017). Mikroplastik dapat berasal dari berbagai sumber, mudah diangkut dan diubah oleh lingkungan tanah, sehingga berdampak pada ekosistem tanah seperti ditunjukkan pada Gambar 1.5. Kegiatan produksi pertanian (penggunaan film pertanian, dan penambahan bahan organik pupuk), kegiatan produksi industri, konstruksi perkotaan, kehidupan sehari-hari, penurunan permukaan tanah di atmosfer, keausan ban mobil, dan sebagainya merupakan sumber mikroplastik di dalam tanah (Yu et al., 2022). Mikroplastik di tanah atau sedimen disimpan melalui air dan angin dari berbagai sumber termasuk lumpur limbah, lindi TPA dan debu atmosfer (Koutnik et al., 2021).

Mikroplastik bertanggung jawab atas banyak perubahan karakteristik fisikokimia tanah, termasuk porositas, aktivitas enzimatis, aktivitas mikroba, pertumbuhan

tanaman, dan hasil. Karena sifatnya yang ada di mana-mana, luas permukaan spesifik yang tinggi dan hidrofobisitas yang kuat, mikroplastik berperan penting dalam pengangkutan bahan kimia beracun seperti bahan pembuat plastik, hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH), antibiotik, dan unsur berpotensi beracun (PTE). Mikroplastik dapat terbawa jauh ke dalam tanah dan dapat mencemari air bawah tanah (Sajjad et al., 2022).



Gambar 1.5 Sumber dan Distribusi Mikroplastik di Ekosistem Tanah

Meskipun distribusi mikroplastik melibatkan perjalanan melalui berbagai media, perairan tetap menjadi fokus utama. Penelitian oleh Lusher et al. (2014) menemukan bahwa laut dalam juga menjadi tempat distribusi mikroplastik yang signifikan, dengan partikel-partikel yang terdampar di dasar laut. Distribusi ini menunjukkan bahwa mikroplastik dapat memiliki dampak di seluruh kolom air.

Pentingnya pemahaman distribusi mikroplastik ini dalam lingkungan adalah kunci untuk merancang kebijakan dan tindakan mitigasi yang efektif. Dengan melibatkan pengamatan lintas sektor dan kerjasama global, kita dapat mengurangi dampak mikroplastik pada ekosistem dan manusia.

Daftar Pustaka

- Albazoni, H. J., Al-haidarey, M. J. S., & Nasir, A. S. (2024). A Review of Microplastic Pollution : Harmful Effect on Environment and Animals , Remediation Strategies. 25(2), 140–157.
- Bergmann, M., Mützel, S., Primpke, S., Tekman, M. B., Trachsel, J., & Gerdt, G. (2019). White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Science Advances*, 5(8), 1–11. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157>
- Chen, X., Bloem, E., & Zhuang, J. (2020). Silent alienation of soils through microplastics in the anthropocene Organic xenobiotics in agriculture View project. (January). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/338554921>
- Chukwuemeka, S., Li, G., Mo, Y., & Jean, K. (2024). Green Analytical Chemistry Impacts of microplastics and urbanization on soil health : An urgent concern for sustainable development. *Green Analytical Chemistry*, 8(November 2023), 100095. <https://doi.org/10.1016/j.greeac.2024.100095>
- Curren, E., Kuwahara, V. S., Yoshida, T., & Leong, S. C. Y. (2021). Marine microplastics in the ASEAN region: A review of the current state of knowledge. *Environmental Pollution*, 288(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117776>
- de Souza Machado, A. A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., & Rillig, M. C. (2018). Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global Change Biology*, 24(4), 1405–1416. <https://doi.org/10.1111/gcb.14020>
- Dris, R., Gasperi, J., Mirande, C., Mandin, C., Guerrouache, M., Langlois, V., & Tassin, B. (2017). A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. *Environmental*

- Pollution, 221, 453–458.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.013>
- Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williamson, N. J., & Boldgiv, B. (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85(1), 156–163.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.001>
- Gewert, B., Plassmann, M. M., & Macleod, M. (2015). Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. *Environmental Sciences: Processes and Impacts*, 17(9), 1513–1521.
<https://doi.org/10.1039/c5em00207a>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). “Production , use , and fate of all plastics ever made” CA 93106; Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara, Santa Barbara, USA. *Science Advances*, 3(July), 25–29.
- Ghosh, S., Sinha, J. K., Ghosh, S., Vashisth, K., Han, S., & Bhaskar, R. (2023). Microplastics as an Emerging Threat to the Global Environment and Human Health. *Sustainability (Switzerland)*, 15(14).
<https://doi.org/10.3390/su151410821>
- Gigault, J., Halle, A. ter, Baudrimont, M., Pascal, P. Y., Gauffre, F., Phi, T. L., ... Reynaud, S. (2018). Current opinion: What is a nanoplastic? *Environmental Pollution*, 235, 1030–1034.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.024>
- Habibi, N., Uddin, S., Fowler, S. W., & Behbehani, M. (2022). Microplastics in the atmosphere: a review. *Journal of Environmental Exposure Assessment*.
<https://doi.org/10.20517/jeea.2021.07>
- Hartmann, N. B., Hüffer, T., Thompson, R. C., Hassellöv, M., Verschoor, A., Daugaard, A. E., ... Wagner, M. (2019). Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris. *Environmental Science*

- and Technology, 53(3), 1039–1047.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05297>
- 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 and Technology*, 46(6), 3060–3075.
<https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment*, 586, 127–141.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>
- K, S. B., Daud, A., Astuti, R. P. D., & Basri, K. (2021). Detection of Exposure to Microplastics in Humans : A Systematic Review. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 9, 275–280.
- Kibria, G. (2022). Global Review and Analysis of the Presence of Microplastics in Fish. *Asian Fisheries Science*, 35(3), 191–256.
<https://doi.org/10.33997/j.afs.2022.35.3.003>
- Koelmans, A. A., Besseling, E., & Foekema, E. M. (2014). Leaching of plastic additives to marine organisms. *Environmental Pollution*, 187, 49–54.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.12.013>
- Koelmans, A. A., Besseling, E., & Shim, W. J. (2015). Nanoplastics in the Aquatic Environment. *Critical Review. In Marine Anthropogenic Litter (Vol. 187, pp. 325–340)*. <https://doi.org/10.1039/c6ay02415g>
- Koelmans, A. A., Mohamed Nor, N. H., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S. M., & De France, J. (2019). Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Research*, 155, 410–422.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054>

- Koutnik, V. S., Leonard, J., Alkidim, S., DePrima, F. J., Ravi, S., Hoek, E. M. V., & Mohanty, S. K. (2021). Distribution of microplastics in soil and freshwater environments: Global analysis and framework for transport modeling. *Environmental Pollution*, 274, 116552.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116552>
- 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, 1–10.
<https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Lithner, D. (2011). Environmental and health hazards of chemicals in plastic polymers and products. In Department of Plant and Environmental Sciences. Retrieved from <https://www.econologie.com/fichiers/partager2/1306197604nGZivg.pdf>
- Loganathan, Y., & Kizhakedathil, M. P. J. (2023). A Review on Microplastics - An Indelible Ubiquitous Pollutant. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 13(2), 1–18.
<https://doi.org/10.33263/BRIAC132.126>
- Lönnstedt, O. M., & Eklöv, P. (2016). Environmentally relevant concentrations of microplastic particles influence larval fish ecology.pdf. *Science*, 352(6290), 1213–1216.
- Luqman, A., Nugrahapraja, H., Wahyuono, R. A., Islami, I., Haekal, M. H., Fardiansyah, Y., ... Wibowo, A. T. (2021). Microplastic contamination in human stools, foods, and drinking water associated with Indonesian coastal population. *Environments - MDPI*, 8(12), 1–9.
<https://doi.org/10.3390/environments8120138>
- Lusher, A. L., Welden, N. A., Sobral, P., & Cole, M. (2017). Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Analytical Methods*, 9(9), 1346–1360.
<https://doi.org/10.1039/c6ay02415g>

- Lusher, Amy L., Burke, A., O'Connor, I., & Officer, R. (2014). Microplastic pollution in the Northeast Atlantic Ocean: Validated and opportunistic sampling. *Marine Pollution Bulletin*, 88(1–2), 325–333.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.08.023>
- Ng, C. H., Mistoh, M. A., Teo, S. H., Galassi, A., Ibrahim, A., Sipaut, C. S., ... Janaun, J. (2023). Plastic waste and microplastic issues in Southeast Asia. *Frontiers in Environmental Science*, 11(April), 1–15.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1142071>
- Park, H., & Park, B. S. (2021). Review of microplastic distribution, toxicity, analysis methods, and removal technologies. *Water (Switzerland)*, 13(19).
<https://doi.org/10.3390/w13192736>
- Prabhu, P. P., Pan, K., & Krishnan, J. N. (2022). Microplastics: Global occurrence, impact, characteristics and sorting. *Frontiers in Marine Science*, 9(September), 1–21.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2022.893641>
- Sajjad, M., Huang, Q., Khan, S., Khan, M. A., Liu, Y., Wang, J., ... Guo, G. (2022). Microplastics in the soil environment: A critical review. *Environmental Technology and Innovation*, 27(January), 102408.
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102408>
- Shahul Hamid, F., Bhatti, M. S., Anuar, N., Anuar, N., Mohan, P., & Periathamby, A. (2018). Worldwide distribution and abundance of microplastic: How dire is the situation? *Waste Management and Research*, 36(10), 873–897.
<https://doi.org/10.1177/0734242x18785730>
- Shi, W., Wu, N., Zhang, Z., Liu, Y., Chen, J., & Li, J. (2024). A global review on the abundance and threats of microplastics in soils to terrestrial ecosystem and human health. *Science of The Total Environment*, 912(December), 169469.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169469>

- Tursi, A., Baratta, M., Easton, T., Chatzisyneon, E., Chidichimo, F., De Biase, M., & De Filpo, G. (2022). Microplastics in aquatic systems, a comprehensive review: origination, accumulation, impact, and removal technologies. *RSC Advances*, 12(44), 28318–28340. <https://doi.org/10.1039/d2ra04713f>
- Uwamungu, J. Y., Wang, Y., Shi, G., Pan, S., Wang, Z., Wang, L., & Yang, S. (2022). Microplastic contamination in soil agro-ecosystems: A review. *Environmental Advances*, 9(4), 300–308. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100273>
- Wagner, M., & Lambert, S. (2018). Freshwater Microplastics - The Handbook of Environmental Chemistry 58. 302. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5>
- Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environmental Science and Technology*, 51(12), 6634–6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>
- Xu, Y., Chan, F. K. S., Johnson, M. F., He, J., & Stanton, T. (2022). A review of microplastic pollution characteristics in global urban freshwater catchments. *Assessing the Effects of Emerging Plastics on the Environment and Public Health*, (July), 28–48. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-9723-1.ch002>
- Yu, J., Adingo, S., Liu, X., Li, X., Sun, J., & Zhang, X. (2022). Micro plastics in soil ecosystem – A review of sources, fate, and ecological impact. *Plant, Soil and Environment*, 68(1), 1–17. <https://doi.org/10.17221/242/2021-PSE>
- Zhang, Y., Kang, S., Allen, S., Allen, D., Gao, T., & Sillanpää, M. (2020). Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives. *Earth-Science Reviews*, 203(February), 103118. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103118>
- Ziajahromi, S., Neale, P. A., Rintoul, L., & Leusch, F. D. L. (2017). Wastewater treatment plants as a pathway

for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. *Water Research*, 112, 93–99.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.042>

Profil Penulis



Sarinah Basri K., SKM., M.Kes

Lahir di Ujung Pandang 22 Desember 1987. Anak Ke 2 (dua) dari 5 (lima) bersaudara, anak pasangan Dr. Basri K., M.Si dan Nurmia Abdullah. Memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat pada Jurusan Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Kerja (KLKK), Universitas Nusa Cendana (UNDANA) tahun 2011 dan gelar Master Kesehatan Masyarakat pada Jurusan Kesehatan Lingkungan, Universitas Hasanudin Makassar pada tahun 2014. Saat ini penulis sedang menempuh studi S3 pada Program Studi Doktor Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin. Dari tahun 2015 penulis menjadi dosen pada salah satu perguruan tinggi swasta di Indramayu, Jawa Barat yakni Universitas Wiralodra. Tahun 2021 lulus CPNS Dosen di Universitas Negeri Gorontalo. Kepakaran penulis dibidang kesehatan masyarakat yang diwujudkan penulis sebagai dosen profesional melalui karya ilmiah yang telah dipublikasikan berupa artikel Nasional maupun Intenasional, buku ber-ISBN dan beberapa karya tulis telah memiliki Hak Kekayaan Intelektual (HKI) serta pernah berpartisipasi dalam Kompetisi Nasional yang diadakan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro dan berhasil dinobatkan sebagai Pemenang 10 terbaik kompetisi artikel ilmiah tahun 2021.

Email Penulis: b.sarinah99@gmail.com

SUMBER DAN GENERASI MIKROPLASTIK

Badrin Ahmad, S.T., M.T.
Universitas Khairun

Pendahuluan

Plastik dihasilkan di seluruh dunia sekitar 359 juta ton selama 70 tahun terakhir (Bui et al., 2020) dan diperkirakan akan mengalami peningkatan kembali sampai 500 juta ton pada tahun 2025 (Huang et al., 2021). Tahun 2013, Tiongkok menghasilkan sekitar 63 juta ton plastik dan merupakan produksi plastik terbesar di dunia. Jika angka ini digabungkan dengan plastik yang dihasilkan negara-negara Asia lainnya, maka total produksi plastik mencapai sekitar 114 juta ton (Ryan, 2015).

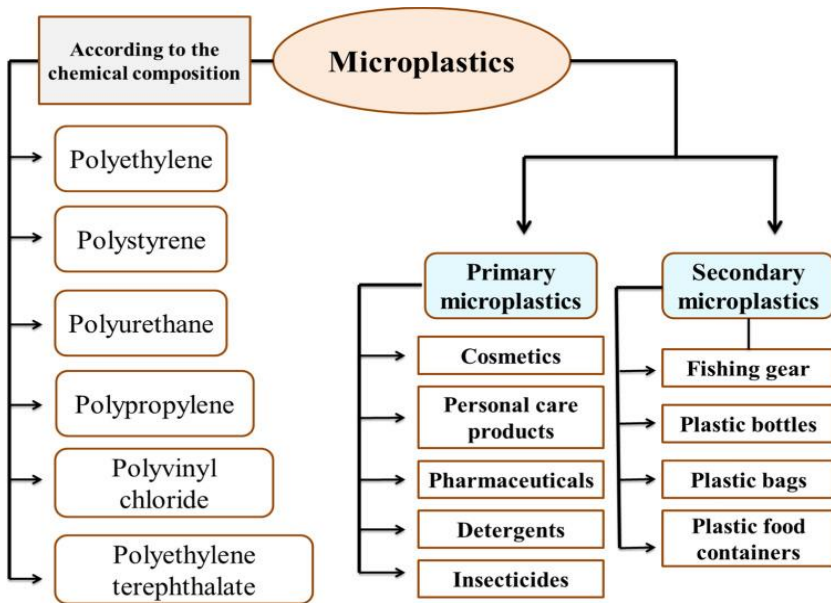
Sebagian besar sampah plastik dibakar, dibuang ke tempat pembuangan sampah, dan dibuang ke lingkungan, sehingga menyebabkan masalah lingkungan dan kesehatan yang signifikan (Wang et al., 2020), dan persentasenya kecil tidak melebihi 10 persen yang didaur ulang di AS (Cessi et al., 2014). Selain itu, sampah plastik menyumbang lebih dari 75 persen bahan sampah laut, karena sifatnya kaku dan tidak terurai secara hayati (K. Zhang et al., 2021).

Mikroplastik terbentuk melalui degradasi polimer yang lebih besar dan terjadi karena faktor fisik, kimia, atau biologis. Secara kimiawi mikroplastik bersifat stabil dan

bertahan lama di lingkungan ratusan hingga ribuan tahun. Sifat fisikokimia dapat diubah oleh aditif kimianya (misalnya, diisooheptyl phthalate, dibutyl phthalate, butylated hydroxytoluene). Selain itu, faktor lain seperti suhu dan sinar matahari, serta sifat bahan plastik (misalnya ukuran dan kepadatan) akan mempengaruhi laju degradasi makroplastik (> 5 mm) (Badrin Ahmad et al., 2023).

Klasifikasi mikroplastik menjadi dua yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder. Mikroplastik primer sengaja diproduksi dan ditambahkan ke produk konsumen dan komersial seperti kosmetik, produk perawatan pribadi, obat-obatan, deterjen, dan insektisida. Mikroplastik sekunder, sebaliknya, terbentuk secara tidak sengaja oleh penguraian bahan plastik yang lebih besar melalui proses fisik, kimia, biologis, seperti alat tangkap, botol plastik, kantong plastik, dan wadah makanan plastik. Mikroplastik diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya, antara lain polietilen, polipropilen, polistiren, dan bahan lainnya. Mikroplastik dapat dikategorikan menjadi lima jenis utama yaitu fragmen, serat, busa, pelet, dan film (Anderson et al., 2017).

Selain itu, mikroplastik dapat diklasifikasikan menjadi enam kategori berdasarkan komposisi kimianya yaitu polietilen, polistiren, polipropilen, poliuretan, polivinil klorida, dan polietilen tereftalat (Anderson et al., 2017). Klasifikasi mikroplastik digambarkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Klasifikasi Mikroplastik
 Sumber: Osman et al., 2023

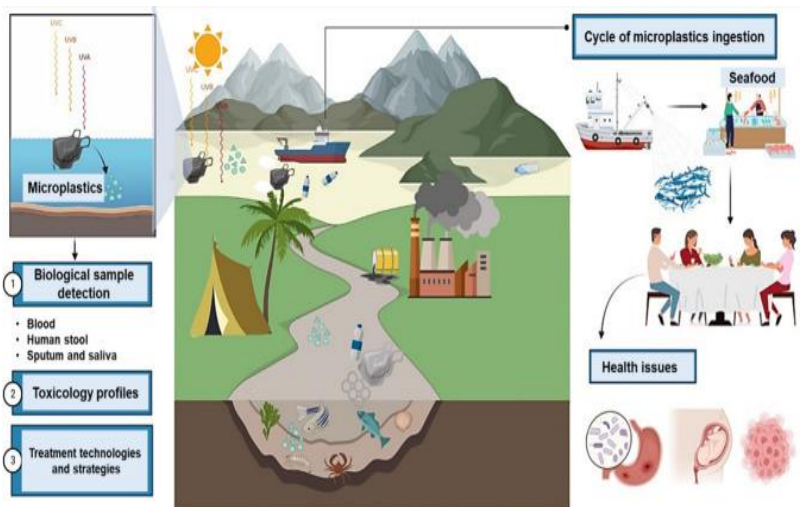
Mikroplastik Primer

Mikroplastik primer merupakan fragmen plastik mikroskopis yang sengaja dibuat lalu ditambahkan ke suatu bahan dan mempunyai ukuran di bawah 5 mm, berasal dari bahan baku plastik setengah jadi, seperti pelet dan produk perawatan kulit. Mikroplastik primer berasal dari pembersih wajah, kosmetik, dan pelet plastik. Pelet plastik terbuat dari polietilen (PE), polipropilen (PP), polistirena (PS), dan poliolefin.

Sifat lipofilik mikroplastik primer mudah menyerap bahan kimia berbahaya dan beracun dari lautan sekitarnya. Banyak industri kosmetik, produk pembersih, dan obat-obatan menggunakan mikroplastik primer ini sebagai bahan abrasive. Permukaan mikroplastik primer di laut mengandung banyak senyawa hidrofobik dan aromatik, seperti bifenil

poliklorinasi (PCB), hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH), dan dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT). Butiran mikro kosmetik yang digunakan dalam produk pembersih wajah, sengaja dibuat berukuran kecil dan diklasifikasikan sebagai mikroplastik primer (Wang et al., 2020).

Mikroplastik dapat terdegradasi menjadi lebih kecil yaitu nanoplastik dan menimbulkan risiko lebih besar bagi organisme hidup dibandingkan mikroplastik karena kelimpahan dan reaktivitasnya yang lebih tinggi. Ukurannya yang kecil membuat nanoplastik mudah menembus sel-sel hidup dan mencapai lokasi terpencil, sehingga memperburuk potensi bahayanya. Gambar 2 menunjukkan sumber dan jalur paparan mikroplastik.



Gambar 2.2 Jalur Paparan Mikroplastik
Sumber: Osman et al., 2023

Mikroplastik Sekunder

Mikroplastik sekunder tidak sengaja dibentuk dan berasal dari fragmen plastik yang lebih besar dan terurai menjadi partikel yang lebih kecil melalui proses fisik, kimia, dan biologis. Ini membuat

mikroplastik sekunder beragam jenis dan terbentuk dari degradasi plastik sekali pakai yang berukuran lebih besar seperti pada botol minum atau serat baju. Proses fisik antara lain terjadi degradasi sinar ultraviolet dan abrasi fisik yang mengakibatkan plastik berukuran besar menjadi plastik berukuran mikro bahkan nano. Mikroplastik sekunder seperti film dan fragmen berasal dari pelapukan kemasan plastik atau kantong plastik.

Fotodegradasi yang disebabkan oleh radiasi ultraviolet matahari dan proses oksidasi melepaskan ikatan kimia dari matriks polimer. Paparan sinar matahari ultraviolet, suhu, dan abrasi adalah komponen lingkungan utama yang berhubungan dengan pembentukan mikroplastik sekunder. Di lingkungan perairan, lokasi dengan paparan sinar matahari ultraviolet dan suhu rendah, seperti laut dalam, akan memperlambat pembentukan mikroplastik sekunder (Badrin Ahmad et al., 2023; Osman et al., 2023).

Sumber Mikroplastik

Mikroplastik berasal dari beberapa produk yang terbuat dari plastik. Mikroplastik sudah ada sejak lima puluh tahun lalu dan terdapat di dalam produk perawatan tubuh. Mikroplastik pada produk perawatan tubuh seperti pasta gigi dan produk kecantikan yang larut dalam air, digunakan untuk membasuh kulit setelah digunakan. Air basuhan ini akan membawa mikroplastik ke saluran pembuangan air dan berakhir di lautan.

Beberapa kategori produk memiliki kontribusi terhadap pencemaran mikroplastik seperti produk pembersih yang menggunakan scrubber yang terbuat dari plastik. Plastik ini tersedia berbagai ukuran dan bentuk. Ukuran partikel scrubber sabun pembersih wajah, misalnya, berkisar antara 4,1 dan 1240 milimeter. Ketika pakaian dicuci berulang kali, serat mikroplastik ini muncul di

produk pembersih karena disikat. Dalam beberapa tahun terakhir, industri pakaian telah menggunakan tekstil yang mengandung lebih dari 170 persen plastik sintetis dibandingkan dengan serat alami seperti wol, kapas, dan sutra. Mikroplastik berasal dari serat sintetis yang digunakan dalam pakaian antara lain poliester sebanyak 56%, akrilik 23%, polipropilen 7%, polietilen 6%, dan poliamida 3%. Setiap tahun, jutaan ton limbah plastik dibuang ke pesisir, dan limbah ini mengandung serat mikroplastik (Ahmad et al., 2023; Badrun Ahmad et al., 2023).

Sumber Mikroplastik dari Daratan

Sebanyak 80–90% mikroplastik di badan air berasal dari daratan. Sumber-sumber ini antara lain kantong plastik, botol, produk perawatan pribadi, bahan bangunan, dan pakaian. Insinerator plastik, yang menghasilkan abu terbang saat plastik dibakar mengandung mikroplastik, juga bersumber dari darat. Bahan konstruksi, produk rumah tangga, barang kemasan, limbah kemasan makanan dan minuman, serta limbah yang dihasilkan dari pembuatan kapal merupakan beberapa sumber terbesar benda plastik berukuran besar di darat. Lumpur limbah dan aktivitas industri, khususnya yang menggunakan butiran dan pelet resin berukuran kecil, kemungkinan merupakan sumber pembuangan mikroplastik dari darat ke lingkungan perairan. Selain obat-obatan dan bahan bangunan, kosmetik dan produk perawatan pribadi tertentu juga dianggap sebagai sumber polusi plastik yang potensial, karena mengandung mikroplastik yang digunakan sebagai pembawa obat atau sebagai bahan baku. Sabun cuci muka, sabun tangan, gel tangan, deterjen, pasta gigi, krim wajah, maskara, lipstik, tabir surya, dan gel mandi adalah beberapa contoh umum dari produk tersebut. Banyak serat sintetis, seperti poliester, nilon, dan akrilik,

ditemukan dapat terlepas dari pakaian dan dibuang bersama aliran air limbah ke badan air (Osman et al., 2023).

Sumber Mikroplastik dari Laut

Sekitar 10–20% mikroplastik yang dibuang ke perairan berasal dari laut, termasuk wisata tepi laut, penangkapan ikan komersial, kapal laut, dan industri lepas pantai. Alat tangkap yang dibuang atau hilang, seperti tali pancing monofilamen plastik dan jaring nilon, merupakan sumber utama mikroplastik yang dapat mengapung di berbagai kedalaman laut. Lebih dari 600.000ton alat penangkapan ikan dibuang ke laut setiap tahunnya, sehingga berkontribusi terhadap permasalahan di laut. Sejumlah besar sampah plastik dari industri lepas pantai, seperti petrokimia, dilepaskan ke ekosistem laut. Meskipun kontribusi sumber-sumber air laut terhadap polusi mikroplastik tidak sebesar sumber air laut, namun kontribusinya masih signifikan. Mikroplastik dapat ditemukan di laut, sedimen laut, hewan laut seperti ikan dan cumi. Bahkan jumlah sampel ikan di Indonesia yang mengandung mikroplastik bahkan lima kali lebih banyak dibandingkan di Amerika. Fiber dan fragmen adalah jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan. Keduanya berasal dari pakaian dengan serat sintetis, alat pancing, dan jaring ikan. Mikroplastik dikonsumsi hewan laut karena menyerupai mangsa alaminya. Keberadaan mikroplastik di dalam di hewan laut menjadi jalan masuk ke tubuh manusia, saat dikonsumsi. Mikroplastik mengandung berbagai zat aditif yang berbahaya bagi kesehatan. Plastik dapat menyerap bahan kimia berbahaya yang terlarut dalam air dan semakin kecil ukuran partikel plastik, ia akan semakin efisien dalam mengakumulasi toksin. Zooplankton di laut juga memakan plastik menyebabkan makanan organiknya, yaitu fitoplankton dalam kondisi berlebih

dalam rantai makanan. Akibat penumpukan fitoplankton di permukaan laut, pada saat mati, bahan organik berlebih ini mengkonsumsi oksigen saat terdekomposisi. Sehingga dapat dapat menyebabkan kematian biota laut akibat kekurangan oksigen(Ahmad et al., 2023).

Jenis Mikroplastik dan Generasinya

Berdasarkan komposisi secara kimiawi, mikroplastik berasal dari plastik yang dapat diklasifikasikan menjadi enam kategori yaitu polietilen, polistiren, polipropilen, poliuretan, polivinil klorida, dan polietilen tereftalat.

Polietilen

Polietilen (PE) merupakan jenis polimer plastik yang paling sering digunakan dalam urusan rumah tangga. Polyethylene (PE) adalah salah satu bahan termoplastik yang paling populer dan mempunyai struktur kristal yang berbeda, disebut sebagai *high density polyethylene (HDPE)*, *low density polyethylene (LDPE)*, dan *linear low density polyethelene (LLDPE)*. Jenis plastik ini diproduksi melalui reaksi adisi atau polimerisasi radikal.

Sebagian besar barang sehari-hari terbuat dari polietilen termasuk tas belanja, botol plastik, kendi susu, film, dan tutup botol kemasan yang digunakan untuk perlengkapan sehari-hari. Produksi polietilen di dunia sebanyak 104,4 juta ton pada tahun 2020 dan diperkirakan akan mencapai 121,4 juta ton pada tahun 2026. Sifat mikroplastik polietilen yang tidak mudah terdegradasi secara alami menyebabkan gangguan pada ekosistem, salah satunya ekosistem di laut dan dapat mencemari manusia jika terkonsumsi dari makanan yang telah tercemar mikroplastik polietilen(Zhou et al., 2021).

Polystyrene

Polistiren merupakan jenis polimer transparan, kaku, rapuh, dan cukup kuat. Ini adalah plastik yang dibuat melalui reaksi polimerisasi yang menggabungkan senyawa penyusun yang disebut stirena. Polistiren digunakan dalam berbagai bentuk, termasuk sebagai busa, film, dan plastik kaku, mulai dari pengemasan makanan hingga proteksi elektronik. Meskipun penggunaan polistiren bersifat fleksibel dan memiliki tingkat penyusutan rendah, mudah rapuh. Termasuk jenis polimer termoplastik, artinya melunak dan meleleh saat dipanaskan dan dapat digunakan kembali. Dapat digunakan sebagai isolator listrik yang baik dan tahan terhadap bahan kimia seperti asam dan basa. Polistiren padat bersifat transparan karena kurangnya susunan kristal pada molekul stirena. Polistiren merupakan plastik rapuh dengan ketahanan UV yang buruk. Dikenal tahan terhadap suhu transisi gelas yang relatif rendah yaitu 100°C, di mana polimer mulai melunak sebelum meleleh. Polistiren diberikan kode daur ulang nomor 6, dan dapat dicairkan dan digunakan kembali dalam berbagai bentuk (Zhou et al., 2021).

Polypropylene

Polipropilen (PP) adalah salah satu jenis poliolefin yang sedikit lebih keras dibandingkan Polipropilen. Ini adalah plastik dengan kepadatan rendah dan ketahanan panas tinggi digunakan untuk kemasan, otomotif, barang konsumsi, dan medis.

Polipropilena adalah bahan termoplastik sehingga dapat dipanaskan hingga titik lelehnya, didinginkan, lalu dipanaskan kembali tanpa mengalami kerusakan yang berarti. Polipropilen mudah mencair ketika suhu tinggi, membuatnya menjadi pilihan untuk aplikasi manufaktur seperti cetakan injeksi. Beberapa ciri lain dari bahan ini

adalah antara lain tidak beracun, menurut Food and Drug Administration (FDA). Hal ini karena tidak diketahui menyebabkan kanker atau kondisi serius lainnya yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Oleh karena itu, FDA telah menyetujui penggunaan polimer ini sebagai bahan wadah makanan dan minuman. Beberapa penelitian baru menunjukkan Polipropilen memengaruhi hormon androgen, bergantung pada cara pembuatannya. Bukti lain bahwa wadah makanan dapat melepaskan bahan kimia yang mengganggu endokrin bila terkena panas atau makanan dengan tingkat keasaman tinggi, atau dalam jangka waktu lama. Namun, belum ada penelitian cukup untuk mengkonfirmasi temuan ini sehingga FDA dan Environmental Protection Agency (EPA) belum dapat mengubah rekomendasi mereka (Y. Zhang et al., 2022).

Poliuritan

Poliuritan merupakan elastomer serbaguna yang digunakan dalam banyak aplikasi di seluruh dunia. Sifat mekanik Poliuritan diubah melalui reaksi kimia. Poliuritan tahan terhadap suhu ekstrem dan mengalami degradasi material poliuretan yang digunakan pada banyak produk rumah tangga (Wienen et al., 2023).

Polyvinil Chloride (PVC)

PVC adalah plastik fleksibel yang tidak reaktif. PVC bersifat kaku mudah dibuat, dibentuk, dilas, dan dicampur dengan pelarut. PVC juga dapat dibuat menggunakan alat pengerjaan logam. PVC biasanya dicampur dengan bahan tambahan lain seperti pengubah dampak dan stabilisator, menghasilkan ratusan bahan berbasis PVC.

Polivinil Chloride (PVC, atau vinil) digunakan sebagai bahan konstruksi gedung, perawatan kesehatan, elektronik, mobil dan sektor lainnya. Produknya seperti pipa, pelapis dinding, kantong darah, kawat dan isolasi kabel, serta komponen sistem kaca depan (Henkel et al., 2022).

Polietilen Tereftalat

Polietilen terephthalate yang disingkat PET atau PETE merupakan polimer termoplastik yang termasuk bagian poliester. PET terbentuk dari asam tereftalat dan etil glikol melalui reaksi poli-kondensasi monomer. Etilen glikol adalah cairan tidak berwarna yang diperoleh dari etilen, dan asam tereftalat adalah padatan kristal yang diperoleh dari xilena. Ketika dipanaskan bersama katalis, etilen glikol tereftalat menghasilkan PET dalam bentuk cairan kental yang dapat dipintal langsung menjadi serat atau dipadatkan menjadi plastik. Struktur kimia etilen glikol adalah diol alkohol dengan struktur molekul yang mengandung dua gugus hidroksil (OH) dan asam tereftalat adalah asam aromatik dikarboksilat, asam dengan struktur molekul yang mengandung karbon bersisi enam cincin dan dua gugus karboksil (CO₂H).

PET memiliki ketahanan dan sifat penghambat yang baik, lebih solid, dan tahan aus. Pada suhu tinggi PET sangat sensitif terhadap kelembapan. Kristalinitasnya ditingkatkan dengan penambahan zat nukleasi dan akselerator pertumbuhan kristal. Kristal PET (kristalinitas 40-50%) memiliki sifat mekanik yang sangat baik dan suhu deformasi yang tinggi (Ryan, 2015; Tatchou-Nyamsi-König et al., 2009).

Daftar Pustaka

- Ahmad, B., Faedly, M., Tidore, H., Tata, A., & Umar, S. H. (2023). KELIMPAHAN MIKROPLASTIK PADA EKOSISTEM PERAIRAN DI MALUKU UTARA: SEBUAH TINJAUAN. *JURNAL SIPIL SAINS*, 13(1). <https://doi.org/10.33387/SIPILSAINS.V13I1.6391>
- Anderson, P. J., Warrack, S., Langen, V., Challis, J. K., Hanson, M. L., & Rennie, M. D. (2017). Microplastic contamination in Lake Winnipeg, Canada. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)*, 225, 223–231. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2017.02.072>
- Badrun Ahmad, Muhammad Taufiq Y.S, & Sudirman Hi Umar. (2023). An Overview of Microplastics in the Marine Ecosystem of North Maluku. *Technium: Romanian Journal of Applied Sciences and Technology*, 17, 116–120. <https://doi.org/10.47577/TECHNIUM.V17I.10056>
- Bui, X. T., Vo, T. D. H., Nguyen, P. T., Nguyen, V. T., Dao, T. S., & Nguyen, P. D. (2020). Microplastics pollution in wastewater: Characteristics, occurrence and removal technologies. *Environmental Technology & Innovation*, 19, 101013. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2020.101013>
- Cessi, P., Pinardi, N., & Lyubartsev, V. (2014). Energetics of Semienclosed Basins with Two-Layer Flows at the Strait. *Journal of Physical Oceanography*, 44(3), 967–979. <https://doi.org/10.1175/JPO-D-13-0129.1>
- Henkel, C., Hüffer, T., & Hofmann, T. (2022). Polyvinyl Chloride Microplastics Leach Phthalates into the Aquatic Environment over Decades. *Environmental Science & Technology*, 56(20), 14507–14516. <https://doi.org/10.1021/ACS.EST.2C05108>
- Huang, D., Tao, J., Cheng, M., Deng, R., Chen, S., Yin, L., & Li, R. (2021). Microplastics and nanoplastics in the environment: Macroscopic transport and effects on creatures. *Journal of Hazardous Materials*, 407, 124399. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2020.124399>

- Osman, A. I., Hosny, M., Eltaweil, A. S., Omar, S., Elgarahy, A. M., Farghali, M., Yap, P. S., Wu, Y. S., Nagandran, S., Batumalaie, K., Gopinath, S. C. B., John, O. D., Sekar, M., Saikia, T., Karunanithi, P., Hatta, M. H. M., & Akinyede, K. A. (2023). Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(4), 1. <https://doi.org/10.1007/S10311-023-01593-3>
- Ryan, P. G. (2015). A brief history of marine litter research. *Marine Anthropogenic Litter*, 1–25. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_1/FIGURES/3
- Tatchou-Nyamsi-König, J. A., Dailloux, M., & Block, J. C. (2009). Survival of *Mycobacterium avium* attached to polyethylene terephthalate (PET) water bottles. *Journal of Applied Microbiology*, 106(3), 825–832. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2672.2008.04050.X>
- Wang, T., Wang, L., Chen, Q., Kalogerakis, N., Ji, R., & Ma, Y. (2020). Interactions between microplastics and organic pollutants: Effects on toxicity, bioaccumulation, degradation, and transport. *The Science of the Total Environment*, 748. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.142427>
- Wienen, D., Gries, T., Cooper, S. L., & Heath, D. E. (2023). An overview of polyurethane biomaterials and their use in drug delivery. *Journal of Controlled Release: Official Journal of the Controlled Release Society*, 363, 376–388. <https://doi.org/10.1016/J.JCONREL.2023.09.036>
- Zhang, K., Hamidian, A. H., Tubić, A., Zhang, Y., Fang, J. K. H., Wu, C., & Lam, P. K. S. (2021). Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 274. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2021.116554>

- Zhang, Y., Yin, K., Wang, D., Wang, Y., Lu, H., Zhao, H., & Xing, M. (2022). Polystyrene microplastics-induced cardiotoxicity in chickens via the ROS-driven NF- κ B-NLRP3-GSDMD and AMPK-PGC-1 α axes. *The Science of the Total Environment*, 840. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.156727>
- Zhou, G., Wang, Q., Li, J., Li, Q., Xu, H., Ye, Q., Wang, Y., Shu, S., & Zhang, J. (2021). Removal of polystyrene and polyethylene microplastics using PAC and FeCl₃ coagulation: Performance and mechanism. *Science of The Total Environment*, 752, 141837. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.141837>

Profil Penulis

Badrun Ahmad, S.T., M.T



Penulis dilahirkan di Takofi Moti Kota Ternate pada tanggal 27 Desember 1990. Ketertarikan penulis terhadap ilmu teknik Lingkungan dan keairan dimulai pada tahun 2017 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk melanjutkan studi pada jenjang Magister Teknik Lingkungan di Institut Teknologi Bandung (ITB) dan berhasil lulus pada tahun 2019. Selama kuliah pernah menjadi best presenter pada seminar nasional di ITB tahun 2019. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap PNS Kemdikbudristek dan ditempatkan mengajar di Program Studi Teknik Sipil Universitas Khairun di Ternate. Penulis pernah menjabat sebagai Ketua panitia akreditasi internasional, ketua pelaksana pembuatan kebijakan dan peraturan akademik tingkat Fakultas Teknik Universitas Khairun. Penulis juga aktif dalam kegiatan ilmiah dan seminar internasional. Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah pengembangan sumber daya air, rekayasa penyehatan lingkungan, dan sistem jaringan air limbah. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan book chapter.

Email Penulis: badrun@unkhair.ac.id

TRANSPORTASI DAN PENYEBARAN MIKROPLASTIK

Nur Rismawati, S.Si., M.Sc
Universitas Muhammadiyah Palu

Transportasi Mikroplastik

Sampah plastik saat ini masih terus menjadi isu global yang terus meningkat keberadaanya. Akumulasi dari penggunaan plastik yang besar menyebabkan tingginya jumlah mikroplastik di ekosistem. Keberadaan mikroplastik sudah banyak ditemukan di lingkungan perairan maupaun pada sedimen. Mikroplastik masuk ke lingkungan sebagai akibat dari penguraian benda-benda plastik yang lebih besar (sekunder) dan dari bagian-bagian tertentu, yang memang dari awalnya sudah mengandung parikel mikroplastik (A.G. Anderson, dkk., 2016). Penelitian Allen Steve, dkk (2019) menunjukkan bahwa sebaran mikrolastik terjadi diberbagai belahan bumi.

Mikroplastik berpotensi menimbulkan dampak buruk pada kualitas udara, biota tanah dan perairan. Mikroplastik dapat mencemari air permukaan dan air tanah, mengancam ekosistem air dan daratan. Organisme di laut dan darat dapat mengonsumsi mikroplastik, yang dapat menyebabkan kerusakan pada organisme dan mengganggu rantai makanan. Mikroplastik dapat masuk ke rantai makanan melalui konsumsi ikan, hewan laut, dan tanaman yang terkontaminasi.

Kajian terkait pergerakan mikroplastik sangat penting dilakukan agar dapat membantu mengidentifikasi sumber-sumber utama mikroplastik, mengetahui transportasi mikroplastik dan pola pergerakan mikroplastik sehingga memungkinkan pengambilan langkah-langkah yang efektif untuk mengurangi masukan mikroplastik ke lingkungan dan dilakukannya pengembangan model prediktif untuk memperkirakan kemungkinan penyebaran dan akumulasi mikroplastik di berbagai wilayah. Hal ini membantu dalam pengembangan strategi pengelolaan risiko yang lebih efektif.

Transportasi Mikroplastik di Perairan

Transportasi mikroplastik di perairan melibatkan perpindahan partikel plastik kecil, yang disebut mikroplastik. Transportasi mikroplastik di daerah perairan dapat terjadi melalui beberapa jalur yang menyebabkan mikroplastik tersebar di seluruh ekosistem akuatik. Berikut adalah beberapa cara transportasi mikroplastik di daerah perairan:

1. Arus laut

Arus laut dapat membawa mikroplastik dari satu wilayah ke wilayah lainnya. Mikroplastik yang dilepaskan di suatu tempat dapat terbawa oleh arus laut dan menyebar ke perairan yang lebih luas. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zhang Hua (2017) dimana kecepatan pergerakan mikroplastik dikendalikan oleh karakter fisiknya dan kondisi dinamika laut salah satunya yaitu pasang surut air laut. Dalam penelitiannya suriyanto, dkk. (2020) menjelaskan bahwa kelimpahan mikroplastik di permukaan air laut cukup banyak dikarenakan pasang surut air laut.

Pasang surut air laut atau arus laut dapat membawa mikroplastik dari pesisir hingga ke tengah laut bahkan arus laut mempengaruhi distribusi mikroplastik hingga ke dasar laut. Arus permukaan laut mempengaruhi pergerakan partikel mikroplastik (Morganita Dia, dkk., 2022). Hal ini sejalan dengan pernyataan Joesidawati (2018) bahwa arus pantai dan transportasi angin dapat berkontribusi pada distribusi mikroplastik yang lebih tinggi. Arus yang keruh juga berpotensi mendistribusikan dan mengubur mikroplastik dalam jumlah besar di sedimen dasar laut (Pohl Florian, dkk., 2020).

2. Angin

Transportasi mikropelastik oleh angin adalah fenomena yang kompleks dan signifikan dalam konteks polusi plastik. Proses ini melibatkan pelepasan partikel plastik sangat kecil ke atmosfer dan perpindahannya melalui udara sebagai bagian dari sirkulasi udara global. Angin berperan sebagai vektor utama dalam transportasi mikropelastik dimana partikel-partikel yang sangat kecil ini dapat mengapung di atmosfer dan diangkut oleh arus udara. Transportasi ini dapat mencakup jarak yang signifikan, membawa mikropelastik dari sumbernya ke tempat-tempat yang jauh.

Angin dapat membawa partikel mikroplastik ke perairan, terutama jika ada mikroplastik yang tersebar di daratan atau pantai. Partikel-partikel ini dapat diangkat oleh angin dan terbawa ke laut. Rezaei, dkk. (2019) menegaskan bahwa angin berperan penting dalam penyebaran mikroplastik di lingkungan yang dapat menimbulkan risiko paparan pada manusia melalui penghirupan. Sejalan dengan Joesidawati (2018) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa kondisi iklim, seperti suhu udara, kecepatan

angin dan gelombang dapat mempengaruhi distribusi mikroplastik di perairan.

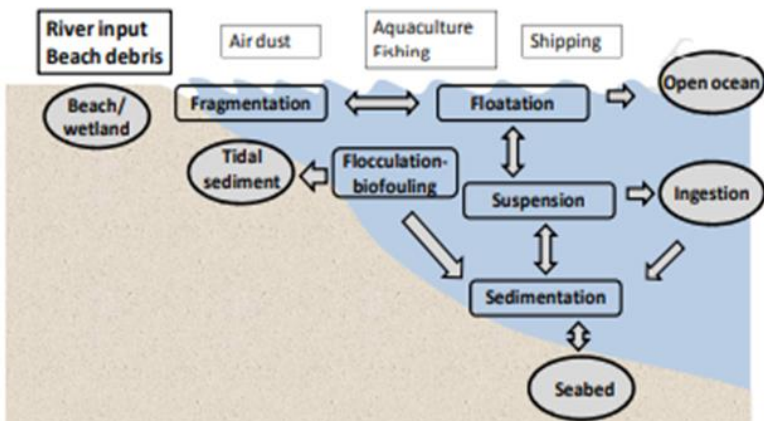
3. Aktivitas Manusia

Aktivitas manusia, baik langsung maupun tidak langsung yang melibatkan berbagai kegiatan manusia yang menghasilkan, menggunakan, dan membuang plastik, berperan dalam pelepasan mikroplastik ke lingkungan. Transportasi mikroplastik di perairan melibatkan perpindahan partikel plastik kecil, yang disebut mikroplastik, dalam lingkungan air sebagai akibat dari berbagai aktivitas manusia. Proses ini dapat terjadi di laut, sungai, dan danau, dan memiliki dampak serius terhadap ekosistem perairan.

Aktivitas manusia di perairan seperti perahu, pelayaran kapal kargo, dan pelayaran wisata, dapat mempercepat transportasi mikroplastik. Pembuangan langsung dari kapal atau kebocoran limbah plastik dapat menyebabkan penyebaran mikroplastik di sepanjang rute perjalanan kapal. Limbah industri dan air limbah domestik yang mengandung mikroplastik juga dapat menjadi sumber pencemaran di perairan yang menyebabkan akumulasi mikroplastik di perairan. Selain itu, kegiatan seperti pariwisata, kegiatan penangkapan ikan, budidaya perikanan dan penggunaan kapal merupakan sumber utama pencemaran mikroplastik di air (Zhang Hua, 2017). Sejalan dengan penelitian Suriyanto, dkk. (2020) bahwa mikroplastik yang terdistribusi ke seluruh perairan di pesisir dipengaruhi oleh aktivitas manusia di wilayah pesisir, kondisi hidrodinamika dan kepadatan penduduk.

4. Sungai dan Aliran Air

Sungai dan aliran air dapat menjadi sarana penting dalam transportasi mikroplastik. Transportasi mikropelastik oleh sungai dan aliran air melibatkan pergerakan partikel-partikel mikroplastik dari sumbernya di daratan menuju badan air. Mikroplastik yang dilepaskan di daratan dapat terbawa oleh air hujan atau sungai dan mencapai perairan laut atau danau. Sungai berfungsi sebagai saluran alami yang menghubungkan daerah pedalaman ke laut.



Gambar 3.1 Skema jalur transportasi mikroplastik di perairan (Sumber: Zhang, 2017)

Mikropelastik yang ada di daratan dapat terbawa oleh aliran air sungai, membentuk jalur transportasi yang efisien menuju perairan laut. Arus air dalam sungai membawa mikropelastik dari sumbernya ke tempat-tempat yang lebih rendah di lembah sungai. Selama perjalanan ini, partikel-partikel mikroplastik dapat mengalami dispersi dan redistribusi di sepanjang aliran sungai. Mikroplastik dapat menumpuk di tepi sungai atau di aliran air yang lebih lambat, terutama di daerah

bendungan alami atau buatan manusia. Di sini, endapan mikropelastik dapat menjadi sumber potensial pencemaran di lingkungan perairan. Seperti halnya yang telah di jelaskan Yang Ling, dkk. (2021) bahwa sungai, waduk dan air tanah yang digunakan sebagai sumber air irigasi dapat mentransfer mikropelastik yang terkandung didalamnya ke lahan pertanian melalui irigasi.

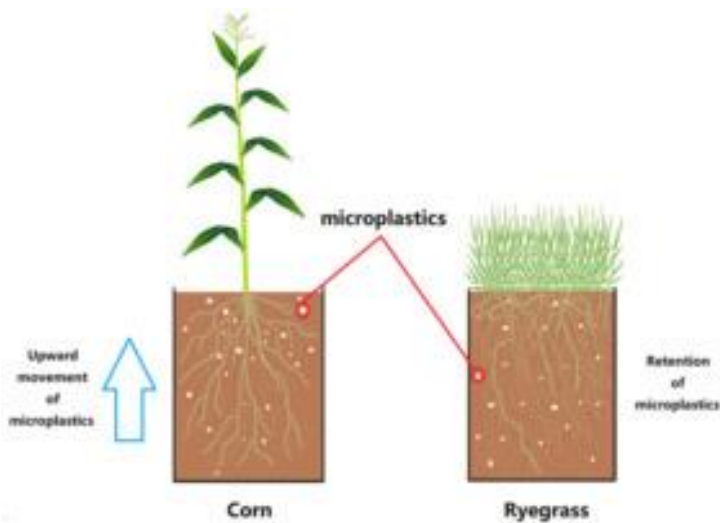
Joetidawati (2018) dari hasil penelitiannya menunjukkan kelimpahan mikropelastik yang relatif lebih tinggi pada daerah pantai yang berdekatan dengan sungai. Hal ini menjelaskan bahwa sungai menjadi transportasi penyebab kelimpahan mikropelastik. Sejalan dengan Rochman (2018) menyatakan bahwa 80% polusi mikropelastik di laut berasal dari daratan dan sungai merupakan salah satu jalur utama mikropelastik mencapai lautan.

Transportasi Mikropelastik di Tanah atau Sedimen

Tanah dan sedimen berfungsi sebagai tempat penyimpanan utama mikropelastik, yang datang dari sumber-sumber beragam seperti limbah rumah tangga, industri, dan aktivitas pertanian. Proses transportasi mikropelastik di dalam tanah melibatkan mekanisme kompleks yang mencakup erosi tanah, degradasi bahan plastik, dan pergerakan air tanah. Faktor-faktor seperti jenis tanah, iklim, dan jenis vegetasi dapat mempengaruhi laju transportasi.

Mikropelastik yang terperangkap di dalam tanah dapat mencapai kedalaman yang signifikan melalui berbagai rute, termasuk melalui aktivitas tanaman dan organisme tanah. Sejalan dengan Li Haxioau dkk. (2021) yang menjelaskan bahwa transportasi mikropelastik secara vertikal di dalam tanah dikarenakan oleh infiltrasi air, aktivitas organisme dan pertumbuhan akar. Perpindahan mikropelastik secara vertikal ke bawah disebabkan oleh

infiltrasi air dan aktivitas organisme tanah. Sedangkan pertumbuhan akar tanaman cenderung memindahkan mikroplastik ke atas atau mempertahankannya di lapisan tanah.



Gambar 3.2 Ilustrasi perpindahan mikroplastik secara vertikal oleh akar (Sumber: Li Haxioau, 2021)

Rillig Matthias C., dkk., (2017) melakukan penelitian terkait transportasi di dalam tanah yang mana diketahui bahwa cacing tanah berperan dalam transportasi mikroplastik yang terjadi di tanah atau sedimen. Partikel mikroplastik dapat berpindah dari permukaan tanah ke profil tanah melalui cacing tanah (*Lumbricus terrestris* L.). Kehadiran cacing tanah sangat meningkatkan keberadaan partikel mikroplastik di kedalaman. Pergerakan ini berpotensi menimbulkan dampak terhadap paparan mikroplastik terhadap biota tanah lainnya, untuk waktu tinggal mikroplastik di kedalaman yang lebih dalam, dan untuk kemungkinan yang mungkin terjadi masuknya mikroplastik ke dalam air tanah. Namun tidak menutup kemungkinan biota tanah

lainnya juga berpotensi berperan sebagai transportasi dalam penyebaran mikroplastik di tanah.

Persebaran dan transportasi berbagai mikroplastik di sedimen sungai dipengaruhi oleh arus dari hulu ke hilir. Aliran sungai akan mengangkut lebih banyak mikroplastik dari titik sumber, dan kecepatan aliran yang tinggi di dasar perairan memfasilitasi pengangkutan mikroplastik ke sedimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sedimen sungai akan berperan sebagai penyerap polutan mikroplastik alih-alih menjadi jalur transportasi He Beibei, dkk (2021). Dari sini terlihat jelas bahwa mikroplastik tersebar di tanah atau sedimen melalui transportasi udara, air dan spesies cacing.

Penyebaran Mikroplastik

Keberadaan mikroplastik di lingkungan merupakan masalah yang sangat serius karena saat ini akumulasi mikroplastik memberikan dampak buruk terhadap lingkungan yang mempengaruhi ekosistem air, tanah dan udara. Sebagian besar pencemaran mikroplastik berasal dari tekstil, ban dan debu perkotaan yang menyumbang lebih dari 80% dari semua mikroplastik di lingkungan (Boucher, 2017).

Mikroplastik dapat tersebar melalui udara dan angin, sungai dan arus air laut, organisme tanah atau akuatik dan aliran air terutama melalui proses peluruhan mikroplastik yang dibawa oleh angin. Transportasi ini memungkinkan mikroplastik mencapai lokasi yang jauh dari sumber asalnya, termasuk daerah terpencil dan ekosistem alami.

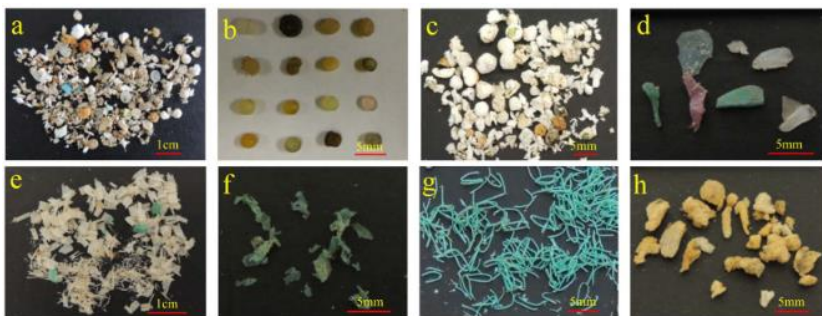
Sungai dan aliran air laut juga menjadi jalur transportasi utama mikroplastik. Mikroplastik dapat terbawa oleh aliran sungai dari daratan ke laut. Dalam lingkungan laut, arus laut dapat mengangkut mikroplastik ke

berbagai wilayah, termasuk pantai dan area laut yang jauh dari sumber pencemaran awal. Perairan menjadi tempat akumulasi signifikan untuk mikroplastik. Molekul air dan organisme hidup dalam air dapat berinteraksi dengan mikroplastik, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi ekosistem perairan.

Organisme akuatik, mulai dari plankton hingga ikan, dapat menelan mikroplastik, yang kemudian dapat masuk ke rantai makanan. Organisme hidup, seperti plankton dan ikan, dapat membawa mikroplastik dengan cara menempel pada tubuh mereka atau melalui konsumsi mikroplastik yang terperangkap di dalam tubuh mereka. Fenomena ini dapat mengakibatkan penyebaran mikroplastik ke berbagai wilayah dan ekosistem. Mikroplastik juga dapat mencapai ekosistem daratan melalui aliran air yang membawa mikroplastik ke tanah dan sedimen. Tanah dan sedimen menjadi tempat akumulasi utama mikroplastik di daratan.

Mikroplastik yang ada di lingkungan dibagi menjadi 2 menurut jenisnya yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder (Avio C.G., dkk., 2017) . Mikroplastik primer ialah polimer sintetik berukuran mikro yang digunakan sebagai bahan eksfoliasi dalam kosmetik, dalam bahan abrasif industri dan media 'sandblasting', dalam aplikasi tekstil dan pakaian sintetis. Beberapa mikroplastik seperti dalam limbah kosmetik sabun pencuci muka yang biasanya terbuat dari polimer polipropilena (PP), polietilena (PE) atau polistirena (PS). Sedangkan mikroplastik sekunder adalah produk yang terfragmentasi dari makro atau meso plastik dan sebagian besar dihasilkan dari pengaruh berbagai proses lingkungan seperti biodegradasi, oksidasi foto-termal dan hidrolisis (Chatterje, Shivika, 2019).

Mikroplastik yang tersebar di lingkungan memiliki bentuk, ukuran yang berbeda-beda kepadatannya. Berdasarkan bentuknya mikroplastik dapat di bedakan menjadi beberapa yaitu, fiber, film, fragmen, foam dan pelet. Mikroplastik yang paling sering ditemukan di lingkungan ialah mikroplastik dengan jenis sekunder. Dimana mikroplastik dengan jenis ini yang paling banyak dihasilkan dan menjadi limbah oleh aktivitas rumah tangga (Yona D., dkk. 2021).



Gambar 3.3 Perbedaan beberapa bentuk mikroplastik a. campuran berbagai bentuk; b. Pelet; c. foam; d. fragmen; e. flake; f. film; g. fiber; h. sponge. (Sumber: Zhou, dkk., 2018)

Mikroplastik di Udara atau Atmosfer

Keberadaan mikroplastik di udara atau di atmosfer telah terdeteksi baik dalam ruangan maupun udara luar ruangan. Walaupun studi terkait keberadaan mikroplastik di udara atau atmosfer masih minim namun kajian ini terus dikembangkan sehingga dapat diketahui sumbernya, jenisnya dan transportasinya.

Penyebaran mikroplastik di udara dan atmosfer dapat terjadi melalui beberapa mekanisme, salah satunya ialah sampah plastik yang terbuang, terutama yang bersifat ringan seperti kantong plastik atau bungkus makanan, dapat terbawa oleh angin dan tersebar di udara. Saat sampah plastik terurai oleh cuaca dan paparan

lingkungan, mikroplastik dapat terlepas ke atmosfer. Sejalan dengan penelitian Allen Steve, dkk. (2019) menemukan bahwa terjadi sebaran mikroplastik di atmosfer di daerah pegunungan yang terpencil dan masih asli di Pyrenees Prancis. Fragmen mikroplastik, serat dan film ditemukan di semua sampel pengendapan atmosfer yang dikumpulkan dari lokasi titik sampling. Dimana konsentrasi serat mikro di udara dalam ruangan antara 1,0 dan 60,0 serat mikro per meter kubik (33% di antaranya ditemukan sebagai mikroplastik).

Meskipun partikel mikroplastik ada dalam beragam bentuk, ukuran, dan struktur molekul, kepadatan material umumnya rendah, ukuran kecil, dan luas permukaan yang tinggi memungkinkan mikroplastik dengan mudah masuk dan melayang di udara. Kegiatan manusia di lingkungan, seperti membuang sampah sembarangan, sampah yang tidak dikelola dengan baik dan kegiatan industri semakin mencemari udara dengan mikroplastik. Oleh karena itu, tumpahan percobaan, dan pelepasan dari lokasi TPA, semuanya dianggap berpotensi menjadi sumber mikroplastik ke atmosfer (Bank & Sophia, 2021).

Mikroplastik di Perairan

Potensi mikroplastik dalam menyerap berbagai polutan hidrofobik berbahaya dari lingkungan sekitar secara tidak langsung mentransfer kontaminan tersebut ke dalam rantai makanan. Studi terkait keberadaan mikroplastik di perairan khususnya di laut telah banyak dilakukan dibandingkan dari tanah maupun udara atau atmosfer. Sedangkan studi pemantauan yang mengukur sampah plastik mikroskopis yang disebut mikroplastik di sistem air tawar, termasuk tepian sungai, air permukaan, dan sedimen masih kurang. Yang Lie, dkk., (2021) menyebutkan bahwa persentase penelitian mikroplastik di laut sebesar 29,06%, air tawar 17,96 %.

Campanale (2020) menemukan bahwa ketika mikroplastik dilepaskan di lingkungan air tawar, mereka akan terangkut dan tidak akan diam. Selain itu, pengangkutannya dari sumber air ke sumbernya (sistem darat ke sistem sungai) mungkin bergantung pada beberapa faktor seperti kondisi cuaca dan hidrologi sungai. Adanya perbedaan yang signifikan secara statistik dalam konsentrasi mikroplastik, sehingga menunjukkan adanya variasi temporal dalam kelimpahan plastik. Perbedaan signifikan ini dapat dijelaskan karena hidrologi sungai yang mempengaruhi konsentrasi partikel dengan kekuatan fisiknya seperti kecepatan aliran, ketinggian air dan variabilitas musiman. Mikroplastik ditemukan pada konsentrasi yang lebih tinggi selama periode basah yang menunjukkan asal usulnya dari daratan yang mungkin terkait dengan limbah yang dihasilkan oleh area pertanian di sekitarnya.

Mikroplastik telah banyak dideteksi di lingkungan perairan dunia. Dalam penelitian lain tentang mikroplastik di ekosistem air tawar danau huron, terdeteksi adanya polyethylene (PE) dan kelimpahan terbesar terjadi di dekat kawasan industri. Selain itu, penelitian telah menemukan mikroplastik hadir di semua danau superior, huron dan erie dengan konsentrasi rata-rata mikroplastik 43.000 partikel/Km² (Anderson dkk., 2016).

Rata-rata total kelimpahan mikroplastik perairan paling tinggi ditemukan pada mangrove sebesar 22,89 x 10² partikel/m³. Sementara itu, total kelimpahan mikroplastik pada lokasi tambak, muara sungai dan laut terbuka memiliki rentang nilai yang tidak jauh berbeda. Hal ini diduga karena persebaran mikroplastik yang dipengaruhi oleh kondisi arus dan masukan dari darat (Ayuningtyas, dkk., 2019).

Tambak memiliki perairan yang cenderung lebih terisolasi dan air yang masuk cukup terbatas sehingga mikroplastik yang diduga berasal dari sisa-sisa aktivitas tambak akan tetap terakumulasi di tambak. Berbeda halnya dengan muara sungai dan laut terbuka yang memiliki arus yang kuat yaitu berkisar 0,1 – 0,2 m/s dibanding tambak (0.0 m/s). Arus yang kuat diduga akan lebih mudah mentransportasikan partikel mikroplastik yang ada di kolom perairan berpindah ke tempat lain. Selain itu, laut terbuka berada jauh dari daratan sehingga masukan mikroplastik dari daratan lebih sedikit (Ayuningtyas, dkk., 2019).

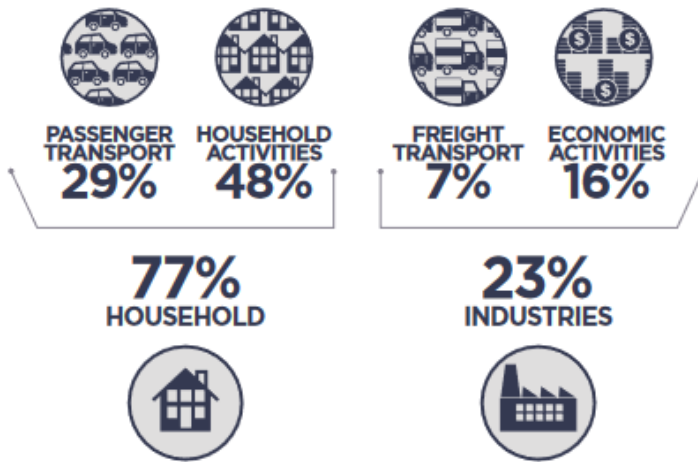
Kelly, dkk. (2020) dalam penelitiannya menemukan terdapat 96 partikel mikroplastik, rata-rata 11,71 partikel L-1. Mikroplastik yang paling umum ditemukan ialah polietilen, polipropilen, dan poliamida. Konsentrasi mikroplastik di es laut berhubungan positif dengan klorofil a, yang mana hal ini menunjukkan bahwa biomassa hidup dapat membantu memasukkan mikroplastik ke dalam es laut. Oleh karenanya es laut berpotensi menjadi reservoir mikroplastik.

Secara keseluruhan rata-rata kelimpahan mikroplastik pada perairan sebesar $57,11 \times 10^2$ partikel/m³. Jenis mikroplastik yang ditemukan baik itu pada perairan sama yaitu fragmen, fiber dan film. Kelimpahan mikroplastik jenis fragmen paling tinggi ditemukan pada semua lokasi. Hal ini dikarenakan sumber pencemaran mikroplastik jenis fragmen lebih besar, yaitu berasal dari limbah rumah tangga dan kegiatan antropogenik (Ayuningtyas, dkk., 2019).

Keberadaan mikroplastik di laut dunia menandakan bahwa sebagian besar perairan di dunia juga telah tercemar oleh mikroplastik, sebab prinsipnya semua aliran air akan mengalir menuju laut sehingga ketika laut tercemar kemungkinan besar di hulu sungai atau

hilir sungai juga tercemar. Sejalan dengan Campanale (2020) keberadaan mikroplastik yang signifikan di sungai menjadikannya rute utama transportasi mikroplastik dari lingkungan darat ke ekosistem laut.





Gambar 3.4 Pelepasan mikroplastik secara global ke laut dunia (Sumber: Boucher & Damien, 2017)

Diketahui bahwa mikroplastik yang berada di lautan 29% dari angkutan penumpang, 48% dari aktivitas rumah tangga, 7% dari angkutan penumpang dan 16% dari kegiatan ekonomi. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas manusia merupakan faktor yang paling utama masuknya mikro plastik di laut dunia.

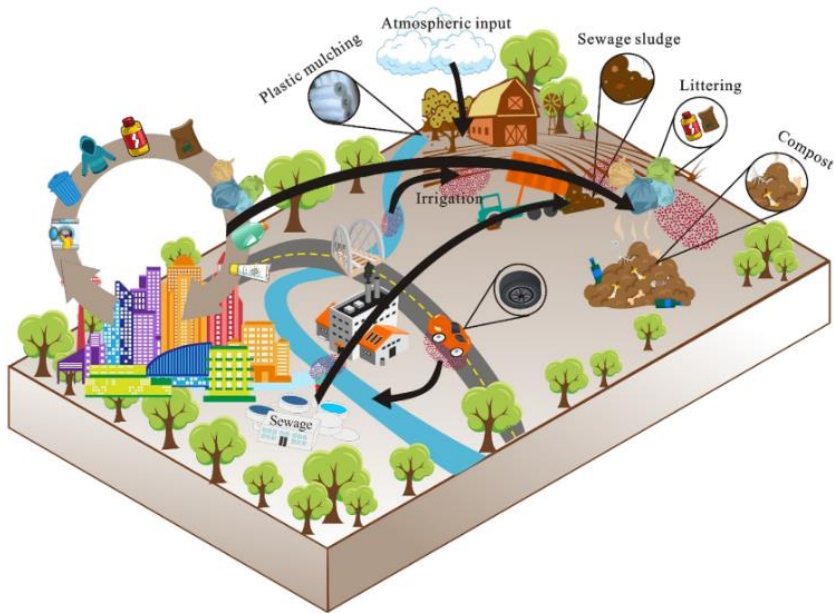
Mikroplastik di daratan

Penyebaran mikroplastik yang ada di daratan merupakan sumber utama keberadaan mikroplastik di perairan. Hal tersebut didasarkan pada banyaknya aktivitas manusia yang terjadi di darat (Yona D., dkk. 2021). Mikroplastik di darat yang merupakan hasil kegiatan rumah tangga dan industri terbawa ke dalam perairan melalui hujan lalu masuk ke dalam aliran sungai sebelum akhirnya terbuang ke lautan (Zhang, 2017; Allen, dkk., 2019). Sejalan dengan Rochman 2018 menyatakan bahwa 80% keberadaan mikroplastik yang berakhir di lautan berasal dari kegiatan di darat.

Pemrosesan limbah plastik yang tidak memadai dapat menyebabkan pecahan plastik yang lebih kecil, termasuk mikroplastik. Sampah plastik yang tidak terkelola dengan baik di tempat pembuangan sampah dapat memicu pelepasan mikroplastik ke lingkungan sekitar. Produk plastik sekali pakai, seperti kemasan makanan, gelas, dan sedotan plastik, dapat memicu peningkatan produksi mikroplastik jika tidak dibuang dengan benar. Produk kecantikan dan perawatan pribadi yang mengandung mikroplastik, seperti scrub wajah, dapat mencemari air limbah dan akhirnya mencapai lingkungan daratan.

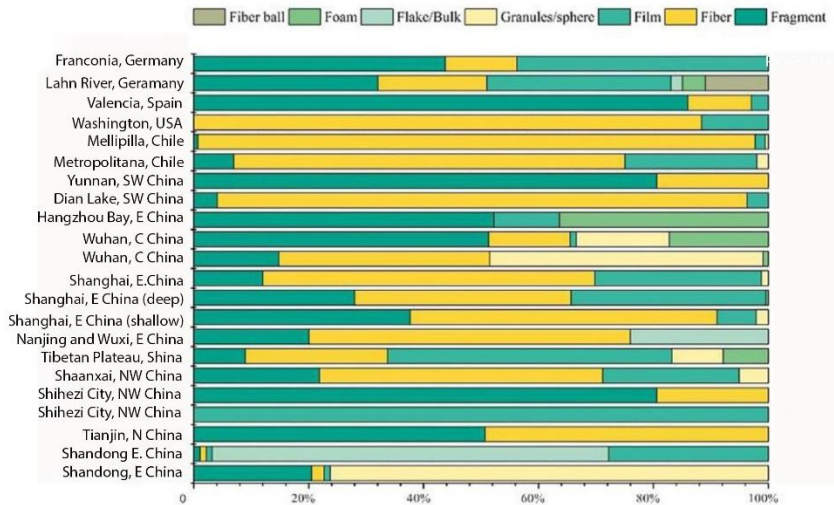
Aktivitas industri, terutama yang terkait dengan pengolahan plastik dan produksi barang konsumen, dapat menyebabkan pelepasan mikroplastik ke udara dan air, yang kemudian dapat mencemari daratan. Angin dapat membawa partikel mikroplastik ke daratan dari sumber-sumber air atau tempat pembuangan sampah. Pemakaian pupuk dan pestisida berbasis plastik, serta penggunaan mulsa plastik di pertanian, dapat menyebabkan pelepasan mikroplastik ke tanah. Penting untuk mencatat bahwa sistem penyebaran mikroplastik ini kompleks dan melibatkan interaksi antara berbagai faktor alam dan manusia.

Jumlah rata-rata limbah yang mengandung plastik yang masuk ke dalam lingkungan adalah sebesar 31,9 juta ton dan yang berhasil masuk ke dalam perairan melalui darat ialah 4,8-12,7 juta ton setiap tahunnya (Jambeck, dkk., 2015). Ini menggambarkan bahwa keberadaan sampah plastik yang juga akan terdegradasi menjadi mikroplastik sangatlah banyak di daratan. Sejalan dengan hal tersebut Rezaei, dkk. (2019) menjelaskan bahwa mikroplastik ditemukan di tanah dan sedimen yang terkikis oleh angin baik wilayah pertanian maupun alam.



Gambar 3.5 Sumber utama mikroplastik di dalam tanah
(Sumber: Yang Ling, dkk., 2021)

Pada Saat ini, sumber mikroplastik yang diketahui meliputi kompos, limbah, lumpur sumur, irigasi, mulsa plastik, sampah sembarangan, dan masukan atmosfer. Interaksi berbagai sifat mikroplastik dan faktor-faktor lingkungan mengendalikan migrasi dan retensi mikroplastik di dalam tanah. Jenis penggunaan lahan dapat mempengaruhi konsentrasi mikroplastik, sedangkan, sifat tanah (pH, kandungan bahan organik terlarut, dan besi total konten) tidak ditemukan menjadi faktor kunci yang mempengaruhi kelimpahan mikroplastik (Yang Ling, dkk., 2021). Bentuk, ukuran, dan jenis mikroplastik dapat mempengaruhi penyebarannya di dalam tanah. Bersamaan dengan air tanah bentuk mikroplastik yang mudah mengambang akan lebih memudahkannya berpindah secara vertikal (Li Haxioau dkk., 2021).



Gambar 3.6 Ringkasan karakteristik mikroplastik dalam tanah yang dikategorikan berdasarkan bentuk dirangkum dari beberapa literatur. (Sumber: Yang Ling, dkk., 2021)

Seperti yang telah ditinjau, mikroplastik terdapat dan tersebar di lingkungan tanah. Mikroplastik telah tercatat di tanah dalam skala global, termasuk Asia, Eropa, Amerika Utara, Afrika, dan Oseania. Namun, data pemantauan global mengenai mikroplastik di dalam tanah masih jauh dari memadai. Sebagian besar penelitian tentang mikroplastik di dalam tanah difokuskan pada lahan pertanian. Kelimpahan relatif mikroplastik di tanah dengan kelimpahan berkisar 1–5 kali lipat di berbagai wilayah yang berbeda, dengan kelimpahan yang tinggi yaitu 18.000–41.000 item/kg (median 34.000 item/kg) tercatat dalam lumpur yang dikumpulkan dari Chile. Mikroplastik berserat dan fragmental terdiri dari PE dan PP dengan ukuran partikel kecil (<1 mm) adalah mikroplastik yang paling umum ditemukan di tanah. Mikroplastik di dalam tanah muncul dalam berbagai warna. Terdapat beberapa kesamaan dalam karakteristik dan komposisi

mikroplastik di lingkungan tanah dan perairan, yang menunjukkan bahwa mikroplastik berasal dari sumber yang sama dan bertukar tempat (Yang Ling, dkk., 2021).

Daftar Pustaka

- A.G. Anderson, Grose J., Pahl S., Thompson R.C., & Wyles K.J. (2016). Microplastics in personal care products: Exploring perceptions of environmentalists, beauticians and students. *Marine Pollution Bulletin*, 113, 454-460.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.048>
- Allen Steve, Deonie Allen, Vernon R. Phoenix, Gaël Le Roux, Pilar Duránte Jiméneez, Anaëlle Simonneau, Stéphane Binet & Didier Galop. (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience*, 12, 339-344.
<https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5>
- Anderson Julie C., Bradley J. Park & Vince P. Place. (2016). Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. *Environmental Pollution*, 218, 269-280.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.074>
- Avio Carlo Giacomo, Stefania Gorbi, Francesco & Regoli. (2017). Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat, *Marine Environmental Research*, 128, 2-11.
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.05.012>
- Ayuningtyas Wulan Cahya, Defri Yona, Syarifah Hikmah Julianda S, Feni Irnawati. (2019). Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan di Banyurip, Gresik, Jawa Timur. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 3:1, 41-45.
<https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2019.003.01.5>
- Bank Michael S., Sophia V. Hansson. (2021). *Microplastic in the environment: Pattern and Process*. Institute of Marine Research Bergen, Norway, University of Massachusetts Amherst, USA.

- Campanale Claudia, Friederike Stock, Carmine Massarelli, Christian Kochleus, Giuseppe Bagnuolo, Georg Reifferscheid & Vito Felice Uricchio, (2020). Microplastics and their possible sources: The example of Ofanto river in Southeast Italy. *Environmental Pollution*, 258. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113284>
- Chatterjee Subhankar & Shivika Sharma. (2019). Microplastics in our oceans and marine health. *Field Actions Science Reports*, 19, 54-61.
- Hei Beibei, Mitchell Smith, Prasanna Egodawatta, Godwin A. Ayoko, Llew Rintoul & Ashantha Goonetilleke (2021). Dispersal and transport of microplastics in river sediments. *Environmental Pollution*, 279, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116884> Get rights and content
- Jambeck Jenna R., Roland Geyer, Chris Wilcox, Theodore R. Siegler, Miriam Perryman, Anthony Andrady, Ramani Narayan & Kara Lavender Law. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347, 768-771. DOI: 10.1126/science.1260352
- Joesidawati Marita Ika. (2018). Pencemaran Mikroplastik Di Sepanjang Pantai Kabupaten Tuban, Prosiding SNasPPM Universitas PGRI Ronggolawe, 3, 8-15.
- Kelly A., D. Lannuzel, T. Rodemann, K.M. Meiners & H.J. Auman. (2020). Microplastic Contamination in East Antarctic Sea Ice. *Marine Pollution Bulletin*, 154, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111130>
- Li Haixiao, Xueqiang Lu, Shiyu Wang, Boyang Zheng & Yan Xu. (2021). Vertical migration of microplastics along soil profile under different crop root systems. *Environmental Pollution*, 278, 269. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116833>

- Marganita Dia, Jarot Marwoto & Rikha Widiaratih. (2022). Kajian Pergerakan Mikroplastik dengan Parcels di Perairan Pulau Sintok Kepulauan Karimunjawa. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOECE)*, 4, 22-28. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i2.14177>
- Pohl Florian, Joris T. Enggenhuisen, Ian A, Kane, & Michael A. Clare. (2020). Transport and Burial of Microplastics in Deep-Marine Sediments by Turbidity Currents, *Environmental Science & Technology*, 54, 4180-4189. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b07527>
- Rezaei Mahrooz, Michel J.P.M. Riksen, Elham Sirjani, Abdolmajid Sameni & Violette Geissen. (2019). Wind erosion as a driver for transport of light density microplastics. *Science of the Total Environment*, 669, 273-281. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.382>
- Rillig Matthias C., Lisa Ziersch & Stefan Hempel. (2017). Microplastic transport in soil by earthworms. *Scientific Reports*, 7, 1-6. DOI:10.1038/s41598-017-01594-7
- Rochman & Chelsea M. (2018) Microplastics research-from sink to source. *Science*, 360,6384, 28-29. DOI: 10.1126/science. Aar 773
- Suriyanto, Bintal Amin & Syahril Nedi. (2020). Distribusi Mikroplastik Pada Air Laut Di Pesisir Barat Pulau Karimun Provinsi Kepulauan Riau, *Terubuk*, 48, 1-8. <http://dx.doi.org/10.31258/terubuk.48.3.613-620>
- Yang Ling, Yulan Zhang, Shichang Kang, Zhaoqing Wang & Chenxi Wu. (2021). Microplastics in soil: A review on methods, occurrence, sources, and potential risk. *Science of the Total Environment*, 780, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146546>
- Yona Defri, Mahatma Farrel Zahran, Mochamad Arif Zainul Fuad, Yuniar Ponco Prananto & Ledhyane Ika Harlyan. (2021) *Mikroplastik Di Perairan: Jenis, Metode Sampling dan Analisis Laboratorium*, UB Press, Malang.

- Zhang Hua. (2017). Transport of microplastics in coastal seas, *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 199,74-86.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.09.032>
- Zhou Qian, Haibo Zhang, Chuancheng Fu, Yang Zhou, Zhenfei Dai & Yuan Li. (2018). The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the bohai sea and the yellow sea. *Geoderma*, 322, 201-208.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.02.015>

Profil Penulis



Nur Rismawati, S.Si., M.Sc

Penulis dilahirkan di Palu pada tanggal 17 Desember 1989. Bersekolah di SMA N 1 Palu kemudian melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi dan berhasil menyelesaikan studi S1 di Prodi Ilmu Kimia Universitas Islam Indonesia pada tahun 2012. Pada tahun 2016 penulis menyelesaikan studi S2 di prodi Kimia Program Pasca Sarjana UGM. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Palu sebagai dosen pengampu mata kuliah kimia lingkungan, analisis kualitas lingkungan dan pencemaran lingkungan. Penulis aktif dalam menulis jurnal dan book chapter.

Email Penulis: nur.rismawati@gmail.com

DAMPAK LINGKUNGAN DAN KESEHATAN

Ririn Pakaya, SKM., M.P.H
Universitas Gorontalo

Pendahuluan

Penemuan plastik memberikan keuntungan signifikan dan kenyamanan bagi peradaban manusia karena sifat daya tahan, fleksibilitas, dan biaya produksinya yang rendah. Plastik telah diadopsi dalam hampir semua aspek kehidupan kita, membawa kita masuk ke dalam apa yang dikenal sebagai era plastik. Namun, pertumbuhan permintaan dan produksi plastik yang cepat telah menimbulkan masalah serius terkait dengan lingkungan global (Iroegbu et al., 2021). Pada tingkat global, produksi plastik baru-baru ini melampaui 300 juta ton . Dikarenakan sifat tahan degradasi dari bahan plastik, dampak lingkungan yang merugikan semakin memperburuk keadaan (Lu et al., 2016). Bahan plastik dapat memasuki lingkungan baik sebagai bahan produksi utama atau sebagai hasil dari pecahan puing plastik yang lebih besar. Saat bahan plastik mencapai lingkungan laut, mereka menjadi ancaman serius bagi kehidupan laut. Mikroplastik, yang didefinisikan sebagai partikel plastik dengan diameter kurang dari 5 mm, menjadi salah satu aspek utama dari dampak negatif ini. Mikroplastik merupakan polutan lingkungan yang umum ditemukan di samudera, pulau terpencil, dan wilayah kutub. Paparan terhadap mikroplastik menjadi ancaman utama yang muncul terhadap ekosistem karena potensi dampak buruknya (Détrée & Gallardo-Escárate, 2018).

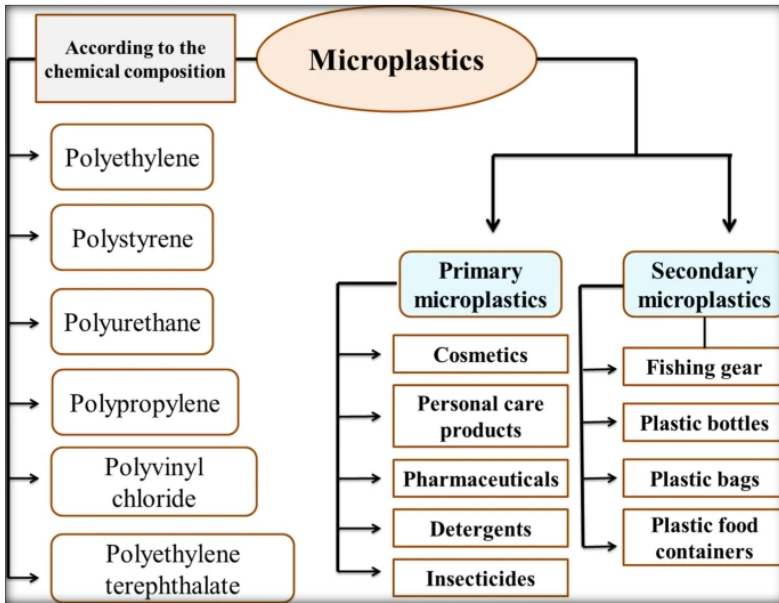
Sumber dan Distribusi Mikroplastik

Saat ini, plastik menjadi merata di semua kompartemen lingkungan (udara, air, dan tanah), terutama karena kemasan makanan yang beredar di pasaran untuk produk seperti produk susu, daging, ikan, atau minuman, termasuk air mineral, sebagian besar terbuat dari plastik. Kontak antara makanan dan kemasan plastik hampir selalu menjadi penyebab saling transfer antara wadah dan isinya. Kualitas produk makanan dipengaruhi oleh kontaminasi yang dihasilkan dari interaksi dengan zat-zat dalam komposisi kemasan, kadang-kadang mengganda perubahan kualitas nutrisi dan memengaruhi keamanan konsumsi (Pradeau, 2006). Keberadaan mikroplastik telah terdeteksi di ekosistem tanah, perairan permukaan, sedimen pantai (Faure et al., 2015), pasir pantai (Browne et al., 2008), sedimen air tawar, dan lingkungan laut dalam (Woodall et al., 2014); bahkan hujan dan salju mengandung jumlah mikroplastik yang signifikan yang kadang-kadang tidak terlihat oleh mata manusia. Memang, eksploitasi intensif plastik bersama dengan kinerja buruk sistem pengelolaan sampah, termasuk pengumpulan dan tangkapan sampah di akhir masa pakai, telah menyebabkan akumulasi besar limbah plastik di lingkungan. Pelepasan bahan plastik ke lingkungan diakui sebagai masalah polusi penting (Lambert & Wagner, 2016) (Ziani et al., 2023).

Sumber Mikroplastik:

Air merupakan sumber daya yang sangat penting di permukaan bumi, sangat krusial untuk semua kegiatan industri, pertanian, dan manusia, serta proses biologis semua makhluk non-manusia, untuk menjaga kehidupan (Eltaweil et al., 2022). Meskipun air meliputi lebih dari dua pertiga permukaan bumi, hanya 0,1% yang tersedia sebagai air tawar untuk semua organisme

hidup, termasuk manusia. Terlepas dari ketersediaan aktual sumber daya air tawar, manusia secara dramatis mengganggu ekosistem alami dan mencemari air ini dengan membuang jumlah besar berbagai jenis pencemar air, termasuk organik seperti limbah farmasi, zat pewarna, plastik, dan pestisida, dan limbah anorganik, seperti logam berat, ke dalam berbagai badan air. Akibatnya, pencemar-pencemar ini dan upaya remediasi mereka mulai menarik perhatian peneliti dengan penyelidikan berbagai teknik pengolahan air. Mikroplastik, partikel plastik kecil yang ukurannya kurang dari 5 mm, ditemukan memiliki dampak negatif yang signifikan baik pada kesehatan manusia maupun lingkungan. Istilah "mikroplastik" pertama kali diperkenalkan 19 tahun yang lalu oleh (Thompson et al., 2004), yang mempelajari polusi plastik di lautan di Inggris. Sejak itu, mikroplastik telah menarik perhatian komunitas ilmiah, pemerintah, organisasi non-pemerintah, dan lainnya. Sementara plastik adalah bahan yang relatif baru yang mulai digunakan pada paruh kedua abad terakhir (Osman et al., 2020), produksi dan penggunaan berlebihan dalam berbagai produk dan industri telah menyebabkan ancaman besar terhadap lingkungan. Mikroplastik primer, seperti mikrobubiran kosmetik yang digunakan dalam pencuci muka, sengaja dibuat kecil dan oleh karena itu diklasifikasikan sebagai mikroplastik (Wang et al., 2019). Nanoplastik menjadi perhatian khusus karena menimbulkan risiko yang lebih besar bagi organisme hidup daripada mikroplastik karena kelimpahannya yang lebih tinggi dan reaktif. Ukurannya yang kecil memungkinkan mereka dengan mudah menembus sel hidup dan mencapai lokasi terpencil, memperparah potensi bahayanya (Sharma & Chatterjee, 2017).



Gambar 4.1 Mikroplastik berdasarkan komposisi Kimia

Sumber Gambar: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8922008/>

Gambar diatas menunjukkan diagram yang menjelaskan jenis-jenis mikroplastik berdasarkan komposisi kimianya. Berikut adalah penjelasannya:

Jenis Mikroplastik:

1. Primer: Mikroplastik yang diproduksi dalam bentuk kecil, seperti manik-manik plastik yang digunakan dalam kosmetik.
2. Sekunder: Mikroplastik yang terbentuk dari fragmentasi plastik yang lebih besar, seperti botol plastik dan kantong plastik.

Komposisi Kimia Mikroplastik:

1. Polietilena (PE): Jenis mikroplastik yang paling umum, digunakan dalam berbagai produk seperti botol plastik, kantong plastik, dan film plastik.

2. Polistirena (PS): Digunakan dalam produk seperti styrofoam, wadah makanan, dan mainan.
3. Poliuretana (PU): Digunakan dalam produk seperti kasur, bantal, dan spons.
4. Polipropilena (PP): Digunakan dalam produk seperti botol plastik, wadah makanan, dan tali.
5. Polivinil klorida (PVC): Digunakan dalam produk seperti pipa, jendela, dan mainan.
6. Polyethylene terephthalate (PET): Digunakan dalam produk seperti botol minuman, wadah makanan, dan serat tekstil.

Sumber Mikroplastik:

1. Kosmetik: Manik-manik plastik dalam produk seperti scrub wajah dan pasta gigi.
2. Peralatan pancing: Jaring pancing dan tali pancing yang terbuat dari plastik.
3. Produk perawatan pribadi: pasta gigi, sabun, dan sampo yang mengandung mikroplastik.
4. Botol plastik: Botol air minum, botol minuman ringan, dan botol jus.
5. Kantong plastik: Kantong belanja plastik dan kantong sampah plastik.
6. Produk farmasi: Kapsul dan tablet obat yang dilapisi plastik.
7. Deterjen: Deterjen cuci pakaian dan deterjen pencuci piring yang mengandung mikroplastik.
8. Insektisida: Mikroplastik digunakan sebagai pembawa pestisida.

Diagram ini tidak menunjukkan semua jenis mikroplastik yang ada. Ukuran mikroplastik berkisar antara 1 mikrometer (μm) hingga 5 milimeter (mm). Mikroplastik dapat mencemari lingkungan dan membahayakan hewan dan manusia.

Berikut adalah tabel yang memuat sumber pencemaran mikroplastik beserta penjelasan rinci untuk setiap sumbernya:

Tabel 4.1 Sumber Pencemaran Mikroplastik beserta Setiap Sumbernya

No.	Sumber Pencemaran Mikroplastik	Penjelasan Rinci
1	Penguraian limbah plastik	Plastik yang dibuang ke lingkungan mengalami degradasi fisik dan kimia, membentuk fragmen plastik berukuran mikro.
2	Ban mikroplastik dalam produk konsumen	Produk seperti pasta gigi dan scrub wajah mengandung butiran mikroplastik yang dapat masuk ke air dan berdampak negatif pada ekosistem perairan.
3	Serat plastik dari pakaian sintetis	Pakaian sintetis seperti fleece melepaskan serat mikroplastik selama pencucian, yang dapat mencampur dengan air dan masuk ke sistem air.
4	Industri dan pembuangan sampah	Proses industri, termasuk produksi dan pengolahan plastik, dapat melepaskan mikroplastik ke udara dan air. Pembuangan sampah yang tidak tepat juga dapat menjadi sumber mikroplastik.

5	Pelepasan langsung dari produk plastik	Produk plastik seperti kemasan, peralatan rumah tangga, dan mainan dapat melepaskan mikroplastik selama pemakaian dan degradasi alami.
6	Pertanian (pupuk dan pestisida plastik)	Pemakaian pupuk dan pestisida plastik di pertanian dapat menyebabkan pelepasan mikroplastik ke lingkungan, terutama melalui tanah dan air.
7	Cat dan bahan bangunan	Cat dan bahan bangunan yang mengandung partikel plastik dapat melepaskan mikroplastik saat mengalami degradasi, terutama ketika terkena cuaca ekstrem atau paparan lingkungan lainnya.

Tabel ini memberikan gambaran komprehensif tentang berbagai sumber pencemaran mikroplastik bersama dengan penjelasan mendalam untuk memahami dampak setiap sumber terhadap lingkungan.

Distribusi di Lingkungan:

Penyebaran Mikroplastik di Berbagai Ekosistem:

1. Perairan Laut

Transportasi Melalui Sungai: Sungai menjadi jalur utama bagi mikroplastik untuk mencapai laut. Limbah plastik dari aktivitas manusia di darat dapat terbawa melalui sungai dan mencemari perairan laut.

Pemecahan dari Besar ke Kecil: Plastik besar yang mencemari laut mengalami degradasi menjadi mikroplastik melalui eksposur terhadap elemen lingkungan dan proses alami.

2. Darat

Mikroplastik dapat mencemari tanah melalui pemakaian pupuk dan pestisida plastik di pertanian. Pencemaran juga terjadi melalui pelepasan langsung dari limbah plastik dan produk konsumen di lingkungan darat.

Aerasi Udara: Partikel mikroplastik yang sangat kecil dapat terbawa oleh angin dan tersebar di udara, menciptakan kontaminasi mikroplastik di lingkungan udara.

3. Udara

- a. Pelepasan dari Produk dan Proses Industri: Proses industri, pembakaran sampah plastik, dan pelepasan langsung dari produk plastik dapat menyebabkan partikel mikroplastik tersebar di udara. Ini dapat terjadi baik di daerah perkotaan maupun pedesaan.
- b. Presipitasi: Mikroplastik yang terbawa oleh udara dapat turun kembali ke tanah melalui presipitasi (hujan atau salju), menciptakan lingkungan terkontaminasi.

4. Akuatik dan Ekosistem Air Tawar

- a. Limbah Industri: Limbah industri yang mengandung mikroplastik dapat mencemari dan menyebar di ekosistem air tawar, memengaruhi kehidupan akuatik termasuk ikan dan hewan air lainnya.
- b. Transportasi Angin: Angin juga dapat membawa mikroplastik dari daratan ke ekosistem air tawar, terutama di daerah terbuka atau rawa.

5. Ekosistem Pesisir

- a. Pemukiman Manusia: Aktivitas manusia di wilayah pesisir, seperti pemukiman dan industri, dapat menyebabkan pelepasan mikroplastik ke laut. Hal ini menciptakan tantangan ekstra bagi ekosistem pesisir yang rentan terhadap dampak mikroplastik.
- b. Penyebaran mikroplastik di berbagai ekosistem menunjukkan kompleksitas tantangan lingkungan yang dihadapi oleh aktivitas manusia. Penanganan masalah ini membutuhkan upaya kolaboratif secara global untuk mengurangi produksi plastik, meningkatkan pengelolaan limbah, dan mencari solusi inovatif untuk membersihkan dan mencegah pencemaran mikroplastik di seluruh dunia.

Dampak Mikroplastik terhadap Lingkungan dan Kesehatan

1. Pencemaran Perairan Laut:

- a. Terserap oleh Organisme Laut: Partikel mikroplastik dapat diakumulasi oleh organisme laut seperti fitoplankton, zooplankton, dan ikan kecil. Melalui rantai makanan, mikroplastik dapat mencapai organisme laut yang lebih besar, termasuk ikan yang sering dikonsumsi oleh manusia.
- b. Gangguan pada Ekosistem: Mikroplastik dapat menyebabkan gangguan pada ekosistem laut dengan mengganggu fungsi organisme laut dan mengurangi kemampuan mereka untuk mendapatkan makanan.

2. Pencemaran Perairan Darat:
 - a. Terendap di Tanah: Mikroplastik dapat terbawa oleh air hujan dan mencapai sumber air tawar, seperti sungai dan danau. Di daratan, mikroplastik dapat terendap di tanah, menciptakan risiko kontaminasi pada ekosistem darat dan tanaman.
 - b. Dampak pada Fauna Darat: Hewan darat seperti burung dan mamalia kecil dapat terpapar mikroplastik melalui air minum atau konsumsi makanan yang terkontaminasi.
3. Pencemaran Udara:
 - a. Pelepasan dari Produk Plastik: Produk plastik yang terurai menjadi mikroplastik dapat dilepaskan ke udara melalui proses abrasi dan degradasi. Partikel-partikel mikroplastik ini dapat tersebar di atmosfer dan akhirnya jatuh ke tanah atau air.
 - b. Inhalasi oleh Manusia: Mikroplastik yang terendap di udara dapat diinhalasi oleh manusia, menciptakan potensi dampak kesehatan karena partikel-partikel tersebut dapat mencapai saluran pernapasan.
4. Pengaruh pada Kesehatan Manusia:
 - a. Konsumsi Melalui Makanan: Manusia dapat terpapar mikroplastik melalui konsumsi makanan dan minuman yang terkontaminasi, terutama ikan, air, dan makanan laut lainnya. Risiko kesehatan jangka panjang akibat paparan mikroplastik masih dalam penelitian aktif.
 - b. Potensi Keracunan: Mikroplastik dapat mengandung zat kimia berbahaya yang dapat larut dalam lemak. Ketika dikonsumsi, zat-zat ini dapat diserap oleh tubuh manusia dan menciptakan potensi risiko keracunan.

5. Pengaruh pada Ekosistem dan Keanekaragaman Hayati:
 - a. Gangguan pada Siklus Nutrien: Mikroplastik dapat mengganggu siklus nutrien di ekosistem, mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan organisme. Hal ini dapat merugikan keanekaragaman hayati di ekosistem tersebut.
 - b. Pertumbuhan Bakteri dan Alga: Mikroplastik dapat menjadi tempat perlekatan bagi bakteri dan alga, menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme tertentu yang dapat mengubah dinamika ekosistem.

Pemahaman mendalam tentang dampak mikroplastik terhadap lingkungan penting untuk mengembangkan solusi dan kebijakan yang efektif dalam mengurangi penggunaan plastik dan memitigasi dampak negatifnya.

Tantangan dan Kendala dalam Mengatasi Mikroplastik

Mikroplastik adalah partikel plastik kecil yang berukuran kurang dari 5 milimeter. Mereka dapat berasal dari berbagai sumber, seperti produk plastik yang terfragmentasi, produk perawatan pribadi, dan tekstil. Mikroplastik telah menjadi masalah lingkungan yang serius karena dapat mencemari air, tanah, dan udara, serta membahayakan hewan dan manusia (Jambeck et al., 2015), (Eriksen et al., 2023).

Tabel 4.2 Tantangan dan Kendala
dalam Mengatasi Mikroplastik

No	Uraian	Tantangan	Kendala
1	Ukuran Partikel yang Kecil	Mikroplastik memiliki ukuran yang sangat kecil, dengan partikel yang kurang dari 5 mm. Ukuran ini membuatnya sulit untuk diidentifikasi, dipantau, dan dihilangkan secara efektif dari lingkungan.	Metode tradisional pengelolaan sampah dan penyaringan air tidak selalu efektif dalam menangkap partikel mikroplastik karena ukurannya yang sangat kecil.
2	Sumber yang Beragam	Sumber mikroplastik berasal dari berbagai aktivitas manusia dan proses alami, termasuk limbah industri, pembuangan sampah, penggunaan produk konsumen, dan penguraian limbah plastik.	Menentukan sumber spesifik mikroplastik dapat menjadi sulit, dan pendekatan pengelolaan yang efektif memerlukan kerjasama lintas sektor.
3	Ketahanan Terhadap	Plastik memiliki sifat ketahanan	Proses degradasi yang lambat membuat sulit untuk secara alami

	Degradasi	terhadap degradasi alami, sehingga mikroplastik dapat bertahan di lingkungan untuk waktu yang lama.	menghilangkan mikroplastik dari lingkungan, memperburuk dampaknya.
4	Keterlibatan Global	Pencemaran mikroplastik tidak mengenal batas negara, dan banyak sumbernya berasal dari aktivitas global seperti perdagangan internasional dan penggunaan produk plastik.	Dibutuhkan kerja sama internasional yang kuat dan kesepakatan global untuk mengatasi masalah ini, dan koordinasi antarnegara menjadi hal yang kompleks.
5	Keterbatasan Regulasi:	Regulasi terkait mikroplastik masih terbatas dan tidak konsisten di banyak wilayah.	Dibutuhkan upaya untuk mengembangkan dan mengimplementasikan regulasi yang kuat untuk mengurangi penggunaan plastik, membatasi pelepasan mikroplastik, dan mempromosikan praktik ramah lingkungan.
6	Kurangnya Kesadaran Publik:	Kesadaran publik mengenai dampak mikroplastik masih terbatas, dan banyak	Edukasi dan peningkatan kesadaran masyarakat perlu menjadi fokus agar dapat mendukung upaya pencegahan

		orang mungkin tidak memahami konsekuensi negatifnya.	dan pengelolaan mikroplastik.
7	Kompleksitas Rantai Makanan:	Mikroplastik dapat masuk ke dalam rantai makanan melalui organisme laut yang terkontaminasi, menciptakan risiko kesehatan manusia.	Mengelola dan mengurangi paparan mikroplastik melalui makanan memerlukan pemahaman mendalam tentang interaksi kompleks dalam ekosistem dan rantai makanan.

Dalam mengatasi tantangan ini memerlukan pendekatan yang holistik, melibatkan pemerintah, industri, masyarakat sipil, dan lembaga internasional dalam upaya bersama untuk mengurangi dampak mikroplastik dan melindungi lingkungan.

Upaya Mitigasi dan Perlindungan

Pendekatan Inovatif: Pemaparan tentang pendekatan inovatif dalam pengurangan penggunaan plastik, daur ulang, dan pengembangan material ramah lingkungan.

Keterlibatan Masyarakat: Diskusi mengenai peran masyarakat dalam mendukung upaya mitigasi mikroplastik, termasuk edukasi dan perubahan perilaku konsumen.

Upaya Mitigasi dan Perlindungan dalam Pencemaran Mikroplastik antara lain:

Mitigasi:

1. Pengurangan Sumber:

- a. Pengurangan penggunaan plastik sekali pakai: Mendorong penggunaan produk alternatif yang ramah lingkungan, seperti tas belanja kain, botol minum isi ulang, dan sedotan bambu.
- b. Pelarangan produk plastik tertentu: Melarang penggunaan produk plastik sekali pakai, seperti kantong plastik, styrofoam, dan sedotan plastik.
- c. Penerapan regulasi yang lebih ketat: Menetapkan regulasi yang mengatur produksi, penggunaan, dan pengelolaan plastik.
- d. Pengembangan produk plastik yang mudah terurai: Mendukung penelitian dan pengembangan produk plastik yang mudah terurai dan ramah lingkungan.

2. Pengolahan Limbah:

- a. Meningkatkan sistem pengolahan air limbah: Meningkatkan infrastruktur dan teknologi pengolahan air limbah untuk meminimalisir mikroplastik yang terbuang ke lingkungan.
- b. Penerapan sistem pengolahan sampah plastik: Membangun infrastruktur dan teknologi untuk mendaur ulang sampah plastik dan mencegahnya mencemari lingkungan.
- c. Pengembangan teknologi filtrasi: Mendukung penelitian dan pengembangan teknologi filtrasi yang dapat menyaring mikroplastik dari air dan tanah.

Perlindungan:

1. Meningkatkan Kesadaran Masyarakat:
 - a. Kampanye edukasi publik: Melakukan kampanye edukasi publik tentang bahaya mikroplastik dan cara-cara untuk mengurangi penggunaannya.
 - b. Penyediaan informasi yang mudah diakses: Menyediakan informasi yang mudah diakses tentang bahaya mikroplastik dan solusi pencemarannya.
 - c. Pelibatan masyarakat dalam kegiatan bersih-bersih: Mengadakan kegiatan bersih-bersih lingkungan untuk mengurangi sampah plastik.
2. Penelitian dan Pengembangan:
 - a. Penelitian tentang dampak mikroplastik: Melakukan penelitian lebih lanjut tentang dampak mikroplastik terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.
 - b. Pengembangan teknologi remediasi: Mendukung penelitian dan pengembangan teknologi untuk membersihkan mikroplastik dari lingkungan.
 - c. Pengembangan alternatif plastik: Mendukung penelitian dan pengembangan bahan alternatif plastik yang ramah lingkungan.
3. Kerjasama Internasional:
 - a. Memperkuat kerjasama internasional: Memperkuat kerjasama antar negara dalam mengatasi pencemaran mikroplastik.
 - b. Berbagi informasi dan teknologi: Berbagi informasi dan teknologi tentang pencegahan dan penanggulangan pencemaran mikroplastik.

- c. Mengembangkan kebijakan global: Mengembangkan kebijakan global yang mengatur penggunaan plastik dan pencemaran mikroplastik.

Pencegahan pencemaran mikroplastik membutuhkan upaya bersama dari semua pihak, mulai dari pemerintah, industri, akademisi, hingga masyarakat. Dengan upaya mitigasi dan perlindungan yang tepat, kita dapat menjaga kelestarian lingkungan dan melindungi kesehatan manusia (Gao et al., 2022), (Pan et al., 2023).

Kesimpulan

Kesadaran akan bahaya mikroplastik telah meningkat pesat dalam beberapa tahun terakhir. Sebuah survei global menunjukkan bahwa 87% orang kini aware tentang bahaya mikroplastik, dibandingkan dengan hanya 52% pada tahun 2018. Mikroplastik telah ditemukan di hampir semua ekosistem di planet ini, termasuk di lautan terdalam dan di puncak gunung tertinggi. Diperkirakan bahwa 14 juta ton mikroplastik memasuki lautan setiap tahunnya. Pemerintah dapat memainkan peran penting dalam mengatasi masalah mikroplastik dengan menerapkan peraturan yang lebih ketat tentang penggunaan plastik dan dengan mendanai penelitian tentang solusi inovatif.

Industri dapat membantu mengurangi dampak mikroplastik dengan mengembangkan produk yang lebih ramah lingkungan dan dengan berinvestasi dalam teknologi daur ulang yang lebih baik. Masyarakat dapat membantu mengurangi penggunaan plastik dengan membawa tas belanja sendiri, dengan menghindari produk yang mengandung mikroplastik, dan dengan mendaur ulang plastik dengan benar. Dalam mengatasi masalah mikroplastik membutuhkan kerjasama dan kolaborasi dari semua pihak. Hanya dengan bekerja sama, kita dapat melindungi lingkungan dan kesehatan manusia untuk generasi mendatang.

Daftar Pustaka

- Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M., & Thompson, R. C. (2008). Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L). *Environmental Science & Technology*, 42(13), 5026–5031. <https://doi.org/10.1021/es800249a>
- Détrée, C., & Gallardo-Escárate, C. (2018). Single and repetitive microplastics exposures induce immune system modulation and homeostasis alteration in the edible mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Fish & Shellfish Immunology*, 83, 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.09.018>
- Eltaweil, A. S., Abdelfatah, A. M., Hosny, M., & Fawzy, M. (2022). Novel Biogenic Synthesis of a Ag@Biochar Nanocomposite as an Antimicrobial Agent and Photocatalyst for Methylene Blue Degradation. *ACS Omega*, 7(9), 8046–8059. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c07209>
- Eriksen, M., Cowger, W., Erdle, L. M., Coffin, S., Villarrubia-Gómez, P., Moore, C. J., Carpenter, E. J., Day, R. H., Thiel, M., & Wilcox, C. (2023). A growing plastic smog, now estimated to be over 170 trillion plastic particles afloat in the world's oceans—Urgent solutions required. *PLOS ONE*, 18(3), e0281596. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281596>
- Faure, F., Saini, C., Potter, G., Galgani, F., de Alencastro, L. F., & Hagmann, P. (2015). An evaluation of surface micro- and mesoplastic pollution in pelagic ecosystems of the Western Mediterranean Sea. *Environmental Science and Pollution Research International*, 22(16), 12190–12197. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4453-3>
- Gao, W., Zhang, Y., Mo, A., Jiang, J., Liang, Y., Cao, X., & He, D. (2022). Removal of microplastics in water: Technology progress and green strategies. *Green Analytical Chemistry*, 3, 100042. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.greeac.2022.100042>

- Iroegbu, A. O. C., Ray, S. S., Mbarane, V., Bordado, J. C., & Sardinha, J. P. (2021). Plastic Pollution: A Perspective on Matters Arising: Challenges and Opportunities. *ACS Omega*, 6(30), 19343–19355. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c02760>
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Lambert, S., & Wagner, M. (2016). Characterisation of nanoplastics during the degradation of polystyrene. *Chemosphere*, 145, 265–268. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.11.078>
- Lu, Y., Zhang, Y., Deng, Y., Jiang, W., Zhao, Y., Geng, J., Ding, L., & Ren, H. (2016). Uptake and Accumulation of Polystyrene Microplastics in Zebrafish (*Danio rerio*) and Toxic Effects in Liver. *Environmental Science & Technology*, 50(7), 4054–4060. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b00183>
- Osman, A. I., Farrell, C., Al-Muhtaseb, A. H., Al-Fatesh, A. S., Harrison, J., & Rooney, D. W. (2020). Pyrolysis kinetic modelling of abundant plastic waste (PET) and in-situ emission monitoring. *Environmental Sciences Europe*, 32(1), 112. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00390-x>
- Pan, Y., Gao, S.-H., Ge, C., Gao, Q., Huang, S., Kang, Y., Luo, G., Zhang, Z., Fan, L., Zhu, Y., & Wang, A.-J. (2023). Removing microplastics from aquatic environments: A critical review. *Environmental Science and Ecotechnology*, 13, 100222. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2022.100222>
- Pradeau, D. (2006). [Migration of plastic material components into food]. *Annales pharmaceutiques francaises*, 64(5), 350–357. [https://doi.org/10.1016/s0003-4509\(06\)75328-7](https://doi.org/10.1016/s0003-4509(06)75328-7)

- Sharma, S., & Chatterjee, S. (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(27), 21530–21547. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9910-8>
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., McGonigle, D., & Russell, A. E. (2004). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 304(5672), 838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>
- Wang, T., Zou, X., Li, B., Yao, Y., Zang, Z., Li, Y., Yu, W., & Wang, W. (2019). Preliminary study of the source apportionment and diversity of microplastics: Taking floating microplastics in the South China Sea as an example. *Environmental Pollution*, 245, 965–974. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.110>
- Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L. J., Coppock, R., Sleight, V., Calafat, A., Rogers, A. D., Narayanaswamy, B. E., & Thompson, R. C. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, 1(4), 140317. <https://doi.org/10.1098/rsos.140317>
- Ziani, K., Ioniță-Mîndrican, C.-B., Mititelu, M., Neacșu, S. M., Negrei, C., Moroșan, E., Drăgănescu, D., & Preda, O.-T. (2023). Microplastics: A Real Global Threat for Environment and Food Safety: A State of the Art Review. *Nutrients*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/nu15030617>

Profil Penulis



Ririn Pakaya, SKM., M.P.H

lahir di Limboto, 27 Mei 1989, Pendidikan dasar, SMP dan SMA diselaikan di Kecamatan Limboto Kabupaten Gorontalo. Penulis melanjutkan Pendidikan S-1 pada Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Gorontalo tahun 2007 dan memperoleh gelar sarjana Kesehatan Masyarakat (SKM) Tahun 2011. Penulis melanjutkan studi pada jenjang strata 2 magister pada Program studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Gadjah Mada Tahun 2014 dan memperoleh gelar Master of Public Health (M.P.H) tahun 2016. Saat ini penulis sedang melanjutkan studi Doktor (S3) pada program studi Ilmu Kedokteran dan Kesehatan pada Fakultas Kedokteran Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan Universitas Gadjah Mada. Penulis merupakan dosen tetap pada Perguruan Tinggi Universitas Gorontalo sejak Tahun 2011 hingga saat ini. Kegiatan akademisi (pengajaran, penelitian dan pengabdian) penulis terutama berkaitan erat dengan Kesehatan lingkungan, analisis kualitas lingkungan, Sanitasi tempat-tempat umum, Demam berdarah dengue, Penyakit akibat lingkungan, Personal Hygiene dan Perubahan Iklim. Saat ini Penulis juga aktif sebagai anggota The Climate Reality Project Indonesia dan Ikatan Ahli Kesehatan Masyarakat Indonesia.

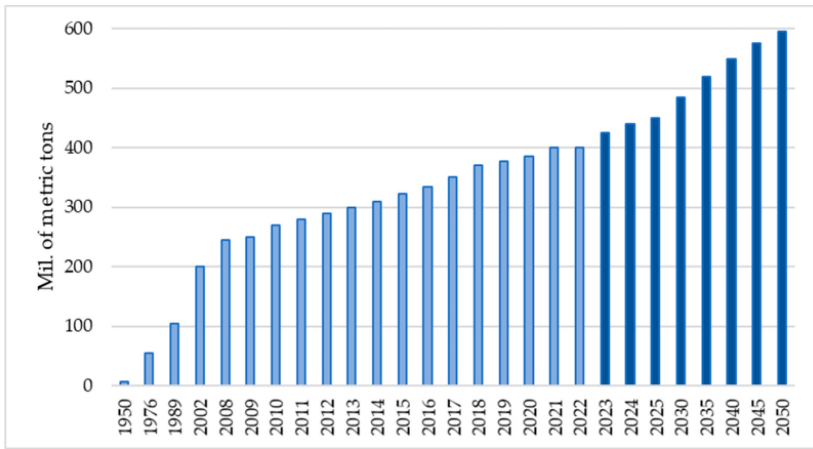
Email Penulis: ririn.pakaya@mail.ugm.ac.id

METODE DETEKSI DAN ANALISIS MIKROPLASTIK

Dr. Susilowati, S.T, M.T.
Universitas Bandar Lampung

Pendahuluan

Pencemaran mikroplastik akhir-akhir ini dinyatakan sebagai kontaminan yang luar biasa dari semua komponen lingkungan. Pencemaran mikroplastik karena tingginya minat atas permintaan plastik sehingga plastik terus diproduksi. Sifatnya yang unik yaitu ringan, tahan lama, serba guna dan biaya produksi yang rendah menyebabkan produksi plastik meningkat. Tercatat bahwa produksi plastik dunia hampir dua kali lipat dalam dua puluh tahun terakhir menjadi sekitar 400 juta ton per tahun (Gambar 5.1). Sebagian dari limbah plastik dibuang ke lingkungan, masalah yang diperburuk oleh penggunaan umum produk plastik yang tidak dikelola dengan baik dan dibuang secara tidak tepat.



Gambar 5.1. Perkiraan produksi plastik di seluruh dunia dari tahun 1950 hingga 2050 dalam jutaan metrik ton (Vlatka Mikulec et.al, 2023)

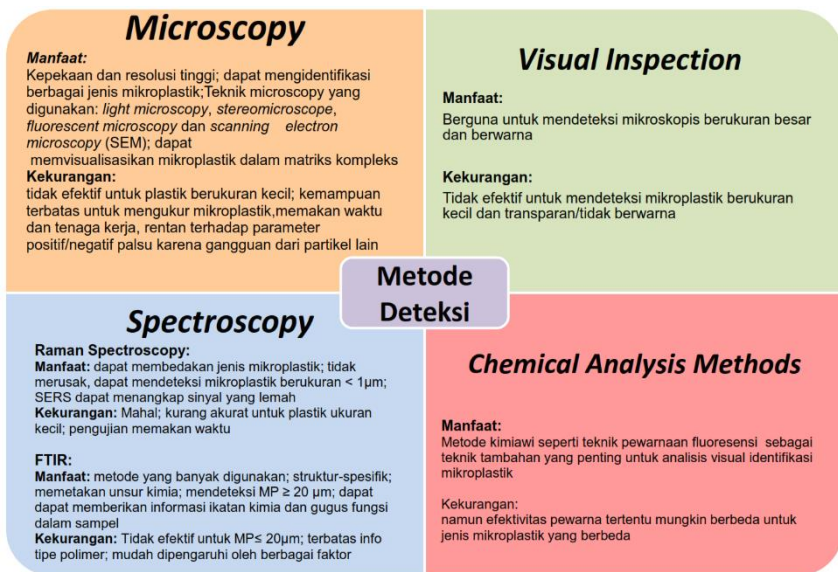
Mikroplastik merupakan partikel plastik atau fiber dengan ukuran < 5 mm. Tipe mikroplastik ini ada 2, yakni primer dan sekunder. Mikroplastik primer diproduksi dalam ukuran yang sangat kecil, contohnya Polyethylene microbeads yang banyak terdapat pada produk kecantikan. Sedangkan mikroplastik sekunder berasal dari degradasi plastik sekali pakai yang berukuran lebih besar. Selain itu, ada juga serat mikroplastik yang merupakan serat sintetis seperti polyester atau nylon dan umum digunakan sebagai pakaian, furnitur, senar pancing, dan jaring ikan. Karena ukurannya yang sangat kecil, mikroplastik dapat ditemui di mana saja. Dari perairan tropis hingga Arktik, dari pantai yang akrab dengan aktivitas antropogenik sampai laut dalam yang tidak terjamah manusia.

Mikroplastik mengandung berbagai zat aditif yang berbahaya bagi kesehatan. Potensi bahaya mikroplastik pada kesehatan manusia adalah memicu pertumbuhan

tumor, penghambat sistem imun, dan mengganggu sistem reproduksi. Saat ini, polusi udara juga mengandung mikroplastik berukuran 10 – 25 mm yang dapat terakumulasi di saluran pernafasan dan paru-paru sehingga akan mengganggu sistem pernapasan. Jika tertelan oleh mamalia laut karena menyerupai mangsa alaminya, mikroplastik dapat mengakibatkan rusaknya organ pencernaan karena sulit atau tidak bisa dicerna, mengurangi cadangan energi pada tubuh, dapat mengganggu sistem reproduksi, dan yang paling fatal dapat menyebabkan kematian. Baru-baru ini para peneliti di Jepang menemukan adanya mikroplastik di awan, dengan konsekuensi bahwa hujan yang turun juga membawa cemaran partikel ini. Keberadaan mikroplastik di awan dan atmosfer ini juga berpotensi menambah pemanasan global. Radiasi ultraviolet yang kuat di atmosfer akan mempercepat penguraian mikroplastik. Saat terurai, mikroplastik melepas gas rumah kaca, seperti metana dan karbon dioksida ke atmosfer dan akan memperburuk pemanasan global. Kendati begitu, peneliti sendiri perlu melakukan penelitian lebih lanjut terkait dampak mikroplastik di atmosfer terhadap perubahan iklim.

Metode Deteksi Mikroplastik dan Analisis Mikroplastik

Metode deteksi mikroplastik dan analisis mikroplastik yang akurat adalah kunci dan landasan dalam penanganan polusi mikroplastik. Berdasarkan hal ini, banyak teknik analisis mikroplastik telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir. Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, metode deteksi mikroplastik dapat dibagi menjadi metode deteksi *visual inspection*, *microscopy*, *spectroscopy* dan *chemical analysis methods* (lihat Gambar 5.2)



Gambar 5.2 Ilustrasi skema berbagai metode deteksi mikroplastik, manfaat dan kekurangannya berdasarkan tinjauan literatur (Bibhawari Singh et.al, 2023)

Sedangkan analisis mikroplastik dibagi menjadi teknologi karakterisasi fisik (*Physical characterization*), teknologi identifikasi komposisi kimia (*Chemical characterization*), dan teknologi analisis kuantitatif atau *Quantitative analysis* (Zike Huang et al, 2023)

Teknologi analisis karakterisasi fisik terutama mencakup analisis visual (*visual analysis*), analisis hamburan cahaya dinamis (*dynamic light scattering analysis*) dan analisis laser difraksi ukuran partikel (*laser diffraction particle size analysis*), sedangkan teknologi yang umum digunakan untuk analisis karakterisasi kimia mikroplastik antara lain mikroskop pemindai elektron-sinar-energi-dispersif X-ray (*scanning electron microscope-energy-dispersive X-ray*), Spektroskopi Fourier Transform Inframerah (*fourier transform infrared spectroscopy*), spektroskopi Raman (*Raman spectroscopy*), analisis termal (*thermal analysis*), spektrometri massa (*mass spectrometry*) dll. Teknologi mengukur konsentrasi

kuantitatif mikroplastik mencakup analisis visual (*visual analysis*), pengukuran aliran sitometri (*flow cytometry measurements*), spektroskopi (*spectroscopy*), analisis termal (*thermal analysis*), spektroskopi massa (*mass spectrometry*) dan metode indeks (*index method*). Berdasarkan komparasi metode deteksi Tabel 5.1. dapat dilihat bahwa setiap instrumen analisis untuk mengidentifikasi memiliki keterbatasan masing-masing. Variasi metode pengambilan sampel, ekstraksi, kuantifikasi, dan identifikasi serta penjaminan mutu analisis masih menjadi hambatan untuk mendapatkan hasil yang valid. Ragam metode identifikasi juga memberikan akurasi yang bervariasi. Faktor lain yang menjadikan identifikasi mikroplastik sangat menantang adalah karena ukurannya yang sangat kecil dan sangat beragam, yaitu 0,1 μm -5000 μm (Brate et al., 2017)

Tabel 5.1 Komparasi Berbagai Jenis Metode Identifikasi Mikroplastik

Metode	Prinsip	Kelebihan	Kelemahan
Visual Identification	Pengamatan secara langsung pada pecahan plastik berukuran 2-5 mm dengan mata telanjang	Mudah, sederhana dan cepat	Mikroplastik kurang/tidak dapat diamati dengan baik
Scanning Electron Microscopy (SEM)	Pemindaian berkas elektron yang berinteraksi dengan sampel sehingga menghasilkan berbagai sinyal yang dapat digunakan untuk memperoleh informasi tentang topografi permukaan dan komposisi	Dapat memberikan gambar partikel seperti plastik dengan pembesaran tinggi dan sangat jelas	Peralatan mahal, time consuming, terbatas untuk mikroplastik tipis

Attenuated Total Reflection-Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR)	Refleksi internal total di mana cahaya inframerah (IR) dan sampel berinteraksi hanya pada titik di mana cahaya IR dipantulkan.	Menghasilkan spektrum yang stabil dari permukaan mikroplastik yang tidak beraturan	Hanya cocok untuk menganalisis partikel yang lebih besar dari 500 μm , tekanan yang dihasilkan oleh probe ATR dapat merusak mikroplastik yang sangat lapuk atau rapuh, hanya menganalisis pada titik tertentu (time consuming)
Micro-FTIR	Identifikasi dan penghitungan partikel mikroplastik langsung pada kertas saring setelah dikeringkan pada suhu 60 ° C	Data berkualitas tinggi dan menghemat waktu pengukuran, dapat mendeteksi partikel plastik hingga ukuran 20 μm dan mencakup area permukaan filter yang besar (diameter >10 mm)	Kurang baik dalam memperoleh spektrum mikroplastik dengan bentuk tidak beraturan
Raman Spectroscopy	Penembakan sinar laser terhadap sampel sehingga menghasilkan frekuensi cahaya	Menyediakan profil komposisi polimer dari setiap sampel	Sensitif terhadap bahan kimia aditif dan pigmen dalam mikroplastik sehingga mengganggu identifikasi jenis polimer
Pyrolysis-GC/MS	Pemecahan sampel dengan pemanasan sehingga menjadi fragmen/komponen stabil yang lebih kecil (pirolisat) kemudian dipisahkan secara kromatografis	Dapat menganalisis jenis polimer dan aditif organik mikroplastik secara bersamaan	Hanya dapat mendeteksi satu partikel pada satu waktu (time consuming), dibatasi oleh ukuran lubang tabung pirolisis (< 1mm)

TDS-GC/MS	Desorpsi termal pada dasarnya melibatkan pengumpulan senyawa organik yang mudah menguap ke absorben, dan kemudian memanaskan absorben ini dalam aliran gas untuk melepaskan senyawa dan memusatkannya ke dalam volume yang lebih kecil.	Dibandingkan dengan Pyr-GC / MS, TDS-GC / MS dapat memproses massa sampel yang lebih besar dan mengukur matriks yang lebih kompleks	Hanya dapat menghasilkan massa dari setiap jenis mikroplastik tetapi tidak dapat menghitung jumlah partikel
	Suatu metode analisis bahan dengan mempelajari sifat-sifatnya sebagai fungsi suhu dan waktu . Metode ini dapat digunakan dalam analisis karakterisasi kimia dan konsentrasi massa mikroplastik	Jumlah sampel yang dibutuhkan relatif sedikit (1 sampai 20 mg). Selain itu akurasi analisis metode ini tinggi. Dapat digabung dengan metode fourier transform infrared spectroscopy	tidak dapat digunakan untuk mengkarakterisasi sifat fisik, Proses pretreatment sampel rumit. Dan metode ini bersifat merusak terhadap sampel (karena sampel dipanaskan)

Sumber: (Shim et al., 2017; Mai et al., 2018).

Physical characterization

Dengan melakukan analisis karakterisasi fisik, dapat diketahui informasi awal tentang ukuran partikel, warna, bentuk, morfologi, derajat korosi dan derajat penuaan suatu mikroplastik (Hidalgo-Ruz et al., 2012). Beberapa teknik analisis karakteristik fisik mikroplastik yaitu *visual analysis*, *dynamic light scattering analysis* dan *laser diffraction particle size analysis*.

1. *Visual analysis*

Visual analysis adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk analisis karakterisasi fisik mikroplastik. Secara umum metode Visual analysis adalah mengamati sampel yang telah diberi perlakuan awal dengan mata telanjang atau mikroskop, dan kemudian mikroplastik dapat diklasifikasikan secara kasar dan dihitung berdasarkan warna, bentuk dan ukuran mikroplastik.

Metode visual analysis memiliki keunggulan: pengujian yang sederhana, biaya rendah, dan sedikit bahaya kimia selama pengujian. Meskipun demikian, visual analysis tidak dapat memberikan informasi mengenai komponen kimia mikroplastik. Selain itu, metode visual analysis membutuhkan waktu dan tenaga, akurasi dan efisiensi metode visual analysis relatif rendah karena hasil eksperimen mudah dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti media lingkungan, parameter lain dalam sampel, warna, bentuk, struktur mikroplastik, serta penilaian subjektif berdasarkan individu. Misalnya, jika ukuran partikel mikroplastik terlalu kecil atau sampel lingkungan mengandung parameter partikel lain, metode visual analysis tidak lagi dapat diterapkan. Oleh karena itu, metode analisis visual biasanya hanya digunakan sebagai metode tambahan dalam analisis mikroplastik, bukan sebagai metode analisis mikroplastik yang berdiri sendiri.

Visual analysis dapat dibagi menjadi analisis mata telanjang dan analisis mikroskopis. Analisis mata telanjang hanya dapat digunakan untuk identifikasi awal mikroplastik dengan ukuran partikel 1–5 mm (Shim et al., 2017) sedangkan analisis mikroskopis

dapat digunakan untuk mengidentifikasi mikroplastik dengan ukuran partikel ratusan mikron ke atas.

Mikroskop umumnya mencakup mikroskop optik dan mikroskop elektron. Mikroskop optik adalah metode analisis yang mudah dan ekonomis. Meski demikian, keakuratan mikroskop optik dalam mengidentifikasi mikroplastik masih tergolong rendah. Misalnya, tingkat kesalahan dalam mengidentifikasi mikroplastik masih di atas 20% pada mikroskop cahaya biasa (Hidalgo-Ruz et al., 2012) dan tingkat kesalahan melebihi 70% ketika mikroplastik transparan (Song et al. 2015a). Selain itu, sulit untuk menganalisis dan mengidentifikasi mikroplastik dengan ukuran partikel kurang dari 100 μm (Hidalgo-Ruz dkk. 2012; Song dkk. 2015a). Oleh karena itu, mikroskop optik sering dikombinasikan dengan mikroskop elektron untuk mengurangi tingkat kesalahan dalam mengidentifikasi mikroplastik.

Dibandingkan dengan mikroskop optik, mikroskop elektron dapat membedakan mikroplastik dari pengotor partikulat karena pembesarnya yang lebih tinggi dan pencitraan yang lebih jelas (Shim et al., 2017; Wagner et al., 2017). Misalnya, resolusi pemindaian mikroskop elektron, salah satu mikroskop elektron yang paling umum digunakan, dapat mencapai 0,1 μm (Wagner et al., 2017). Pemindaian mikroskop elektron dapat digunakan untuk mengidentifikasi mikroplastik dengan ukuran partikel serendah 1 nm (Shim et al., 2017). Namun, pemindaian gambar mikroskop elektron tidak dapat digunakan untuk menganalisis warna dan komposisi kimia mikroplastik (Eriksen et al. 2013). Oleh karena itu, pemindaian mikroskop elektron sering

dikombinasikan dengan teknik lain untuk mendapatkan informasi lebih lanjut mengenai mikroplastik. Selain itu, mikroskop elektron transmisi dapat digunakan untuk mengamati struktur halus yang lebih kecil dari $0,2 \mu\text{m}$ yang tidak dapat diamati dengan mikroskop optik. Misalnya, Gigault dkk. menggunakan hamburan cahaya dinamis dan mikroskop elektron transmisi untuk mengamati keberadaan plastik pada skala nano dalam air akibat degradasi ultraviolet (Gigault et al. 2016).

Saat ini untuk meningkatkan akurasi identifikasi mikroplastik melalui analisis visual, pewarnaan fluoresensi, sebagai teknik tambahan yang penting untuk analisis visual mikroplastik, telah diterapkan secara luas. Proses utama pewarnaan fluoresensi adalah dengan menggunakan pewarna fluoresen hidrofobik untuk mewarnai mikroplastik. Dan kemudian sampel ini di iradiasi dengan beberapa berkas cahaya tertentu di bawah mikroskop fluoresen atau mikroskop pemindaian laser confocal untuk membuat mikroplastik memancarkan fluoresensi. selanjutnya partikel fluoresen ini dapat diidentifikasi dan dihitung melalui analisis gambar (Maes et al. 2017). Singkatnya, pengembangan pewarna fluoresen baru yang dapat mengenali mikroplastik tertentu kemungkinan akan menjadi arah pengembangan penting untuk analisis mikroplastik di masa depan.

2. *Laser diffraction particle size analysis*

Dengan pesatnya perkembangan ilmu material, banyak instrumen canggih telah dikembangkan. Laser diffraction particle size analysis merupakan metode yang cepat, andal, dan otomatis, dapat digunakan untuk analisis distribusi ukuran partikel

tanah dan sedimen (Bittelli et al. 2022). Hasil eksperimennya terperinci, sangat terselesaikan, dan presisi tinggi. Teknik ini pada dasarnya tidak merusak dan sampel kritis dapat diperoleh kembali. Metode ini dapat digunakan untuk menganalisis partikel dalam rentang ukuran 0,04 μm –2000 μm . Namun beberapa kotoran dalam sampel dapat mengganggu hasil eksperimen. Selain itu, tujuan penerapan teknologi ini adalah untuk memisahkan dan mengekstraksi mikroplastik di lingkungan. Meskipun metode ini belum banyak digunakan dalam distribusi ukuran partikel mikroplastik, namun pada akhirnya metode ini akan memainkan peran penting dalam mendeteksi distribusi ukuran partikel mikroplastik seiring dengan kemajuan teknologi.

3. *Dynamic light scattering*

Metode Dynamic Light Scattering (DLS) merupakan metode pengukuran sampel partikel nano berdasarkan intensitas pergerakan partikel kemudian diolah menjadi nilai ukuran partikel. Dikarenakan berdasarkan intensitas, cara preparasi, pemilihan pelarut dan konsentrasi sampel berpengaruh dalam hal pengukuran sampel. Nanoplastik mengacu pada partikel plastik dengan ukuran partikel kurang dari 1 μm (Li et al. 2021a). Pengukuran dengan metode DLS memiliki keunggulan antara lain adalah cepat dan efisien dibandingkan dengan pengukuran yang lain.

Chemical Characterization

Mikroplastik merupakan campuran partikel plastik yang heterogen, dengan komposisi yang sangat beragam dan kompleks. Identifikasi komposisi kimia mikroplastik mengacu pada penggunaan beberapa metode untuk

menentukan gugus fungsi, berat molekul, struktur dan derajat polimerisasi polimer dalam mikroplastik. Identifikasi komposisi kimia mikroplastik sangat penting untuk penentuan metode pengolahan mikroplastik dan analisis ketertelusuran mikroplastik (Song et al., 2015b). Saat ini, teknik yang umum digunakan untuk analisis *Chemical characterization* mikroplastik meliputi *Scanning electron microscopy energy-dispersive X-ray* (Wagner et al., 2017), *Fourier transform infrared spectroscopy* (Song et al. 2015b), *Raman spectroscopy* (Araujo et al. 2018), *Thermal analysis* (Majewsky et al. 2016), *Mass spectrometry* (Weidner dan Trimpin, 2010), dan lain-lain.

1. *Scanning electron microscope-energy-dispersive X-ray*

Scanning electron microscopy adalah salah satu metode terpenting untuk analisis morfologi mikroplastik (Wagner et al. 2017). Dalam aplikasi praktis, scanning electron microscopy biasanya dikombinasikan dengan teknologi energy-dispersive X-ray. Analisis energy-dispersive X-ray merupakan teknik penting untuk menganalisis jenis dan kandungan unsur penyusun mikro suatu material (Zhao et al. 2017). Scanning electron microscopy energy-dispersive X-ray adalah teknik menjanjikan yang secara bersamaan dapat menganalisis morfologi permukaan dan komposisi unsur mikroplastik (Eriksen dkk. 2013).

Namun, masih ada beberapa kekurangan dalam pemindaian mikroskop elektron-sinar-X dispersi energi. Salah satu prasyarat penting dalam menggunakan Scanning electron microscopy energy-dispersive X-ray untuk menganalisis sampel adalah bahwa sampel harus bersifat konduktif. Namun sebagian besar mikroplastik bersifat non-konduktif. Oleh karena itu, prosedur perlakuan awal pada sampel seperti pelapisan emas diperlukan untuk

menganalisis mikroplastik menggunakan Scanning electron microscopy energy-dispersive X-ray (Fu et al., 2020). Selain itu, Scanning electron microscopy energy-dispersive X-ray tidak dapat digunakan untuk menganalisis warna mikroplastik, terkadang Scanning electron microscopy energy-dispersive X-ray mungkin tidak dapat mengidentifikasi mikroplastik karena keterbatasan teknis. Singkatnya, analisis mikroplastik menggunakan Scanning electron microscopy energy-dispersive X-ray memerlukan biaya, waktu, dan tidak efisien (Wagner dkk. 2017).

Saat ini, Scanning electron microscopy energy-dispersive X-ray biasanya hanya digunakan untuk analisis mikroplastik tertentu. Artinya penerapan Scanning electron microscopy energy-dispersive X-ray dalam analisis mikroplastik pada sampel sebenarnya masih terbatas dan perlu pengembangan lebih lanjut.

2. *Fourier transform infrared spectroscopy*

Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) adalah instrumen spektroskopi dengan sinar infra merah. Metode ini memiliki keunggulan yaitu dapat membedakan sidik jari (fingerprint) spectrum setiap polimer meskipun masih dalam bahan alaminya. Namun, metode ini juga memiliki beberapa kelemahan seperti untuk mikroplastik yang berukuran sangat kecil harus dipilih secara visual, dan ada kemungkinan partikel transparan yang kecil terlewatkan selama pemilihan. Beberapa pengembangan metode FTIR Spektroskopi yang ada juga masih terdapat kelemahan. Salah satunya adalah pada penelitian sebelumnya yang menggunakan ATR-FTIR dijumpai kelemahan yaitu time-consuming karena mendeteksi point-by-point (Shim et al., 2017).

Ada tiga cara pengujian *fourier transform infrared spectroscopy*: *specular refraction*, *transmission and attenuated total refraction* (Tagg et al. 2015). Cara pengujian dapat dipilih secara fleksibel sesuai dengan karakteristik sampel.

- a. *specular refraction* digunakan untuk menganalisa material dengan ketebalan tertentu atau tidak tembus cahaya. Cara ini cocok untuk analisis mikroplastik dalam sampel. Namun cara ini memiliki beberapa kelemahan seperti sinyal yang lemah, interferensi noise yang besar, tingkat kecocokan yang rendah dengan peta standar dan akurasi yang rendah.
- b. *transmission refraction* dapat memberikan gambar berkualitas tinggi dan efek pencitraan biasanya lebih baik daripada *specular refraction*. Namun, jika ketebalan sampel kurang dari 5 μm , keakuratan analisis *transmission refraction* menurun. Oleh karena itu, *transmission refraction* memiliki persyaratan yang tinggi pada perlakuan awal sampel dan biasanya hanya cocok untuk analisis bahan yang transparan, cukup ringan, dan tidak terlalu tipis (Prata et al. 2019).
- c. *attenuated total refraction* dapat memberikan spektrum pencitraan berkualitas tinggi dengan akurasi tinggi. Cara ini kurang rentan terhadap gangguan dari pengotor dalam sampel. Dengan demikian, cara ini memiliki persyaratan yang relatif rendah untuk perlakuan awal sampel. *attenuated total refraction* berlaku untuk analisis mikroplastik tidak beraturan atau mikroplastik dengan ukuran partikel yang sangat kecil. Namun biaya untuk *attenuated total refraction* relatif mahal. Oleh karena itu, mode ini sangat

tidak cocok untuk analisis mikroplastik skala besar (Prata et al. 2019).

FTIR memiliki keunggulan dalam analisis mikroplastik: metode analisis non-invasif, tidak terlalu merusak sampel, prosedur *pretreatment* FTIR relatif sederhana, tahan terhadap gangguan autofluoresensi dari zat lain dalam sampel, dan ramah lingkungan.

FTIR juga memiliki kekurangan dalam analisis mikroplastik: hanya dapat mengidentifikasi mikroplastik dengan ukuran partikel di atas 20 μm , rentan terhadap berbagai faktor termasuk heterogenitas mikroplastik, tingkat umur mikroplastik, dan bahan organik lainnya. Misalnya, sulit untuk menganalisis mikroplastik tidak transparan atau berwarna hitam.

3. *Raman spectroscopy*

Raman spectroscopy adalah teknik Penembakan sinar laser terhadap sampel sehingga menghasilkan frekuensi cahaya. *Raman spectroscopy* dan FTIR dapat saling melengkapi dalam mendeteksi mikroplastik *Raman spectroscopy* memiliki banyak keuntungan termasuk tingkat kerusakan sampel yang rendah, jumlah sampel yang dibutuhkan kecil, dan ramah lingkungan. Selain itu, resolusi spasial spektrum Raman hanya 1 μm . Selain itu, dibandingkan dengan *Fourier transform infrared spectroscopy*, *Raman spectroscopy* memiliki keunggulan berupa cakupan spektral yang lebih luas, rasio *signal-to-noise* yang lebih rendah, dan pita spektral yang lebih sempit, digunakan untuk mengidentifikasi mikroplastik dengan ukuran partikel di bawah 20 μm (Prata et al. 2019). Fischer dkk. menemukan bahwa spektroskopi Raman

bahkan dapat mengidentifikasi partikel berukuran hingga 500 nm dan sampel tidak perlu dikeringkan maupun didehidrasi sebelum dideteksi (Fischer et al. 2015).

Namun *Raman spectroscopy* juga memiliki beberapa kekurangan dalam mendeteksi mikroplastik: tidak dapat digunakan untuk mendeteksi sampel dengan fluoresensi, spektrum Raman yang dihasilkan oleh bahan tambahan dalam mikroplastik dan kontaminan yang teradsorpsi pada permukaan mikroplastik mungkin tumpang tindih dengan spektrum Raman polimer, sehingga mengganggu identifikasi mikroplastik, sumber cahaya laser monokromatik pada spektrometer Raman dapat menyebabkan fotodegradasi atau dekomposisi termal polimer dalam mikroplastik, sehingga mempengaruhi analisis mikroplastik, waktu deteksi *Raman spectroscopy* relatif lama karena *Raman spectroscopy* mencakup pemilihan titik dan pencitraan secara manual (Araujo et al. 2018).

4. *Thermal Analysis*

Sifat bahan bervariasi terhadap suhu dan waktu. Analisis termal merupakan teknik penting untuk menganalisis bahan dengan mempelajari hubungan fungsional dari perubahan suhu dan waktu. Saat menganalisis mikroplastik menggunakan *thermal analysis*, sampel lingkungan dipanaskan terlebih dahulu. Dengan meningkatnya suhu, mikroplastik menyerap banyak panas, yang menyebabkan polimer dalam mikroplastik berubah dari wujud padat menjadi cair atau gas secara bertahap. Kemudian, puncak endotermik muncul pada suhu tertentu. Komposisi dan jenis mikroplastik serta bahan tambahannya dapat dianalisis berdasarkan karakteristik termogram polimer karena jenis polimer

yang berbeda memiliki stabilitas termal yang berbeda (Majewsky et al. 2016).

Thermal Analysis tidak memerlukan perlakuan awal yang rumit terhadap sampel dan dapat langsung disuntikkan untuk analisis. Namun analisis termal juga memiliki beberapa kekurangan: sulit untuk mengidentifikasi beberapa polimer dengan analisis termal karena suhu transisi polimer cenderung dipengaruhi oleh percabangan polimer dan campuran lainnya dalam mikroplastik, selain itu, analisis termal tidak dapat digunakan untuk mengkarakterisasi sifat fisik mikroplastik.

5. *Mass spectrometry*

Mass spectrometry berguna untuk mengukur rasio massa terhadap muatan (m/z) dari satu atau lebih molekul yang ada dalam sampel. Pengukuran ini seringkali juga dapat digunakan untuk menghitung berat molekul yang tepat dari komponen sampel. Biasanya, spektrometer massa dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang tidak diketahui melalui penentuan berat molekul, untuk mengukur senyawa yang diketahui, dan untuk menentukan struktur dan sifat kimia suatu molekul. *Mass spectrometry* dapat dikombinasikan dengan metode lain untuk menganalisis jenis polimer dalam mikroplastik. Saat ini, teknik *Mass spectrometry* yang umum digunakan untuk menganalisis mikroplastik mencakup *pyrolysis gas chromatography-mass spectrometry*, *thermal extraction desorption-gas chromatography-mass spectrometry* dan *matrix assisted laser desorption ionization-time of flight-mass spectrometry* (Weidner and Trimpin, 2010).

Quantitative analysis

Analisis kuantitatif merupakan metode penelitian yang berbasis pada filsafat positivisme, yang mana digunakan untuk meneliti populasi atau sampel tertentu, yang umumnya pengambilan sampelnya dilakukan secara random, dan data dikumpulkan menggunakan instrumen penelitian, lalu dianalisis secara kuantitatif/statistik dengan tujuan menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Metode untuk mengukur konsentrasi kuantitatif mikroplastik terutama mencakup *Visual analysis, flow cytometry measurements* (Sorasan et al. 2021), *spectroscopy, thermal analysis, mass*.

Kesimpulan

Metode deteksi dan analisis mikroplastik yang akurat adalah kunci dan landasan dalam penanganan polusi mikroplastik. Berdasarkan hal ini, banyak teknik analisis mikroplastik telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir. Meskipun banyak kemajuan telah dicapai dalam teknologi analisis mikroplastik dalam beberapa tahun terakhir, banyak metode untuk menganalisis mikroplastik memiliki kekurangan dalam penerapan praktisnya. Selain itu, jika hanya menggunakan satu metode saat deteksi dan analisis mikroplastik, dapat mengakibatkan informasi mengenai mikroplastik tidak lengkap dan akurat. Untuk menjamin keakuratan informasi yang diperoleh mengenai mikroplastik, beberapa metode analisis sering digabungkan untuk menganalisis mikroplastik di lingkungan.

Mikroplastik memiliki karakteristik komposisi yang kompleks, ukuran partikel yang kecil, sebaran yang luas, bentuk yang beragam dan mikroplastik mudah terpengaruh oleh faktor eksternal, sehingga perlu dicatat pula bahwa pengembangan teknik pengambilan sampel mikroplastik yang terpadu dan efisien sangat penting untuk analisis mikroplastik, karena pada kenyataannya,

belum ada metode terpadu dan efektif untuk mengekstraksi mikroplastik. Oleh karena itu, pengembangan metode analisis yang cepat, akurat, berbiaya rendah, dan praktis untuk pengambilan sampel, deteksi dan analisis mikroplastik sangatlah mendesak.

Daftar Pustaka

- Araujo CF, Nolasco MM, Ribeiro AMP, Ribeiro-Claro PJA (2018). Identification of microplastics using Raman spectroscopy: latest developments and future prospects. *Water Res* 142:426–440. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.05.060>
- Brate, I. L. N. et al., 2017. Micro- and Macro-plastics in Marine Species from Nordic Waters. Denmark: The Nordic Council of Ministers. Rosendahls: 102 hlm https://orbit.dtu.dk/ws/files/137132661/Publishers_version.pdf
- Bibhawari Singh, Geetima Srivastava, Deepak Kala, Maheepinder Gill, Ankur Kaushal, Shagun Gupta (2023). Microplastics as an emerging threat to human health: Challenges and advancements in their detection. *Applied Chemical Engineering*. 6(2). 1 – 19. <https://doi.org/10.24294/ace.v6i2.2103>
- Bittelli M, Pellegrini S, Olmi R, Andrenelli MC, Simonetti G, Borrelli E, Morari F (2022) Experimental evidence of laser diffraction accuracy for particle size analysis. *Geoderma* 409:115627. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115627>
- Eriksen M, Mason S, Wilson S, Box C, Zellers A, Edwards W, Farley H, Amato S (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Mar Pollut Bull* 77:177–182. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.007>
- Fischer D, Kaeppler A, Eichhorn KJ (2015) Identification of microplastics in the marine environment by Raman microspectroscopy and imaging. *Am Lab* 47:32–34
- Fu W, Min J, Jiang W, Li Y, Zhang W (2020) Separation, characterization and identification of microplastics and nanoplastics in the environment. *Sci Total Environ* 721:137561. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137561>

- Gigault J, Pedrono B, Maxit B, Ter Halle A (2016) Marine plastic litter: the unanalyzed nano-fraction. *Environ Sci Nano* 3:346–350. <https://doi.org/10.1039/C6EN00008H>
- Hidalgo-Ruz V, Gutow L, Thompson RC, Thiel M (2012). Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environ Sci Technol* 46:3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>.
- Lavers JL, Opperl S, Bond AL (2016). Factors influencing the detection of beach plastic debris. *Mar Environ Res* 119:245–251. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.06.00>
- Li C, Gao Y, He S, Chi H, Li Z, Zhou X, Yan B (2021a) Quantification of nanoplastic uptake in cucumber plants by pyrolysis gas chromatography/mass spectrometry. *Environ Sci Technol Lett* 8:633–638. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.1c00369>
- Li Q, Lai Y, Yu S, Li P, Zhou X, Dong L, Liu X, Yao Z, Liu J (2021b) Sequential isolation of microplastics and nanoplastics in environmental waters by membrane filtration, followed by cloud-point extraction. *Anal Chem* 93:4559–4566. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.0c04996>
- Maes T, Jessop R, Wellner N, Haupt K, Mayes AG (2017) A rapid screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. *Sci Rep* 7:1–10. <https://doi.org/10.1038/srep44501>
- Mai L, Bao LJ, Shi L, Wong CS, Zeng EY (2018) A review of methods for measuring microplastics in aquatic environments. *Environ Sci Pollut Res* 25:11319–11332. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1692-0>
- Majewsky M, Bitter H, Eiche E, Horn H (2016) Determination of microplastic polyethylene (PE) and polypropylene (PP) in environmental samples using thermal analysis (TGA-DSC). *Sci Total Environ* 568:507–511. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.017>

- Prata JC, da Costa JP, Duarte AC, Rocha-Santos T (2019) Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: a critical review. *TrAC trends Anal Chem* 110:150–159. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.029>
- Shim WJ, Hong SH, Eo SE (2017). Identification methods in microplastic analysis: a review. *Anal Methods* 9:1384–1391. <https://doi.org/10.1039/C6AY02558G>
- Song YK, Hong SH, Jang M, Han GM, Rani M, Lee J, Shim WJ (2015a) A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Mar Pollut Bull* 93:202–209. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.01.015>
- Sorasan C, Edo C, González-Pleiter M, Fernández-Piñas F, Leganés F, Rodríguez A, Rosal R (2021) Generation of nanoplastics during the photoageing of low-density polyethylene. *Environ Pollut* 289:117919. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117919>
- Song YK, Hong SH, Jang M, Han GM, Shim WJ (2015b) Occurrence and distribution of microplastics in the sea surface microlayer in Jinhae Bay, South Korea. *Arch Environ Contam Toxicol* 69:279–287. <https://doi.org/10.1007/s00244-015-0209-9>
- Tagg AS, Sapp M, Harrison JP, Ojeda JJ (2015) Identification and quantification of microplastics in wastewater using focal plane array-based reflectance micro-FTIR imaging. *Anal Chem* 87:6032–6040. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b00495>
- Vlatka Mikulec, Petra Adamović, Želimira Cvetković, Martina Ivešić and Jasenka Gajdoš Kljusurić (2023). Green Techniques for Detecting Microplastics in Marine with Emphasis on FTIR and NIR Spectroscopy—Short Review. *Processes*. 11, 2360. <https://doi.org/10.3390/pr11082360>

- Wagner J, Wang Z, Ghosal S, Rochman C, Gassel M, Wall S (2017) Novel method for the extraction and identification of microplastics in ocean trawl and fish gut matrices. *Anal Methods* 9:1479–1490. <https://doi.org/10.1039/C6AY02396G>
- Weidner SM, Trimpin S (2010) Mass spectrometry of synthetic polymers. *Anal Chem* 82:4811–4829. <https://doi.org/10.1021/ac101080n>
- Zhang Y, Peng Y, Peng C, Wang P, Lu Y, He X, Wang L (2021) Comparison of detection methods of microplastics in landfill mineralized refuse and selection of degradation degree indexes. *Environ Sci Technol* 55:13802–13811. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c02772>
- Zike Huang, Bo Hu, Hui Wang (2023). Analytical methods for microplastics in the environment: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21:383–401. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01525-7>.

Profil Penulis



Dr. Susilowati, S.T, M.T.

Lahir di Teluk Betung 6 Januari 1975. Penulis menempuh pendidikan S1- Teknik Sipil di Universitas Lampung, selesai tahun 1998, menyelesaikan S2 pada Program Magister Teknik Sipil dari Universitas Lampung di tahun 2010, dan menyelesaikan S3 pada Program Doktor Teknik Sipil dari Universitas Tarumanagara pada tahun 2022. Sejak tahun 2011 penulis tercatat sebagai Dosen pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung. Matakuliah yang diampu Hidrologi, Drainase, Mekanika Fluida dan K3 Konstruksi. Penulis juga aktif melakukan penelitian sesuai bidang kompetensinya dan beberapa penelitiannya telah didanai oleh Kemenristek DIKTI. Asosiasi Profesi yang diikuti HATHI, ATAki, PAKKI dan INTAKINDO

Email Penulis: susilowati@ubl.ac.id

KEBIJAKAN DAN REGULASI MIKROPLASTIK

Drs. I Made Bulda Mahayana, SKM., M.Si
Poltekkes Kemenkes Denpasar

Kebijakan

Menurut PBB kebijakan ialah suatu deklarasi tentang dasar pedoman untuk bertindak, suatu arah tindakan tertentu, suatu program mengenai kegiatan atau aktivitas-aktivitas tertentu atau suatu rencana. Sedangkan menurut Budiardjo (1988) menyebutkan bahwa kebijakan merupakan sekumpulan keputusan yang diambil oleh seorang pelaku atau juga kelompok politik di dalam usaha memilih tujuan-tujuan serta juga cara-cara untuk mencapai tujuan tersebut.

Menurut Mustopadidjaja, Kebijakan ialah suatu keputusan suatu organisasi yang dimaksudkan untuk dapat mengatasi permasalahan tertentu ialah sebagai keputusan atau untuk mencapai tujuan tertentu, berisikan ketentuan-ketentuan yang bisa dijadikan pedoman perilaku dalam pengambilan sebuah keputusan lebih lanjut, yang harus dilakukan baik itu kelompok sasaran ataupun unit dari organisasi pelaksana kebijakan dan penerapan atau juga pelaksanaan dari suatu kebijakan yang sudah ditetapkan baik dalam hubungan dengan unit organisasi pelaksana ataupun dengan kelompok sasaran yang dimaksudkan. Tingkatan kebijakan ada tiga yaitu:

1. Kebijakan umum, merupakan kebijakan yang menjadi pedoman atau juga petunjuk pelaksanaan baik yang memiliki sifat positif ataupun yang bersifat negatif yang melingkupi keseluruhan wilayah atau juga instansi yang bersangkutan.
2. Kebijakan pelaksanaan, merupakan suatu kebijakan yang menjabarkan kebijakan umum. Untuk tingkat pusat, peraturan pemerintah mengenai pelaksanaan suatu undang-undang.
3. Kebijakan teknis, merupakan suatu kebijakan operasional yang berada dibawah kebijakan pelaksanaan.

Pengertian Kebijakan

Kebijakan adalah suatu konsep dan strategi yang diwujudkan dalam tindakan-tindakan dengan tujuan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan dan menciptakan kesejahteraan. Kebijakan antara lain dapat dikategorikan ke dalam pengaturan, distribusi, dan prosedural. Dalam merumuskan kebijakan, identifikasi permasalahan adalah hal pertama yang harus dilakukan sebelum merumuskan konsep dan teori yang tepat untuk diterapkan.

Regulasi

Secara umum, regulasi adalah suatu peraturan yang telah dibuat untuk membantu dalam mengendalikan kelompok, lembaga, dan juga organisasi masyarakat untuk mencapai suatu tujuan tertentu dalam kehidupan bersama, bermasyarakat, serta bersosialisasi. Adapun tujuan dari regulasi ini adalah agar dapat mengendalikan manusia maupun masyarakat dengan Batasan-batasan tertentu. Regulasi ini digunakan dalam berbagai bidang dan sangat luas, baik itu masyarakat, lembaga umum

maupun bisnis. Akan tetapi secara umumnya regulasi ini adalah menggambarkan suatu peraturan yang berlaku dalam kehidupan masyarakat.

Dalam kehidupan bermasyarakat, manusia membutuhkan suatu keteraturan yang dapat menjamin kenyamanan dan keamanan individual maupun kolektif. Oleh karena itu, berbagai regulasi diciptakan dengan mengedepankan kepentingan umum. Sederhananya, regulasi adalah sekumpulan instrumen abstrak yang disusun dalam sebuah kesatuan untuk mengontrol tindakan atau perilaku orang akan suatu hal. Dengan adanya regulasi, manusia dituntut untuk bertindak sesuai kehendak bebasnya tapi penuh dengan tanggung jawab. Sebelum terbentuk menjadi sebuah regulasi yang utuh, ada proses panjang yang harus dilalui para perumus regulasi. Utamanya, proses itu adalah perumusan masalah, analisis, dan pencarian solusi. Tahap awal yang harus dilakukan adalah mendata permasalahan yang menjadi kendala atau hambatan bagi masyarakat. Selanjutnya, permasalahan yang sudah dipetakan akan dianalisis melalui kajian ilmiah dan akademis. Proses analisis ini juga seringkali melibatkan para ahli di bidangnya. Setelah itu, perumusan solusi yang didasari pembahasan masalah dan analisis sebelumnya akan disusun menjadi sebuah regulasi.

Negara atau pemerintah merupakan lembaga pencetus atau perumus utama sejumlah regulasi yang mengatur kehidupan manusia. Selain itu, regulasi juga dibuat oleh pihak swasta yang memiliki kewenangan tertentu. Simak penjabaran mengenai regulasi berikut ini.

Bagi sebagian orang, mencapai target bukanlah hal yang sulit. Tanpa memerlukan upaya ekstra, mereka dapat mengakses berbagai cara untuk dapat memperoleh tujuan. Namun, masyarakat yang lain mengalami banyak hambatan dalam mencapai tujuan mereka. Untuk

mengatasi hal tersebut, menurut Joseph Stiglitz, pemerintah perlu melindungi warga negara yang kurang beruntung melalui regulasi. Stiglitz, dalam tulisannya *Regulation and Failure*, menjelaskan bahwa sesuai sifatnya, regulasi adalah pembatasan terhadap apa yang seharusnya dilakukan oleh individu atau perusahaan. Dari sudut pandang ekonomi, intervensi pemerintah lewat hadirnya regulasi sangat dibutuhkan untuk melindungi pasar dari potensi kegagalan dan masalah yang bisa berakibat pada krisis ekonomi.

Pengertian Regulasi

Regulasi adalah peraturan resmi yang dibuat untuk mengendalikan sesuatu, contohnya seperti peraturan tentang keselamatan, kesehatan, lalu lintas, kebakaran, dan keamanan. Regulasi merupakan suatu peraturan yang dibuat untuk mengendalikan suatu kelompok, organisasi, lembaga, dan masyarakat untuk mencapai suatu tujuan tertentu dalam kehidupan bersama dan bermasyarakat.

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), regulasi didefinisikan sebagai pengaturan, dan secara biologi didefinisikan sebagai kemampuan menyesuaikan hidup bagi organisme yang hidup dalam air. Definisi lainnya, regulasi diartikan sebagai suatu peraturan yang dibuat untuk mengikat dan mengatur perilaku sebagai standar dalam bertindak maupun bekerja.

Pengertian Mikroplastik

Mikroplastik adalah potongan plastik yang sangat kecil dan dapat mencemari lingkungan. Meskipun ada berbagai pendapat mengenai ukurannya, mikroplastik didefinisikan memiliki diameter yang kurang dari 5 mm. Terdapat dua jenis mikroplastik: mikro primer yang diproduksi langsung untuk produk tertentu yang dipakai

manusia (seperti sabun, deterjen, kosmetik, dan pakaian), serta mikro sekunder yang berasal dari penguraian sampah plastik di lautan. Kedua jenis mikroplastik ini dapat bertahan di lingkungan dalam waktu yang lama.

Mikroplastik dapat ditelan oleh organisme-organisme hingga akhirnya mengalami bioakumulasi pada predator puncak, termasuk manusia. Mikroplastik telah ditemukan dalam kotoran manusia, dan bahkan salah satu sumber utama masuknya mikroplastik ke dalam tubuh manusia adalah garam. Efek mikroplastik terhadap kesehatan saat ini masih diteliti.

Kebijakan dan Regulasi Pengurangan Kantong Plastik

Sampah plastik termasuk diantaranya kantong plastik memiliki dampak buruk bagi kehidupan di bumi karena sejumlah alasan, antara lain: a) sampah plastik memerlukan waktu 1.000 tahun untuk terurai secara sempurna; b) jika sampah plastik dibakar, terjadi proses pembakaran tidak sempurna yang menghasilkan gas beracun; c) Para ilmuwan dari SCIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*) dan *Imperial College London* mengatakan bahwa 90% dari burung laut terdapat plastik di perutnya. Diperkirakan jumlah tersebut akan bertambah menjadi 99% pada tahun 2050. Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada Hari Peduli Sampah Nasional 2016 menyatakan Deklarasi Peduli Sampah untuk membangun kesadaran kolektif bersama antara pemerintah, masyarakat dan dunia untuk menggerakkan 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*). Peringatan ini merupakan awal komitmen Indonesia Bergerak Bebas Sampah 2020.

Kebijakan dan regulasi tersebut dituangkan dalam Surat Edaran Direktur Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah, dan Bahan Beracun Berbahaya Kementerian Lingkungan

Hidup dan Kehutanan Nomor S.1230/PSLB3-PS/2016 tentang Harga dan Mekanisme Penerapan Kantong Plastik Berbayar. Dalam Surat Edaran tersebut meminta pemerintah daerah provinsi maupun kabupaten/kota termasuk produsen serta pelaku usaha melakukan langkah simultan dalam pengurangan dan penanganan sampah plastik. Kebijakan ini telah diujicobakan di 22 kota di Indonesia dan diterapkan di seluruh pusat perbelanjaan modern, pasar swalayan, maupun minimarket retail. Pemerintah menetapkan standar minimal Rp 200 untuk satu kantong plastik. Setelah tiga bulan uji coba pemerintah mengeluarkan SE Nomor 8/PSLB3/PS/PLB.0/5/2016 tentang Pengurangan Sampah Plastik melalui Penerapan Kantong Belanja Plastik Sekali Pakai Tidak Gratis. Keberadaan Surat Edaran tersebut membuat bingung banyak kalangan, khususnya masyarakat selaku konsumen yang banyak dirugikan.

Ada beberapa instansi dan institusi yang dilibatkan dalam perumusan kebijakan kantong plastik berbayar, yaitu: Kementerian LHK, Badan Perlindungan Konsumen Nasional (BPKN), Yayasan Lembaga Konsumen Indonesia (YLKI), Yayasan Peduli Bumi Indonesia (YPBI), Badan Perlindungan Konsumen Nasional, Asosiasi Pengusaha Ritel Indonesia (APRINDO), WWF dan Perwakilan Komunitas Peduli Sampah. Dalam implementasinya pihak APRINDO yang paling diuntungkan. Walaupun setelah terbit SE Nomor 8/PSLB3/PS/PLB.0/5/2016 APRINDO menyatakan sikap bahwa kebijakan kantong plastik berbayar saat ini diserahkan ke masing-masing peritel modern di Indonesia. Ada pihak yang diuntungkan dengan SE tersebut yaitu pengusaha ritel dan toko modern bisa menurunkan biaya operasionalnya, karena kantong plastik yang sebelumnya digratiskan, sekarang menjadi tanggungjawab konsumen untuk membelinya. Dana hasil program plastik berbayar

tidak dikelola oleh pemerintah, tetapi dikelola langsung oleh masing-masing pengusaha ritel. Manajemen dana seperti ini merupakan praktik yang kurang baik ditinjau dari segi tata kelola pemerintahan.

Masyarakat selaku konsumen atau pembeli adalah salah satu pihak yang dirugikan dalam kebijakan ini, karena harus membayar dua kali kantong plastik belanjanya, karena sebenarnya penjual sudah memasukkan komponen biaya kantong plastik ke dalam harga barang yang dibeli. Selain itu harga minimal yang dikenakan untuk plastik berbayar juga sangat murah, yaitu minimal Rp 200, sehingga cenderung tidak mengubah perilaku konsumen untuk membawa tas sendiri waktu berbelanja. Di sisi lain kebijakan ini dapat dijadikan peluang usaha bagi masyarakat Indonesia untuk membuat tas kerajinan tangan yang ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai tas belanja. Contoh kasus wali kota Banjarmasin memberlakukan pelarangan penggunaan plastik sekali pakai. Sebagai gantinya, masyarakat diwajibkan memakai tas khas Banjarmasin, yaitu tas atau bakul purun. Tetapi di daerah lain beberapa tas kain ramah lingkungan yang dijual, kurang diminati konsumen karena relatif mahal dan tidak tahan cairan. Normajatum (2020) mengungkapkan bahwa salah satu pasar tradisional yang terletak di Kelurahan Pengambangan Kota Banjarmasin adalah Pasar Pengambangan. Hasil pengamatan penulis, di dalam transaksi jual beli seluruh penjual sayur dan ikan menggunakan kantong plastik, demikian pula masyarakat pembeli hanya satu sampai dua saja yang terlihat membawa tempat dari bahan non plastik (bakul purun). Sehingga dapat dirumuskan masalahnya yaitu masyarakat baik penjual maupun pembeli masih memiliki sikap praktis dalam bertransaksi. Hal ini yang menjadikan ketergantungan dengan kantong plastik. Disisi lain masih rendahnya kesadaran masyarakat penjual dan pembeli di Pasar Pengambangan terhadap lingkungan hidup sehat.

Badan Pusat Penelitian Teknologi Agro Industri BPPT (2016), mengatakan 95% kantong plastik ramah lingkungan yang digunakan di pasar retail modern dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Berdasarkan penelitian yang dilakukan BPPT pada 2014, tanaman, cacing tanah, dan bibit udang yang ditanam di media yang mengandung plastik *degradable*, tidak mengalami dampak negatif secara signifikan. Kondisi tersebut kontradiktif dengan pasar tradisional. Kantong plastik membutuhkan 500-1.000 tahun untuk bisa terurai secara alamiah. Permasalahan yang dihadapi adalah meningkatnya volume sampah plastik yang dibuang ke tempat pembuangan akhir sampah. Penggunaan kantong plastik di pasar modern relatif aman karena 95% menggunakan kantong plastik yang ramah lingkungan. Seharusnya kebijakan tersebut juga menyentuh pasar tradisional.

Saat ini Indonesia sudah bisa menemukan bahan pembuat kantong plastik yang bahan utamanya terbuat dari bahan-bahan alami yang dapat diperbarui, seperti tepung singkong (pati) dan turunan minyak nabati yang ramah lingkungan, aman bagi pertumbuhan tanaman, dan tidak berbahaya bagi hewan, baik di daratan maupun di dalam air. Kantong tersebut tampak seperti plastik, tetapi sama sekali bukan plastik dan bisa terdegradasi dalam waktu singkat dari 3 hingga 6 bulan. Sayangnya konsumen kurang responsif terhadap produk ini dan belum sepenuhnya diterima pasar, karena harga produksi yang mencapai dua kali lipat dari biaya produksi plastik biasa.

Dua Surat Edaran Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI sebelumnya hanya ditujukan pada pengusaha ritel dan pasar modern, tapi seharusnya sumber utama masalah yang harus ditangani terlebih dahulu adalah pasar tradisional. Memang hasil evaluasi

menunjukkan bahwa kebijakan yang diujicobakan berhasil menurunkan penggunaan kantong plastik, tetapi data tersebut dihitung dari pemakaian kantong plastik di pasar modern saja. Selain itu dampak kebijakan tersebut menguntungkan APRINDO dan merugikan konsumen. Kelemahan kedua dari Surat Edaran tersebut sangat terkait dengan kebijakan yang ada di atasnya yaitu Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah dan Peraturan Pemerintah Nomor 81 tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga (Ekawati, 2016).

Menurut Qodriyatun, 2018 menyebutkan bahwa sampah plastik telah mengancam keberlanjutan pariwisata di Indonesia. Upaya pengurangan sampah plastik dengan penerapan kantong plastik berbayar tidak efektif untuk mengatasi sampah di destinasi wisata. Dalam kajian tentang bahaya sampah plastik dan dampaknya bagi pariwisata, kebijakan pemerintah dalam pengelolaan sampah plastik dan upaya yang dilakukan untuk mengatasi dampak sampah plastik di destinasi wisata. Sampah plastik telah berdampak terhadap menurunnya kunjungan wisata. Sementara itu, upaya pemerintah mengurangi sampah plastik dengan penerapan kantong plastik berbayar belum menjadi solusi untuk mengatasi permasalahan sampah plastik di destinasi wisata. DPR perlu mendorong pemerintah untuk mengeluarkan kebijakan pengurangan penggunaan plastik di daerah destinasi wisata. DPR perlu mendorong pemerintah untuk mengeluarkan kebijakan pengurangan penggunaan plastik di daerah destinasi wisata. DPR juga perlu mendorong pemerintah untuk segera menyusun Peraturan Pemerintah tentang Extended Producer Responsibility (EPR) yang merupakan amanat Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Selain itu, DPR juga perlu mendorong pemerintah untuk mengeluarkan kebijakan larangan penggunaan kantong plastik.

Perubahan Paradigma Pengelolaan Sampah

Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Tahun 2021 menyatakan perlunya perubahan paradigma pengelolaan sampah dari membuang menjadi pengurangan di sumber penghasil sampah dan melakukan daur ulang sumber daya. Persoalan sampah Indonesia belum selesai dan bahkan menjadi semakin kompleks, dimana masih muncul timbulan sampah yang besar, yaitu 67,8 juta ton pada 2020. Besaran timbulan sampah ini ke depan akan terus bertambah seiring pertumbuhan jumlah penduduk dan perubahan gaya hidup dengan kesejahteraan masyarakat yang semakin meningkat.

Secara umum pola pengelolaan sampah di Indonesia selama ini hanya melalui tahapan paling sederhana, yaitu kumpul, angkut dan buang. Pola tersebut telah berlangsung selama puluhan tahun dan menjadi kebijakan umum. Pola pengelolaan tersebut terjadi karena dilandasi pola pikir bahwa sampah adalah sesuatu yang tidak berguna dan harus dibuang. Pola itu kini mengalami evolusi atau perubahan mendasar, bertahap dan sistem yang berkembang di seluruh dunia. Indonesia sudah memiliki regulasi pengelolaan sampah yaitu Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Dalam undang-undang tersebut telah mengamanatkan adanya perubahan kebijakan terhadap paradigma pengelolaan sampah. Dari paradigma pengelolaan sampah kumpul, angkut, buang menjadi paradigma kebijakan pengurangan di sumber dan daur ulang sumber daya. Dengan perubahan paradigma itu diharapkan pendekatan pengelolaan sampah tidak lagi fokus pada penyelesaian di tempat pemrosesan akhir, tapi menggunakan prinsip *reduce, reuse* dan *recycle* (3R), termasuk perluasan tanggung jawab produsen, pengolahan dan

pemanfaatan sampah sebagai sumber daya, baik untuk bahan baku maupun energi terbarukan, dan dari segi ekonomi dapat sebagai sumber pendapatan dengan mendirikan bank sampah, serta pemrosesan akhir yang berwawasan lingkungan. Kebijakan pengurangan dan daur ulang ini sudah dituangkan ke dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2012 Tentang Pedoman Pelaksanaan *Reduce, Reuse, dan Recycle* melalui Bank Sampah. Hal ini sejalan dengan data Badan Pusat Statistik (BPS) tentang perekonomian Indonesia kuartal III Tahun 2020 pengelolaan sampah merupakan salah satu dari tujuh sektor yang mampu tumbuh 6,04 persen pada saat pandemi Covid 19 di Indonesia.

Pemerintah Perlu Membuat Regulasi Mikroplastik

Menurut Abdullah (2022) Ecological Observation and Wetlands Conservation (Ecoton) menemukan, mikroplastik telah mengkontaminasi sungai-sungai di Sumatera, Kalimantan, Jawa, Sulawesi dan Nusa Tenggara Timur (NTT). Atas penemuan tersebut mendesak pemerintah untuk membuat regulasi yang mengatur baku mutu mikroplastik di air sungai, *outlet* pabrik kertas dan *seafood*. Dengan adanya regulasi mikroplastik khususnya baku mutu dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia memiliki tujuannya agar lingkungan tidak dibanjiri mikroplastik, baik pada lingkungan tanah, lingkungan air dan lingkungan udara. Sungai-sungai banyak sampah plastik, menyebabkan kandungan mikroplastik tinggi sehingga mengancam biota sungai seperti ikan, kerang, udang dan teripang. Ancaman pangan juga terjadi saat mikroplastik mengontaminasi garam di Cirebon, Lamongan, Gresik dan Surabaya. Sampah plastik yang hanyut dan mengapung di permukaan air pada jangka waktu lama, akan

menyebabkan mikroplastik. Di samping itu Sungai Ciliwung, Citarum, Ciujung, Bengawan Solo, Kali Brantas, Kali Porong, Kali Surabaya sampai akar pohon bakau di Pesisir Selatan Kota Denpasar jadi tempat sampah plastik, bahkan lebih 1.400 pohon berubah jadi pohon plastik karena menjadi cantolan sampah di tepian sungai. Lambat laun sampah plastik ini akan terfragmentasi (terpecah-pecah) menjadi serpihan plastik kecil dibawah lima mm yang disebut mikroplastik.

Pemerintah, dalam hal ini Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia perlu melakukan pengendalian mikroplastik dari sumbernya. Pantai dan sungai-sungai di Indonesia darurat mikroplastik sehingga dipandang perlu regulasi bagi standar mikroplastik baik di dalam air sungai maupun di dalam air laut terutama pada bagian pantai. Regulasi harus segera dibuat, karena masalah mikroplastik sangat vital untuk keamanan ekosistem dan keamanan pangan kita. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia bisa saja membuat kebijakan berkolaborasi dengan Kementerian Kelautan dan Perikanan maupun Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Berdasarkan Data Ecoton tahun 2021 mikroplastik mengkontaminasi perairan Utara dan Timur Jawa Timur hingga masuk ke dalam rantai pangan seperti ikan, udang dan kerang. Pintu air Tambak Wedi, Surabaya, diselimuti busa yang mencemari muara ditemukan kadar fosfat tinggi dan mikroplastik sebanyak 20 partikel/ 100 liter. Sungai Bengawan Solo, Citarum, Ciliwung dan Brantas, mereka menemukan fakta pencemaran mikroplastik antara lain dari limbah cair industri pabrik-pabrik kertas. Mengidentifikasi, sampel air sungai dan ikan untuk menemukan kontaminasi mikroplastik. Melihat temuan mikroplastik yang tersebar di sungai,

tentu partikel ini akan menuju ke laut. Untuk bisa mendeteksi pencemaran mikroplastik di sungai luar Pulau Jawa, Ecoton membentuk Relawan Sungai Nusantara. Melalui kegiatan mereka, ditemukan mikroplastik berhasil teridentifikasi di berbagai daerah seperti Bangka, Lampung, Ternate, Nusa Tenggara Timur, dan Pontianak. Khawatir dampak kepada manusia dengan begitu banyak temuan mikroplastik, bisa juga sebagai bom waktu pencemaran lingkungan. Selain itu, mikroplastik juga memiliki potensi bahaya karena mengandung bahan kimia pengganggu hormon seperti Bisphenol-A (BPA), zat peneras pada plastik. Dampaknya, bisa mempengaruhi perkembangan otak, pemicu kanker, diabetes, dan lain-lain. Ada juga kandungan *Phthalate*, bahan pelentur/elastisitas plastik. Zat ini bisa mengganggu sistem hormon dalam tubuh manusia seperti menstruasi dini, kualitas dan kuantitas sperma menurun juga menopause dini. Pesisir utara Jawa Timur jadi muara polutan logam berat, pestisida, detergen, nitrat, nitrit, fosfat dari Sungai Brantas dan Bengawan Solo. Juga di perairan muara Jakarta terjadi pencemaran logam berat dan senyawa parasetamol. Polutan-polutan itu akan diikat oleh mikroplastik dan berbahaya bila terkontaminasi pada tubuh manusia. Komunitas pemuda peduli lingkungan melakukan brand audit timbulan di Pantura Lamongan disajikan pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Brand Audit Timbulan Sampah di Pantai Pantura Lamongan

Rekomendasi WHO

Mikroplastik ada di mana-mana di lingkungan dan telah terjadi terdeteksi dalam berbagai konsentrasi di air laut, air limbah, air tawar, makanan, udara dan air minum, keduanya air kemasan dan air keran. Data terjadinya mikroplastik penggunaan air minum saat ini masih terbatas, dan hanya sedikit yang dapat diandalkan penelitian menggunakan metode dan alat yang berbeda untuk mengambil sampel dan menganalisis partikel mikroplastik. Potensi bahaya yang terkait dengan mikroplastik ada tiga bentuk: partikel fisik, bahan kimia dan mikroba patogen sebagai bagian dari biofilm. Berdasarkan bukti terbatas yang tersedia, bahan kimia dan biofilm yang terkait dengan mikroplastik dalam pose air minum rendahnya kepedulian terhadap kesehatan manusia. Meskipun jumlahnya tidak mencukupi informasi untuk menarik kesimpulan tegas tentang toksisitas yang terkait dengan bahaya fisik partikel plastik, khususnya untuk nano ukuran partikel, tidak ada informasi yang dapat dipercaya yang menunjukkan bahwa hal ini mengkhawatirkan. Bukti terbatas menunjukkan bahwa sumber utama polusi mikroplastik

di sumber air tawar adalah limpasan terestrial dan air limbah tembusan. Namun, air limbah (dan air minum) yang dioptimalkan pengobatan dapat secara efektif menghilangkan sebagian besar mikroplastik dari tembusan. Untuk sebagian besar populasi tidak tercakup oleh pengolahan limbah yang memadai, mikroba patogen dan bahan kimia lainnya akan menjadi masalah kesehatan manusia yang lebih besar dibandingkan.

Sejumlah kesenjangan penelitian perlu diisi untuk menilai dengan lebih baik risiko mikroplastik dalam air minum dan memberikan masukan bagi tindakan pengelolaan. Studi investigasi yang ditargetkan, dirancang dengan baik, dan terkontrol kualitasnya harus dilakukan untuk lebih memahami keberadaan mikroplastik di seluruh rantai pasokan air, termasuk jumlah, bentuk, ukuran, komposisi dan sumber mikroplastik, serta untuk lebih mengkarakterisasi efektivitas pengolahan air. Penelitian juga diperlukan untuk memahami pentingnya aliran limbah terkait pengolahan sebagai penyumbang mikroplastik terhadap lingkungan. Data toksikologi yang terjamin kualitasnya diperlukan mengenai bentuk paling umum dari partikel plastik yang relevan untuk penilaian risiko kesehatan manusia. Selain itu, diperlukan pemahaman yang lebih baik mengenai penyerapan dan nasib mikroplastik dan nanoplastik setelah konsumsi. Terakhir, mengingat manusia dapat terpapar mikroplastik melalui berbagai media lingkungan, termasuk makanan dan udara, diperlukan pemahaman yang lebih baik mengenai paparan mikroplastik secara keseluruhan dari lingkungan yang lebih luas.

Daftar Pustaka

- Abdullah, Gafur. 2022. Pemerintah Perlu Bikin Regulasi Baku Mutu Mikroplastik. <https://www.mongabay.co.id/2022/01/20/pemerintah-perlu-bikin-regulasi-baku-mutu-mikroplastik/>
- Ekawati, Sulistya. 2016. Mengkritisi Kebijakan Penanganan Kantong Plastik di Indonesia, Policy Brief, Volume 10 Nomor 6, ISSN: 2085-787X, 1-4.
- Normajatun, A. Nikhrawi Hamdie, Abdul Haliq dan Fika Fibriyanita. 2020. Penyuluhan dan Sosialisasi Peraturan Pemerintah Tentang Pengurangan Penggunaan Kantong Plastik di Pasar Pengembangan Kota Banjarmasin. Prosiding Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat Tahun 2020 Dosen-Dosen Universitas Islam Kalimantan. SBN: 978-623-7583-56-1. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Nomor 13 Tahun 2012 Tentang Pedoman Pelaksanaan Reduce, Reuse dan Recycle melalui Bank Sampah. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- Qodriyatun, Sri Nurhayati. 2018. Sampah Plastik Dampaknya Terhadap Pariwisata dan Solusi. Info Singkat. Vol. X, No. 23/I/Puslit/ Desember/ 2018. Pusat Penelitian Badan Keahlian DPR RI Gd. Nusantara I Lt. 2 Jl. Jend. Gatot Subroto Jakarta Pusat. Surat Edaran Direktur Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah, dan Bahan Beracun Berbahaya Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor: S.1230/PSLB3-PS/2016 tentang Harga dan Mekanisme Penerapan Kantong Plastik Berbayar. Surat Edaran Direktur Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah, dan Bahan Beracun Berbahaya Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor: 8/PSLB3/PS/PLB.0/5/2016 tentang Pengurangan Sampah Plastik melalui Penerapan Kantong Belanja Plastik Sekali Pakai

Tidak Gratis. Undang - Undang Republik Indonesia
Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan
Sampah.

WHO. 2019. Microplastics In Drinking-Water. Water
Sanitation, Hygiene and Health Department of
Public Health, Environmental and Social
Determinants of Health World Health Organization.

Profil Penulis



Drs. I Made Bulda Mahayana, SKM., M.Si

Penulis dilahirkan di Denpasar pada tanggal 31 Desember 1965. Menyelesaikan Pendidikan S1 Administrasi Negara di FISIPOL UNMAR Denpasar, S1 Kesehatan Masyarakat di FKM Universitas Airlangga Surabaya, dan S2 Ilmu Lingkungan Universitas Udayana Denpasar. Sampai saat ini penulis sebagai Dosen Lektor Kepala di Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Kemenkes Denpasar.

Email Penulis: bulda31@yahoo.com

ALTERNATIF DAN STRATEGI PENGURANGAN MIKROPLASTIK

Dr. Surahma Asti Mulasari, S.Si., M.Kes
Universitas Ahmad Dahlan

Strategi Pengurangan Timbulan Sampah Plastik Berbasis Pemberdayaan Masyarakat

Masyarakat bertanggung jawab atas pengelolaan sampah, termasuk plastik, karena mereka membuat sampah yang dapat menyebabkan polusi, penyakit, dan bahkan banjir. Jika mereka ingin mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan, masyarakat harus mempertimbangkan kembali cara mereka hidup. Hal ini dapat dicapai dengan memilih barang dengan masa pakai yang lebih lama daripada barang dengan masa pakai satu kali. Mengembangkan sistem pengelolaan sampah berbasis 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) juga merupakan langkah penting menuju lingkungan yang berkelanjutan. Metode ini melibatkan pengumpulan sampah, pengangkutan, dan pembuangan ke lokasi pemrosesan sampah terakhir. Penting untuk diakui bahwa daerah pedesaan di mana tradisi masih ada telah dipengaruhi oleh perkembangan kehidupan modern. Sebagai contoh, di masa lalu, kemasan plastik tidak begitu umum, dan makanan seperti lauk, bumbu, dan rempah-rempah dibungkus dengan daun. Selain itu, daun jati atau daun pisang tidak lagi dikemas (Hakim, 2019).

Membakar sampah plastik secara terbuka dapat melepaskan zat beracun seperti Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins. Limbah plastik yang tidak terurai dengan cepat dapat masuk ke laut melalui arus sungai, dan karena sifatnya yang tahan lama, sampah plastik dan mikroplastik dapat mencemari lautan untuk waktu yang lama, merusak lingkungan laut dan memengaruhi berbagai kehidupan laut. Nanopartikel plastik di dalam makhluk laut juga dapat menyebabkan masalah perilaku dan kerusakan otak pada biota laut. Karena pencemaran laut yang terus meningkat, diperkirakan pada tahun 2050 jumlah plastik di laut akan melebihi jumlah ikan. Melalui konsumsi seafood yang terkontaminasi, proses biomagnifikasi dan bioakumulasi dapat terjadi, yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Oleh karena itu, upaya pencegahan (Rahmayani & Aminah, 2021).

Penyuluhan kesehatan sangat penting untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya mengurangi konsumsi plastik. Penyuluhan kesehatan diarahkan untuk meningkatkan kepercayaan, pengetahuan, dan kesadaran tentang masalah plastik. Informasi yang diberikan mencakup efek negatif plastik terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, serta solusi untuk mengurangi konsumsi plastik, seperti menggunakan kantong belanja kain, menghindari barang plastik sekali pakai, dan mendaur ulang. Dengan melibatkan masyarakat dalam program penyuluhan kesehatan yang efektif, diharapkan masyarakat akan lebih sadar dan termotivasi untuk mengendalikan konsumsi plastik secara berkelanjutan untuk menjaga kesehatan lingkungan dan kesehatan umum (Junita Bancin & Christy, 2020).

Beberapa faktor yang memengaruhi perilaku masyarakat dalam pengelolaan sampah termasuk kebiasaan membuang sampah sembarangan, membakar sampah,

dan menggunakan metode pengelolaan sampah yang tidak dianjurkan. Faktor utama yang menyebabkan perilaku ini termasuk kurangnya kesadaran masyarakat tentang metode pengolahan sampah yang tepat, kurangnya dukungan dari pemerintah desa, dan kekurangan sarana dan prasarana yang diperlukan. Salah satu tindakan yang dilarang oleh Undang-Undang Pengelolaan Sampah yang dibuat oleh pemerintah Indonesia pada tahun 2008 adalah menangani sampah dengan pembuangan terbuka di tempat pemrosesan akhir, membuang sampah di luar lokasi yang telah ditentukan dan disediakan, dan membakar sampah yang tidak sesuai dengan persyaratan teknis pengelolaan sampah. Regulasi ini dibuat oleh pemerintah untuk mencegah perilaku yang merugikan lingkungan dan kesehatan masyarakat terkait pengelolaan sampah. Untuk meningkatkan kesadaran, menyediakan bantuan, dan meningkatkan infrastruktur pengelolaan sampah, pemerintah, masyarakat, dan sektor terkait harus bekerja sama (Sriagustini & Nurazijah, 2022).

Bertambahnya jumlah penduduk menyulutkan permasalahan akumulasi sampah, yang menyebabkan dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan masyarakat. Sampah tertentu memerlukan waktu berbulan-bulan hingga puluhan tahun untuk diuraikan sepenuhnya. Akibatnya, karena populasi yang meningkat, lebih banyak lahan diperlukan untuk TPA. Sampah pemukiman (dari rumah tangga) dan non-pemukiman (dari industri). Untuk mengatasi masalah ini, setiap rumah tangga dan organisasi harus bertanggung jawab untuk mengumpulkan sampah mereka di fasilitas pengumpulan sampah khusus. Setelah itu, sampah akan diangkut ke tempat pembuangan sampah tujuan akhir untuk pemrosesan sementara (Sari *et al.*, 2023).

Plastik yang tidak dapat diuraikan oleh bakteri menjadi masalah besar dalam pencemaran tanah. Oleh karena itu, lebih baik membuat produk baru dari plastik yang dapat diuraikan. Perilaku sehat diharapkan dapat mempertahankan dan meningkatkan kesehatan dan melindungi orang dari risiko penyakit. Selain itu, lingkungan yang ramah lingkungan, bebas polusi, pemukiman yang sehat, dan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan diharapkan dapat membantu menciptakan lingkungan yang mendukung kesehatan masyarakat secara keseluruhan (Setyowati & Mulasari, 2013).

Peningkatan jumlah penduduk di seluruh dunia menyebabkan peningkatan produksi plastik. Sampah plastik yang tidak dikelola dengan baik seringkali membanjiri pantai, lautan, teluk, dan muara. Terutama, mikroplastik, partikel kecil, dapat masuk ke dalam tubuh biota laut dan bahkan masuk ke dalam garam yang dikonsumsi manusia. Permasalahan ini menyoroti perlunya manajemen limbah plastik yang lebih baik, meskipun plastik memiliki banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari. Sampah plastik tidak terbatas pada batas negara karena dapat bergerak melalui arus air dan udara, kemudian mengendap di dalam sedimen. Fenomena ini menunjukkan bahwa pencemaran plastik di lautan bersifat global dan membutuhkan kerja sama internasional untuk mengatasi masalah ini. Upaya bersama untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, mendaur ulang, dan mengimplementasikan kebijakan yang mendukung manajemen limbah plastik yang berkelanjutan menjadi krusial untuk melindungi ekosistem laut dan memitigasi dampak negatif pada kesehatan manusia serta keanekaragaman hayati (Chotimah *et al.*, 2022).

Alternatif Teknis Pengurangan Mikroplastik

Lingkungan yang bersih dan sehat adalah lingkungan yang bebas dari berbagai kotoran, seperti debu, sampah, dan bau. Ini juga harus bebas dari virus, bakteri patogen, dan berbagai vektor penyakit, serta bahan kimia berbahaya. Namun demikian, masalah kebersihan dan kesehatan lingkungan masih menjadi perdebatan di masyarakat karena banyak tindakan manusia yang merusak lingkungan, salah satunya pengelolaan sampah dan limbah yang buruk. Kasus kebersihan dan kesehatan lingkungan meningkat setiap tahun. Petrokimia adalah zat yang digunakan untuk membuat plastik. Tidak mungkin zat kimia ini akan kembali ke lingkungan kita, tetapi penelitian ilmiah menunjukkan bahwa zat kimia ini dapat membahayakan manusia. Plastik yang terurai, terbakar, atau dibuang menjadi zat kimia yang beracun. Bahan kimia ini diserap oleh tumbuhan dan hewan setelah larut dalam tanah, air, dan udara. Mereka dapat menyebabkan kanker, ketidakseimbangan hormon, dan cacat lahir pada akhirnya. Meningkatnya jumlah sampah plastik dan dampaknya terhadap lingkungan adalah masalah besar yang membutuhkan solusi. Sebuah solusi lengkap untuk masalah sampah plastik dianggap sebagai konsep 3R, yang terdiri dari Reduksi (pengurangan), Penggunaan kembali (penggunaan kembali), dan Daur Ulang (daur ulang). Dalam model pengelolaan sampah 3R, hal yang paling penting adalah mencegah sampah, mengurangi jumlah barang yang tidak lagi diperlukan, dan mendorong penggunaan metode daur ulang, khususnya untuk bahan yang dapat terdegradasi secara alami (biodegradable). Metode ini juga melibatkan pengelolaan metana, gas rumah kaca yang ditemukan dalam tumpukan sampah organik. (Widiyasari *et al.*, 2021). Meningkatnya jumlah sampah plastik dan dampaknya terhadap lingkungan adalah masalah besar yang

membutuhkan solusi. Sebuah solusi lengkap untuk masalah sampah plastik dianggap sebagai konsep 3R, yang terdiri dari Reduksi (pengurangan), Penggunaan kembali (penggunaan kembali), dan Daur Ulang (daur ulang) (Nirmalasari *et al.*, 2021).

Konsep 3R dapat diimplementasikan dalam berbagai cara, diantaranya:

1. *Reuse* (menggunakan kembali)

Menggunakan kembali berarti mengembalikan barang atau material yang masih dapat digunakan setelah digunakan. Dengan kata lain, kita harus berusaha mengurangi jumlah limbah yang dibuat. Upaya ini dapat dicapai dengan menghindari hal-hal yang tidak diperlukan, seperti kantong plastik sekali pakai, botol air minum, dan kemasan makanan. Mengikuti prinsip penggunaan kembali, yaitu menggunakan sebanyak mungkin barang yang dapat digunakan kembali dan menghindari pakaian sekali pakai, dapat membantu Anda menghemat lebih banyak uang. Strategi yang dapat diambil untuk program *Reuse*, diantaranya (Lingkungan, 2018):

- a. Pilih produk dengan pengemasan yang dapat didaur ulang
- b. Gunakan produk yang dapat diisi ulang
- c. Mengurangi penggunaan barang sekali pakai
- d. Plastik kresek digunakan untuk tempat sampah
- e. Pot bunga atau botol besar digunakan untuk membuat kerajinan
- f. Gelas atau botol plastik digunakan untuk membuat bibit dan kerajinan
- g. Potongan kain untuk lap, keset, dan lain-lain

- h. Majalah atau buku untuk perpustakaan
 - i. Styrofoam digunakan untuk alas pot atau lem.
2. *Reduce* (pengurangan)

Mengurangi adalah mengurangi sampah dan menghemat barang agar tidak terlalu banyak (Luluk Kusminah, 2018). Tentu saja, upaya telah diambil untuk mengurangi penggunaan barang-barang tertentu untuk menjaga lingkungan tetap sehat dan mencegah kerusakan. Pakaian, aksesoris, kertas, tisu, oli, obat, masker, dan banyak barang lainnya termasuk dalam kategori "murah". Mengurangi jumlah barang atau bahan yang dikonsumsi adalah dasar dari upaya untuk mengurangi ini. Konsep mengurangi ini melibatkan beberapa langkah yang dapat diambil, diantaranya (Lingkungan, 2018):

- a. Hindari menggunakan dan membeli barang yang menghasilkan sampah dalam jumlah besar
- b. Gunakan kembali wadah atau kemasan untuk tujuan yang sama atau yang lain
- c. Menggunakan baterai yang dapat dicharge kembali
- d. Menjual atau memberikan sampah tertentu kepada orang yang membutuhkan
- e. Mengubah pola makan Anda dengan mengonsumsi lebih banyak makanan segar dan mengurangi makanan kaleng dan instan)
- f. Membeli barang dalam kemasan besar, seperti sachet plastik yang bisa didaur ulang,
- g. Membawa tas atau kantong sendiri saat berbelanja
- h. Menolak penggunaan kantong plastik
- i. Menggunakan rantang saat berbelanja.

3. *Recycle* (mendaur ulang)

Recycle adalah proses mengubah bahan yang tidak berguna, atau sampah, menjadi bahan baru. Contoh pengolahan termasuk membuat produk dari botol atau plastik bekas menjadi biji plastik yang dapat dicetak kembali untuk digunakan dalam ember, pot, atau ember; membuat bubur kertas dari kertas bekas dan mencetak kembali menjadi kertas berkualitas rendah; atau membuat alat peraga dari bubur kertas bekas dan mencetak kembali menjadi kertas berkualitas rendah. Meskipun beberapa barang tidak dapat didaur ulang, banyak industri non-formal dan industri rumah tangga telah menggunakan sampah untuk membuat produk baru (Lingkungan, 2018). Dengan mengurangi jumlah sampah yang ada sekaligus mengurangi penggunaan sumber daya alam yang baru, konsep recycle diharapkan dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam. Terdapat langkah-langkah yang dapat diambil untuk mendukung recycle, diantaranya:

- a. Mengubah sampah plastik menjadi produk yang dapat dijual kembali
- b. Mengubah sampah organik menjadi kompos
- c. Mengubah sampah kertas menjadi lukisan atau mainan kecil
- d. Membuat kursi atau bangku dari botol bekas dengan tinggi yang sama
- e. Mengubah kaleng bekas menjadi alat masak atau alat tulis
- f. Mengubah sampah plastik kresek menjadi dompet yang mahal.

Adapun beberapa cara alternatif dan strategi mengurangi dan menanggulangi mikroplastik di lingkungan, seperti (Suheri *et al.*, 2019).

1. Pengelolaan dengan *ecobrick*.

Ecobrick adalah cara inovatif untuk mengubah plastik menjadi barang yang dapat digunakan kembali dan mengurangi pencemaran laut. Dibuat dengan menggabungkan plastik yang telah dibersihkan dan kering ke dalam botol PET (polietilen tereftalat) atau botol minum biasa, yang biasanya digunakan di rumah, sekolah, dan bahkan di gunung (Fauzi *et al.*, 2020). Ecobrick adalah cara lain untuk mengolah sampah selain membuangnya ke tempat pembuangan akhir. Ecobrick dapat membantu mengubah cara masyarakat dan ekosistem mengorbankan plastik dengan mengubahnya menjadi hal yang bermanfaat bagi masyarakat dan ekosistem setempat. Selain itu, menggunakan ecobricks membutuhkan ide dan inovasi dari masyarakat. Plastik kecil dibelah menjadi ukuran yang lebih kecil dan dimasukkan ke dalam botol plastik bekas untuk membuat ecobrick. Ecobricks ini dapat membantu mencegah limbah plastik mencemari lingkungan dan menghindari perusahaan yang telah menunjukkan teknik daur ulang yang buruk (Yusiyaka & Yanti, 2021).

2. Pengangkut sampah Tenaga Angin (PESTA)

Di Indonesia, kecepatan angin rata-rata hanya 3 m/s hingga 5 m/s, jadi tidak ada alasan untuk mengembangkan energi angin skala kecil. Namun, ada angin hampir sepanjang tahun, yang memungkinkan pengembangan skala kecil. Indonesia berada di posisi kedua dengan 187,2 juta ton sampah perairan, di belakang Cina. 60%–70% dari

sampah ini berasal dari aktivitas manusia; 30%–40% dari sampah non organik berasal dari plastik, dan 14% dari sampah non organik berasal dari plastik. Penelitian ini berusaha menawarkan solusi alternatif untuk masalah sampah karena efek negatifnya. Alat Pengangkut Sampah Tenaga Angin (PESTA) dibuat menggunakan tenaga angin dan lebih ramah lingkungan karena banyak kemajuan dalam pengolahan sampah perairan. Teknologi yang disebut The Inner Harbor Water Wheel atau Mr. Trash Wheel. Mr. Trash Wheel adalah alat yang dibuat dari kombinasi roda air yang lebih tua dan pembersih sampah, dan rodanya berputar dengan arus air. Roda menggerakkan conveyor yang menarik sampah yang mengapung di sungai. Selain itu, Mr. Trash Wheel menggunakan 30 panel surya sebagai pompa untuk memompa air ke rodanya. PESTA dibuat untuk mengurangi sampah dan membersihkan perairan untuk menjaga kelestarian perairan, ekosistemnya, dan kesehatan masyarakat yang tinggal di sekitarnya (Suheri *et al.*, 2019).

3. Pengurangan Mikroplastik melalui Kerajinan Goodie Bag

Membuat kebiasaan menggunakan kantong plastik setiap hari tidak bijaksana, dan masyarakat harus belajar tentang efek buruk dari penggunaan berlebihan kantong plastik. Sebagai contoh, pedagang sering menggunakan kantong plastik saat orang membeli sayur dan bahan lainnya. Di sisi lain, sebagian besar bisnis menggunakan plastik untuk mengemas produk mereka, yang mengakibatkan peningkatan volume sampah plastik karena tren konsumsi makanan dan minuman saat ini. Untuk mengatasi masalah ini, pemerintah memulai program go green, yang melarang penggunaan kantong plastik

sejak 1 Juli 2020. Untuk mengurangi jumlah sampah plastik, gunakan tas yang ramah lingkungan. Pemerintah berusaha mengurangi penggunaan kantong plastik sampah dalam upaya mendukung gerakan go green. Salah satu cara untuk mencapai tujuan ini adalah dengan menggunakan kantong belanja yang ramah lingkungan. Saat ini, orang dapat menggunakan tas goodie bag yang ramah lingkungan yang terbuat dari bahan seperti D600, kain drill, kain spunbond, dan kain kanvas. Tas goodie bag, seperti yang disampaikan oleh Deny Arifiana, adalah jenis tas yang digunakan untuk menyimpan berbagai barang, seperti makanan, snack, mainan anak, dan sebagainya, menurut Elen (2013).

Tas ini terbuat dari kain, plastik, kertas karton, dan foam art. Tas ini biasanya digunakan sebagai hadiah, kenang-kenangan, hadiah untuk acara tertentu, atau untuk keperluan rumah tangga. Mereka yang menggunakan tas goodie bag memiliki berbagai tujuan dan berasal dari berbagai kelompok usia. Selain mengajarkan cara membuat tas goodie bag berbahan kanvas, inisiatif ini juga bertujuan untuk memberi tahu ibu rumah tentang cara mengurangi sampah plastik dalam keluarga dan mempertahankan lingkungan. Menurunkan jumlah sampah plastik yang digunakan masyarakat pada dasarnya Sebelum produk dibuat, sosialisasi dilakukan pada anak usia sekolah. mengetahui teknik pembuatan dan desain tas kanvas (Yulianingsih *et al.*, 2020).

4. Pembuatan Alat Destilasi Pembuatan Bahan Bakar Minyak dari Sampah Plastik

Saat ini, sistem pengolahan sampah yang bertujuan untuk menghasilkan minyak sebagai bahan bakar sedang dikembangkan sebagai bagian dari upaya untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang semakin meningkat dari sampah plastik. Rencana Aksi Nasional Penanganan Sampah Laut Tahun 2018–2025 mendukung inisiatif ini. Rencana ini memberikan arahan strategis bagi kementerian serta panduan umum untuk menangani masalah sampah dan lingkungan. Menurut Arifin *et al.* (2019), Sampah plastik dapat diubah menjadi bahan bakar minyak di beberapa tempat, serta dalam beberapa penelitian terbaru. Selama proses ini, reaktor pirolisis digunakan pada suhu 300 derajat Celsius yang dikontrol. Tabung reaktor (1) berfungsi sebagai wadah bahan baku, lubang pintu masuk bahan baku (2) memungkinkan bahan baku masuk ke dalam reaktor, pintu keluar sisa pembakaran (3) mengeluarkan dan membersihkan residu hasil pembakaran, flensa (4) memudahkan pemasangan dan pelepasan, dan kondensor (5) mengkondensasi gas hasil pembakaran menjadi cairan murni (Priyono *et al.*, 2021).

5. Teknologi Mesin Balistik Pencacah Sampah

Menurut Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, pengelolaan sampah adalah kegiatan yang mencakup pengurangan dan penanganan sampah yang dilakukan secara sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan. Prinsip pengurangan (*Reduce*), penggunaan kembali (*Reuse*), dan daur ulang (*Recycle*) harus diterapkan dalam prosesnya. Pengolahan sampah, pemilahan, pembuatan kompos, dan daur ulang adalah beberapa

metode. Metode ini bertujuan untuk mengubah sampah menjadi barang yang memiliki nilai ekonomis dan tidak membahayakan lingkungan. Komunitas ini menawarkan Mesin Balistik Pencacah Sampah yang dilengkapi dengan alat pencacah dengan menggunakan teknologi yang tepat. Bagian dalam alat ini bersentuhan dengan bahan yang keras. Alat ini dilengkapi dengan pisau dengan mekanisme putar dengan poros yang berulir, dan sebuah screen yang berfungsi untuk memisahkan potongan besar dan kecil untuk mendapatkan ukuran bahan yang tepat untuk proses kompos. Mesin penghancur sampah jenis balistik ini dibuat untuk menghancurkan sampah organik seperti daun dan tumbuhan lainnya, membuat kompos sebagai hasil akhir. Mereka berharap mesin ini akan mengurangi sampah di Indonesia dan membantu masyarakat setempat (Rusdiyana *et al.*, 2023).

6. Pengolah sampah (Mini Incenerator) ramah lingkungan

Sekitar 64 juta ton sampah plastik dihasilkan di Indonesia setiap tahun, dengan 3,2 juta ton di antaranya bocor ke sungai dan laut, dan jumlah sampah plastik global diperkirakan akan mencapai 2,2 miliar ton pada tahun 2025. Tetapi beberapa jenis sampah plastik sulit untuk didaur ulang, membuat residu menumpuk di tempat pembuangan akhir sampah. Model pengelolaan sampah ini menggunakan proses pembakaran di tempat tertutup karena dianggap hanya mengubah limbah padat menjadi gas. Metode ini mendapat kritik karena tidak dapat mengubah limbah anorganik seperti popok dan plastik yang sulit terurai. Selain itu, metode incinerator berskala besar yang melibatkan pembakaran sampah dalam jumlah besar dapat

menyebabkan akumulasi asap yang besar. Dengan kata lain, ketika gas buangan terkonsentrasi di satu tempat, risiko pencemaran udara meningkat. Incinerator rumah tangga berskala kecil membutuhkan lebih sedikit sumber daya daripada incinerator berskala besar, dan pembakaran yang tidak terpusat diharapkan dapat mengurangi jumlah asap yang dihasilkan serta dapat mengurangi jumlah sumber daya yang diperlukan untuk membuat dan menjalankan incinerator komunal yang biasanya berukuran besar (Falakh *et al.*, 2023).

7. Alat Pengolah Sampah Plastik Jenis LDPE (Low Density Polyethene) menjadi Bahan Bakar Alternatif

Alat pengolah sampah plastik ini terdiri dari reaktor utama yang terbuat dari plat besi berbentuk persegi panjang, kondensator yang menurunkan suhu uap, kompor gas yang digunakan untuk pembakaran, dan wadah penampungan yang menyimpan minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis. Bagian utama sistem ini adalah tabung pemanas, di mana sampah plastik dibakar untuk menghasilkan hidrokarbon. Selama proses pembakaran, uap yang dihasilkan diambil dan didinginkan melalui kondensator dan berubah menjadi cairan, yang menghasilkan minyak plastik. Kemudian minyak ini dikumpulkan di dalam wadah penyimpanan. Menggunakan sampah plastik tipe LDPE (Low Density Polyethylene), kantong kresek, bungkus daging, dan jenis plastik tipis lainnya yang berasal dari TPA digunakan dalam penelitian ini. Proses dimulai dengan menjemur sampah plastik untuk mengeringkannya dan membedakannya dari kotoran tanah. Setelah dipisahkan dari pengotor, sampah plastik dipotong menjadi potongan kecil dan beratnya diukur. Sampah plastik yang telah kering dan dipilah kemudian dipotong-potong. Selanjutnya,

seribu gram sampah plastik kering dimasukkan ke dalam reaktor. Pemanasan dalam reaktor beroperasi pada suhu 300°C, 500°C, dan 700°C. Waktu dimulai setelah mencapai suhu yang diinginkan, dan setelah satu jam berlalu, minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis diukur dan diuji. Pengukuran ini menunjukkan efisiensi dan karakteristik minyak yang dihasilkan pada berbagai suhu pirolisis (Landi & Arijanto, 2017).

8. Bank Sampah

Perjalanan Bank Sampah Gemah Ripah dimulai oleh gempa bumi di Dusun Badengan, Bantul, pada tahun 2006. Saat itu, kondisi lingkungan di Dusun Badengan sangat memprihatinkan, dengan banyak sampah yang tersebar di seluruh rumah warga. Bambang Suwerda, Dosen Kesehatan Lingkungan di Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, memulai Kesling untuk mendorong masyarakat untuk lebih memperhatikan kebersihan lingkungannya. Pada tahun 2008, Kesling berubah menjadi Bank Sampah Gemah Ripah, menjadi bank sampah pertama di Indonesia. Beralih dari Kesling menjadi Bank Sampah Gemah Ripah menunjukkan komitmen program untuk mengembangkan kesadaran publik tentang pengelolaan sampah dan pentingnya daur ulang. Pergeseran dari Kesling ke Bank Sampah Gemah Ripah menunjukkan komitmen untuk menawarkan solusi inovatif untuk masalah sampah dan lingkungan, dan mendorong adopsi model serupa di daerah lain (Belida Rahmanulia *et al.*, 2023).

Bank sampah saat ini sangat berperan dalam menangani masalah sampah dimasyarakat. Pada dasarnya, bank sampah juga memiliki nilai ekonomi jika digunakan dengan benar. Ini adalah bentuk

ekonomi kreatif yang ada di masyarakat dan memiliki kemampuan untuk mencegah pencemaran lingkungan di masa depan. Bank sampah dapat mengurangi jumlah timbulan sampah dari sumbernya (Eldo *et al.*, 2023). Bank sampah menggunakan sistem yang sebanding dengan bank biasa. Dalam istilah yang lebih sederhana, pengurus dan pelanggan adalah bagian penting dari bank sampah. Dalam kasus ini, pelanggan bertanggung jawab untuk menyimpan sampah dan menyerahkannya kepada pengelola. Pemisahan, penimbangan, dan transformasi sampah menjadi poin atau nilai tertentu adalah proses berikutnya. Perubahan ini, yang mengubah sampah dari satu bentuk ke bentuk lain, disebut konversi, dan dilakukan berdasarkan nilai harga yang ditentukan untuk setiap jenis sampah yang dikumpulkan. Bank Sampah mencatat semua transaksi dan mencatat nilai sampah dalam "buku tabungan" pelanggan. Dengan cara ini, bank sampah memberikan kesempatan kepada masyarakat untuk menyumbangkan sampah mereka dalam pertukaran untuk poin atau nilai yang dapat digunakan atau ditukar kembali untuk tujuan tertentu. (Publikasi *et al.*, 2024). Bank sampah dapat menyimpan berbagai jenis sampah karena memiliki nilai moneter. Beberapa contoh di antaranya adalah sampah anorganik, yang dapat dipecahkan menjadi bagian-bagian kecil seperti botol, kaca, toples, gelas, dan sebagainya. Selain itu, sampah metal, seperti kaleng minuman atau makanan, dan sampah kertas, seperti koran, majalah, karton, dan botol plastik, juga termasuk dalam kategori sampah yang dapat dibeli di bank sampah. Menyimpan dan mendaur ulang jenis sampah ini memungkinkan masyarakat untuk memperoleh keuntungan ekonomi selain mendukung pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan (Baiq Husnul Wati *et al.*, 2022).

9. Aplikasi Pengelolaan Mikroplastik

Plastik, bahan buatan anorganik yang terbuat dari bahan kimia, memengaruhi lingkungan secara signifikan. Sampah plastik menjadi masalah besar yang mengancam ekosistem Indonesia, terutama karena plastik sulit diuraikan dan tidak dapat terdegradasi secara alami. Plastik digunakan tanpa batasan di seluruh dunia, dan volume sampah plastik terus meningkat sebagai akibat dari banyaknya orang yang membuangnya ke perairan, yang mengakibatkan pencemaran mikroplastik di laut. Hingga 31 Januari 2023, jumlah penduduk Indonesia mencapai 273,52 juta, menurut Worldometers. Jumlah ini menunjukkan bahwa sampah plastik Indonesia bukan hanya masalah lokal tetapi juga masalah global. Untuk mengatasi masalah ini, kesadaran publik yang lebih tinggi, kebijakan yang mengurangi penggunaan plastik, dan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan diperlukan. Sistem pengelolaan sampah plastik yang inovatif, seperti aplikasi telepon yang membagikan informasi tentang pengelolaan sampah, sangat penting. Aplikasi mobile teknologi diharapkan dapat membantu kebijakan pengurangan penggunaan plastik, meningkatkan kesadaran masyarakat tentang cara mengelola sampah dengan baik, dan berkontribusi pada pelestarian lingkungan. Aplikasi mobile memungkinkan orang untuk dengan mudah mendapatkan informasi tentang pengelolaan sampah plastik, cara meminimalkan penggunaan plastik, dan praktik ramah lingkungan. Selain itu, aplikasi ini dapat membantu orang menjadi lebih terlibat dalam pelestarian lingkungan dengan memberikan panduan dan inspirasi untuk mengurangi, mendaur ulang, dan memilih produk yang lebih ramah lingkungan. Diharapkan inovasi ini akan membantu mengatasi masalah sampah plastik dan mengubah perilaku masyarakat (Alfirahmi *et al.*, 2023).

Jumlah plastik yang diproduksi di seluruh dunia mencapai 322 juta ton pada tahun 2015, dan terus meningkat setiap tahunnya. Jumlah produksi plastik ini diperkirakan akan meningkat seratus kali lipat pada tahun 2050, menurut proyeksi. Sayangnya, sebagian besar plastik yang dibuang tidak dapat didaur ulang, dan banyak yang dibuang secara tidak bertanggung jawab mencemari lautan. Dengan jumlah plastik 0,48–1,29 juta metrik ton per tahun, Indonesia menjadi salah satu penyumbang polusi laut terbesar di dunia, dan sekitar 60-80% dari semua sampah plastik dibuang di laut. Ini menunjukkan bahwa Indonesia memainkan peran penting dalam masalah polusi laut yang sedang berlangsung. Untuk menjaga keseimbangan ekosistem laut dan lingkungan dunia secara keseluruhan, diperlukan pengurangan produksi plastik, peningkatan sistem pengelolaan sampah, dan meningkatkan kesadaran masyarakat tentang efek buruk sampah plastic (Moore, 2008). Banyaknya sampah plastik akan mengancam biota laut di lautan Indonesia. Mikroplastik dimakan oleh ikan kecil, ikan sedang dimakan oleh ikan sedang, ikan besar dimakan oleh ikan sedang, dan akhirnya ikan dimakan oleh ikan.

Daftar Pustaka

- Alfirahmi, D. M., Kania, D. S., & Yusup, D. (2023). Rancang Bangun Aplikasi Pengelolaan Sampah Plastik Menggunakan Pendekatan Design Thinking. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3(3), 219–233.
- Baiq Husnul Wati, Siti Puspita Hida Sakti MZ, & Zulkarnaen, Z. (2022). Sistem Penentuan Jenis Sampah Pada Bank Sampah Paud Tarbiyatul Ummah. *TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 3(2), 81–89. <https://doi.org/10.46764/teknimedia.v3i2.67>
- Belida Rahmanulia, Arni Solekha, Shafira Dyah Hapsari, & Ari Zaqi Al Faritsy. (2023). Perencanaan Dan Pengembangan Produk Pouch Bag Menggunakan Metode QFD. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan*, 2(3), 168–175. <https://doi.org/10.55826/tmit.v2i3.119>
- Chotimah, H. C., Iswardhana, M. R., & Rizky, L. (2022). Model Collaborative Governance dalam Pengelolaan Sampah Plastik Laut Guna Mewujudkan Ketahanan Maritim di Indonesia. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 27(3), 348. <https://doi.org/10.22146/jkn.69661>
- Eldo, D. H. A. P., Nuryanto, N., Isnaeni, I., Adawiyah, M., Sadar, M., Susilo, H., Aning, A., Pertiwi, A., Salasa, N., Nurohim, M., Tauhid, R. I., Santoso, R. R., & Lutfi, A. F. (2023). Pembentukan Bank Sampah sebagai Solusi Pengelolaan Sampah di Desa. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 4(1), 15–22. <https://doi.org/10.54082/jamsi.1009>
- Falakh, F., Purnomo, E., Ismail, A. Z., Lestariyanti, E., Chamami, M. R., & Wibowo, T. (2023). Penerapan Teknologi Tepat Guna Pengolah Sampah (Mini Incenerator) Untuk Mengatasi Limbah Diapers Di Kelurahan Kedungpane Kota Semarang. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 10(3), 251–256. <https://doi.org/10.32699/ppkm.v10i3.4466>

- Fauzi, M., Sumiarsih, E., Adriman, A., Rusliadi, R., & Hasibuan, I. F. (2020). Pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan pembuatan ecobrick sebagai upaya mengurangi sampah plastik di Kecamatan Bunga Raya. *Riau Journal of Empowerment*, 3(2), 87–96. <https://doi.org/10.31258/raje.3.2.87-96>
- Hakim, M. Z. (2019). Pengelolaan dan Pengendalian Sampah Plastik Berwawasan Lingkungan. *Amanna Gappa*, 27(2), 111–121.
- Junita Bancin, L., & Christy, J. (2020). PENGARUH PENYULUHAN KESEHATAN TERHADAP PENGETAHUAN PENCEMARAN SAMPAH MAKROPLASTIK DAN MIKROPLASTIK PADA MAHASISWA PRODI DIII PEREKAM DAN INFORMASI KESEHATAN STIKes IMELDA. *Jurnal Ilmiah Perekam Dan Informasi Kesehatan Imelda (JIPIKI)*, 5(2), 156–165. <https://doi.org/10.52943/jipiki.v5i2.416>
- Landi, T., & Arijanto, A. (2017). Perancangan Dan Uji Alat Pengolah Sampah Plastik Jenis Ldpe (Low Density Polyethylene) Menjadi Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknik Mesin Undip*, 5(1), 1–8.
- Lingkungan, K. P. (2018). Pengelolaan Sampah 3R (Reduce, Reuse, Recycle) Pada Pembelajaran Ips Untuk Menumbuhkan Karakter Peduli Lingkungan 39-51. 3, 39–51.
- Luluk Kusminah, I. (2018). penyuluhan 4R (Reduce, Reuse, recycle, replace) dan kegunaakan bank sampah sebagai langkah menciptakan lingkungan yang bersih dan ekonomis didesa mojawuku kabupaten gresik. 03(01), 22–28.
- Nirmalasari, R., Ari Khomsani, A., Nur'aini Rahayu, D., Lidia, L., Rahayu, M., Anwar, M. R., Syahrudin, M., Jennah, R., Syafiyah, S., Suriadi, S., & Setiawan, Y. (2021). Pemanfaatan Limbah Sampah Plastik Menggunakan Metode Ecobrick di Desa Luwuk Kanan. *Jurnal SOLMA*, 10(3), 469–477. <https://doi.org/10.22236/solma.v10i3.7905>

- Priyono, P., Supit, S. W. M., Kumaat, A., & Sirun, A. (2021). Diseminasi Alat Destilasi Pembuatan Bahan Bakar Minyak Dari Sampah Plastik Tipe Pp Dan Ldpe Di Desa Minanga Timur. *Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat Dan Corporate Social Responsibility (PKM-CSR)*, 4, 200–209. <https://doi.org/10.37695/pkmcsr.v4i0.1261>
- Publikasi, P., Pengabdian, H., & Vol, M. (2024). Penerapan Aplikasi Banksampah.id Untuk Pengelola Sampah Menjadi Berharga. 2(1).
- Rahmayani, C. A., & Aminah, A. (2021). Efektivitas Pengendalian Sampah Plastik Untuk Mendukung Kelestarian Lingkungan Hidup Di Kota Semarang. *Jurnal Pembangunan Hukum Indonesia*, 3(1), 18–33. <https://doi.org/10.14710/jphi.v3i1.18-33>
- Rusdiyana, L., Bambang, S., Budi, S., Sanyoto, L., & Lukman, M. M. (2023). Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna Mesin Balistik Pencacah Sampah untuk Sistem Pengolahan Sampah Organik pada TPS Bangsal sebagai Salah Satu Sumber Keuangan BUMDes Desa. 7(1).
- Sari, C. N., Al-illahiyah, L. H., Kaban, L. B., Hasibuan, R., Nasution, R. H., Sari, W. F., Islam, U., & Sumatera, N. (2023). Keterbatasan Fasilitas Tempat Pembuangan Sampah Dan Tantangan Kesadaran Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah (Studi Kasus Di Desa Jandi Meriah Kec. Tiganderket Kab. Karo) Cindy. *Journal of Human And Education*, 3(2), 268–276.
- Setyowati, R., & Mulasari, S. A. (2013). Pengetahuan dan Perilaku Ibu Rumah Tangga dalam Pengelolaan Sampah Plastik. *Kesmas: National Public Health Journal*, 7(12), 562. <https://doi.org/10.21109/kesmas.v7i12.331>

- Sriagustini, I., & Nurazijah. (2022). Edukasi Pengolahan Sampah Rumah Tangga Sebagai Upaya Peningkatan Kesadaran Masyarakat Untuk Menjaga Lingkungan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Kesehatan (JIRAH)*, 1(1), 35–46. <http://www.jurnal.stikescirebon.ac.id/index.php/jirah/article/view/286>
- Suheri, D. A., Ditya, D. N., Sandi, K., & Sari, L. R. (2019). Rancangan Alat Pengangkut Sampah Tenaga Angin (PESTA) Sebagai Upaya Pengurangan Sampah Perairan. *Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan (JATRA)*, 1(2), 43–47. <https://doi.org/10.30871/jatra.v1i2.1422>
- Widiyasari, R., Zulfitria, & Fakhirah, S. (2021). Pemanfaatan Sampah Plastik Dengan Metode Ecobrick Sebagai Upaya Mengurangi Limbah Plastik. *Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*, 1–10.
- Yulianingsih, I., Zaitun, Damayanti, A., Hayati, C., & Hamid, A. R. (2020). Upaya pengurangan sampah plastik dan bentuk kepedulian lingkungan melalui kerajinan goodie bag. *Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*, 1–12. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat%0Ahttps://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat/article/view/8846>
- Yusiyaka, R. A., & Yanti, A. D. (2021). Ecobrick: Solusi Cerdas Dan Praktis Untuk Pengelolaan Sampah Plastik. *Learning Community: Jurnal Pendidikan Luar Sekolah*, 5(2), 68. <https://doi.org/10.19184/jlc.v5i2.30819>

Profil Penulis

Dr. Surahma Asti Mulasari, S.Si., M.Kes



Lahir di Yogyakarta, 22 Oktober 1982. Sekarang ini menjadi Dosen tetap di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan (UAD) Yogyakarta. Menyelesaikan studi kesarjanaan di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada (UGM) pada tahun 2005, dan menyelesaikan studi magister di Fakultas Kedokteran UGM Prodi Ilmu Kesehatan Masyarakat Minat Kebijakan Manajemen Pelayanan Kesehatan (2005-2007) dan S3 di Fakultas Kedokteran Jurusan Ilmu Kedokteran dan Kesehatan (2011-2016). Salah satu mata kuliah yang diampu di Prodi Ilmu Kesehatan Masyarakat UAD adalah PBL 1 dan PBL 2. Berbagai pengalaman akademik dan non-akademik telah dilalui dan merupakan dosen yang cukup produktif dalam menulis dan meneliti. Buku yang pernah ditulis diantaranya adalah Buku Biologi, Buku Biokimia, Buku Pengolahan Sampah dan Limbah, Buku Etika Hukum Kesehatan dan lain-lain. Terbitnya Buku ini tidak lepas dari peran keluarga tercinta yaitu ayah dan ibu (Prof. Dr. Subardjo, S.H.M.Hum dan Sri Astuti, S.Pd.), suami (Eko Sidiq Rachmanto, SE, M.M., AAAK), dan anak-anak tercinta (Asad Rafif Sidiq, Aslan Zhafif Sidiq dan Arsalan Hafidz Sidiq).

Email Penulis: rahmasti@gmail.com

DAMPAK SOSIAL DAN EKONOMI

Ir. Dimas Akmarul Putera, M.T.
Institut Teknologi Batam

Pendahuluan

Masa kini mendorong perkembangan yang cepat dalam sektor bisnis global, terutama dalam industri manufaktur dan layanan. Persaingan yang ketat dan tuntutan pelanggan yang tinggi memaksa perusahaan-perusahaan untuk melaksanakan beragam inisiatif perbaikan (Putera, 2021; Putera et al., 2023). Semakin tingginya perubahan-perubahan persaingan maka kreasi perusahaan terhadap produk juga semakin meningkat, yang salah satunya adalah tingginya produk dengan bahan baku plastic. Baru-baru ini, plastik telah menjadi fokus perhatian dalam perdebatan mengenai ekonomi sirkular pada pertemuan G7 dan G20, serta di Majelis Lingkungan Hidup Perserikatan Bangsa-Bangsa. Salah satu alasan di balik perhatian ini adalah meningkatnya kesadaran politik terhadap pencemaran plastik laut, termasuk mikroplastik. Dari total limbah plastik global yang dihasilkan sejak tahun 1950, 12% dibakar, 9% didaur ulang, dan sisanya dibuang di tempat pembuangan atau dilepaskan ke lingkungan (Geyer et al., 2024).

Pencemaran mikroplastik merupakan krisis global. Mengatasi masalah ini memerlukan pemahaman yang lebih baik tentang kelimpahan, distribusi, dan akumulasi mikroplastik untuk mencegah risiko potensial di masa

depan. Namun, mengidentifikasi dengan akurat semua polimer mikroplastik menjadi tantangan besar karena keterbatasan teknologi deteksi saat ini. Batasan ini dapat menyebabkan overestimasi dan underestimasi terhadap pencemaran mikroplastik (Zhang et al., 2022)

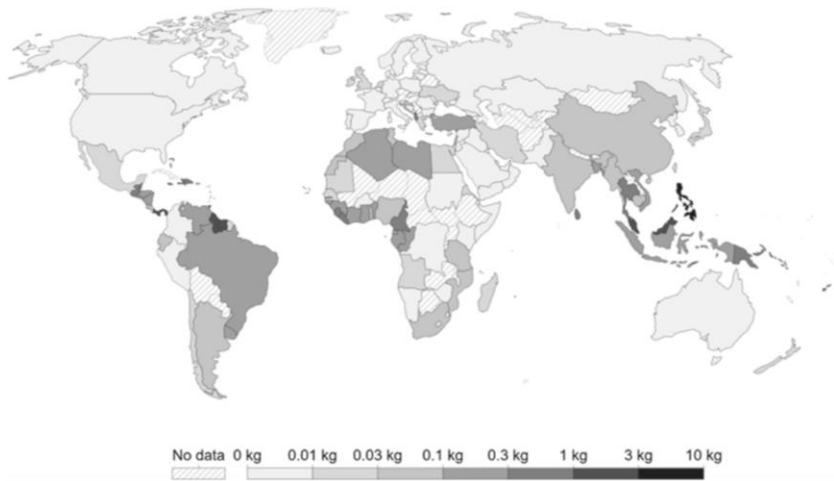
Mikroplastik

Pencemaran plastik saat ini merupakan salah satu masalah pencemaran lingkungan yang menjadi perhatian global, dan mikroplastik (plastik dengan ukuran ≤ 5 mm) juga menarik perhatian karena luas permukaannya yang besar, kapasitas penyerapan polutan yang tinggi, dan kinerja migrasi yang lebih tinggi. Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan produksi produk kimia yang lebih banyak, tingkat pencemaran mikroplastik terus meningkat. Mikroplastik yang dibuang oleh sistem pengolahan air limbah akan masuk ke laut dan sungai, sehingga ekosistem estuari sangat penting untuk mengendalikan pencemaran mikroplastik di laut (Li et al., 2023). Produk plastik pada umumnya terbuat dari senyawa polimer yang terpolimerisasi dari monomer yang diperoleh dari penyulingan minyak bumi. Diperkirakan bahwa pada tahun 2050, sekitar 20% dari konsumsi minyak bumi dunia akan digunakan untuk mensintesis plastik. Plastik dengan volume produksi yang besar dalam produk plastik meliputi polietilena (36%), polipropilena (21%), polivinil klorida (12%), serta politereftalat etilena, poliuretan, dan polistirena (masing-masing kurang dari 10%). (Wang et al., 2019).

Plastik itu sendiri bukanlah polutan. Pencemaran plastik adalah risiko ekologis dan lingkungan yang disebabkan oleh penanganan tidak benar terhadap produk plastik dan kebocoran limbah plastik. Pada saat yang sama, tingkat daur ulang limbah plastik yang rendah memperparah masalah pencemaran plastik. Hanya 9%

dari limbah plastik dunia yang didaur ulang, sedangkan sebagian besar (80%) berakhir di tempat pembuangan sampah atau mencemari lingkungan. Diantaranya, diperkirakan sekitar 700.000 ton limbah plastik (interval kepercayaan 95% antara 130.000 hingga 3.800.000 ton per tahun) masuk ke laut di seluruh dunia setiap tahun (Zhang et al., 2022).

Plastik adalah kelompok material yang sangat luas yang terdiri dari ribuan jenis polimer dan berbagai aditif, termasuk termoplastik, termoset, dan polimer campuran. Sejalan dengan jenis polimer plastik ini, mikroplastik berasal dari berbagai polimer di lingkungan dengan peningkatan konsumsi plastik yang cepat. Sebagai contoh, 19 jenis polimer terdeteksi dalam sampel zooplankton yang diambil dari Laut China Timur dan lebih dari 30 jenis polimer mikroplastik teridentifikasi di instalasi pengolahan air limbah (WWTP) (Xu et al., 2019). Delapan dari 20 negara dengan sumber sampah laut terbesar di dunia berasal dari Asia, termasuk China, Indonesia, Filipina, Vietnam, Sri Lanka, Thailand, Malaysia, dan India. Emisi limbah plastik dari sungai-sungai ini menyumbang sebanyak 67%–94% dari total emisi plastik global. Untuk sebaran pembuangan sampah plastik per kapita secara global pada tahun 2019 ke laut dapat dilihat pada Gambar 8.1 dibawah ini



Gambar 8.1 Pembuangan Sampah Plastik Per Kapita Secara Global Pada Tahun 2019 ke Laut
(Sumber: (Meijer et al., 2024))

Studi menunjukkan, setidaknya terdapat 5,25 triliun fragmen plastik di samudra global, dengan berat sekitar 269.000 ton (Eriksen et al., 2019). Keprihatinan saat ini terkait pencemaran mikroplastik merupakan kelanjutan dari masalah pencemaran plastik secara umum. Mikroplastik adalah partikel plastik berdiameter kurang dari 5 mm. Ini melibatkan mikroplastik sumber utama yang diproduksi dengan tujuan tertentu, dan mikroplastik sumber sekunder yang terbentuk melalui proses mekanis, kimiawi, atau biologis saat menggunakan produk plastik konvensional. Mikroplastik dari sumber sekunder saat ini menjadi sumber utama mikroplastik di lingkungan.

Selanjutnya, mikroplastik dapat dibagi menjadi serat, film, fragmen, butiran, dan busa berdasarkan penampilan dan morfologinya. Dibandingkan dengan limbah padat umumnya, mikroplastik memiliki partikel yang lebih kecil dan lebih mungkin terbawa oleh udara atau air, menghasilkan penyebaran lingkungan yang lebih luas.

Sebagian besar mikroplastik yang ditemukan di laut berasal dari daratan, dan zona transisi antara daratan dan laut, biasanya estuari, memainkan peran penting dalam proses ini. Sekitar 2 miliar orang di seluruh dunia tinggal di ekosistem pesisir, banyak di antaranya berada di sistem estuari. Aktivitas manusia menjadi faktor utama yang menyebabkan peningkatan keberagaman dan kelimpahan mikroplastik (Biltcliff-Ward et al., 2022).

Jalur Mikroplastik Ke Laut

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa keberagaman dan jumlah mikroplastik di sungai dan lingkungan laut pesisir meningkat seiring dengan kedekatan dengan daerah berpenduduk atau perkotaan. Meskipun hampir dua miliar orang tinggal di ekosistem pesisir, termasuk banyak di antaranya yang berada di sistem muara, penelitian mengenai pencemaran mikroplastik di muara masih kurang jika dibandingkan dengan lingkungan sungai dan laut (Crew et al., 2020).

Plastik yang dilepaskan secara langsung ke lingkungan muara dalam bentuk potongan kecil sebelum mengalami fragmentasi dikenal sebagai 'mikroplastik primer.' Serpihan plastik yang lebih besar dapat terkena mekanisme degradasi mekanis, kimiawi, dan biologis yang dapat mengakibatkan fragmentasi menjadi potongan-potongan kecil, sehingga membentuk 'mikroplastik sekunder.' (Biltcliff-Ward et al., 2022). Cekungan sungai dapat menjadi jalur bagi sampah plastik masuk ke sistem muara dari berbagai sumber seperti limbah plastik yang tidak terkelola dan instalasi pengolahan air limbah. Sifat sumber dapat menentukan jenis sampah plastik yang masuk ke dalam sistem muara; misalnya, kegiatan perikanan dan akuakultur kemungkinan besar menjadi sumber sampah alat tangkap ikan, dan deposisi atmosfer kemungkinan besar

didominasi oleh serat. Beberapa jenis sampah plastik dapat memiliki beberapa jalur masuk ke muara, dengan satu jalur yang mungkin lebih dominan. Sebagai contoh, partikel aus ban mungkin terbawa oleh udara tetapi lebih mungkin diangkut oleh aliran air hujan dan limpasan permukaan (Constant et al., 2020).

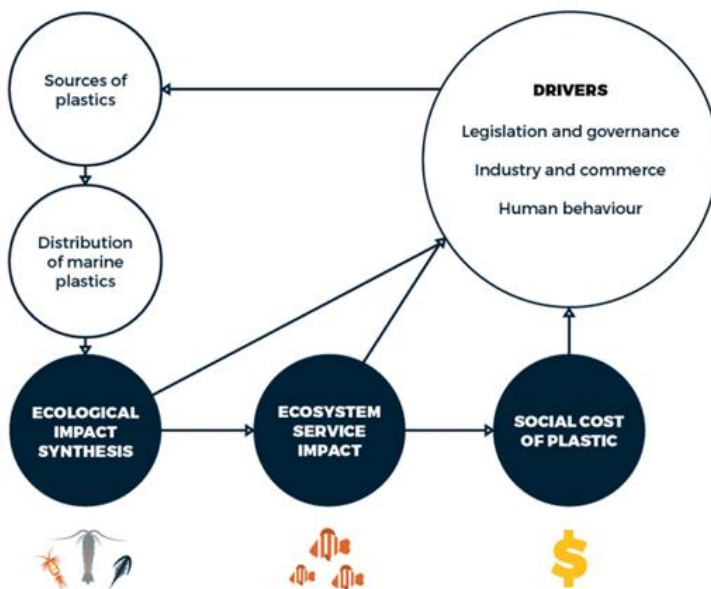
Muara menyediakan habitat penting dan tempat penangkaran untuk berbagai jenis spesies, termasuk yang terancam punah dan biota komersial. Dengan potensi ancaman batas planet yang ditimbulkan oleh plastik yang terpapar cuaca, paparan spesies yang sensitif terhadap mikroplastik menjadi perhatian khusus di muara. Pemakanan mikroplastik dapat memiliki efek fisik langsung pada organisme laut, termasuk penurunan kebugaran dan obstruksi usus; dan efek fisiologis dari pelepasan aditif plastik karsinogenik dan monomer. Efek toksikologi dari paparan mikroplastik terhadap organisme muara dapat bervariasi dari tidak ada efek hingga efek antagonis dengan polutan, hingga efek merugikan. Selain dari sumber-sumber yang telah diidentifikasi, berbagai jenis plastik, terutama mikroplastik sekunder, sulit untuk dikaitkan dengan sumber-sumber tertentu, dan kemungkinan ada jalur dan sumber yang belum teridentifikasi.

Muara menyediakan habitat penting dan tempat penangkaran untuk berbagai jenis spesies, termasuk yang terancam punah dan biota komersial. Dengan potensi ancaman batas planet yang ditimbulkan oleh plastik yang terpapar cuaca, paparan spesies yang sensitif terhadap mikroplastik menjadi perhatian khusus di muara. Pemakanan mikroplastik dapat memiliki efek fisik langsung pada organisme laut, termasuk penurunan kesehatan dan obstruksi usus; dan efek fisiologis dari pelepasan aditif plastik karsinogenik dan monomer. Efek toksikologi dari paparan mikroplastik

terhadap organisme muara dapat bervariasi dari tidak ada efek hingga efek antagonis dengan polutan, hingga efek merugikan (Athey et al., 2020).

Dampak Sosial dan Ekonomi

Pemahaman menyeluruh mengenai dampak ekologis, sosial, dan ekonomi dari plastik laut sangat penting untuk membimbing perubahan global dalam cara kita memproduksi, menggunakan, dan mendaur ulang plastik. Pemahaman ini krusial untuk mengurangi dampak negatif dan memiliki implikasi terhadap perilaku masyarakat, tindakan legislasi, tata kelola, serta industri dan perdagangan (Pahl et al., 2017). Untuk model konseptual dari sampah plastic dilaut dapat dilihat pada Gambar 8.2 dibawah ini.



Gambar 8.2 Diagram Konseptual yang Menggambarkan Pendekatan Tiga Langkah yang Digunakan Untuk Menilai Dampak Sosial dari Polusi Plastik Laut (Sumber: (Pahl et al., 2017)

Di luar konsekuensi ekologis yang langsung dijelaskan sebelumnya, keberadaan plastik memiliki potensi untuk secara mendasar mengubah ekosistem laut. Transformasi lingkungan dan pergeseran keanekaragaman hayati dapat menyebabkan dampak sosial yang sulit diprediksi dan merata, terutama dengan mengurangi ketahanan dan kemampuan pemulihan ekosistem selama periode perubahan global. Plastik berfungsi sebagai pemicu stres, dan bila digabungkan dengan tekanan lingkungan lain seperti yang berasal dari polutan, perubahan suhu laut, asam laut, dan eksploitasi berlebihan sumber daya laut, dampak kumulatif dapat menyebabkan kerusakan yang jauh lebih besar. Selain itu, meskipun hasil menunjukkan peningkatan kolonisasi bakteri dan ganggang serta kelimpahan, ini bisa memiliki dampak negatif pada ekosistem lebih luas. Plastik laut berfungsi sebagai substrat menarik yang cepat dan intensif dikolonisasi oleh berbagai spesies oportunistik (Kirstein et al., 2016).

Debris alami seperti rumput laut dan kayu cenderung mengalami degradasi dan tenggelam dalam waktu beberapa bulan, sementara sebaliknya, plastik dapat menahan paparan sinar UV dan aksi gelombang, tetap mengapung untuk periode yang lebih lama (dekade atau bahkan lebih) dan menempuh jarak lebih dari 3000 km dari sumbernya. Kolonisasi plastik memberikan mekanisme untuk pergerakan organisme antar bioma, yang berpotensi memperluas jangkauan biogeografis mereka dan meningkatkan risiko penyebaran spesies invasif dan penyakit (Lamb et al., 2018). Tentu saja, plastik laut telah dikaitkan dengan peningkatan tingkat spesies invasif dan tingkat dispersi spesies yang belum pernah terjadi sebelumnya menggunakan sampah buatan manusia. Ini termasuk perkiraan bahwa plastik laut telah meningkatkan peluang dispersi organisme hingga dua kali lipat di daerah tropis.

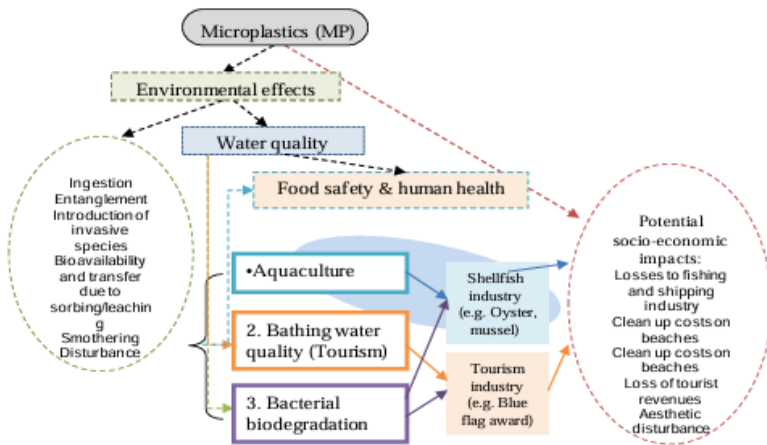
Mikroplastik berasal dari botol plastik air minum dan minuman ringan, kantong plastik, partikel ban, plastik penutup pertanian, dan pencetakan 3D. Fragmen kecil limbah ini, berukuran 1 μm hingga 5 mm, mencemari lingkungan dan mengancam kesehatan manusia serta layanan ekosistem, termasuk tanaman dan lainnya, yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi. (Qi et al., 2020). Diprediksi bahwa pada tahun 2030, produksi plastik akan menjadi penyebab utama polusi lingkungan dalam hal jejak karbon dan senyawa kimia beracun. Berdasarkan laporan dari Majelis Lingkungan Hidup Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNEA) dan Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNEP), setiap tahun plastik di lingkungan memberatkan ekonomi global sebesar \$19 miliar, menimbulkan kekhawatiran terhadap keberlanjutan ekologis jangka panjang dan Tujuan Global. Kerugian nilai yang dilaporkan hanya mencakup dampak pada modal alam laut, sehingga biaya ekonomi total bisa jauh lebih besar. Menurut UNEP, polusi plastik bisa tiga kali lipat pada tahun 2040. Penelitian lebih lanjut diperlukan mengenai heterogenitas dan skala waktu pengembangan kebijakan dan regulasi untuk implementasi program "Akhir Polusi Plastik". Tindakan yang perlu diambil adalah menghilangkan sampah plastik untuk memenuhi kesepakatan Konferensi PBB tentang Perubahan Iklim ke-26 (COP26) mengenai target nol bersih pada tahun 2060.

Diperkirakan wajar untuk menduga penurunan 1–5% dalam penyediaan layanan ekosistem laut sebagai hasil dari adanya plastik laut di lautan pada tahun 2011. Perkiraan ini bersifat konservatif jika dibandingkan dengan penurunan layanan ekosistem terestrial akibat gangguan antropogenik yang tersedia dalam literatur, seperti penurunan 11–28% dalam layanan ekosistem terestrial global (berdasarkan nilai) yang disebabkan oleh

perubahan penggunaan lahan antara tahun 1997 dan 2011. Dalam skala global, diperkirakan manfaat yang diberikan oleh layanan ekosistem laut kepada masyarakat sekitar \$49,7 triliun per tahun pada tahun 2011. Penurunan 1-5% dalam penyediaan layanan ekosistem laut setara dengan kerugian tahunan sebesar \$500 hingga \$2500 miliar dalam nilai manfaat yang diperoleh dari layanan tersebut. Mengingat perkiraan jumlah plastik di lingkungan laut pada tahun 2011, berkisar antara 75 dan 150 juta ton, ini akan setara, di bawah tingkat polusi plastik laut dan nilai layanan ekosistem tahun 2011, untuk setiap ton plastik di laut memiliki biaya tahunan dalam hal penurunan modal alam laut antara \$3300 dan \$33,000 (Pahl et al., 2017). Estimasi biaya ekonomi ini hanya berhubungan dengan dampak plastik laut pada modal alam laut, dan sebagai hasilnya, mewakili 'batas bawah' dari total biaya ekonomi plastik laut. Namun, angka ini mengilustrasikan potensi tingkat dampak secara garis besar.

Karena partikel mikroplastik (MP) memiliki kemiripan dalam berat jenis dan ukuran dengan alga, mereka berpotensi dikonsumsi oleh pemakan saring seperti kerang dan tiram. Pemakanan MP dapat menyebabkan kerusakan fisik pada organisme individu, dan pelepasan zat beracun dapat mengganggu kesehatannya.

Potensi biaya ekonomi ditentukan dari pembersihan pantai, daerah yang terdegradasi yang berdampak negatif pada pariwisata, kerusakan pada motor/perlengkapan perikanan, industri kerang termasuk ekspor, penurunan harga perumahan, penduduk komunitas pesisir, wisatawan, rekreasionis, kesejahteraan, kepercayaan dan kesehatan konsumen, serta kesehatan dan keselamatan. Data tentang efek biologis pada kerang serta nilai pendaratan tiram dan kerang, ukuran populasi juga dimasukkan. Untuk ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar dibawah ini:



Gambar 8.3 Tinjauan Skema Model Ekonomi yang digunakan Untuk Menilai Potensi Dampak Ekonomi dari Mikroplastik Studi Kasus di Inggris.

Strategi Menurunkan Mikroplastik

Pengelolaan limbah mikroplastik jauh lebih menantang dibandingkan dengan makroplastik karena ukurannya yang sangat kecil dan kurang terlihat. Tindakan-tindakan yang diperlukan untuk mengelola mikroplastik diusulkan sebagai berikut:

1. Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang mikroplastik melalui pendidikan di sekolah, organisasi publik, dan media berita, contohnya UNEP telah mengembangkan pedoman pengelolaan mikroplastik sebagai respons terhadap keprihatinan polusi lingkungan, yang menyerukan pengurangan transmisi mikroplastik ke laut, yang dapat menyebabkan efek kimia dan fisik yang merugikan.
2. Peningkatan siklus hidup mikroplastik dalam desain dan manufaktur produk plastik, konsumsi, dan pembuangan, dengan menyarankan penggunaan Sistem Pengelolaan Limbah Terpadu dan *Life Cycle Analysis (LCA)*.

3. Kebijakan nasional dapat membantu mencapai pengurangan polusi mikroplastik di perairan, contohnya strategi nasional terkait limbah, pemanfaatan perangkap sampah mekanik, penanganan sampah laut sebagai titik panas, adopsi skema tanggung jawab produsen, pemanfaatan instrumen ekonomi untuk mendorong daur ulang, aplikasi LCA dalam produksi/pembuangan mikroplastik, dan penggunaan plastik yang dapat terurai secara alami.
4. Untuk meminimalkan polusi mikroplastik, biodegradasi bisa menjadi teknik yang layak. Dengan bantuan bakteri, biodegradasi adalah teknik yang efisien untuk mengurai mikroplastik, menggunakan mereka sebagai sumber karbon dan energi. Sebagai contoh, *Staphylococcus* dan *Pseudomonas spp.* secara efisien mengurai mikroplastik polietilena yang diisolasi dari tanah.
5. Penelitian mengenai interaksi mikroplastik dengan polutan lain masih sangat terbatas, dan diharapkan untuk mengeksplorasi rentang yang lebih luas dari mikroplastik dan kontaminan kimia dalam hewan serta memahami implikasi lingkungan dari mikroplastik dan ancaman terhadap kesehatan manusia. Efek ekologis dan toksik mikroplastik perlu dievaluasi dalam kondisi lingkungan yang lebih realistis. Terakhir, nasib dan efek mikroplastik setelah tertelan oleh manusia dan spesies laut masih diperdebatkan dan tidak jelas.
6. Penelitian mengenai risiko kesehatan manusia yang mempertimbangkan polusi mikroplastik multidimensi terbatas, dan efek mikroplastik pada sel dan jaringan manusia masih belum jelas. Kesenjangan penelitian yang ada antara mikroplastik di lingkungan dan potensi efek kesehatan manusia

dan lingkungan yang merugikan membuat sulit untuk memperkirakan kerugian layanan ekosistem dan ekonomi. Dibandingkan dengan partikel lingkungan lainnya, karakteristik unik dari mikroplastik perlu dijelajahi dan diukur. Karena risiko polusi plastik masih belum sepenuhnya dipahami, jumlah proyek penelitian yang berkembang telah fokus pada ancaman terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Daftar Pustaka

- Athey, S. N., Albotra, S. D., Gordon, C. A., Monteleone, B., Seaton, P., Andrady, A. L., Taylor, A. R., & Brander, S. M. (2020). Trophic transfer of microplastics in an estuarine food chain and the effects of a sorbed legacy pollutant. *Limnology And Oceanography Letters*, 5(1), 154–162. <https://doi.org/10.1002/lol2.10130>
- Biltcliff-Ward, A., Stead, J. L., & Hudson, M. D. (2022). The estuarine plastics budget: A conceptual model and meta-analysis of microplastic abundance in estuarine systems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 275, 107963. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107963>
- Constant, M., Ludwig, W., Kerhervé, P., Sola, J., Charrière, B., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., & Heussner, S. (2020). Microplastic fluxes in a large and a small Mediterranean river catchments: The Têt and the Rhône, Northwestern Mediterranean Sea. *Science of The Total Environment*, 716, 136984. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136984>
- Crew, A., Gregory-Eaves, I., & Ricciardi, A. (2020). Distribution, abundance, and diversity of microplastics in the upper St. Lawrence River. *Environmental Pollution*, 260, 113994. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113994>
- Eriksen, M., Thiel, M., & Lebreton, L. (2019). Nature of Plastic Marine Pollution in the Subtropical Gyres BT - Hazardous Chemicals Associated with Plastics in the Marine Environment (H. Takada & H. K. Karapanagioti (eds.); pp. 135–162). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/698_2016_123

- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2024). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Kirstein, I. V, Kirmizi, S., Wichels, A., Garin-Fernandez, A., Erler, R., Löder, M., & Gerdtts, G. (2016). Dangerous hitchhikers? Evidence for potentially pathogenic *Vibrio* spp. on microplastic particles. *Marine Environmental Research*, 120, 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.07.004>
- Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., True, J. D., Kelly, L. A., Ahmad, A., Jompa, J., & Harvell, C. D. (2018). Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, 359(6374), 460–462. <https://doi.org/10.1126/science.aar3320>
- Li, Y., Lu, Q., Yang, J., Xing, Y., Ling, W., Liu, K., Yang, Q., Ma, H., Pei, Z., Wu, T., Guo, H., Gao, Z., Zhao, L., Sun, J., Yang, F., Tang, X., Li, X., & Zhao, D. (2023). The fate of microplastic pollution in the Changjiang River estuary: A review. *Journal of Cleaner Production*, 425(September), 138970. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138970>
- Meijer, L. J. J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2024). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances*, 7(18), eaaz5803. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz5803>
- Pahl, S., Wyles, K. J., & Thompson, R. C. (2017). Channelling passion for the ocean towards plastic pollution. *Nature Human Behaviour*, 1(10), 697–699. <https://doi.org/10.1038/s41562-017-0204-4>
- Putera, D. A. (2021). Pengendalian Persediaan Beras Menggunakan Pendekatan Sistem Dinamis Di Perum Bulog Divre Sumut [Universitas Sumatera Utara]. In *Post Graduate Tesis*. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/47744>

- Putera, D. A., Matondang, A. R., & Sembiring, M. T. (2023). Rice distribution planning using distribution resources planning (DRP) method. *AIP Conference Proceedings*, 2471(1), 060002-1-060002-060006. <https://doi.org/https://doi.org/10.1063/5.0129254>
- Qi, Y., Ossowicki, A., Yang, X., Huerta Lwanga, E., Dini-Andreote, F., Geissen, V., & Garbeva, P. (2020). Effects of plastic mulch film residues on wheat rhizosphere and soil properties. *Journal of Hazardous Materials*, 387, 121711. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121711>
- Wang, W., Themelis, N. J., Sun, K., Bourtsalas, A. C., Huang, Q., Zhang, Y., & Wu, Z. (2019). Current influence of China's ban on plastic waste imports. *Waste Disposal & Sustainable Energy*, 1(1), 67-78. <https://doi.org/10.1007/s42768-019-00005-z>
- Xu, X., Jian, Y., Xue, Y., Hou, Q., & Wang, L. (2019). Microplastics in the wastewater treatment plants (WWTPs): Occurrence and removal. *Chemosphere*, 235, 1089-1096. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.197>
- Zhang, Y., Wu, H., Xu, L., Liu, H., & An, L. (2022). Promising indicators for monitoring microplastic pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 182(July). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113952>

Profil Penulis



Ir. Dimas Akmarul Putera, M.T.

Penulis lahir di Medan pada tanggal 15 Agustus 1992 di Kota Medan, Sumatera Utara. Penulis menyelesaikan SD di SD 060884 Medan, SMP di SMP Negeri 1 Medan, dan SMA di SMA Negeri 1 Medan. Penulis yang anak ke dua dari dua bersaudara dari pasangan Khairul Susilo dan Zul Akmalia ini mengambil jurusan S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara pada Tahun 2010-2015 dengan konsentrasi desain produk dengan prinsip Ergonomi. Penulis bekerja di salah satu perusahaan yang bergerak dibidang konstruksi di Kota Medan pada Tahun 2016 sebagai bagian pengadaan, dan pada tahun 2017 penulis dipindahkan ke bagian Logistik dikarenakan ekspansi perusahaan bergerak dibidang distribusi produk makanan. Pada Februari 2019 penulis melanjutkan program S2 di Magister Teknik Industri di Universitas Sumatera Utara, Kota Medan dan menyelesaikan program studi S2 pada Desember 2021 dengan konsentrasi penelitian ke Modelling System. Penulis sekarang bekerja sebagai dosen di Institut Teknologi Batam program studi Manajemen Rekayasa dengan konsentrasi pendidikan ke Product Design, Modelling System dan Operation Research. Pada tahun 2023, penulis telah menyelesaikan perkuliahan Program Profesi Insinyur di Universitas Katolik Atmajaya di Jakarta dan mendapatkan gelar Insinyur (Ir) dengan topic penelitian Motion and Time Study dan Praktek Keinsinyuran.

Email Penulis: dimasakmarulputera@gmail.com

PENDIDIKAN DAN KESADARAN PUBLIK

Dr. Drs. I Wayan Sudiadnyana, SKM., MPH
Poltekkes Kemenkes Denpasar

Keberadaan dan kehadiran mikroplastik di lingkungan sekitar kita tidak dapat dielakkan lagi. Tingginya penggunaan dan kebutuhan akan plastik untuk menunjang dan memenuhi kebutuhan hidup, semakin besar pula risiko timbulan mikroplastik di sekitar kita. Mesti dalam ukuran sangat kecil dan bahkan tidak terlihat secara kasat mata, namun mikroplastik memberikan efek dan dampak negatif yang sangat besar bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Dibutuhkan kesadaran diri dan peran serta seluruh warga masyarakat untuk mengantisipasinya, sehingga upaya edukasi yang berkelanjutan, menjadi bagian penting untuk mengurangi risiko dan bahaya mikroplastik di lingkungan.

Mikroplastik dan Bahayanya

Mikroplastik merupakan partikel plastik ukuran kecil yang memiliki diameter kurang dari 5 mm. Keberadaan mikroplastik di lingkungan, dikenal dalam dua bentuk yaitu primer dan sekunder (Hiwari, H. Purba, N. Ihsan, 2019). Mikroplastik primer diperoleh dari berbagai produk kosmetik dan produk kesehatan yang mengandung *microbead* yaitu polietilen, polipropilen dan polistiren, sedangkan mikroplastik sekunder terjadi akibat degradasi plastik melalui proses fisik, kimia dan

biologis. Bila plastik terpapar sinar UV atau terpapar aliran air deras maka plastik akan terdegradasi menjadi mikroplastik (Alam, FC. Rachmawati, 2020).

Dampak potensial mikroplastik bagi manusia dapat dibedakan menjadi dua kelompok besar yaitu dampak bagi kesehatan dan dampak bagi lingkungan. Dampak mikroplastik bagi kesehatan manusia dapat menimbulkan beberapa penyakit diantaranya : gangguan pernafasan, gastrointestinal, penyakit implikasi dan paparan zat berbahaya. Sedangkan dampak mikroplastik pada lingkungan antara lain dapat menimbulkan : gangguan ekosistem, polusi air dan juga tanah, Besarnya risiko dampak mikroplastik bagi kesehatan dan lingkungan secara keilmuan masih terbatas dan masih perlu pengkajian lebih lanjut. Namun yang sudah pasti semakin tinggi jumlah dan keberadaan mikroplastik di lingkungan, sudah tentu akan memberikan dampak langsung maupun tidak langsung bagi kesehatan manusia (Firmansyah, YW. Faudi, MF.Rahmadhansyah, 2021). Dengan demikian upaya dalam menjaga kesehatan lingkungan menjadi hal penting untuk mengurangi paparan mikroplastik di lingkungan. Ada beberapa cara untuk mengurangi paparan mikroplastik di lingkungan :

1. Pilih produk ramah lingkungan

Memilih dan menggunakan produk ramah lingkungan (*green product*) merupakan suatu keharusan untuk mengurangi keberadaan dan paparan mikroplastik di lingkungan. Gunakan produk perawatan pribadi yang tidak mengandung mikroplastik, seperti pasta gigi, scrub, atau produk lainnya. Demikian juga pilih dan gunakan pakaian yang terbuat dari bahan alami atau serat organik untuk mengurangi pelepasan serat plastik saat mencuci. Ada banyak faktor yang mempengaruhi

konsumen dalam memilih produk ramah lingkungan, dua diantaranya sebagai faktor utama adalah : sikap konsumen dan persepsi tanggung jawab pada lingkungan (Rimadias, 2019).

2. Kurangi penggunaan plastik sekali pakai

Membudayakan penggunaan botol air minum, wadah makanan, dan kantong belanja yang ramah lingkungan dalam kehidupan sehari-hari. Disamping berbahan ramah lingkungan, pilih juga yang dapat digunakan berulang kali untuk mengurangi timbulan sampah plastik. Termasuk juga menghindari penggunaan sedotan plastik dan wadah atau pembungkus makanan berbahan plastik sekali pakai. Upaya pengelolaan sampah secara umum dan sampah plastik secara khusus dikenal dengan konsep 3 R yaitu kepanjangan dari : *Reduce, Reuse dan Recycle*. Mengurangi sumber sampah plastik, menggunakan kembali dan mendaur ulang sampah plastik yang dihasilkan, merupakan kunci utama penanganan masalah sampah (Joleha. Yenie, E. Fitri, 2023).

3. Kurangi limbah plastik

Kita sadar dalam kehidupan jaman modern ini tidak akan lepas dari penggunaan plastik. Limbah plastik yang kita hasilkan sebaiknya tidak langsung dibuang, melainkan di daur ulang kembali sebanyak mungkin. Atau dapat pula diupayakan agar produk yang dikemas menggunakan bahan kemasan yang dapat didaur ulang atau menggunakan bahan yang lebih ramah lingkungan. Proses mendaur ulang sampah adalah bagian dari tahapan pengolahan sampah dengan konsep 3R yaitu *Recycle*, sebelumnya ada *Reduce* dan *Reuse*. Pengelolaan sampah dengan menerapkan konsep 3R dapat memberikan hasil yang lebih efektif dan efisien (Eprianti, N. Himayasari, ND. Mujahid, I. Srisusilawati, 2021).

4. Edukasi dan kesadaran

Telah disadari bahaya mikroplastik adalah masalah kita bersama, sumbernya dari kita dan dampaknya lambat laun juga akan kembali ke diri kita. Kesadaran bersama mutlak diperlukan, melalui kegiatan pendidikan dan kampanye sosial untuk mendorong perilaku yang lebih berkelanjutan. Edukasi pengelolaan sampah dengan pola 3R dapat meningkatkan kesadaran siswa tentang lingkungan hidup (*awareness*), meningkatkan berpikir mendalam tentang lingkungan (*thinking*) dan meningkatkan nilai ekonomi dan estetika sampah (*doing*) (Purnami, 2020).

5. Dukung langkah perlindungan lingkungan.

Peran pemerintah sangat diperlukan dalam membuat kebijakan dalam pengelolaan dan penggunaan sampah plastik. Pemerintah pusat maupun pemerintah propinsi dan juga kabupaten, harus saling bersinergi untuk mewujudkan lingkungan yang aman dan nyaman dan terhindar dari bahaya mikroplastik. Masyarakat juga harus mendukung kebijakan pemerintah untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dan mendorong inovasi untuk menggunakan bahan yang lebih ramah lingkungan. Sebagai contoh adanya kebijakan Pemerintah Propinsi Bali yang telah mengeluarkan Peraturan Gubernur Bali No. 97 tahun 2018 tentang Pembatasan Timbulan Sampah Plastik Sekali Pakai (Pemda-Bali., 2018).

Edukasi Berkelanjutan

Penerapan konsep 3R dan berbagai teknik pengelolaan sampah plastik sebagai salah satu sumber mikroplastik telah banyak dilakukan, mulai dari pemanfaatan bank

sampah, pembuatan ekobrik, pembuatan ekopaving dan membuat butiran plastik menggunakan mesin pencacah. Upaya tersebut dilakukan untuk mengurangi jumlah sampah plastik yang dibuang ke lingkungan dan juga mendapatkan nilai ekonomis dari pengelolaan sampah plastik. Semua teknik dan teknologi pengelolaan sampah plastik yang dikenalkan kepada masyarakat menjadi tidak akan banyak berguna, apa bila masyarakat belum sadar akan pentingnya mengelola sampah dan nilai manfaat yang didapatkan (Yaqin, RI. Arkham, MN. Demelanto, B. Hasibuan, NE. Sihombing, 2023). Dengan demikian kegiatan edukasi masyarakat tentang bahaya dan dampak mikroplastik merupakan langkah penting untuk meningkatkan kesadaran akan masalah ini. Berikut adalah beberapa strategi dalam bentuk kegiatan yang dapat digunakan untuk mengedukasi masyarakat terkait isu mikroplastik :

1. Kampanye sosial dan media

Meningkatkan kesadaran dan pemahaman masyarakat tentang mikroplastik, dapat dilakukan kegiatan kampanye melalui : media sosial, iklan, dan kampanye online. Pada kegiatan ini masyarakat perlu diberikan informasi, fakta, dan dampak mikroplastik secara teratur untuk mencapai audiens yang lebih luas. Pemberian informasi mikroplastik dan bahayanya melalui sosial media menjadi sangat penting, karena hampir 90% penduduk Indonesia adalah pengguna sosial media. Hasil penelitian sosio-legal menunjukkan bahwa penggunaan sosial media memberikan dampak positif dalam memerangi isu sampah plastik dan dalam pelaksanaannya sangat membutuhkan dukungan dari pemerintah (Hermawan, S. Abiyudo, 2022).

2. Acara pendidikan dan diskusi publik

Agenda kegiatan dalam bentuk seminar, lokakarya, atau diskusi publik tentang mikroplastik di sekolah maupun di komunitas sangat penting untuk dilakukan. Disamping dapat memberikan informasi tentang mikroplastik kepada masyarakat luas, kegiatan ini juga dapat mendiskusikan perkembangan keilmuan dan dampak mikroplastik bagi kesehatan. Dalam pertemuan ini perlu melibatkan para ahli, aktivis lingkungan, dan atau peneliti untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam. Kenyataan di lapangan kontribusi masyarakat dalam penanganan sampah plastik di kawasan wisata pantai sebenarnya sudah cukup tinggi, masyarakat lebih menginginkan kontribusi dalam bentuk waktu, sedangkan pengunjung lebih menginginkan dalam bentuk uang (Anggraini, 2022).

3. Materi pendidikan dalam kurikulum

Memasukkan informasi tentang mikroplastik ke dalam kurikulum sekolah menjadi hal yang sangat penting untuk memperkenalkan masalah ini kepada generasi muda anak sekolah. Tak kalah pentingnya materi pembelajaran terkait dampak mikroplastik bagi lingkungan dan kesehatan, dikemas secara lebih menarik dan informatif. Walaupun disadari memasukkan informasi dan atau materi baru ke dalam kurikulum sering dihadapkan pada berbagai kendala dan hambatan. Hambatan tersebut dapat digolongkan ke dalam 4 aspek yaitu : sarana prasarana, guru dan tenaga pendidik, siswa dan kebijakan pemerintah. Solusi yang dapat ditawarkan yaitu dengan memaksimal bantuan pendanaan dari pemerintah, demikian pula tenaga pendidik agar lebih aktif menambah wawasan dengan mengikuti workshop atau pelatihan sesuai perkembangan keilmuan (Nisa, SK. Yoenanto, NH. Nawangsari, 2023).

4. Kolaborasi dengan organisasi lingkungan

Kerjasama dengan organisasi lingkungan atau kelompok aktivis bertujuan untuk meningkatkan jejaring dan penyebarluasan informasi kepada khalayak sasaran. Kelompok aktifis lingkungan biasanya sudah mempunyai kegiatan terkait dengan pencemaran sampah plastik melalui agenda program mereka. Perlu diupayakan kegiatan bersama seperti pembersihan pantai atau sungai untuk menggugah kesadaran masyarakat akan masalah sampah plastik. Proses kolaborasi dapat dilakukan melalui beberapa tahapan kegiatan yang diawali dengan dialog bersama, membangun kepercayaan antar aktor, adanya komitmen terhadap proses kolaborasi yang akan dijalin, serta adanya pemahaman yang sama terkait tujuan dan hasil yang ingin dicapai (Chotimah, HC. Iswardhana, MR. Rizky, 2021).

5. Penggunaan kampanye visual

Berbagai alternatif media infografis, video pendek, atau animasi yang mudah dimengerti dan menarik dapat digunakan untuk menyampaikan informasi tentang mikroplastik. Demikian pula adanya foto dan gambar yang menggambarkan dampak mikroplastik pada lingkungan dapat memperkuat kedalaman pesan yang diberikan. Pesan yang mau disampaikan agar dirancang sedemikian rupa sehingga menarik dan dapat diterima oleh masyarakat sasaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isi pesan, struktur pesan, aktor kampanye, dan saluran kampanye berperan sebanyak 51% dalam mendukung aspek kognisi, afeksi, dan membangun sikap ramah lingkungan (Krisyanti. Ilona, VOS. Priliyantini, 2020).

6. Melibatkan pemangku kepentingan

Dukungan pemerintah sebagai pemegang kebijakan, pihak industri sebagai unsur pelaksana, dan pemangku kepentingan lainnya, perlu berkolaborasi dalam upaya mengurangi dampak negatif mikroplastik. Berdasarkan hasil penelitian *Ecological Observation and Wetlands Conservation (Ecoton)* menemukan, beberapa sungai di Indonesia seperti yang ada di Sumatera, Kalimantan, Jawa, Sulawesi dan juga Nusa Tenggara Timur (NTT), telah terkontaminasi mikroplastik. Dengan demikian *Ecoton* mendesak pemerintah agar segera membuat regulasi yang mengatur baku mutu mikroplastik di air sungai, *outlet* pabrik kertas dan *seafood* (Abdulah, 2022)

7. Mendorong perubahan perilaku

Masyarakat sebenarnya membutuhkan pesan atau tips praktis tentang cara mengurangi penggunaan plastik, bahaya mikroplastik dan memilih produk yang ramah lingkungan. Pesan yang diberikan secara kontinyu dan berkelanjutan diharapkan dapat menimbulkan perubahan perilaku seperti : kesediaan mendaur ulang sampah plastik, dan penggunaan kembali bahan plastik serta penggunaan produk ramah lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan sikap positif mahasiswa peduli lingkungan termasuk pengurangan penggunaan sedotan maupun kantong plastik, berkaitan dengan perilaku peduli lingkungan. Dengan demikian pendidikan dan atau penyuluhan mengenai bahaya sampah plastik kepada mahasiswa, perlu dilakukan secara berkelanjutan (Nisa, SK. Yoenanto, NH. Nawangsari, 2023)

Keterlibatan dan Penyadaran Masyarakat

Meningkatkan pemahaman dan kesadaran masyarakat tentang bahaya mikroplastik, sebagai faktor kunci untuk mendorong keterlibatan masyarakat dalam mengurangi pemakaian bahan plastik dan beralih pada bahan yang ramah lingkungan. Proses edukasi secara kontinyu dan berkelanjutan harus dilakukan sehingga masyarakat meningkat pengetahuannya, kemudian terbentuk sikap positif dan akhirnya mengadopsi perubahan perilaku yang diharapkan. Hal ini dapat terjadi bila strategi komunikasi yang direncanakan kuat dan terfokus, sehingga efektif untuk mencapai masyarakat sasaran (Delamater, JD. Myers, DJ. Collett, 2018). Berikut beberapa strategi komunikasi yang efektif untuk meningkatkan kesadaran masyarakat :

1. Komunikasi yang jelas dan menarik

Pesan yang disampaikan kepada masyarakat dirancang secara sederhana. Kesederhanaan yang dimaksud meliputi informasi yang jelas dan singkat tentang apa itu mikroplastik, serta dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Agar penampilan lebih menarik, informasi dapat dikemas menggunakan media visual yang kuat antara lain : memakai infografis, grafik, atau visualisasi lainnya untuk menjelaskan konsep mikroplastik dan efeknya. Hasil pengabdian masyarakat berupa edukasi peduli sampah menggunakan video animasi, telah dapat meningkatkan pengetahuan siswa SD di Desa Mulyosari-Conjure-Jabar (Fathoni, AB. Meeinaki, A. Dariah, AJ. Adawiyah, AF. Pratiwi, 2021).

2. Edukasi melalui sekolah dan pendidikan

Pengenalan bahaya mikroplastik bagi kesehatan dan lingkungan perlu dilakukan sejak dini utamanya pada anak usia sekolah. Salah satunya dapat dilakukan melalui integrasi kurikulum, dengan menyisipkan materi tentang mikroplastik ke dalam kurikulum sekolah untuk meningkatkan kesadaran dan kepedulian siswa anak sekolah. Disamping itu setiap sekolah ada baiknya melakukan kegiatan lokakarya dan atau kegiatan interaktif lainnya serta proyek lingkungan di sekolah untuk meningkatkan keterlibatan siswa secara langsung. Hasil penelitian di Kota Jambi menunjukkan bahwa gerakan peduli lingkungan di sekolah diwujudkan dalam bentuk mewajibkan siswa, guru dan kepala sekolah, melakukan piket pembersihan lingkungan. Bila ada siswa dan guru yang tidak menunaikan tugasnya akan dikenakan sanksi. Pada saat musim kemarau setiap siswa diwajibkan membawa air dalam wadah botol untuk menyiram tanaman yang tumbuh di pekarangan sekolah (Chan, F. Kurniawan, AR. Oktavia, A. Dewai, LC. Sari, A. Khairadi, AP. Piolita, 2019).

3. Kampanye sosial media yang terfokus

Penyebarluasan informasi dengan memanfaatkan sosial media ditujukan untuk meningkatkan jangkauan audiens yang lebih luas. Sasaran yang luas dan variatif dari segi umur dan latar belakangnya, maka konten sebaiknya dibuat beragam dapat berupa video pendek, infografis, atau foto yang menarik. Boleh juga menggunakan hashtag untuk memperluas jangkauan kampanye. Sebagai perbandingan hasil penelitian edukasi kesehatan melalui posting video “Gerakan Cuci Tangan yang Benar” melalui akun TikTok @Alodokter.ID. ternyata

efektif untuk mengubah perilaku pencegahan covid-15 pada tahapan sikap (Hanif, DRA. Mahdalena, V. Handayani, 2023).

4. Kolaborasi dengan tokoh berpengaruh dan tokoh masyarakat

Memanfaatkan era digitalisasi dengan melibatkan tokoh-tokoh terkenal yang memiliki banyak pengikut untuk mendukung kampanye kesadaran mikroplastik juga dapat meningkatkan perhatian publik. Informasi yang dikirim oleh tokoh terkenal, akan segera menyebar ke para pengikutnya sehingga jangkauan sasarannya akan bertambah luas. Implementasinya di lapangan ternyata strategi ini masih banyak mengalami hambatan dan kendala. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendahnya partisipasi publik, jumlah pengikut dan akun yang dimiliki, menyebabkan jaringan komunikasi yang terbentuk tidak efektif. Demikian juga penggunaan figur publik sebagai *node*, tidak selamanya efektif untuk mendiseminasikan tema, karena ketidakterhubungan antar akun followers maupun akun figur publik yang dipilih (Angelica, F. Said, 2020).

5. Program pendidikan dan lokakarya komunitas

Isi pesan tentang bahaya sampah plastik dan mikroplastik harus disesuaikan dengan kebutuhan masyarakat lokal dengan mengadopsi pendekatan yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lokal komunitas. Upaya ini dilakukan agar rancangan pesan yang akan disampaikan relevan dengan keadaan setempat. Pelaksanaan lokakarya dan atau diskusi panel di level komunitas, juga dapat dilakukan untuk meningkatkan kesadaran dan menemukan solusi dari penyelesaian masalah

mikroplastik. Hasil penelitian telah menunjukkan bahwa pemilihan pesan, media dan strategi komunikasi dengan mempertimbangkan kondisi masyarakat sasaran, merupakan strategi efektif untuk mengajak masyarakat sekaligus memberi informasi yang bermanfaat bagi publik (Ramadhani, RW. Prihantoro, 2020).

6. Menggunakan kisah sukses dan bukti nyata

Penggunaan media inspiratif yang berisi kisah atau bukti nyata tentang bagaimana mikroplastik berdampak pada lingkungan dan kesehatan, perlu diupayakan. Pemilihan media yang tepat sasaran menyebabkan masyarakat menjadi lebih paham dan lebih peduli akan situasi terkini. Tambahkan pula berbagai hasil penelitian studi kasus atau penelitian terbaru untuk mendukung argumen tentang bahaya mikroplastik. Hal ini terkait dan sejalan dengan kebijakan dan praktek berbasis bukti (*Evidence-Based Policy and Practice* disingkat EBPP). Upaya ini menjadi bagian dari agenda modernisasi yang lebih luas dengan tujuan mereformasi layanan pemerintah untuk mencapai efektivitas dan efisiensi yang lebih besar melalui penerapan bukti penelitian terapan. EBPP menekankan penyelesaian masalah secara sistematis yang didukung oleh data, analisis risiko dan respons proaktif serta identifikasinya (Ramadhani, RW. Prihantoro, 2020).

7. Menyediakan solusi dan tindakan yang konkret

Berikan informasi yang praktis tentang cara individu bisa membantu mengurangi mikroplastik dalam kehidupan sehari-hari. Tak kalah pentingnya selalu mendorong masyarakat untuk terlibat dalam tindakan bersama seperti membersihkan pantai atau program daur ulang. Kombinasi dari strategi ini

dapat membantu dalam menciptakan kesadaran yang lebih besar dan mendalam tentang bahaya mikroplastik, serta mendorong tindakan nyata untuk mengurangi dampaknya pada lingkungan dan kesehatan. Hasil penelitian di Kota Denpasar ternyata keterlibatan dan peranserta masyarakat cukup efektif dalam pengelolaan sampah melalui pengomposan dan penerapan konsep 3R (Armadi, 2021).

Daftar Pustaka

- Abdulah, G. (2022). Pemerintah Perlu Bikin Regulasi Baku Mutu Mikroplastik. In Mongabay Situs Berita Lingkungan. <https://www.mongabay.co.id/2022/01/20/pemerintah-perlu-bikin-regulasi-baku-mutu-mikroplastik/>
- Alam, FC. Rachmawati, M. (2020). Perkembangan Penelitian Mikroplastik di Indonesia. *Jurnal Presipitasi*, 17(3), 344–352. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/presipitasi/article/view/33841>
- Angelica, F. Said, M. (2020). Memilih Figur Publik Berkesadaran Gender: Studi Jaringan Penggunaan Tokoh Selebriti untuk Tema ‘Setara’ pada Akun Instagram Kemenpppa. *Interaksi: Jurnal Ilmu Komunikasi*, 9(1), 64–75. file:///C:/Users/ASUS/A456U/Downloads/MEMILIH_FIGUR_PUBLIK_BERKESADARAN_GENDER_STUDI_JAR.pdf
- Anggraini, E. (2022). Meningkatkan Partisipasi Publik dalam Menangani Sampah Plastik Laut. *Policy Brief IPB*, 4(2). <https://dkasra.ipb.ac.id/wp-content/uploads/2022/07/10.-Meningkatkan-Partisipasi-Publik-dalam-Menangani-Sampah-Plastik-Laut.pdf>
- Armadi, N. (2021). Peran Serta Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah sebagai Kunci Keberhasilan dalam Mengelola Sampah. *Jurnal Ilmu Sosial Dan Politik*, 35(1), 9–24. file:///C:/Users/ASUS/A456U/Downloads/PERAN_SERTA_MASYARAKAT_DALAM_PENGELOLAAN_SAMPAH_SE.pdf
- Chan, F. Kurniawan, AR. Oktavia, A. Dewai, LC. Sari, A. Khairadi, AP. Piolita, S. (2019). Gerakan Peduli Lingkungan di Sekolah Dasar. *ADI WIDYA*, 4(2), 190–197.

- Chotimah, HC. Iswardhana, MR. Rizky, L. (2021). Model Collaborative Governance Dalam Pengelolaan Sampah Plastik Laut Guna Mewujudkan Ketahanan Lingkungan Maritim Di Kepulauan Seribu. *JURNAL KETAHANAN NASIONAL*, 27(3), 348–376. file:///C:/Users/ASUS A456U/Downloads/69661-242314-1-PB.pdf
- Delamater, JD. Myers, DJ. Collett, J. (2018). *Social Psychology* (8th ed.). Taylor&Prancis Group. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780429493096/social-psychology-john-delamater-daniel-myers-jessica-collett>
- Eprianti, N. Himayasari, ND. Mujahid, I. Srisusilawati, P. (2021). Analisis Implementasi 3R pada Pengelolaan Sampah. *JURNAL Ecoment Global*, 6(2), 179–184. <https://media.neliti.com/media/publications/453849-none-384f9d1e.pdf>
- Fathoni, AB. Meeinaki, A. Dariah, AJ. Adawiyah, AF. Pratiwi, M. (2021). Edukasi Peduli Sampah Melalui Media Video Animasi Dan Mentoring Pada Anak Di Desa Mulyasari. *Proceedings UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, I(V), 180–190. file:///C:/Users/ASUS A456U/Downloads/264-Article Text-432-1-10-20211203.pdf
- Firmansyah, YW. Faudi, MF. Rahmadhansyah, M. at al. (2021). Keberadaan Plastik di Lingkungan, Bahaya terhadap Kesehatan Manusia, dan Upaya Mitigasi: Studi Literatur. *Serambi Engineering*, VI (4), 2279–2285. https://www.researchgate.net/publication/356198893_Keberadaan_Plastik_di_Lingkungan_Bahaya_terhadap_Kesehatan_Manusia_dan_Upaya_Mitigasi_Studi_Literatur
- Hanif, DRA. Mahdalena, V. Handayani, L. (2023). Efektifitas Komunikasi Kesehatan melalui Short Vidio bagi Perubahan Perilaku Kesehatan. *Ekspresi Dan Persepsi Jurnal Ilmu Komunikasi*, 6(2). <https://ejournal.upnvj.ac.id/JEP/article/view/5725>

- Hermawan, S. Abiyudo, G. (2022). Potensi Penggunaan Platform Sosial Media Guna Mengurangi Sampah Plastik di Lautan Indonesia. *Kosmik Hukum*, 22(2), 132–146.
https://r.search.yahoo.com/_ylt=Awr1SbQWwtBlIsIE nGXzLQwx.;_ ylu=Y29sbwNzZzMEcG9zAzIEdnRpZAMEc2VjA3Ny/R V=2/RE=1708208791/RO=10/RU=https%3A%2F%2 Fjurnalnasional.ump.ac.id%2Findex.php%2FKOSMIK %2Farticle%2Fdownload%2F14140%2F4988/RK=2/ RS=1sLOU5YJmfOhlXeLakRW9pLv
- Hiwari, H. Purba, N. Ihsan, Y. dkk. (2019). Kondisi sampah mikroplastik di permukaan air laut sekitar Kupang dan Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON*, 5(2), 165–171.
<https://id.search.yahoo.com/search?fr=mcafee&type =E210ID91215G0&p=Kondisi+sampah+mikro%5Bblas tik+sekitar+laut+Kupang>
- Joleha. Yenie, E. Fitri, K. dkk. (2023). Penerapan Pengelolaan Sampah dengan Konsep 3R dalam Mengurangi Limbah Rumah Tangga. *Journal of Rural and Urban Community Empowerment*, 4(2), 72–77.
https://r.search.yahoo.com/_ylt=Awr 1SbQ519BIYbgk_L7LQwx.;_ylu=Y29sbwNzZzMEcG9zA zIE dnRp ZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1708197818/RO=10/RU =https%3A%2F%2Fjrjruce.ejournal.unri.ac.id%2Findex .php%2Fjrjruce%2Farticle%2Fdownload%2F69%2F72 %2F431/RK=2/RS=FQCQ9qeanXP5d6UDxdc8Tvl
- Krisyanti. Ilona, VOS. Priliyantini, A. (2020). Pengaruh Kampanye #PantangPlastik terhadap Sikap Ramah Lingkungan (Survei pada Pengikut Instagram @GreenpeaceID). *Jurnal Komunika*, 9(1), 40–51.
<file:///C:/Users/ASUS A456U/Downloads/penjaga,+2387-10919-1-LE.pdf>

- Nisa, SK. Yoenanto, NH. Nawangsari, N. (2023). Hambatan dan Solusi dalam Implementasi Kurikulum Merdeka pada Jenjang Sekolah Dasar: Sebuah Kajian Literatur. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 12(3), 287–298. https://r.search.yahoo.com/_ylt=Awr1QI5xp9F1bIA2ULbLQwx.;_ylu=Y29sbwNzZzMEcG9zAzQEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1708267506/RO=10/RU=https%3A%2F%2Fwww.jurnaldidaktika.org%2Fcontents%2Farticle%2Fdownload%2F231%2F145%2F/RK=2/RS=I_MXsnjhmQDQ.xbASIUHxXQRne8-
- Pemda-Bali. (2018). Peraturan Gubernur Bali Nomor 97 Tahun 2018 tentang Pembatasan Timbulan Sampah Plastik Sekali Pakai. https://jdih.baliprov.go.id/uploads/produk-hukum/peraturan/2018/PERGUB/PERGUB_NOMO_R_97_TAHUN_2018.pdf
- Purnami, W. (2020). Pengelolaan Sampah di Lingkungan Sekolah untuk Meningkatkan Kesadaran Ekologi Siswa. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2), 119–125. file:///C:/Users/ASUS/A456U/Downloads/Pengelolaan_Sampah_di_Lingkungan_Sekolah_untuk_Men.pdf
- Ramadhani, RW. Prihantoro, E. (2020). Strategi Komunikasi Pembangunan Pemerintah Kabupaten Bojonegoro dalam Menerapkan Nawacita dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Komunikasi Pembangunan*, 18(2), 117–129. [file:///C:/Users/ASUS/A456U/Downloads/28913-Article Text-106746-2-10-20200710.pdf](file:///C:/Users/ASUS/A456U/Downloads/28913-Article%20Text-106746-2-10-20200710.pdf)
- Rimadiaz, S. (2019). Aspek Penentu Niat untuk Membeli Produk Ramah Lingkungan Pengganti Plastik pada Millennial di Indonesia. *ULTIMA Management*, 11(2), 77–93. https://www.researchgate.net/publication/348451352_ASPEK_PENENTU_NIAT_UNTUK_MEMBELI_PRODUK_RAMAH_LINGKUNGAN_PENGGANTI_PLASTIK_PADA_MILLENNIAL_DI_INDONESIA

Yaqin, RI. Arkham, MN. Demelanto, B. Hasibuan, NE. Sihombing, N. (2023). Edukasi Pengelolaan Sampah Plastik Sebagai Bentuk Upaya Mengurangi Sampah di Wilayah Pesisir Kota Dumai. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 273–281. <https://media.neliti.com/media/publications/564905-edukasi-pengelolaan-sampah-plastik-sebagai-14b2f26a.pdf>

Profil Penulis



Dr. Drs. I Wayan Sudiadnyana, SKM., MPH

Penulis lahir di Tabanan Bali pada tanggal 30 Desember 1965. Sejak tahun 1996 penulis diangkat sebagai Dosen di Poltekkes Kemenkes Denpasar Jurusan Kesehatan Lingkungan, yang sebelumnya bernama Akademi Penilik Kesehatan Teknologi Sanitasi (APK TS) Denpasar. Ketertarikan penulis di bidang kesehatan diawali dengan menyelesaikan pendidikan jenjang D3 di APK TS Denpasar dan lulus pada tahun 1988. Penulis kemudian melanjutkan ke jenjang S1 Kesmas UNAIR Surabaya dan juga Ilmu Sosial di UNMAR Denpasar. Jenjang pendidikan S2, penulis tempuh pada Ilmu Perilaku dan Promosi Kesehatan UGM Yogyakarta lulus tahun 2008. Sebagai dosen, penulis juga berkesempatan melanjutkan kuliah pada jenjang S3 pada Program Pasca Sarjana Kesmas UNUD Denpasar dan lulus pada tahun 2016. Selain sebagai dosen tetap, penulis pernah mengemban tugas sebagai Kaprodi Sanitasi Lingkungan periode tahun 2018-2023, dan sampai saat ini penulis masih aktif mengajar di Jurusan Kesehatan Lingkungan baik di Prodi Sanitasi Lingkungan dan juga di Prodi Sanitasi. Dalam kegiatan berorganisasi penulis juga aktif bergabung dalam organisasi profesi maupun organisasi sosial. Sampai saat ini penulis dipercaya menjabat sebagai Ketua Umum HAKLI Propinsi Bali sejak tahun 2018. Penulis juga aktif mengikuti pertemuan ilmiah, sebagai narasumber pada kegiatan pelatihan dan seminar, baik nasional maupun internasional dan juga aktif menulis pada berbagai jurnal dan menulis book chapter.

Email Penulis: sudiadnyana67@gmail.com

TANTANGAN DALAM PENANGANAN MIKROPLASTIK

Nur Ayini S. Lalu, S.K.M., M.Kes
Universitas Negeri Gorontalo

Pengertian Mikroplastik

Mikroplastik merupakan partikel-partikel plastik yang berukuran <5 mm, mikroplastik dapat menjadi pembawa kontaminan berbahaya baik yang bersifat organik maupun anorganik dan juga mikroplastik dapat terdistribusi jauh di perairan karena adanya pengaruh arus dan gelombang bahkan lokasi-lokasi terpencil seperti arktik, mikroplastik dapat diklasifikasikan dalam dua kategori, yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder (Hanif, K, H. Dkk. 2021).

Sumber Sumber Mikroplastik

Sumber mikroplastik terbagi menjadi dua, yaitu primer dan sekunder, sumber primer mencakup kandungan plastik dalam produk-produk pembersih seperti kosmetik kecantikan, pelet untuk pakan hewan, bubuk resin dan umpan produksi plastik, banyaknya mikroplastik yang masuk di perairan melalui saluran limbah rumah tangga yang mencakup *polietilen*, *polipropile* dan *polistiren*. Sedangkan sumber sekunder meliputi serat atau potongan hasil pemutusan rantai dari plastik yang lebih besar yang mungkin terjadi sebelum mikroplastik memasuki lingkungan, potongan ini dapat berasal dari jala ikan, bahan baku industri, alat rumah tangga,

kantong plastik yang memang dirancang untuk terdegradasi di lingkungan, serat sintesis dari pencucian pakaian, atau akibat pelabukan produk plastik (Victoria, A, V. 2021).

Masuknya mikroplastik kedalam tubuh ikan (usus) dan atau biota laut, ini dapat menimbulkan dampak yang cukup besar diantaranya dapat merusak organ saluran pencernaan, mengurangi tingkat pertumbuhan, dapat menghambat produksi enzim, menurunkan kadar hormon steroid, mempengaruhi reproduksi dan menyebabkan paparan adiktif atau bahan berbahaya plastik yang lebih besar dari sifat toksiknya dan apabila ikan yang terkontaminasi oleh mikroplastik yang kemudian di konsumsi oleh manusia akan berdampak pada kesehatan seperti merusak system imun dan reaksi alergi (Sanabila, A, 2022).

Menurut hasil penelitian Novianty, and Agustina, (2020) membuktikan bahwa mikroplastik dapat dikonsumsi karena menyerupai makanan yang dicerna oleh biota laut, keberadaan mikroplastik pada jaringan tubuh biota perairan dapat mengganggu sistem pencernaan lain yang ditimbulkan seperti mengurangi tingkat pertumbuhan, menghambat produksi enzim, menurunkan kadar hormon steroid, mempengaruhi reproduksi, dan dapat menyebabkan paparan.

Dampak Mikroplastik

Dampak Terhadap Biota Perairan

Dampak terhadap biota perairan merupakan salah satu aspek yang memerlukan perhatian dalam pemahaman tentang polusi mikroplastik. Mikroplastik dapat memiliki dampak yang merugikan terhadap berbagai organisme hidup di ekosistem perairan, termasuk ikan, moluska, krustasea, dan plankton. Salah satu dampak utama adalah kemungkinan terkontaminasinya rantai makanan perairan oleh mikroplastik.

Organisme laut dapat mengonsumsi mikroplastik baik secara langsung maupun tidak langsung melalui makanan yang terkontaminasi. Ketika mikroplastik terakumulasi di dalam tubuh organisme, mereka dapat menyebabkan berbagai efek negatif seperti peradangan, gangguan pencernaan, kerusakan jaringan, dan gangguan reproduksi. Studi oleh Wright et al. (2019) menyoroiti dampak fisik mikroplastik terhadap organisme laut dan menunjukkan perlunya penelitian lanjutan untuk memahami dampak jangka panjangnya.

Selain efek langsung terhadap organisme, mikroplastik juga dapat berperan sebagai vektor bagi zat kimia berbahaya seperti polutan organik persisten (POP) dan logam berat. Ketika mikroplastik terendap di lingkungan perairan, zat-zat kimia tersebut dapat menempel pada permukaannya dan terakumulasi di dalam tubuh organisme yang mengonsumsinya. Hal ini dapat menyebabkan bioakumulasi zat berbahaya di dalam rantai makanan perairan dan berpotensi merusak ekosistem secara keseluruhan.

Secara keseluruhan, dampak mikroplastik terhadap biota perairan menyoroiti kompleksitas masalah polusi plastik di lingkungan laut. Upaya mitigasi yang efektif memerlukan pemahaman yang mendalam tentang interaksi antara mikroplastik, organisme hidup, dan lingkungan perairan. Penelitian lanjutan dan tindakan pencegahan yang berkelanjutan diperlukan untuk melindungi keanekaragaman hayati di ekosistem perairan dari dampak negatif polusi mikroplastik.

Dampak mikroplastik terhadap biota laut memiliki dampak negatif yang sangat besar bagi biota laut yang hidup di perairan pantai, mikroplastik akan menyebabkan banyak efek buruk pada lingkungan dan biota laut, apabila mikroplastik tersebut dikonsumsi oleh organisme laut ataupun berinteraksi dengan cemaran

peisir pantai sehingga menyebabkan rusaknya sistem saluran pencernaan, maka akan berpotensi menumpuk dalam organisme laut melalui rantai makanan (Mulu, M, Dkk. 2020).

Berdasarkan hasil studi (Yudhantari Dkk. 2019) ditemukan mikroplastik pada ikan laut, udang, kerang dan tiram, cepat atau lambat seluruh rantai makanan akan terkontaminasi mikroplastik, dan jumlahnya semakin meningkat jika tidak ada perhatian khusus, sehingga mikroplastik perlu menjadi perhatian karena dapat berdampak besar terhadap makhluk hidup dan juga mikroplastik memiliki ukuran yang sangat kecil dan jumlahnya yang banyak menyebabkan mikroplastik mudah termakan dan mudah masuk ke dalam tubuh biota laut.

Adanya cemaran mikroplastik pada biota air yang terpapar dapat mengakibatkan peningkatan bobot hati yang abnormal dan terjadinya malnutrisi atau kondisi ikan yang buruk akibat penyerapan senyawa racun dari polimer mikroplastik dampak tersebut akan berimbas pada berkurangnya tingkat pertumbuhan, menghambat produksi enzim, menurunkan kadar hormon steroid, mempengaruhi reproduksi, dan dapat menyebabkan paparan aditif plastik lebih besar, apabila terkonsumsi manusia dapat menyebabkan gangguan hati, ginjal, dan keracunan (Puspita, D, Dkk. 2021).

Mikroplastik sudah banyak terdapat pada makanan seafood yang sering di konsumsi oleh manusia seperti ikan dan udang, mikroplastik tersebut dapat bersifat toksik yang akan membahayakan saluran pencernaan serta menurunkan tingkat pertumbuhan mempengaruhi produksi enzim, hormon steroid, dan sistem reproduksi, ikan dapat memakan mikroplastik yang ada diperairan dikarenakan ikan menganggap mikroplastik sama dengan salah satu makanannya dan juga mikroplastik

yang terdapat di dalam endapan sedimen juga dapat termakan oleh ikan-ikan benthik yang mencari makan di dasar perairan (Widiyawati, Y. and Sari, D, S. 2020).

Dampak Mikroplastik Terhadap Manusia

Terdapat kekhawatiran yang meningkat tentang potensi dampak kesehatan manusia yang disebabkan oleh paparan mikroplastik. Salah satu dampak yang dikhawatirkan adalah terkait dengan sistem pernapasan manusia. Partikel mikroplastik yang tersebar di udara dapat masuk ke saluran pernapasan manusia melalui inhalasi, yang mungkin berkontribusi pada penyakit pernapasan seperti asma dan bronkitis. Penelitian oleh Zhang et al. (2021) dalam kajiannya tentang mikroplastik di atmosfer menyoroti perlunya memahami potensi dampak paparan mikroplastik terhadap kesehatan pernapasan manusia.

Selain itu, mikroplastik yang terkontaminasi dalam makanan dan minuman juga dapat mempengaruhi kesehatan manusia, terutama sistem gastrointestinal. Partikel-partikel plastik ini dapat terakumulasi di dalam tubuh manusia dan menyebabkan masalah pencernaan seperti gangguan pencernaan dan iritasi usus. Penelitian oleh Li et al. (2021) membahas potensi bahaya mikroplastik terhadap kesehatan manusia, termasuk masalah gastrointestinal, dan menekankan perlunya penelitian lebih lanjut untuk memahami mekanisme dan tingkat risiko yang terlibat.

Efek hormonal adalah salah satu potensi dampak kesehatan manusia lainnya yang telah dikaitkan dengan paparan mikroplastik. Mikroplastik mengandung zat kimia tertentu yang dapat meniru hormon dalam tubuh manusia dan mengganggu keseimbangan hormonal. Dalam penelitiannya tentang efek mikroplastik terhadap kesehatan manusia, Li et al. (2021) juga menyoroti

potensi dampak hormonal yang perlu diperhatikan dalam upaya mitigasi polusi mikroplastik. Penelitian lanjutan dan pemantauan kesehatan manusia yang berkelanjutan diperlukan untuk memahami dampak penuh dari paparan mikroplastik terhadap kesehatan manusia.

Ikan, kerang dara, dan biota laut lainnya sering dikonsumsi oleh masyarakat, akan tetapi ikan merupakan salah satu makanan penting yang sering dikonsumsi dan sudah menjadi kebutuhan bagi manusia, selain rasa ikan yang lezat ikan juga menjadi sumber protein bagi manusia, mikroplastik di lingkungan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan manusia, adanya kandungan mikroplastik pada ikan yang dikonsumsi oleh manusia akan berdampak pada bagian tubuh, masuknya mikroplastik kedalam tubuh bisa bersifat toksik terhadap tubuh, mikroplastik tersebut memiliki sifat yang mudah menyerap bahan-bahan kimia dan racun sehingga dapat menjadi salah satu cemaran terhadap bahan pangan seperti pada biota air yang dikonsumsi baik secara langsung maupun tidak langsung oleh manusia (Tinezia, F. 2022).

Mikroplastik bisa menjadi peran penting dalam kontaminan kimia dan mikrobiologi, sebagai kontaminan kimia mikroplastik dapat menyerap senyawa beracun di perairan. Kontaminan yang bisa menyerap partikel ini termasuk PCB (Polychlorinated Biphenyls), PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon) pestisida organoklorin misalnya DDT, HCH (Hollman, Bouwrneester and Peters, 2018).

Efek toksik yang ditimbulkan dari senyawa PCB yaitu pertumbuhan kulit yang tidak abnormal, pembengkakan pada hati, iritasi saluran pencernaan, mengurangi sistem imun, serta penyakit diare, PAH merupakan senyawa organik yang tersebar luas di alam, yang membentuk dari beberapa rantai aromatik dan memiliki sifat yang

hidrolobik, kadar PAH tinggi bisa menumpuk dalam tubuh biota yang mencari makan dip perairan dasar semacam kerang, jika biota ini dikonsumsi oleh manusia akan menyebabkan gangguan pada kesehatan sebab memiliki sifat mutagenik dan karsinogen, dan DDT yang tidak bisa larut dalam air tetapi larut dalam lemak, DDT mempunyai sifat yang bisa menyimpan dalam jaringan lemak semacam yang ada dalam payudara, sehingga ketidakmungkinan bisa menyebabkan kanker payudara (Yuantari, 2011). Meskipun, dampak mikroplastik terhadap manusia informasinya masih sangat terbatas, akan tetapi studi penelitian mikroplastik sangat penting dan urgen untuk dilakukan, sebab makanan yang kita konsumsi tidak ada yang mengetahui jika terkontaminasi mikroplastik, ini akan menjadi dampak besar bagi kesehatan manusia.

Peran Mikroplastik dalam Krisis Plastik Global

Krisis plastik global telah menjadi salah satu tantangan lingkungan terbesar yang dihadapi oleh manusia pada abad ke-21. Dalam konteks ini, mikroplastik, fragmen kecil plastik dengan ukuran kurang dari 5 milimeter, telah menjadi subjek perhatian utama karena kontribusinya yang signifikan terhadap masalah ini. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa mikroplastik berasal dari berbagai sumber, termasuk penguraian plastik yang lebih besar, penggunaan produk rumah tangga seperti kosmetik dan pakaian sintetis, serta limbah industri (Geyer, Roland, et.al, 2017).

Mikroplastik memiliki peran yang sangat penting dalam memperburuk krisis plastik global karena kemampuannya untuk menyebar di seluruh lingkungan, dari lautan hingga ke tanah dan udara. Partikel-partikel mikroplastik ini sulit diuraikan dan dapat bertahan dalam lingkungan selama berabad-abad. Dampaknya

yang merugikan terhadap ekosistem dan kesehatan manusia semakin terungkap dengan penemuan partikel-partikel ini dalam organisme laut dan makanan kita (Horton, Alice A., et al. 2020).

Para peneliti dan ahli lingkungan telah mengidentifikasi sejumlah dampak negatif mikroplastik, termasuk kontaminasi air dan makanan, kerusakan pada satwa liar dan ekosistem, serta potensi risiko kesehatan bagi manusia. Dalam konteks ini, pemahaman yang mendalam tentang peran mikroplastik dalam krisis plastik global menjadi penting untuk mengembangkan strategi mitigasi yang efektif. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dan upaya kolektif dari berbagai pihak diperlukan untuk mengatasi tantangan ini (Jambeck, Jenna R., et al., 2015).

Pentingnya Memahami dan Menangani Masalah Mikroplastik Secara Efektif

Mikroplastik menjadi fokus utama dalam diskusi global tentang pencemaran lingkungan dan kesehatan manusia. Dalam era di mana plastik telah menjadi bagian integral dari kehidupan sehari-hari, pemahaman yang mendalam tentang sumber, distribusi, dan dampak mikroplastik menjadi krusial. Penelitian oleh Horton et al. (2020) menyoroti pentingnya evaluasi yang komprehensif terhadap pengetahuan saat ini tentang mikroplastik di lingkungan air tawar dan daratan untuk mengidentifikasi kesenjangan informasi dan arah penelitian yang lebih lanjut (Horton, Alice A., et al. 2020).

Selain pemahaman yang komprehensif, penanganan masalah mikroplastik membutuhkan kerja sama lintas sektor dan kolaborasi antara pemerintah, industri, dan masyarakat sipil. Kajian oleh Koelmans et al. (2019) menekankan pentingnya mengumpulkan dan meningkatkan kualitas data tentang mikroplastik di air

tawar dan air minum untuk mendukung pembuatan keputusan yang berbasis bukti. Diseminasi informasi kepada masyarakat juga menjadi kunci dalam mendorong perubahan perilaku dan kebijakan yang lebih baik dalam pengelolaan limbah plastik (Koelmans, Albert A., et al., 2019).

Perkembangan teknologi menjadi salah satu aspek penting dalam menangani masalah mikroplastik secara efektif. Studi oleh Wright et al. (2019) menyoroti perlunya evaluasi lebih lanjut terhadap dampak fisik mikroplastik pada organisme laut untuk menginformasikan desain teknologi penghilangan mikroplastik yang efektif dan berkelanjutan. Dalam hal ini, kolaborasi antara sektor akademis, industri, dan pemerintah diharapkan dapat mempercepat pengembangan solusi teknologi ini (Wright, Stephanie L., et al. 2019).

Perumusan kebijakan yang kuat dan implementasi regulasi yang ketat sangat diperlukan untuk mengurangi dampak mikroplastik. Andrady (2011) menekankan pentingnya memperkuat regulasi terhadap limbah plastik dan mendorong solusi berkelanjutan dalam manajemen limbah plastik untuk mengurangi pelepasan mikroplastik ke lingkungan. Dengan demikian, kebijakan yang efektif dapat memainkan peran kunci dalam menangani masalah mikroplastik secara menyeluruh (Andrady, Anthony L. 2011)

Identifikasi Sumber Utama Mikroplastik: Pencemaran Udara, Air, dan Tanah

Mikroplastik tersebar luas di lingkungan dan berasal dari berbagai sumber. Identifikasi sumber utama mikroplastik menjadi penting dalam upaya penanganan dan mitigasi dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Tiga sumber utama mikroplastik yang paling signifikan adalah pencemaran udara, air, dan tanah.

1. Pencemaran udara merupakan salah satu sumber utama mikroplastik yang sering diabaikan. Mikroplastik dapat masuk ke atmosfer melalui beberapa jalur, termasuk pelepasan langsung dari pabrik-pabrik plastik, transportasi dan pembakaran sampah plastik, serta abrasi dari ban mobil. Partikel-partikel mikroplastik ini kemudian tersebar di udara dan dapat diendapkan di berbagai lokasi, termasuk daerah perkotaan dan pedesaan (Wright, Stephanie L., et al, 2018).
2. Air merupakan medium yang sangat rentan terhadap pencemaran mikroplastik. Mikroplastik dapat masuk ke perairan melalui berbagai jalur, termasuk pembuangan limbah industri, penggunaan produk konsumen seperti kosmetik dan deterjen, serta degradasi plastik yang sudah ada di lingkungan. Air sungai, danau, dan bahkan air minum telah terkontaminasi oleh mikroplastik, mengancam ekosistem air tawar dan laut serta kesehatan manusia yang bergantung pada sumber air ini (Galloway, Tamara S., et al. 2011).
3. Tanah juga menjadi reservoir utama bagi mikroplastik. Penggunaan limbah plastik sebagai bahan baku dalam pertanian, pembuangan sampah plastik di lahan terbuka, serta degradasi plastik yang terjadi di daratan menyebabkan tanah menjadi terkontaminasi oleh mikroplastik. Partikel-partikel mikroplastik ini dapat menyebar ke dalam tanah melalui proses erosi, infiltrasi air hujan, dan aktivitas manusia seperti pertanian dan konstruksi (Nizzetto, Luca, et al. 2018).

Identifikasi sumber utama mikroplastik ini penting dalam merancang strategi pengelolaan yang efektif. Upaya pencegahan pencemaran mikroplastik dari sumber-sumber utama ini, seperti pengurangan

penggunaan plastik sekali pakai, pengelolaan limbah yang lebih baik, dan pengembangan teknologi penghilangan mikroplastik, menjadi kunci dalam mengurangi dampak negatif mikroplastik terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Proses Degradasi Plastik menjadi Mikroplastik

Proses degradasi plastik menjadi mikroplastik merupakan fenomena yang kompleks dan penting dalam pemahaman mengenai polusi plastik. Berbagai faktor fisik, kimia, dan biologis memainkan peran dalam mengubah plastik menjadi fragmen kecil yang dikenal sebagai mikroplastik. Salah satu faktor utama yang menyebabkan degradasi plastik adalah fotodegradasi, yaitu proses pemecahan molekul plastik akibat paparan sinar ultraviolet (UV) dari matahari. Studi terbaru oleh Nizzetto et al. (2021) menggunakan metode analisis berbasis komputer dan sensor Kinect Microsoft untuk mengidentifikasi dan mengukur mikroplastik dalam sampel air secara efisien dan akurat.

Selain fotodegradasi, proses mekanis seperti abrasi juga berperan penting dalam pembentukan mikroplastik. Plastik yang terbuang ke lingkungan dapat terpapar oleh gesekan alami seperti ombak di laut atau angin di darat, yang mengakibatkan pecahan dan keausan plastik menjadi fragmen yang lebih kecil. Fang et al. (2021) membahas dalam penelitiannya tentang transformasi dan risiko mikroplastik selama transportasi sungai, menyoroti pentingnya pemahaman tentang proses ini untuk mengelola polusi mikroplastik di lingkungan air.

Proses kimia juga berperan dalam degradasi plastik menjadi mikroplastik. Hidrolisis, yaitu reaksi kimia di mana ikatan plastik terurai oleh air atau larutan asam, merupakan salah satu proses yang menyebabkan pembentukan fragmen kecil. Li et al. (2021) menyoroti

dalam kajiannya tentang bahaya mikroplastik terhadap kesehatan manusia, termasuk proses kimia yang terlibat dalam degradasi plastik dan dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang proses degradasi plastik menjadi mikroplastik, diharapkan dapat dikembangkan strategi mitigasi yang lebih efektif untuk mengatasi masalah polusi plastik global (Li, Chunli, et al. 2021).

Proses degradasi plastik menjadi mikroplastik tidak hanya terjadi di lingkungan air, tetapi juga di daratan dan udara. Di lingkungan air, gelombang laut dan aktivitas organisme pengurai seperti bakteri dan alga memainkan peran penting dalam proses ini. Arthur et al. (2010) dalam penelitiannya menemukan bahwa planktonik mengonsumsi plastik dan menghasilkan mikroplastik melalui proses pencernaan dan egestion. Di lingkungan daratan, angin dan aktivitas manusia seperti penggunaan mesin pemotong rumput juga dapat menghasilkan mikroplastik dari bahan plastik yang terbuang. Sedangkan di udara, penelitian terbaru oleh Hermsen et al. (2022) menemukan keberadaan mikroplastik di air di Atlantik Utara Tengah, menunjukkan potensi pengangkutan dan deposisi mikroplastik melalui udara.

Selain itu, faktor waktu juga memainkan peran penting dalam proses degradasi plastik menjadi mikroplastik. Meskipun plastik dapat terurai menjadi mikroplastik dalam waktu yang relatif singkat di lingkungan laut atau air tawar, proses ini dapat memakan waktu yang lebih lama di lingkungan daratan atau udara. Hal ini disebabkan oleh perbedaan suhu, kelembaban, dan aktivitas biologis di lingkungan yang berbeda. Penelitian oleh Wang et al. (2022) menyoroti perlunya memahami faktor-faktor yang memengaruhi kecepatan degradasi

plastik di berbagai lingkungan untuk mengembangkan strategi pengelolaan yang lebih efektif dalam mengatasi polusi mikroplastik.

Distribusi Mikroplastik di Lingkungan Laut, Darat, dan Udara

Mikroplastik telah tersebar luas di berbagai ekosistem, termasuk lingkungan laut, darat, dan udara, mengakibatkan dampak yang signifikan pada organisme hidup dan lingkungan secara keseluruhan. Dalam lingkungan laut, mikroplastik sering ditemukan di berbagai tempat mulai dari permukaan air hingga kedalaman laut yang dalam. Penelitian oleh Hermsen et al. (2022) memberikan wawasan tentang identifikasi dan kuantifikasi mikroplastik di Zona Air Tengah Atlantik Utara, menyoroti peran distribusi global dalam penyebaran mikroplastik di lautan.

Di lingkungan darat, mikroplastik juga tersebar luas, terutama di daerah-daerah yang terdegradasi secara signifikan oleh aktivitas manusia seperti sungai, danau, dan tanah pertanian. Wang et al. (2022) dalam penelitiannya mengevaluasi degradasi mikroplastik polistirena di zona pesisir, menggambarkan pentingnya pemahaman tentang distribusi dan transformasi mikroplastik di lingkungan darat dalam upaya mitigasi polusi plastik.

Selain itu, mikroplastik juga telah ditemukan tersebar di udara, baik di lingkungan perkotaan maupun pedesaan. Penelitian terbaru oleh Zhang et al. (2021) mendemonstrasikan bahwa mikroplastik dapat terbawa oleh angin dari sumber-sumber seperti jalan raya dan limbah sampah, menyebarkan partikel-partikel kecil ini ke seluruh wilayah yang terpapar. Distribusi mikroplastik di udara menunjukkan kompleksitas polusi plastik yang melampaui lingkungan air dan darat,

menekankan pentingnya pemahaman dan pemantauan holistik dalam penanganan masalah ini.

Distribusi mikroplastik di lingkungan laut, darat, dan udara mencerminkan kompleksitas dan luasnya tantangan yang dihadapi dalam mengatasi polusi plastik global. Penelitian lanjutan dan kerja sama lintas sektor diperlukan untuk mengembangkan strategi mitigasi yang efektif dalam mengurangi akumulasi mikroplastik dan melindungi lingkungan serta kesehatan manusia dari dampak negatifnya.

Tantangan Teknis dalam Deteksi dan Pemantauan Mikroplastik

Tantangan teknis dalam deteksi dan pemantauan mikroplastik membutuhkan solusi inovatif yang didukung oleh penelitian yang solid. Salah satu pendekatan yang telah diusulkan adalah penggunaan teknologi berbasis citra untuk mendeteksi dan mengidentifikasi mikroplastik dalam sampel lingkungan. Studi oleh Kooi et al. (2016) menggunakan analisis citra digital untuk memisahkan dan mengklasifikasikan mikroplastik dari sampel air, menghasilkan data yang berguna untuk pemahaman lebih lanjut tentang distribusi dan konsentrasi mikroplastik di lingkungan perairan.

Selain itu, metode analisis kimia juga diperlukan untuk mengidentifikasi jenis dan komposisi mikroplastik yang terdeteksi. Penelitian oleh Löder et al. (2017) menggunakan spektroskopi *Fourier transform infrared* (FTIR) untuk membedakan mikroplastik dari bahan organik lainnya dalam sampel air laut. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi spesifik dari berbagai jenis plastik yang tersebar di lingkungan laut, memberikan wawasan yang lebih dalam tentang sumber dan distribusi mikroplastik.

Selanjutnya, pengembangan teknik analisis berbasis sensor dan kecerdasan buatan juga diusulkan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi deteksi mikroplastik. Penelitian oleh Zhang et al. (2021) mengusulkan penggunaan sensor optik dan algoritma pengolahan citra untuk mendeteksi mikroplastik dalam sampel udara. Metode ini menawarkan potensi untuk pemantauan mikroplastik secara real-time dan berkelanjutan di lingkungan udara yang luas, memungkinkan respons cepat terhadap polusi mikroplastik. Pengembangan teknologi yang lebih maju dan terintegrasi juga diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam deteksi dan pemantauan mikroplastik. Penggunaan teknologi seperti citra satelit, sensor optik, dan analisis data berbasis kecerdasan buatan dapat membantu mendeteksi dan memetakan distribusi mikroplastik dalam skala yang lebih luas dan dengan resolusi yang lebih tinggi. Namun, upaya ini memerlukan investasi besar dalam riset dan pengembangan serta kerjasama lintas sektor yang kuat.

Pendekatan multidisiplin dan integrasi teknologi canggih menjadi kunci dalam mengatasi tantangan teknis dalam deteksi dan pemantauan mikroplastik. Dengan terus mengembangkan dan memperbaiki metode analisis yang ada, kita dapat meningkatkan pemahaman kita tentang polusi mikroplastik dan mengambil langkah-langkah yang lebih efektif dalam melindungi lingkungan dan kesehatan manusia. Tantangan teknis dalam deteksi dan pemantauan mikroplastik menyoroti pentingnya inovasi, kolaborasi, dan standarisasi dalam upaya melindungi lingkungan dan kesehatan manusia dari dampak negatif polusi mikroplastik.

Metode Deteksi Mikroplastik: Mikroskopi, Spektroskopi, dan Teknik Analisis Kimia

Metode deteksi mikroplastik memainkan peran krusial dalam penelitian dan pemantauan polusi plastik di lingkungan. Sejumlah teknik yang digunakan untuk mendeteksi mikroplastik termasuk mikroskopi, spektroskopi, dan teknik analisis kimia.

1. Mikroskopi merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam deteksi mikroplastik. Dengan menggunakan mikroskop optik atau elektron, partikel-partikel plastik yang terperangkap dalam sampel lingkungan dapat dilihat secara langsung dan diidentifikasi berdasarkan morfologi dan karakteristik fisiknya. Penelitian oleh Löder et al. (2017) menunjukkan bahwa mikroskopi optik merupakan alat yang berguna untuk mendeteksi mikroplastik dalam sampel air laut dengan ukuran hingga beberapa mikrometer.
2. Selain mikroskopi, spektroskopi juga digunakan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi mikroplastik. Salah satu teknik yang umum digunakan adalah spektroskopi Fourier transform infrared (FTIR), yang memungkinkan analisis komposisi kimia sampel dengan mengukur interaksi antara materi dengan radiasi inframerah. Penelitian oleh Löder et al. (2017) juga menyoroti kegunaan spektroskopi FTIR dalam membedakan mikroplastik dari bahan organik dalam sampel air laut, membantu mengidentifikasi sumber dan distribusi mikroplastik.
3. Teknik analisis kimia, termasuk kromatografi dan spektrometri massa, juga digunakan untuk mendeteksi dan mengukur mikroplastik dalam sampel lingkungan. Metode ini memungkinkan identifikasi spesifik dari berbagai jenis plastik

berdasarkan komponen kimianya. Penelitian oleh Nizzetto et al. (2021) menggunakan teknik analisis kimia untuk mengidentifikasi dan mengukur mikroplastik dalam sampel air menggunakan sensor Kinect Microsoft, memberikan wawasan yang lebih dalam tentang distribusi mikroplastik di lingkungan perairan.

Metode deteksi mikroplastik seperti mikroskopi, spektroskopi, dan teknik analisis kimia memiliki peran yang penting dalam pemantauan dan pemahaman polusi plastik di lingkungan. Dengan terus mengembangkan dan meningkatkan teknik deteksi ini, kita dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang distribusi, sumber, dan dampak mikroplastik, serta mengambil tindakan yang lebih efektif untuk melindungi lingkungan dan kesehatan manusia.

Metode deteksi mikroplastik yang lebih baru dan inovatif sedang dikembangkan untuk meningkatkan sensitivitas dan akurasi dalam pemantauan polusi plastik. Salah satu pendekatan yang sedang dikaji adalah penggunaan teknologi berbasis sensor untuk mendeteksi mikroplastik dalam sampel lingkungan secara real-time. Penelitian oleh Zhang et al. (2021) menyoroti pengembangan sensor optik dan algoritma pengolahan citra untuk mendeteksi mikroplastik dalam sampel udara, yang dapat meningkatkan efisiensi dan ketepatan dalam pemantauan mikroplastik di lingkungan udara yang luas.

Selain itu, metode deteksi otomatis menggunakan kecerdasan buatan juga menjanjikan dalam mendeteksi mikroplastik dalam sampel lingkungan secara efisien. Penggunaan algoritma pembelajaran mesin dan jaringan saraf tiruan dapat membantu mengidentifikasi dan mengklasifikasikan mikroplastik dari sampel yang kompleks dengan tingkat akurasi yang tinggi. Penelitian

oleh Kooi et al. (2016) menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan efisiensi dalam analisis dan pemantauan mikroplastik di lingkungan perairan.

Selanjutnya, integrasi teknologi berbasis sensor dengan sistem penginderaan jarak jauh (remote sensing) juga menawarkan potensi untuk memetakan distribusi mikroplastik secara luas dan berkelanjutan di lingkungan terbuka seperti lautan. Pemanfaatan citra satelit dan sensor optik dapat membantu mengidentifikasi pola distribusi mikroplastik dan memahami faktor-faktor yang mempengaruhinya. Penggunaan teknologi ini dapat memberikan informasi penting untuk pengelolaan dan mitigasi polusi mikroplastik di skala yang lebih besar.

Pengembangan metode deteksi mikroplastik yang inovatif dan terintegrasi menjanjikan untuk meningkatkan pemahaman kita tentang polusi plastik dan membantu mengembangkan strategi mitigasi yang lebih efektif. Dengan terus mengembangkan teknologi ini, kita dapat memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif tentang distribusi, sumber, dan dampak mikroplastik di lingkungan, serta mengambil langkah-langkah yang tepat untuk melindungi ekosistem dan kesehatan manusia dari dampak negatif polusi mikroplastik.

Tantangan dalam Mengidentifikasi dan Membedakan Mikroplastik dari Bahan Alami

Salah satu tantangan utama dalam pengidentifikasian mikroplastik adalah membedakannya dari bahan alami yang sering kali hadir dalam sampel lingkungan. Mikroplastik dapat memiliki berbagai bentuk, ukuran, dan warna yang mirip dengan partikel-partikel organik seperti serpihan kayu, serat tanaman, atau plankton. Oleh karena itu, membedakan antara mikroplastik dan bahan alami memerlukan pendekatan yang cermat dan terkadang memerlukan analisis lebih lanjut.

Pada tingkat mikroskopis, mikroplastik dan bahan alami dapat memiliki morfologi yang serupa, seperti serat panjang atau partikel berbentuk bulat. Hal ini dapat menyulitkan dalam pengidentifikasi, terutama ketika sampel lingkungan mengandung campuran dari kedua jenis materi tersebut. Penelitian oleh Löder et al. (2017) menunjukkan bahwa meskipun mikroskopi optik dapat digunakan untuk membedakan mikroplastik dari bahan alami dalam sampel air laut, beberapa partikel memerlukan analisis lebih lanjut menggunakan teknik spektroskopi untuk memastikan identifikasi yang akurat.

Selain itu, variasi komposisi kimia antara mikroplastik dan bahan alami juga menjadi faktor yang mempengaruhi pengidentifikasian. Mikroplastik terbuat dari berbagai jenis polimer sintesis, sedangkan bahan alami terutama terdiri dari materi organik seperti selulosa atau protein. Analisis spektroskopi *Fourier transform infrared* (FTIR) sering digunakan untuk membedakan antara mikroplastik dan bahan alami berdasarkan pola spektrum kimianya. Namun, beberapa partikel mungkin memerlukan teknik analisis kimia yang lebih lanjut untuk identifikasi yang tepat.

Tantangan dalam mengidentifikasi dan membedakan mikroplastik dari bahan alami menyoroti kompleksitas dalam pemantauan polusi plastik di lingkungan. Dengan pengembangan teknik analisis yang lebih canggih dan pendekatan multidisiplin, kita dapat meningkatkan kemampuan kita untuk membedakan antara mikroplastik dan bahan alami, sehingga memungkinkan pemantauan yang lebih akurat dan efektif terhadap polusi mikroplastik.

Strategi Penanganan Mikroplastik

Penanganan mikroplastik memerlukan pendekatan yang holistik dan terpadu yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan, mulai dari pemerintah hingga industri dan masyarakat umum. Berikut adalah beberapa strategi yang dapat diterapkan untuk mengurangi dan mengelola masalah polusi mikroplastik:

1. **Pengurangan Penggunaan Plastik Sekali Pakai:** Salah satu pendekatan utama adalah mengurangi produksi dan penggunaan plastik sekali pakai. Hal ini dapat dilakukan melalui regulasi pemerintah yang mengatur penggunaan plastik, promosi penggunaan alternatif yang ramah lingkungan, dan kesadaran masyarakat untuk mengurangi konsumsi plastik.
2. **Peningkatan Manajemen Sampah:** Meningkatkan sistem manajemen sampah, termasuk pengumpulan, pengolahan, dan daur ulang sampah plastik, dapat membantu mengurangi jumlah plastik yang mencemari lingkungan. Pemerintah dapat memperkuat regulasi terkait dengan pengelolaan sampah, sedangkan industri dapat berperan dalam mengembangkan teknologi daur ulang yang lebih efisien.
3. **Pengembangan Alternatif Ramah Lingkungan:** Mendorong pengembangan dan penggunaan alternatif plastik ramah lingkungan, seperti bioplastik yang terurai secara alami atau bahan kemasan berbasis tanaman, dapat membantu mengurangi akumulasi mikroplastik di lingkungan.
4. **Pemantauan dan Pemahaman yang Lebih Baik:** Peningkatan pemantauan dan pemahaman tentang distribusi, sumber, dan dampak mikroplastik melalui penelitian dan pengembangan teknologi deteksi yang canggih dapat membantu merumuskan kebijakan dan strategi penanganan yang lebih efektif.

5. Kampanye Edukasi dan Kesadaran: Mengedukasi masyarakat tentang bahaya polusi mikroplastik dan mendorong perubahan perilaku konsumen dapat membantu mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dan meningkatkan partisipasi dalam upaya pengelolaan sampah.
6. Kolaborasi Antar-Sektor dan Internasional: Kerja sama antara pemerintah, industri, organisasi non-pemerintah, dan lembaga internasional diperlukan untuk mengatasi masalah polusi mikroplastik secara komprehensif. Ini termasuk pertukaran informasi, pengembangan inisiatif bersama, dan implementasi regulasi yang konsisten di tingkat global.

Dengan menerapkan strategi-strategi ini secara komprehensif dan berkelanjutan, kita dapat mengurangi akumulasi mikroplastik di lingkungan dan melindungi kesehatan manusia serta ekosistem dari dampak negatifnya.

Daftar Pustaka

- Andrady, Anthony L. "Microplastics in the marine environment." *Marine Pollution Bulletin* 62, no. 8 (2011): 1596-1605.
- Arthur, Courtney, et al. "Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre." *Marine Pollution Bulletin* 60, no. 12 (2010): 2275-2278.
- Fang, Xiangming, et al. "Transformation and risk of microplastics during river transport: A review." *Water Research* 203 (2021): 117514.
- Galloway, Tamara S., et al. "Widespread distribution of microplastics in subsurface seawater in the NE Atlantic Ocean." *Marine Pollution Bulletin* 62.12 (2011): 2530-2535.
- Geyer, Roland, Jenna R. Jambeck, and Kara Lavender Law. "Production, use, and fate of all plastics ever made." *Science Advances* 3, no. 7 (2017): e1700782.
- Hanif, K, H. Dkk. 2021. Identifikasi Mikroplastik di Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal *Journal of Marine Research* Vol 10, No.1 Februari 2021, pp. 1-6
- Hermesen, Enya, et al. "Microplastic identification and quantification in the North Atlantic Central Water." *Marine Pollution Bulletin* 174 (2022): 113205.
- Horton, Alice A., et al. "Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities." *Science of the Total Environment* 731 (2020): 139132.
- Horton, Alice A., et al. "Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities." *Science of the Total Environment* 731 (2020): 139132.
- Hollman, P., Bouwrneester, H. and Peters, R. (2018). 'Microplastic Pollution', *Chemosphere*, 248 (February) doi.org/10.1016/j

- Jambeck, Jenna R., et al. "Plastic waste inputs from land into the ocean." *Science* 347, no. 6223 (2015): 768-771.
- Koelmans, Albert A., et al. "Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality." *Water Research* 155 (2019): 410-422.
- Kooi, Merel, et al. "The effect of particle properties on the depth profile of buoyant plastics in the ocean." *Scientific reports* 6, no. 1 (2016): 1-9.
- Li, Chunli, et al. "Microplastics and nanoplastics: hazardous waste to human health." *Chemosphere* 284 (2021): 131347.
- Löder, Martin G., et al. "FTIR spectroscopy: an enabling technology for microplastic studies." *Marine Pollution Bulletin* 135 (2017): 58-68.
- Mulu, M, Dkk. 2020. Marine Debris Dan Mikroplastik:Upaya Mencegah Bahaya Dan Dampaknya Di Tempode, Desa Salama, Kabupaten Manggarai, Ntt jurnal Pengabdian Masyarakat E-ISSN: 2622-0636 Volume 3, No 2, Mei 2020 79-84
- Nizzetto, Luca, et al. "A method to identify and quantify microplastics in aquatic samples using random decision forests and the Microsoft Kinect." *Environmental Pollution* 286 (2021): 117521.
- Puspita, D, Dkk. 2021. Identifikasi Cemaran Mikroplastik Pada Biota Air Tawar Konsumsi Dari Rawa Pening, Jawa Tengah
<http://journal.unkartur.ac.id/index.php/stmj>
- Sanabila, A, 2022. Identifikasi Mikroplastik Pada Saluran Pencernaan Ikandi Kali Porong, Kabupaten Sidoarjo Volume 2 Nomor 1 April 2022
<https://ecotonjournal.id/index.php/ep> Page:337-343
- Victoria, A, V. 2021. Kontaminasi Mikroplastik Di Perairan Tawar Jurnal Teknik Mesin ITB, 1-10,2017

- Wang, Xin, et al. "Degradation of polystyrene microplastics in the coastal zone: Implications for environmental fate and impact." *Marine Pollution Bulletin* 174 (2022): 113166.
- Wright, Stephanie L., et al. "Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport." *Environmental Pollution* 236 (2018): 216-222.
- Wright, Stephanie L., et al. "The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review." *Environmental Pollution* 245 (2019): 95-101.
- Yudhantari, A. S. Dkk. 2019. Kandungan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Lemuru Protolan (*Sardinella Lemuru*) Hasil Tangkapan di Selat Bali JMRT, Volume 2 No 2 Tahun 2019, Halaman: 48-52
- Zhang, Ran, et al. "Microplastics in the atmosphere: A comprehensive review on its characteristics, sources, and health risks." *Environmental Pollution* 291 (2021): 118057.

Profil Penulis



Nur Ayini S. Lalu, S.KM., M.Kes

Dilahirkan di Provinsi Gorontalo pada Tanggal 7 Maret 1990. Merupakan anak pertama dari pasangan Sumardi Lalu (Alm) dan Ibu Dra. Hj. Zubaidah Bau. Penulis menyelesaikan program S1 di Program Studi Kesehatan Masyarakat Peminatan Kesehatan Lingkungan Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan dan Keolahragaan Universitas Negeri Gorontalo lulus tahun 2011 dan menyelesaikan program S2 di Program Studi Kesehatan Masyarakat Departemen Kesehatan Lingkungan) Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin dan lulus pada tahun 2014. dan sekarang sementara studi S3 di Program Studi Doktor Ilmu Kedokteran dan Kesehatan di Universitas Gadjah Mada. Sejak tahun 2015 hingga kini, penulis menjadi dosen tetap PNS di Program Studi Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Gorontalo. Selain itu, penulis merupakan Pengurus Daerah Ikatan Ahli Kesehatan Masyarakat Indonesia (IAKMI) Provinsi Gorontalo periode 2015-2022. Penulis memiliki kepakaran dibidang kesehatan lingkungan, khususnya terkait dengan pencemaran air, logam berat, sanitasi perumahan dan tempat-tempat umum dan analisis risiko kesehatan lingkungan. Penulis sukses menulis buku perdana ber-ISBN yang berjudul “Risiko Logam Berat di Danau” yang telah dijadikan referensi dalam proses perkuliahan, dan telah memperoleh HKI dan buku selanjutnya dengan judul buku “Manajemen Bencana” dengan ISBN 978-623-88071-1-6. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal nasional maupun internasional serta aktif menulis buku ajar dan book chapter dengan Judul bab “Konsep Dasar, Paradigma dan Lingkup Kesehatan Lingkungan” pada Buku yang berjudul “Kesehatan Lingkungan dan Lingkungan Hidup” dengan ISBN 978-623-362-588-3. Adapun bookchapter lainnya berjudul ”Teori Kesehatan Lingkungan dengan nomor ISBN 978-623-5722-94-8. Dan Book chapter lainnya berjudul “Dasar Kesehatan Lingkungan” yang ISBN: 978-623-8065-03-5 serta buku lainnya berjudul “Ilmu Kesehatan Masyarakat dan Kesehatan Global” dengan ISBN 978-623-195-356-8.

Email Penulis: nur.ayini@ung.ac.id

INOVASI DAN KOLABORASI

Alvendo Wahyu Aranski, M.Kom.
Institut Teknologi Batam

Inovasi Mikroplastik di Lingkungan

Penggunaan plastik pada saat ini dinilai sudah banyak menyalahi ketentuan yang ada. Ketersediaan plastik menimbulkan sampah yang banyak. Contohnya pada penelitian yang dilakukan di Bangkok dan Provinsi Phuket pada tahun 2023 mengatakan bahwa sampah plastik menyebabkan polusi di laut dan Thailand menjadi rangking ke 6 di dunia penyumbang sampah plastik yang ada di laut (Riechers et al., 2021). Pada penelitian yang lain, terdapat model dalam pengolahan plastik yaitu dengan mengganti model ekonomi yang linier menjadi model ekonomi yang sirkular dimana plastik yang dihasilkan dilakukan pendaur ulangan menjadi resin (Getor et al., 2020). Teknik ini dilakukan untuk memanfaatkan kembali hasil peleburan sampah plastik menjadi resin yang dapat digunakan kembali. Namun kegiatan ini mengalami beberapa kendala yaitu tidak-samanya tingkat pemanasan yang dilakukan sewaktu pembuatan plastik, sehingga beberapa resin yang tidak sama tingkat pemanasannya menjadi sampah lain yang belum dapat cara pengolahannya (Gisna Yudasti et al., n.d.). Selain sampah plastik yang menimbulkan masalah, hasil dari pengolahan dan pembuatan plastik pun memiliki masalah yang sama seriusnya. Mikroplastik yang dihasilkan dapat masuk melalui media udara yang masih sulit ditemukan. Pada

penelitian dalam jurnal *Environmental Science & Technology* tahun 2019 menemukan bahwa orang Amerika beresiko mengkonsumsi 39.000 sampai 52.000 partikel mikroplastik per tahun dari makanan laut, air, gula, garam, dan alcohol (Tessnow-von Wysocki & Le Billon, 2019).

Saat ini, beberapa metode sudah dilakukan untuk mengurangi penggunaan sampah plastik dan hasil dari sisa pengolahan sampah plastik. Cara yang paling umum adalah dengan mengurangi penggunaan kantong berbahan plastik dan menggantinya dengan kantong yang dapat digunakan berkali-kali seperti bahan tas belanja dari kain, serabut kelapa, atau olahan plastik tebal lainnya dan juga penggunaan bahan plastik yang terbuat dari bahan biodegradable yang dapat dengan cepat terurai di tanah (Amesho et al., 2023). Inovasi ini juga terjadi pada beberapa tempat sudah menggunakan sedotan yang dapat terurai dengan mudah menggunakan bahan baku singkong. Selain itu, penggunaan sendok berbahan kayu tipis sebagai pengganti sendok plastik juga sudah diterapkan. Dibeberapa tempat seperti tempat makan cepat saji, sudah mengurangi penggunaan bahan makan dan minum mereka dengan bahan plastic (Ruiz-Salmón et al., 2020). Beberapa tempat makan sudah tidak menggunakan sedotan lagi. Untuk mengurangi dampak sampah plastik yang ditimbulkan, pemerintah daerah setempat dan lembaga terkait dalam pengolahan sampah-pun sudah melakukan inovasi dengan pembuatan bank sampah dimana tempat tersebut didesain dengan memilah sampah berdasarkan jenisnya. Sehingga ketika dilakukan pengolahan, dapat diolah dengan tepat sesuai dengan jenis sampahnya. Beberapa tempat dibelahan negara lain, diluar Indonesia, terdapat tong sampah khusus untuk meletakkan pakaian yang sudah tidak layak pakai lagi (Hakim et al., 2023). Perusahaan swasta yang konsen dalam

pengolahan sampah plastik juga membuat inovasi yang menarik, yaitu dengan mengubah sampah plastik yang sudah dihasilkan, kemudian dikumpulkan dan bagi yang mengumpulkannya mendapat imbalan berupa uang atau digratiskan mengikuti kegiatan pembelajaran. Hal ini jelas sangat membantu dalam pengurangan sampah sekaligus mendapatkan ilmu yang bermanfaat dengan membayar menggunakan sampah. Dalam kasus lain juga pernah diteliti oleh Akbar Tahir mengenai inovasi dalam penanganan mikroplastik. Pada penelitian itu dituliskan beberapa rekomendasi salah satunya adalah dengan memasang instalasi penyaring sampah di muara-muara sungai dan pada penelitian tersebut juga memastikan bahwa biodegradable-plastics perlu dilakukan uji lab yang tuntas agar tidak menyebabkan munculnya mikroplastik di lingkungan (Gardner et al., 2023).

Beberapa inovasi mikroplastik antara lain pemanfaatannya menjadi bahan baku pembuatan paving block, baju dan pakaian, bahan campuran beton, hingga bahan bakar minyak. Limbah plastik seperti botol PET diolah menjadi serat dan serbuk mikroplastik, lalu dimanfaatkan sebagai bahan substitusi semen pada campuran paving atau bahan campuran beton (Wang et al., 2022). Mikroplastik juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan jaket dan pakaian oleh beberapa produsen lokal.

Inovasi dalam pembuatan paving block dilakukan dengan cara mengumpulkan bahan baku dari jenis limbah Polyethylene Terephthalate (PET) yang didaur ulang menjadi mikroplastik. Kemudian dicampur dengan semen, pasir dan air untuk membuat adonannya. Kemudian adonan dicetak dengan Teknik vibrocompaction untuk membentuk paving block (Khoo et al., 2021).

Selain itu, teknologi pirolisis juga tengah dikembangkan beberapa startup untuk mengubah limbah plastik menjadi bahan bakar minyak. Inovasi-inovasi ini tidak hanya dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah plastik, namun juga membuka peluang ekonomi baru yang ramah lingkungan. Pemanfaatan kembali limbah plastik menjadi produk bernilai ekonomi perlu terus didorong dan dikembangkan agar lingkungan tetap lestari.

Teknologi pirolisis ini merupakan proses dekomposisi bahan pada suhu tinggi tanpa oksigen. Proses ini memanaskan pada suhu 400-800 C sehingga terurai menjadi gas dan cairan hidrokarbon. Namun teknologi ini membutuhkan biaya yang besar dan belum banyak diterapkan secara masal.

Produsen pakain seperti Unifi di Amerika Serikat dan Werpca di Spanyol telah memproduksi benang dan serat nilon yang berasal dari daur ulang limbah plastic PET. Benang nilon ini banyak digunakan untuk membuat baju, jaket, dan pakaian oleh merk internasional lainnya. Selain benang nilon dari limbah plastic, di Masbate, Filipina mengembangkan eco brick. Ini mirip dengan paving block namun digunakan untuk menopang bangunan berlantai dua. Kemudian filamen 3D Printing Perusahaan Refil di Belgia dan Netherlands telah memproduksi bioplastic PLA (Polylactic Acid) sebagai bahan baku pembuatan filamen 3D. PLA ini jelas ramah lingkungan. Selanjutnya mikroplastik digunakan dalam pembuatan aspal di jalan MacRebur, Inggris. Lapisan ini lebih awet dan tahan lama dibanding aspal konvensional.

Pengembangan dan inovasi mikroplastik ini tidak hanya terjadi di Indonesia saja, bahkan dunia pun juga memikirkan inovasi yang jauh lebih memiliki makna dari sebatas tumpukan plastic yang susah terurai di tanah.

Ide lainnya dalam inovasi mikroplastik adalah dengan membuat filter air portable yang dapat menyaring mikroplastik. Penggunaan filter ini dapat digunakan di keran air rumah, aliran sungai, selokan, dan lainnya dimana arus air mengalir. Filter tersebut dapat dirancang secara khusus dapat menyaring partikel mikroplastik dengan ukurannya yang sangat kecil. Selain itu, kita juga dapat menemukan organism yang mampu menguraikan mikroplastik menjadi senyawa yang tidak berbahaya. Organism ini bisa berupa bakteri atau jamur yang distimulasi secara genetic sehingga degradasi partikel mikroplastik. Kemudian menciptakan nanopartikel untuk mendeteksi dan membersihkan mikroplastik.

Dari bidang teknologinya, inovasi yang dapat dilakukan dalam penanganan mikroplastik di lingkungan yaitu dengan membuat detektor mikroplastik real-time pada saluran air. Detektor ini mampu menilai ambang batas dari mikroplastik yang ada di air. Memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) dengan memasang sensor otomatis pada saluran dan aliran air untuk memantau kadar mikroplastik. Kemudian data hasil pantauan dikirim ke database terpusat untuk dapat dianalisis lebih lanjut. Kemudian menyempurnakan mesin pencuci pakaian agar dapat menyaring mikroplastik yang terlepas dari pakaian sintesis. Penyaringan dilakukan pada proses bilas dan air limbah dialirkan ke tangki penampungan khusus.

Kolaborasi

Peningkatan kerjasama antar pemerintah dan pihak swasta atau NGO merupakan suatu kolaborasi yang baik dalam hal penanganan mikroplastik (Gu, 2023). Pada penelitian yang dilakukan oleh Hidayat dalam jurnalnya menjelaskan bahwa kerjasama antar pihak wajib

dilakukan untuk mengurangi dampak dari mikroplastik ini. Pada penelitian tersebut dituliskan bahwa peran pemerintah dibantu dengan pihak keamanan maritim dengan konsep maritime security dapat membantu dalam menyelesaikan masalah mikroplastik yang masuk ke laut. Karena menurut penelitiannya, ada puluhan ton sampah yang sampai di kepulauan seribu. Hal ini justru merugikan bagi keberlangsungan biota laut disana dan memperburuk tampilan wisata yang ada di kepulauan seribu. Dengan konsep Maritime Domain Awareness (MDA) dapat dilakukan pengawasan dalam pembuangan sampah yang sampai ke laut (De Veer et al., 2023). Konsep ini memiliki segala sesuatu yang ada di atas, di bawah permukaan, di dasar, di bawah dasar, berdekatan dengan, berbatasan dengan, berkaitan dengan komponen-komponen berikut. Pertama area, yaitu samudera, laut, perairan, muara sungai, pantai, pelabuhan, teluk, delta, karang, pulau, kepulauan, selat, tanah gambut. Kedua Sumda Maritime mencakup material kehidupan diperairan tepi laut, di laut, dan samudera. Ketiga, kegiatan umat manusia di perairan, laut, dan samudera.

Konteks kolaborasi antara pemerintah dan pihak NGO sangat penting karena kapasitas pemerintah dalam pengambilan keputusan. Selain itu dibutuhkan juga komitmen dari pemerintah dan pihak NGO untuk bersama sejalan dengan keputusan yang sudah ditetapkan. Selain pemerintah dan NGO, masyarakat yang lainnya juga perlu diberikan edukasi yang tepat dan terus menerus mengenai akibat yang muncul dari mikroplastik ini (Maione et al., 2022). Kolaborasi tiga bagian ini dirasa sudah sangat membantu dalam pengurangan dampak mikroplastik pada lingkungan. Dapat dibayangkan bahwa dimasa depan, terdapat sampah plastik yang dapat terurai dengan baik, kesadaran masyarakat dalam penggunaan sampah

plastik meningkat dengan baik sehingga pemanfaatan kembali kantong yang dipakai berulang kali menjadi pilihan yang wajib bagi setiap masyarakat. Dan juga pada perusahaan yang mengeluarkan plastik atau berbahan plastik betul-betul membuat bahan biodegradable-plastics yang sesuai dengan standar. Jangan sampai perusahaan seenaknya menghasilkan benda yang katanya berbahan biodegradable-plastics namun tidak sesuai dengan uji lab. Kesadaran awal ini harus dimulai dari tingkat rumah tangga dan lingkungan sekitar. Boleh menggunakan plastik, namun paham akan dampaknya (Shehata et al., 2023). Sehingga masyarakat bisa dengan sendirinya membawa kantong plastik atau tas berbahan kain untuk membeli keperluannya di pasar atau super market tanpa meminta penjual untuk memberikan plastik. Setelah masyarakat paham, diimbangi dengan regulasi ketat dari pemerintah untuk memastikan penggunaan dari plastik yang ada di daerah tersebut. Kolaborasi lainnya juga dapat dilakukan oleh produsen yang paham akan fashion untuk menciptakan kantong berbahan kain yang kuat dan dapat dipakai berulang kali dengan sistem gampang dicuci atau sebagainya untuk mendukung program pengurangan penggunaan sampah plastik atau sejenisnya. Melihat tingkat konsumtif masyarakat yang ada di Indonesia dan mudah “terperdaya” dengan embel-embel “fashion”, dapat dimanfaatkan seutuhnya oleh produsen yang terkait. Apalagi hal ini di endorse besar-besaran oleh artis atau tokoh ternama yang ada di dalam negeri maupun luar negeri. Kolaborasi ini akan mudah terjadi ketika semua pihak sudah dalam satu visi yang sama atau menunggu kiamat plastik terjadi dikemudian hari (Scott et al., 2023).

Hal ini dapat dilakukan bersama ketika pemerintah mendukung penuh kegiatan ini. Rencana Aksi Nasional (RAN) pengurangan sampah plastik di laut adalah

langkah pemerintah yang sangat perlu didukung kedepannya. Kebijakan dari pemerintah untuk mengurangi penggunaan sampah plastik juga perlu ditingkatkan. Pendaaur-ulangan sampah plastik ditingkatkan terkecil struktur pemerintahan sudah diterapkan namun masih sedikit tingkat sadar masyarakat yang benar-benar paham akan dampak baik dari hasilnya. Pada tahun 2025 pengurangan sampah plastik sampai 70 persen menjadi harapan dari NPAP (National Plastic Action Partnership) dan hal ini dapat menjadi representasi komitmen Pemerintah Indonesia. Saat ini Indonesia dan Australia yang diinisiasi oleh Kementerian Riset dan Teknologi RI tergabung dalam proyek Plastic Innovation Hub (Colijn et al., 2022). Perencanaan kegiatan Plastic Innovation Hub sendiri akan berjalan selama tiga tahun yang nantinya dapat menciptakan kemitraan lintas sektor. Kegiatan ini juga menjadi proyek pertama di dunia dengan tujuan mendorong transisi ekonomi nol persen sampah plastik yang ada di laut.

Beberapa kolaborasi lainnya dapat dilakukan dengan cara membuat Kolaborasi Bank Sampah dengan industry kreatif dimana pelaku industry kreatif membuat daur ulang sampah plastic menjadi kerajinan tangan, fashion, bahkan furniture. Contoh nyatanya ada di Bank Sampah Malang yang bekerjasama dengan komunitas Plasticpreneur. Kolaborasi lainnya adalah Akademik dan pelaku industry para peneliti di universitas terkenal di Indonesia seperti Institut Teknologi Bandung (ITB), Universitas Diponegoro, dan Universitas Brawijaya yang telah melakukan Pengembangan penelitian pada daur ulang sampah (Xia et al., 2023). Ada juga program kolaborasi yang berasal dari pemerintah dan Masyarakat sekitar untuk melakukan pendaur ulangan serta sosialisasi masiv mengenai kreasi yang dapat dibuatkan dari sampah plastic yang dihasilkan (Kurniawan et al., 2023).

Kolaborasi ini lebih baiknya didukung dengan sosialisasi merata mengenai dampak sampah plastic yang dihasilkan dan bagaimana cara menanggulungnya. Diharapkan usaha pemerintah dan pihak swasta baik dari bidang Pendidikan setingkat Universitas, sampai Masyarakat terkecil berupa keluarga.

Bentuk kolaborasi di Tingkat dunia dilakukan oleh Aliansi Plastic Waste Global, dimana pada tahun 2018 melakukan Upaya dalam pengelolaan limbah plastic termasuk mendaur ulangnya menjadi mikroplastik. Kemudian The Ocean Plastic Innovation Challenge membuat sebuah kompetisi inovasi daur ulang dengan skala global. Kompetisi ini menghasilkan sebuah Kerjasama antar ilmuwan, innovator, dan pelaku industry dari seluruh dunia (Thormann et al., 2023). Pada negara eropa, ada 15 negara yang sepakat menangani masalah sampah plastic. Dinamakan dengan Plastic Pact, menjadi jaringan global yang Bersama menciptakan lingkungan menjadi lebih baik. Selanjutnya dari World Economic Forum dalam Global Plastic Action Partnership senilai \$100 juta mengakselerasi Solusi pengurangan sampah plastic di 40 negara termasuk Indonesia (Allison et al., 2022).

Pencemaran lingkungan akibat mikroplastik dari limbah plastik yang tidak terkelola telah menjadi isu global yang mendesak untuk ditangani. Berbagai pihak mulai bergerak lakukan berkolaborasi dan berinovasi untuk mengurangi dampak masalah ini. Inovasi dan kolaborasi penanganan mikroplastik terjadi pada berbagai bidang seperti rekayasa material, bioteknologi, kimia, teknik lingkungan, ekonomi sirkular, hingga formulasi kebijakan pengelolaan sampah plastik. Keterlibatan multidisiplin dan multisektor sangat diperlukan. Upaya bersama yang telah dilakukan melalui forum global, kemitraan publik-swasta, maupun komunitas daur ulang

plastik menunjukkan potensi besar untuk mengubah limbah plastik yang tidak terkelola menjadi sumber daya sirkular yang bernilai ekonomi dan ramah lingkungan. Tantangan ke depan adalah bagaimana mengakselerasi implementasi solusi yang dihasilkan, sekaligus terus melakukan riset dan pengembangan untuk menciptakan terobosan baru. Peran generasi muda dan masyarakat luas juga penting untuk dapat mendukung upaya berkelanjutan ini.

Kolaborasi lintas negara untuk pengembangan teknologi filtrasi mikroplastik yang ditetapkan pada aliran sungai dan pembuangan limbah ke laut. Ini sudah dilakukan pada perguruan tinggi di Indonesia dengan universitas di Belanda dan Jepang.

Kerjasama daur ulang antara pemerintah, produsen barang plastik, dan pemulung. Plastik bekas warga dikumpulkan pemulung dan diolah pabrik daur ulang agar tidak mencemari lingkungan.

Penelitian kolaborasi antara ilmuwan, aktivis lingkungan, dan industri tekstil untuk mengurangi pelepasan serat mikroplastik dari pakaian ke mesin cuci atau alam. Menyempurnakan teknik produksi dan desain bahan tekstil.

Kolaborasi antar pemerintah dengan perusahaan pembersih sungai untuk memasang perangkat penyaring mikroplastik portabel di sungai-sungai perkotaan. Pembersihan aliran sungai dari mikroplastik dilakukan secara berkala.

Kerja sama antara akademisi di universitas dengan industri makanan dan minuman, untuk menemukan bahan pengemas biodegradable (mudah terurai) sebagai pengganti plastik. Sehingga mengurangi sampah plastik dari kemasan makanan/minuman.

Ide kolaborasi pembuatan sedotan dari ubi jalar sangat menarik untuk dikembangkan. Beberapa kemungkinan kolaborasi yang bisa dilakukan antara lain:

1. Kolaborasi penelitian antara perguruan tinggi (teknik pangan/kimia) dengan petani ubi jalar lokal dan produsen makanan/minuman. Mereka bisa meneliti proses ekstraksi pati dari ubi jalar dalam skala besar untuk dijadikan bahan baku sedotan.
2. Kerja sama antara pemerintah daerah, koperasi petani, dan UKM produsen sedotan plastik. Pemerintah memberikan insentif dan bantuan modal bagi UKM untuk beralih memproduksi sedotan dari pati ubi jalar.
3. Kolaborasi teknologi antara perusahaan mesin ekstruder makanan dengan pabrik kemasan plastik. Mereka bisa mengembangkan mesin ekstruder khusus untuk mencetak sedotan dari bahan pati ubi jalar.
4. Kemitraan bisnis pati ubi jalar untuk sedotan antara petani ubi, pabrik pengolahan, dan gerai minuman. Petani dan pabrik menyuplai pati ubi jalar ke gerai minuman sebagai bahan baku sedotan ramah lingkungan pengganti plastik.
5. Kerja sama daur ulang limbah sedotan ubi jalar antara bank sampah, koperasi, dan peternak. Limbah sedotan diolah menjadi pakan ternak oleh peternak mitra.

Kerja sama daerah aliran sungai (DAS) lintas wilayah provinsi dan kabupaten untuk penanganan mikroplastik dapat dijelaskan lebih detail sebagai berikut:

1. Pemetaan titik-titik rawan pencemaran mikroplastik di sepanjang aliran sungai, dari hulu di daerah kabupaten hingga hilir di provinsi. Identifikasi sumber utama mikroplastik seperti limbah pabrik atau pemukiman penduduk.

2. Membangun instalasi penyaringan mikroplastik (*wastewater treatment plan*) secara berkala di beberapa titik sungai. Mulai dari hulu ke hilir agar plastik bisa disaring sebelum mencemari laut.
3. Mendorong terbentuknya kelompok peduli lingkungan di setiap daerah kabupaten dan provinsi di sepanjang DAS. Mereka diperbantukan untuk memantau kualitas air sungai dan melaporkan apabila menemukan pencemaran plastik.
4. Melakukan sosialisasi dan kampanye anti buang sampah sembarangan ke sungai yang menyasar seluruh lapisan masyarakat di desa maupun kota. Agar budaya membuang sampah sembarangan bisa berkurang.
5. Menyediakan tempat sampah dan bank sampah di desa-desa sepanjang DAS. Sampah plastik warga kemudian diangkut dan didaur ulang atau dikelola menjadi produk lainnya oleh pemerintah daerah atau pihak swasta.

Kemitraan antara produsen deterjen dan mesin cuci dalam rangka mengurangi pencemaran mikroplastik dari kegiatan mencuci pakaian dapat dijelaskan lebih detail sebagai berikut:

Produsen deterjen dapat mengurangi atau meniadakan bahan *microbeads* plastik pada produk deterjen cair dan deterjen bubuk mereka. *Microbeads* selama ini ditambahkan sebagai bahan pembersih dan penggosok.

Sebagai pengganti *microbeads*, produsen deterjen dapat menggunakan bahan alami yang mudah terurai seperti baking soda, batu apung, atau serbuk kayu. Atau bahan inorganic yang aman bagi lingkungan.

Produsen mesin cuci dapat menyempurnakan teknologi filter pada mesin cuci agar mampu menyaring microplastik yang terlepas dari pakaian. Sehingga microplastik tertahan di filter dan tidak terbang ke saluran air limbah.

Kedua pihak dapat berkolaborasi melakukan kampanye yang mempromosikan penggunaan bola pelembut kain sebagai pengganti pelembut pakaian cair plastik. Agar Indonesia Bebas Mikroplastik.

Produk deterjen dan mesin cuci ramah lingkungan yang bebas mikroplastik diberi sertifikasi atau label khusus agar mudah dikenali konsumen. Sehingga konsumen ikut ambil bagian dalam upaya hindari mikroplastik.

Kerja sama antara LSM peduli laut, nelayan, dan akademisi dalam pemantauan dan restorasi laut dari pencemaran mikroplastik dapat dijelaskan lebih rinci sebagai berikut:

Akademisi di perguruan tinggi melakukan riset tentang sebaran mikroplastik di laut dan sistem restorasi laut, seperti metode filtrasi mikroplastik dan pelepasan organisme yang bisa mendegradasi mikroplastik.

LSM peduli laut bekerja sama dengan nelayan setempat untuk mengambil sampel air laut dan sedimen dasar laut guna pemeriksaan kadar mikroplastik di laboratorium akademisi. Dilakukan secara berkala dan terdata pada titik rawan pencemaran.

Berdasarkan hasil riset akademisi, LSM dan nelayan dapat melakukan uji coba sistem filtrasi dan bioremediasi pencemaran mikroplastik pada lokasi terpilih. Misalnya di muara sungai dan habitat terumbu karang.

Data hasil pemantauan dianalisis bersama untuk menentukan metode restorasi laut dari mikroplastik yang paling efektif dan sesuai dengan kondisi lokal perairan di Indonesia.

Hasil kerja sama ini diharapkan bisa memunculkan terobosan baru dalam upaya memulihkan ekosistem laut yang sudah tercemar mikroplastik. Serta mendorong kebijakan pengendalian pencemaran plastik ke laut oleh pemerintah.

Intinya, inovasi dan kolaborasi yang dilakukan bertujuan untuk menjadikan dunia ini bebas dari sampah dan hasil uraian sampahnya dapat dimanfaatkan kembali.

Daftar Pustaka

- Allison, A. L., Baird, H. M., Lorencatto, F., Webb, T. L., & Michie, S. (2022). Reducing plastic waste: A meta-analysis of influences on behaviour and interventions. *Journal of Cleaner Production*, 380, 134860.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134860>
- Amesho, K. T. T., Chinglenthoba, C., Samsudin, M. S. A. B., Lani, M. N., Pandey, A., Desa, M. N. M., & Suresh, V. (2023). Microplastics in the environment: An urgent need for coordinated waste management policies and strategies. *Journal of Environmental Management*, 344, 118713.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118713>
- Colijn, I., Fraiture, F., Gommeh, E., Schroën, K., & Metze, T. (2022). Science and media framing of the future of plastics in relation to transitioning to a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 370, 133472.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133472>
- De Veer, D., Baeza-Álvarez, J., Bolaños, S., Cavour Araya, S., Darquea, J. J., Díaz Poblete, M. A., Domínguez, G., Holtmann-Ahumada, G., Honorato-Zimmer, D., Gaibor, N., Gallardo, M. de los Á., Guevara Torrejón, V., León Chumpitaz, A., Marcús Zamora, L., Mora, V., Muñoz Araya, J. M., Pernía, B., Purca, S., Rivadeneira, M. M., ... Thiel, M. (2023). Citizen scientists study beach litter along 12,000 km of the East Pacific coast: A baseline for the International Plastic Treaty. *Marine Pollution Bulletin*, 196, 115481.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115481>

- Gardner, B., Betson, M., Cabal Rosel, A., Caniça, M., Chambers, M. A., Contadini, F. M., Gonzalez Villeta, L. C., Hassan, M. M., La Ragione, R. M., de Menezes, A., Messina, D., Nichols, G., Olivença, D. V., Phalkey, R., Prada, J. M., Ruppitsch, W., Santorelli, L. A., Selemetas, N., Tharmakulasingam, M., ... Lo Iacono, G. (2023). Mapping the evidence of the effects of environmental factors on the prevalence of antibiotic resistance in the non-built environment: Protocol for a systematic evidence map. *Environment International*, 171, 107707. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107707>
- Getor, R. Y., Mishra, N., & Ramudhin, A. (2020). The role of technological innovation in plastic production within a circular economy framework. *Resources, Conservation and Recycling*, 163, 105094. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105094>
- Gisna Yudasti, Y., Prananda Claudia, G., Ode Sitti Warsita Mahapati, W., Fakral Irwan, A., & Kunci, K. (n.d.). Simulasi Penyisihan Mikroplastik pada Limbah Laundry Menggunakan Proses Filtrasi Bertingkat. <http://envirotek.upnjatim.ac.id/>
- Gu, J.-D. (2023). The society journal and looking into the future. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 182, 105620. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2023.105620>
- Hakim, L., Asmara, A. A., Priambodo, R. Y., & Wong, Y. J. (2023). Microplastic pollution profile in the Indian Ocean of the Southern Java Island, Indonesia. *Environmental Challenges*, 13, 100786. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100786>

- Khoo, K. S., Ho, L. Y., Lim, H. R., Leong, H. Y., & Chew, K. W. (2021). Plastic waste associated with the COVID-19 pandemic: Crisis or opportunity? *Journal of Hazardous Materials*, 417, 126108. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126108>
- Kurniawan, T. A., Haider, A., Mohyuddin, A., Fatima, R., Salman, M., Shaheen, A., Ahmad, H. M., Al-Hazmi, H. E., Othman, M. H. D., Aziz, F., Anouzla, A., & Ali, I. (2023). Tackling microplastics pollution in global environment through integration of applied technology, policy instruments, and legislation. *Journal of Environmental Management*, 346, 118971. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118971>
- Maione, C., Lapko, Y., & Trucco, P. (2022). Towards a circular economy for the plastic packaging sector: Insights from the Italian case. *Sustainable Production and Consumption*, 34, 78–89. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.09.002>
- Riechers, M., Fanini, L., Apicella, A., Galván, C. B., Blondel, E., Espiña, B., Kefer, S., Keroullé, T., Klun, K., Pereira, T. R., Ronchi, F., Rodríguez, P. R., Sardon, H., Silva, A. V., Stulgis, M., & Ibarra-González, N. (2021). Plastics in our ocean as transdisciplinary challenge. *Marine Pollution Bulletin*, 164, 112051. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112051>
- Ruiz-Salmón, I., Margallo, M., Laso, J., Villanueva-Rey, P., Mariño, D., Quinteiro, P., Dias, A. C., Nunes, M. L., Marques, A., Feijoo, G., Moreira, M. T., Loubet, P., Sonnemann, G., Morse, A., Cooney, R., Clifford, E., Rowan, N., Méndez-Paz, D., Iglesias-Parga, X., ... Aldaco, R. (2020). Addressing challenges and opportunities of the European seafood sector under a circular economy framework. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 13, 101–106.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.coesh.2020.01.004>

Scott, E. L., Bhamra, T., Mohammed, M. I., & Johnson, A. A. (2023). Investigating knitwear product development in small and medium enterprises: A report of practices related to environmental sustainability. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 7, 100105.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clscn.2023.100105>

Shehata, N., Egirani, D., Olabi, A. G., Inayat, A., Abdelkareem, M. A., Chae, K.-J., & Sayed, E. T. (2023). Membrane-based water and wastewater treatment technologies: Issues, current trends, challenges, and role in achieving sustainable development goals, and circular economy. *Chemosphere*, 320, 137993.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137993>

Tessnow-von Wysocki, I., & Le Billon, P. (2019). Plastics at sea: Treaty design for a global solution to marine plastic pollution. *Environmental Science & Policy*, 100, 94–104.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.06.005>

Thormann, L., Neuling, U., & Kaltschmitt, M. (2023). Opportunities and challenges of the European Green Deal for the chemical industry: An approach measuring circularity. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 5, 100044.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clcb.2023.100044>

Wang, X., Li, C., Lam, C. H., Subramanian, K., Qin, Z.-H., Mou, J.-H., Jin, M., Chopra, S. S., Singh, V., Ok, Y. S., Yan, J., Li, H.-Y., & Lin, C. S. K. (2022). Emerging waste valorisation techniques to moderate the hazardous impacts, and their path towards sustainability. *Journal of Hazardous Materials*, 423, 127023.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127023>

Xia, C., Yuan, Y., Mathimani, T., Rene, E. R., Brindhadevi, K., Hoang Le, Q., & Pugazhendhi, A. (2023). Process intensification approaches in wastewater and sludge treatment for the removal of pollutants. *Journal of Environmental Management*, 345, 118837. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118837>

Profil Penulis



Alvendo Wahyu Aranski, M.Kom

Dosen Sistem Informasi di Institut Teknologi Batam sekaligus Ketua Program Studi. Memulai karir dari tahun 2014 sebagai dosen pertama kali di kota Batam, tepatnya Universitas Putera Batam. Mengabdikan lebih kurang 5 tahun sebagai dosen Teknik Informatika, dengan prestasi tertinggi adalah lolos Sertifikasi Dosen ditahun 2018. Kemudian memenangkan dana Hibah Peneliti Pemula dari DIKTI sewaktu bekerja di UPB. Kemudian mencoba kegiatan lain diluar kampus dengan mendirikan sebuah sekolah coding pertama di kota Batam, namun hanya bertahan selama 1 tahun karena covid-19. Beralih Kembali ke kampus, penulis memutuskan bergabung Bersama Institut Teknologi Batam. Dimulai dari bulan Januari 2022, penulis masuk ke prodi Sistem Informasi. Penulis focus dalam melakukan penelitian dan pengabdian di kampus dengan tema kemaritiman. Peneliti mengkombinasikan teknologi dan kemaritiman menjadi judul disetiap penelitian dan pengabdian. Di akhir 2023, penulis mulai tertarik dengan permasalahan lingkungan, salah satunya adalah masalah sampah plastic yang susah terurai di tanah. Kemudian, ditahun 2024, penulis mulai melakukan pengabdian dengan tema sampah dan pengelolaannya di lingkungan sekitar. Penulis memiliki latar belakang Pendidikan S1 dan S2 di Universitas Putra Indonesia (UPI) YPTK Padang. Saat ini sedang melanjutkan study ke luar negeri, tepatnya di UTHM dengan focus penelitian pada computer science.

Email Penulis: vendowa@gmail.com

VISI MASA DEPAN DAN AKSI LANJUTAN PENCEMARAN MIKROPLASTIK

Dr. Ratna Dwi Puji Astuti. S.K.M
Universitas Airlangga

Pendahuluan

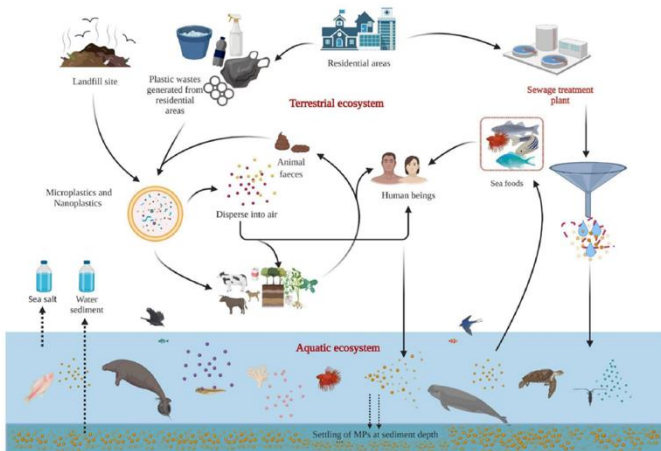
Limbah plastik yang dilepaskan ke lingkungan secara global mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Diketahui bahwa di tahun 2019 terdapat sekitar 368 juta metrik ton plastik yang dibuat di seluruh dunia dimana setengahnya diproduksi dan berasal di benua Asia (Lamichhane et al., 2023). Pencemaran ini menjadi salah satu perhatian masyarakat dunia karena limbah plastik merupakan salah satu limbah yang proses degradasinya cukup lambat di lingkungan dan ia dapat berubah menjadi ukuran partikel yang kecil dengan bantuan radiasi matahari atau faktor biologis, kimiawi, dan fisik dalam jangka waktu yang panjang dan terus menerus. Partikel kecil dari plastik dikenal dengan secara umum dengan sebutan mikroplastik. Mikroplastik (MP) didefinisikan sebagai plastik yang dapat berupa partikel, serat, fragmen, dan film yang biasanya berukuran kurang dari 5 mm (L. Yang et al., 2021; Zhang et al., 2020). Mikroplastik sendiri dibagi menjadi dua jenis yaitu mikroplastik primer dan mikroplastik sekunder. Mikroplastik primer adalah produk sampingan dari emisi partikulat yang dilepaskan dari produksi industri, pelepasan debu plastik dari produk plastik. Ia juga dapat

didefinisikan sebagai partikel yang sangat kecil yang dirancang untuk penggunaan komersial, seperti kosmetik, serta serat mikro yang terlepas dari pakaian atau bahan tekstil lain seperti jaring ikan. Sedangkan, mikroplastik sekunder adalah bahan partikulat plastik yang ukurannya lebih besar, namun karena adanya efek pelapukan, bahan plastik yang berukuran besar tersebut dapat terurai menjadi fragmen yang lebih kecil. Mikroplastik sekunder juga dapat didefinisikan sebagai fragmen berukuran mikro yang berasal dari penguraian sampah plastik yang berukuran besar melalui berbagai proses misalnya bio- dan fotodegradasi, serta ombak (Syberg et al., 2015).

Penyebaran mikroplastik di lingkungan cukup mudah karena ukuran partikelnya yang kecil sehingga ia mampu terbawa oleh air melalui udara dan ombak. Partikel mikroplastik yang kecil juga memungkinkan ia dapat melewati teknik penyaringan air dan dengan mudah menyebar di lingkungan baik di lingkungan daratan maupun perairan. Gambar 12.1 menggambarkan bagaimana penyebaran mikroplastik dari sumbernya masuk ke lingkungan perairan. Selain itu, partikel mikroplastik juga di temukan di udara ambien dan udara dalam ruang. Oleh sebab itu, mikroplastik menjadi salah satu kontaminan yang paling berpotensi untuk terpapar pada hewan, tumbuhan, dan manusia. Ketersediaan mikroplastik pada hewan dapat mengganggu sistem pencernaan hewan yang pada akhirnya dapat menyebabkan kematian pada hewan atau mempengaruhi kebiasaan makan hewan. Pada manusia implikasi kesehatan yang ditemukan seperti inflamasi paru-paru serta efek genotoksisitas primer dan sekunder saat menghirup udara yang terkontaminasi oleh mikroplastik (Gasperi et al., 2018; Wright & Kelly, 2017).

Masalah utama dari pencemaran mikroplastik adalah bahwa ia dapat menarik dan mengadsorb polutan toksik lain seperti halogen, *persistent organic pollutants (POPs)* dan logam berat (Verla et al., 2019). Mikroplastik dilaporkan dapat bersama-sama dengan bahan kimia beracun lainnya sebagai vektor untuk pengangkutan bahan toksik tersebut di lingkungan. Bahan kimia beracun ini melalui proses adsorpsi menempel pada mikroplastik di lingkungan dan dapat teringesti melalui inhalasi dan kontak. Setelah itu oleh proses desorpsi, mereka dilepaskan setelah tertelan dengan potensi toksisitas dan/atau terakumulasi dalam rantai makanan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Verla et al., (2019) melaporkan bahwa konsentrasi polutan organik (misalnya polychlorinated biphenyl, PCBs) pada pellet resin limbah plastik di laut, yang teradsorpsi baik dari *plasticizer* (pemlastik) atau dari air laut di sekitarnya. Interaksi antara mikroplastik dan bahan polutan toksik ini dapat menjadi masalah bagi lingkungan karena efek mutagenik, teratogen, dan karsinogenik (Chen et al., 2020; Gupta et al., 2018; Verla et al., 2019; Wirnkor et al., 2019). Selain, bahan toksik kimia, mikroplastik juga dapat dikontaminasi oleh patogen berbahaya seperti *vibrio spp* (Kirstein et al., 2016) dan *plethora* (Dobretsov, 2009). Penelitian yang dilakukan oleh Harrison et al., (2014) mendeteksi bahwa terdapat kolonisasi bakteri pada mikroplastik LDPE setelah 7 hari terpapar pada sedimen laut. Penelitian lain juga membuktikan bahwa pada *biofilm plastic* setelah satu minggu diinkubasi di air laut memiliki kolonisasi bakteri (Lobelle & Cunliffe, 2011). Selain kolonisasi bakteri juga ada spesies alga berbahaya yang terdeteksi pada biofil sampah plastik (Maso et al., 2003). Manusia, tumbuhan, dan hewan berpotensi untuk mengalami efek toksik yang dihasilkan dari pencemaran mikroplastik di lingkungan. Hal ini dikarenakan ukuran

dari mikroplastik yang kecil maka ia mampu teradsorpsi lebih cepat dan sulit untuk terdeteksi secara kasat mata oleh manusia. Oleh sebab itu, diperlukan tinjauan khusus terkait solusi dan aksi yang efektif untuk menanggulangi dampak yang disebabkan oleh pencemaran mikroplastik. Selain itu, dikarenakan mikroplastik masih menjadi salah satu kelompok atau jenis *emerging contaminants* di lingkungan, maka mekanisme distribusi, bioakumulasi, efek toksik, dan penanggulangannya masih memiliki peluang untuk diteliti. Pada Bab 12 ini akan dijelaskan beberapa mekanisme adsorpsi/desorpsi bahan toksik pada mikroplastik, bioakumulasi, dan efek toksik dari pajanan mikroplastik pada makhluk hidup serta penanggulangan pencemaran mikroplastik dari beberapa penelitian mutakhir.



Gambar 12.1 Daur Hidup Mikroplastik di Lingkungan Perairan
 Sumber: Lamichhane et al., (2023)

Proses Adsorpsi dan Desorpsi Bahan Polutan Berbahaya Pada Mikroplastik

Mikroplastik diketahui berperan sebagai salah satu pembawa atau *carrier* dari bahan kimia berbahaya di lingkungan seperti logam berat dan polutan organik. Hal ini dimungkinkan karena ukuran mikroplastik yang kecil memiliki luas permukaan yang besar sehingga bahan kimia berbahaya mampu terserap pada permukaan mikroplastik. Diketahui bahwa luas permukaan mikroplastik sebesar $4.37 \text{ m}^2/\text{g}$ yang diukur dengan menggunakan metode Brunauer-Emmett-Teller (BET) (Teuten et al., 2007). Selain itu, muatan elektrostatis yang diinduksi pada plastik yang sangat resistif diakibatkan oleh proses produksi plastik dengan menggunakan alat manufaktur berkecepatan tinggi yang berakibat pada peningkatan adsorpsi polutan kimia berbahaya saat mikroplastik berada di lingkungan. Hal ini dibuktikan pada penelitian yang dimulai tahun 1950-an dimana terdapat efek muatan statis pada permukaan plastik yang mempengaruhi penyerapan debu di atmosfer (Skinner et al., 1956; Woodland & Ziegler, 1951). Diketahui bahwa muatan elektrostatis sebesar 9 kv yang diukur pada plastik membuatnya lebih rentan terhadap kontaminasi polutan di udara (Kirstein et al., 2016). Banyaknya polutan yang menempel pada permukaan mikroplastik beraneka ragam dan bergantung pada kondisi lingkungan di sekitarnya (Kirstein et al., 2016; Teuten et al., 2007). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi polutan mikroplastik (Gambar 12.2).



Gambar 12.2 Faktor yang mempengaruhi keberadaan polutan pada mikroplastik (Verla et al., 2019)

Proses adsorpsi dan desorpsi bahan kimia toksik ke mikroplastik beragam dan kompleks dimana proses tersebut masih belum banyak dieksplorasi oleh peneliti. Proses sorpsi/desorpsi tersebut dapat dimonitor menggunakan beberapa teknik diantaranya teknik spektroskopi, model *sorption kinetic*, model isothermal seperti *pseudo-first-order* (PFO), *pseudo-second-order* (PSO), atau model *intra-particle*, linear, model Freundlich, model Langmuir, model *Polanyi-Dubinin-Manes*, model *pore-volume diffusion*, *poly-parameter linear free energy relationship*, dan *film-pore mass transfer*.

Mekanisme adsorpsi pada umumnya melibatkan penggabungan bahan kimia beracun ke permukaan mikroplastik, sedangkan kapasitas dari adsorpsi bahan kimia tersebut dipengaruhi oleh proses pelapukan dan jenis plastik (Holmes et al., 2014). Misalnya PCB akan lebih banyak terserap pada plastic jenis PE daripada PP, adsorpsi PAH lebih tinggi terjadi pada plastik jenis PE daripada PP, alkilbenzena terserap lebih kuat pada plastik PVC dibandingkan dengan PE, sedangkan logam berat seperti Zn lebih kuat terserap pada PS dan Cu lebih kuat terserap pada jenis plastik PVC (Brennecke et al., 2016; Holmes et al., 2014; Karapanagioti et al., 2011;

Karapanagiotti & Klontza, 2008; Karapanagiotti H.K. et al., 2013; Wu et al., 2001). Terdapat tiga mekanisme yang memungkinkan bahan polutan terserap pada mikroplastik, diantaranya 1) adsorpsi ke mikroplastik sebagai adsorben hidrofobik, 2) pertumbuhan *biofilm* yang dibantu (*biofilm growth assisted*), 3) zat tambahan dan bahan kimia yang terkandung dalam resin (Verla et al., 2019).

Mekanisme desorpsi bahan kimia beracun yang berasal dari mikroplastik mempengaruhi ketersediaannya dalam kompartemen lingkungan, hayati, proses pencucian (*leaching*), dan toksisitasnya. Proses desorpsi ini mengacu pada proses dimana bahan kimia beracun bergerak dari posisi awalnya pada permukaan dalam polimer ke permukaan luar polimer dan kemudian dilepaskan ke media lingkungan misalnya tanah, sedimen, air, atau tubuh hewan/manusia. Proses desorpsi dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor misalnya pH, jenis plastik, salinitas, keberadaan dan konsentrasi ligan organik dan anorganik pada media lingkungan. Sebagai contoh apabila proses desorpsi terjadi pada tanah atau sedimen, komponen yang berpengaruh pada sorpsi logam berat diantaranya zat humat tanah, karbonat, komponen anorganik (mineral dan phyllosilikat) (Violante & Pigna, 2008).

Implikasi Interaksi Antara Bahan Kimia Toksik dan Mikroplastik

Mikroplastik diketahui sudah terdeteksi di berbagai media lingkungan misalnya air, tanah, dan udara. Efek yang ditimbulkan dari pencemaran mikroplastik di lingkungan dapat bertambah menjadi dua kali lipat karena adanya interaksinya dengan bahan kimia berbahaya. Dampak dari interaksinya dapat dikategorikan menjadi dua kelompok yaitu

1. Lingkungan

Mikroplastik sudah ditemukan pada berbagai kompartemen lingkungan misalnya air, tanah/sedimen, dan udara. Penelitian yang terbaru menunjukkan bahwa mikroplastik terdapat pada udara ambien (Allen et al., 2019; Torres-Agullo et al., 2022). Beberapa penelitian tersebut menunjukkan bahwa ke depannya manusia juga berisiko untuk terpapar oleh mikroplastik melalui jalur inhalasi atau melalui kontak kulit. Diketahui bahwa konsentrasi mikroplastik di udara perkotaan lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi mikroplastik di wilayah pedesaan. Hal ini diakibatkan oleh tingginya aktivitas manusia di perkotaan dibandingkan dengan pedesaan. Namun, diketahui pula bahwa mikroplastik dapat terdistribusi ke wilayah yang sepi aktivitas manusia melalui udara dan dapat bertransportasi sejauh 50 mil dari perkotaan ke pedesaan melalui udara. Pada penelitian yang dilakukan oleh Allen et al., (2019) dilaporkan bahwa total harian bentuk mikroplastik seperti 249 fragmen, 73 film, dan 44 fiber per m³ ditemukan di udara pada pegunungan alami di French Pyrenees, dimana fragmen tersebut diketahui berasal dari daerah yang berdekatan dengan daerah berpenduduk padat sejauh 95 km dari wilayah French Pyrenees.

Keberadaan mikroplastik di tanah dan air juga membawa dampak toksik pada hewan/tumbuhan di sekitarnya. Misalnya pada penelitian yang dilakukan oleh Zhu et al., (2018) dan Huerta Lwanga et al., (2016) melaporkan bahwa konsentrasi partikel mikroplastik PS dan PE yang tinggi berdampak negatif pada pertumbuhan dan kelangsungan hidup *Enchytraeus crypticus* (oligochaeta) dan *Lumbricus*

terrestris pada tanah. Dampak yang merugikan dari paparan mikroplastik juga akibat potensinya untuk terakumulasi dalam saluran cerna organisme dan kemungkinannya untuk berpindah dari saluran pencernaan ke sistem peredaran darah atau jaringan lainnya. Selain itu, karena ukurannya yang kecil dan mampu untuk mengadsorpsi bahan kimia berbahaya maka ada kemungkinan untuk terakumulasi pada sistem rantai makanan yang akan membawa dampak kesehatan pada manusia. Penelitian ke depan terkait mikroplastik harus difokuskan pada bagaimana distribusi mikroplastik pada sistem makanan serta udara ambien dan dampak toksiknya saat masuk ke dalam tubuh manusia.

2. Kesehatan manusia

Manusia dapat terpapar oleh mikroplastik secara langsung (misalnya melalui konsumsi air, tanah, garam yang terkontaminasi oleh mikroplastik) atau secara tidak langsung melalui transfer tropik atau rantai makanan (contoh konsumsi makanan laut atau bahan pangan yang sudah terkontaminasi oleh mikroplastik). Selain melalui ingesti, mikroplastik juga dapat masuk manusia melalui udara, ia dapat masuk melalui mulut, hidung, maupun kulit. Penelitian yang dilakukan oleh mengestimasi bahwa manusia per tahunnya dapat mengingesti 37 partikel plastik melalui konsumsi garam dan 11000 partikel melalui konsumsi kerang (Karami et al., 2017; Yang et al., 2015). Dampak langsung yang ditimbulkan dari konsumsi mikroplastik belum banyak diteliti. Diketahui bahwa dampak kesehatan yang ditimbulkan dari mikroplastik berasal dari bahan kimia berbahaya maupun bakteri *pathogen* yang berada di permukaan mikroplastik. Sampai saat ini belum ada laporan tentang toksisitas partikel

mikroplastik terhadap manusia. Hal ini dapat diakibatkan oleh adanya kemampuan manusia untuk membuang > 90% plastik yang tertelan melalui tinja (Smith et al., 2018; Wright & Kelly, 2017). Resistensi mikroplastik pada tubuh manusia dapat dipengaruhi oleh berbagai hal misalnya ukuran, bentuk, panjang, jenis polimer, dan zat kimia tambahan pada mikroplastik. Selain itu adanya keterkaitan antara proses adsorpsi/desorpsi bahan kimia berbahaya pada mikroplastik juga berperan apakah bahan kimia yang terbawa tersebut dapat menimbulkan dampak kesehatan pada manusia misalnya efek genotoksisitas, karsinogenisitas, atau mutagenisitas. Hal ini yang perlu menjadi perhatian bagi peneliti untuk mengembangkan bukti ilmiah terkait mekanisme toksisitas pajanan mikroplastik pada kesehatan manusia.

Tantangan dan Aksi Lanjutan dari Pencemaran Mikroplastik

Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan urbanisasi, efek yang ditimbulkan dari pencemaran mikroplastik diperkirakan akan memburuk beberapa dekade mendatang jika tidak dilakukan penanganan sesegera mungkin. Hal ini dikarenakan produksi dan penanganan sampah plastik yang belum optimal di seluruh dunia. Penelitian terkait mikroplastik tidak cukup dengan hanya mengetahui distribusi, nasib, pengangkutan, dan jalur paparan pada makhluk hidup tetapi juga pada aspek toksikologis baik pada hewan maupun manusia. Meskipun dalam pembentukan kebijakan mitigasi pencemaran mikroplastik, informasi mengenai keberadaan, distribusi, faktor pencetus, dan sumber mikroplastik masih diperlukan. Di dunia saat ini yang menjadi perhatian adalah keberadaan mikroplastik

yang berada di partikulat udara yang tentunya paparan pada dosis dan jangka waktu tertentu akan menimbulkan dampak yang merugikan pada kesehatan manusia karena inhalasi merupakan salah satu jalur pajanan utama untuk bahan kimia berbahaya selain jalur ingesti/oral. Keterkaitannya dengan bahan kimia berbahaya dan mikroba patogen yang dapat berkoloni pada permukaan partikel mikroplastik juga menjadi perhatian karena bahan kimia tersebut boleh jadi yang menjadi pencetus dampak kesehatan akibat dari pajanan mikroplastik yang tinggi. Penelitian-penelitian terbaru belum mengarah pada bagaimana mekanisme mikroplastik dapat menyebabkan dampak merugikan pada kesehatan atau aspek toksikologis dari pajanan mikroplastik. Karena kurangnya informasi terkait data toksikologis tersebut isu terkait pencemaran masih sepele dibandingkan dengan pencemaran bahan pencemar lain. Selain pada aspek toksikologis, hanya sedikit penelitian yang membahas tentang teknologi terbaru yang dapat mengurangi dampak pencemaran mikroplastik di lingkungan. Teknologi yang sederhana untuk mendeteksi pencemaran mikroplastik juga bisa menjadi topik riset ke depan untuk meningkatkan kepedulian masyarakat terkait pencemaran mikroplastik.

Pentingnya penanganan pencemaran mikroplastik perlu digaungkan oleh semua pihak. United Nation Environment Programme (UNEP) mulai memberikan perhatian terhadap pencemaran mikroplastik di tahun 2015 dengan memasukkan mikroplastik sebagai salah satu masalah lingkungan utama bersamaan dengan perubahan iklim, penipisan ozon, dan pengasaman lautan (Yu et al., 2018). Disusul dengan kebijakan di Amerika Serikat terkait pelarangan *microbeads* di tahun 2015 (Microbead-Free Waters Act, 2015). Setelah itu, negara-negara di dunia juga ikut membuat kebijakan terkait pelarangan *microbeads*. Di tahun 2023 ini juga

negara-negara di Eropa juga mulai mengatur tentang polutan mikroplastik melalui program REACH dimana kebijakan tersebut diatur dalam Commission Regulation (EU) 2023/2055 (Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council Concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) as Regards Synthetic Polymer Microparticles, 2023). Adapun beberapa kebijakan terkait penanganan limbah plastik dilakukan di berbagai negara dapat dilihat pada Tabel 12.1. Di Indonesia peraturan terkait penanganan limbah plastik belum secara spesifik diatur dalam peraturan tersendiri namun sudah ada secara eksplisit pada PP No 27 Tahun 2020. Beberapa wilayah di Indonesia seperti Bali juga memiliki peraturan daerah yang mengatur pencemaran limbah plastik yaitu melalui PERGUB No. 97 tahun 2018 tentang pembatasan timbulan sampah sekali pakai. Strategi pengendalian limbah plastik selain diarahkan pada pembatasan penggunaan plastik sekali pakai dan *microbeads* juga dapat dilakukan beberapa strategi berikut: 1) pengurangan penggunaan plastik dan mikroplastik, 2) perubahan perilaku masyarakat mengenai penggunaan produk plastik dan mikroplastik, 3) penggunaan plastik yang dapat terdegradasi secara biologis (*biodegradable*), 4) daur ulang dan penggunaan kembali limbah plastik, 5) manajemen pengelolaan limbah yang lebih optimal. Strategi pengendalian limbah mikroplastik bukanlah tanggung jawab pemerintah semata, tetapi seluruh pihak baik industri, perorangan, masyarakat umum. Oleh sebab itu, pendekatan multi sektoral dalam penanganan limbah plastik dan mikroplastik diperlukan segera di masa yang akan datang.

Pengendalian limbah mikroplastik juga dapat dilakukan dengan dua metode utama yaitu metode konvensional dan inovatif. Fokus utama dari strategi penanganan

mikroplastik adalah menghilangkan polutan tersebut dari ekosistem perairan, tempat akumulasi akhir dari limbah mikroplastik. Metode konvensional dalam penghilangan polutan mikroplastik diantaranya metode koagulasi, teknologi membran bioreaktor, *rapid sand filtration*, dan adsorpsi. Sedangkan metode inovatif untuk penghilangan mikroplastik terdiri dari elektrokoagulasi, degradasi fotokatalitik, oksidasi elektrokimia, dan pemisahan magnetik. Masing-masing teknologi penghilangan polutan mikroplastik memiliki kelemahan dan kelebihan tersendiri, misalnya metode koagulasi memiliki kelebihan bahwa ia merupakan metode yang paling sederhana, murah, dan mudah untuk digunakan, tetapi kelemahannya ialah ia mampu menghasilkan *sludge* dalam volume yang besar dan sulit untuk menangani polutan yang beragam secara bersamaan. Contoh lain adalah pemisahan secara magnetik memiliki keunggulan yaitu memiliki tingkat efisiensi yang tinggi untuk menghilangkan polutan, namun kelemahannya ia tidak secara selektif menghilangkan polutan. (Osman et al., 2023).

Tabel 12.1 Peraturan terkait penanggulangan limbah plastik di beberapa negara	
Negara	Nama peraturan atau kebijakan
Kanada	Peraturan microbeads pada perlengkapan mandi, 2 Juni 1997
Prancis	Undang -undang tentang Reklamasi keanekaragaman hayati, alam, dan bentang alam No 2016-1087 of 8, Article 124, August 2016
Italia	Hukum anggaran umum 2018: Law no. 205 of 27, Art.1, Sections 543 to 548, December

Tabel 12.1 Peraturan terkait penanggulangan limbah plastik di beberapa negara	
Negara	Nama peraturan atau kebijakan
	2017
Korea Selatan	Peraturan tentang standar keamanan untuk kosmetik [Annex 1] (No. 2017-114, Notice, Article 3, Dec. 29, 2017,
Selandia Baru	Peraturan minimilisasi limbah (Microbeads) 2017,
Inggris	Peraturan perlindungan lingkungan (microbeads) tahun 2017
Amerika Serikat	California adalah negara bagian pertama yang melarang penggunaan kantong belanja plastik. San Francisco melarang penjualan botol air plastik dalam bentuk apa pun. Memperkenalkan Assembly bull 888 untuk melarang penggunaan microbeads pada produk perawatan pribadi.
Irlandia	Sebuah RUU diperkenalkan pada tahun 2002 untuk mengenakan biaya 10 sen untuk kantong plastik dan 4 sen jika digunakan untuk program daur ulang lagi.
Swedia	Swedia merupakan negara daur ulang terbesar di dunia. Kurang dari 1% sampah rumah tangga di Swedia dibuang ke tempat pembuangan akhir. Negara ini mendaftarkan hampir semua sampah
Cina	Pada tahun 2008, pemerintah mengesahkan Undang-Undang, konsumen harus membayar untuk penggunaan kantong plastik dan dalam waktu dua tahun penggunaan kantong plastik

Tabel 12.1 Peraturan terkait penanggulangan limbah plastik di beberapa negara	
Negara	Nama peraturan atau kebijakan
	turun hingga 50%.
India	Peraturan manajemen limbah plastik tahun 2016. Pengadilan Hijau Nasional memperkenalkan larangan di Delhi dan NCR untuk menggunakan plastik sekali pakai yang berlaku mulai tanggal 1 Januari 2017
Burkina Faso	Peraturan nomor 017-2017 tentang larangan produksi, impor, pemasaran dan pendistribusian plastik yang tidak dapat terurai kemasan dan kantong plastik.
Zimbabwe	Peraturan manajemen lingkungan tahun 2010
Indonesia	PP No. 27 Tahun 2020 tentang pengelolaan limbah spesifik
Sumber: (Laskar & Kumar, 2019; UNEP, 2018)	

Kesimpulan

Plastik dan mikroplastik adalah kontaminan yang terus berkembang dan mempengaruhi seluruh dunia. Keberadaannya bukan hanya ada di lingkungan daratan (tanah) dan perairan (air, sedimen) tetapi juga sudah terdeteksi di udara. Proses adsorpsi/desorpsi bahan kimia berbahaya seperti logam berat dan polutan organik, serta mikroba patogen pada permukaan mikroplastik memiliki implikasi terhadap bioavailabilitas dan efek toksik pada makhluk hidup. Penelitian ke depan dapat difokuskan pada bagaimana keberadaan polutan berbahaya dalam mikroplastik tersebut dapat

mempengaruhi kesehatan manusia. Berbagai kebijakan dan undang-undang telah dibentuk oleh berbagai negara dan organisasi untuk mengurangi dampak plastik dan mikroplastik di lingkungan. Proses pengawasan dari penegakan hukum/peraturan terkait pengendalian limbah plastik dan mikroplastik juga perlu dilakukan guna mengendalikan pencemaran plastik dan mikroplastik ke depannya. Selain itu, kesadaran publik dan motivasi masyarakat untuk menggunakan tas *biodegradable* dan bahan non-plastik melalui pendekatan Pemerintah dan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) harus diperkenalkan dan penegakkan hukum yang ketat juga perlu diberlakukan kepada siapapun.

Daftar Pustaka

- Allen, S., Allen, D., Phoenix, V. R., Le Roux, G., Durántez Jiménez, P., Simonneau, A., Binet, S., & Galop, D. (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience*, 12(5), 339–344. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5>
- Brennecke, D., Duarte, B., Paiva, F., Caçador, I., & Canning-Clode, J. (2016). Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 178, 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.12.003>
- Chen, J.-H., Shen, Y.-H., Yang, H.-H., Lu, J.-H., Wang, L.-C., Hsieh, Y.-K., Lee, C.-F., & Lin, S.-L. (2020). Newer Generation of Scooters: Polychlorinated Dibenzo-p-dioxin and Dibenzofuran and Polychlorinated Biphenyl Reductions. *Aerosol and Air Quality Research*, 20(6), 1495–1509. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2020.04.0138>
- Dobretsov, S. (2009). Marine Biofilms. In *Biofouling* (pp. 123–136). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781444315462.ch9>
- Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) as regards synthetic polymer microparticles, (2023). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2023.238.01.0067.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2023%3A238%3ATOC
- Gasperi, J., Wright, S. L., Dris, R., Collard, F., Mandin, C., Guerrouache, M., Langlois, V., Kelly, F. J., & Tassin, B. (2018). Microplastics in air: Are we breathing it in? *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.002>

- Gupta, P., Thompson, B. L., Wahlang, B., Jordan, C. T., Zach Hilt, J., Hennig, B., & Dziubla, T. (2018). The environmental pollutant, polychlorinated biphenyls, and cardiovascular disease: a potential target for antioxidant nanotherapeutics. *Drug Delivery and Translational Research*, 8(3), 740–759. <https://doi.org/10.1007/s13346-017-0429-9>
- Harrison, J. P., Schratzberger, M., Sapp, M., & Osborn, A. M. (2014). Rapid bacterial colonization of low-density polyethylene microplastics in coastal sediment microcosms. *BMC Microbiology*, 14(1), 232. <https://doi.org/10.1186/s12866-014-0232-4>
- Holmes, L. A., Turner, A., & Thompson, R. C. (2014). Interactions between trace metals and plastic production pellets under estuarine conditions. *Marine Chemistry*, 167, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2014.06.001>
- Huerta Lwanga, E., Gertsen, H., Gooren, H., Peters, P., Salánki, T., van der Ploeg, M., Besseling, E., Koelmans, A. A., & Geissen, V. (2016). Microplastics in the Terrestrial Ecosystem: Implications for *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Environmental Science & Technology*, 50(5), 2685–2691. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05478>
- Karami, A., Golieskardi, A., Keong Choo, C., Larat, V., Galloway, T. S., & Salamatinia, B. (2017). The presence of microplastics in commercial salts from different countries. *Scientific Reports*, 7(1), 46173. <https://doi.org/10.1038/srep46173>
- Karapanagioti, H. K., Endo, S., Ogata, Y., & Takada, H. (2011). Diffuse pollution by persistent organic pollutants as measured in plastic pellets sampled from various beaches in Greece. *Marine Pollution Bulletin*, 62(2), 312–317. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.10.009>

- Karapanagioti, H. K., & Klontza, I. (2008). Testing phenanthrene distribution properties of virgin plastic pellets and plastic eroded pellets found on Lesbos island beaches (Greece). *Marine Environmental Research*, 65(4), 283–290. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2007.11.005>
- Karapanagioti H.K., Ogata Y., & Takada H. (2013). Eroded plastic pellets as monitoring tools for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH): laboratory and field studies. *Global NEST Journal*, 12(3), 327–334. <https://doi.org/10.30955/gnj.000675>
- Kirstein, I. V., Kirmizi, S., Wichels, A., Garin-Fernandez, A., Erler, R., Löder, M., & Gerdts, G. (2016). Dangerous hitchhikers? Evidence for potentially pathogenic *Vibrio* spp. on microplastic particles. *Marine Environmental Research*, 120, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.07.004>
- Lamichhane, G., Acharya, A., Marahatha, R., Modi, B., Paudel, R., Adhikari, A., Raut, B. K., Aryal, S., & Parajuli, N. (2023). Microplastics in environment: global concern, challenges, and controlling measures. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(4), 4673–4694. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04261-1>
- Laskar, N., & Kumar, U. (2019). Plastics and microplastics: A threat to environment. *Environmental Technology & Innovation*, 14, 100352. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100352>
- Lobelle, D., & Cunliffe, M. (2011). Early microbial biofilm formation on marine plastic debris. *Marine Pollution Bulletin*, 62(1), 197–200. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.10.013>
- Maso, M., Garces, E., Pages, F., & Camp, J. (2003). Drifting plastic debris as a potential vector for dispersing Harmful Algal Bloom (HAB) species. *Scientia Marina*, 67(1), 107–111.

- Microbead-Free Waters Act, (2015).
<https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/1321/text>
- Osman, A. I., Hosny, M., Eltaweil, A. S., Omar, S., Elgarahy, A. M., Farghali, M., Yap, P.-S., Wu, Y.-S., Nagandran, S., Batumalaie, K., Gopinath, S. C. B., John, O. D., Sekar, M., Saikia, T., Karunanithi, P., Hatta, M. H. M., & Akinyede, K. A. (2023). Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(4), 2129–2169.
<https://doi.org/10.1007/s10311-023-01593-3>
- Skinner, S. M., Gaynor, J., & Sohl, G. W. (1956). Electrostatic charges in plastics. *Mod Plastic*, 33, 127–136.
- 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.
<https://doi.org/10.1007/s40572-018-0206-z>
- Syberg, K., Khan, F. R., Selck, H., Palmqvist, A., Banta, G. T., Daley, J., Sano, L., & Duhaime, M. B. (2015). Microplastics: addressing ecological risk through lessons learned. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 34(5), 945–953.
<https://doi.org/10.1002/etc.2914>
- Teuten, E. L., Rowland, S. J., Galloway, T. S., & Thompson, R. C. (2007). Potential for Plastics to Transport Hydrophobic Contaminants. *Environmental Science & Technology*, 41(22), 7759–7764. <https://doi.org/10.1021/es071737s>
- Torres-Agullo, A., Karanasiou, A., Moreno, T., & Lacorte, S. (2022). Airborne microplastic particle concentrations and characterization in indoor urban microenvironments. *Environmental Pollution*, 308, 119707.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119707>

- UNEP. (2018). Legal Limits on Single-Use Plastics and Microplastics: A Global Review of National Laws and Regulations.
- Verla, A. W., Enyoh, C. E., Verla, E. N., & Nwarnorh, K. O. (2019). Microplastic-toxic chemical interaction: a review study on quantified levels, mechanism and implication. *SN Applied Sciences*, 1(11), 1400. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1352-0>
- Violante, A., & Pigna, M. (2008). Sorption-Desorption Processes of Metals and Metalloids in Soil Environments. 5th International Symposium ISMOM 2008 , 1–7.
- Wirnkor, A. V, Ngozi, V. E., Medo, A. C., Chioma, L. K., Ngozi, U. S.-M., & Christian, E. E. (2019). Biomonitoring of Heavy Metals in Blood and Urine of African Children from OwerriMetropolis, Eastern Nigeria. *Journal of Chemical Health Risks*, 9(1), 11–26.
- Woodland, P. C., & Ziegler, E. E. (1951). Static dust collection of plastics. . *Mod Plastic*, 28, 95–106.
- Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environmental Science & Technology*, 51(12), 6634–6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>
- Wu, B., Taylor, C. M., Knappe, D. R. U., Nanny, M. A., & Barlaz, M. A. (2001). Factors Controlling Alkylbenzene Sorption to Municipal Solid Waste. *Environmental Science & Technology*, 35(22), 4569–4576. <https://doi.org/10.1021/es010893a>
- Yang, D., Shi, H., Li, L., Li, J., Jabeen, K., & Kolandhasamy, P. (2015). Microplastic Pollution in Table Salts from China. *Environmental Science & Technology*, 49(22), 13622–13627. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03163>

- Yang, L., Zhang, Y., Kang, S., Wang, Z., & Wu, C. (2021). Microplastics in freshwater sediment: A review on methods, occurrence, and sources. *Science of The Total Environment*, 754, 141948. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141948>
- Yu, Y., Zhou, D., Li, Z., & Zhu, C. (2018). Advancement and Challenges of Microplastic Pollution in the Aquatic Environment: a Review. *Water, Air, & Soil Pollution*, 229(5), 140. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3788-z>
- Zhang, Y., Kang, S., Allen, S., Allen, D., Gao, T., & Sillanpää, M. (2020). Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives. *Earth-Science Reviews*, 203(September 2019), 103118. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103118>
- Zhu, B.-K., Fang, Y.-M., Zhu, D., Christie, P., Ke, X., & Zhu, Y.-G. (2018). Exposure to nanoplastics disturbs the gut microbiome in the soil oligochaete *Enchytraeus crypticus*. *Environmental Pollution*, 239, 408–415. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.017>

Profil Penulis



Dr. Ratna Dwi Puji Astuti., S.K.M

Penulis di lahirkan di Jakarta pada tanggal 03 Agustus 1994. Penulis merupakan dosen tetap di Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga, Kota Surabaya. Penulis menempuh Pendidikan S1 di Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia dan berhasil lulus di Tahun 2016. Kemudian mendapatkan beasiswa Pendidikan magister menuju doktor untuk sarjana unggul (PMDSU) di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin mulai tahun 2018 – 2022. Penulis berhasil lulus dari program doktor di usia 28 tahun. Selain berkegiatan sebagai dosen, beliau juga aktif sebagai reviewer dan editor pada jurnal internasional bereputasi seperti frontiers dan public library of science (PLOS). Beliau juga aktif sebagai penulis artikel jurnal internasional dan book chapter. Ia sudah berhasil menghasilkan 23 artikel ilmiah yang diterbitkan pada jurnal internasional bereputasi. Kolaborasi riset juga pernah dilakukan dengan Seoul National University, Mahidol University, dan Gaza University.

Email Penulis: ratna.dwi@fkm.unair.ac.id

- 1 SIFAT DASAR MIKROPLASTIK
Sarinah Basri K
- 2 SUMBER DAN GENERASI MIKROPLASTIK
Badrun Ahmad
- 3 TRANSPORTASI DAN PENYEBARAN MIKROPELASTIK
Nur Rismawati
- 4 DAMPAK LINGKUNGAN DAN KESEHATAN
Ririn Pakaya
- 5 METODE DETEKSI DAN ANALISIS MIKROPLASTIK
Susilowati
- 6 KEBIJAKAN DAN REGULASI MIKROPLASTIK
I Made Bulda Mahayana
- 7 ALTERNATIF DAN STRATEGI PENGURANGAN MIKROPLASTIK
Surahma Asti Mulasari
- 8 DAMPAK SOSIAL DAN EKONOMI
Dimas Akmarul Putera
- 9 PENDIDIKAN DAN KESADARAN PUBLIK
I Wayan Sudiadnyana
- 10 TANTANGAN DALAM PENANGANAN MIKROPLASTIK
Nur Ayini S. Lalu
- 11 INOVASI DAN KOLABORASI
Alvendo Wahyu Aranski
- 12 VISI MASA DEPAN DAN AKSI LANJUTAN
PENCEMARAN MIKROPLASTIK
Ratna Dwi Puji Astuti

Editor:

Hairil Akbar

Untuk akses **Buku Digital**,
Scan **QR CODE**



Media Sains Indonesia
Melong Asih Regency B.40, Cijerah
Kota Bandung - Jawa Barat
Email : penerbit@medsan.co.id
Website : www.medsan.co.id

