GREENPEACE

UNIVERSITAS INDONESIA
Veritas, Probitas, Iustitia

# Mikroplastik:

## Ancaman Tak Kasat Mata yang Dapat Menghambat Fungsi Otak



# Mikroplastik:

## Ancaman Tak Kasat Mata yang Dapat Menghambat Fungsi Otak


### Tim Peneliti

**Universitas Indonesia**

dr. Pukovisa Prawirohardjo, Sp.N., Ph.D

**Greenpeace Indonesia**

Muharram Atha Rasyadi - Ibar Furqonul Akbar - Afifah Rahmi Andini

### Tim Penulis Laporan

dr. Pukovisa Prawirohardjo, Sp.N., Ph.D - Afifah Rahmi Andini

### Penyunting Naskah

Ronna Nirmala

### Desain & Tata Letak

Syahrul Firmansyah



Laporan ini diterbitkan pada Februari, 2025
di bawah tanggung jawab

**Greenpeace Indonesia**
Jl. HOS. Cokroaminoto No. 19 RT 1 / RW 2
Gondangdia, Kecamatan Menteng
Jakarta Pusat, 10350

**www.greenpeace.or.id**

# Daftar Isi


2 **Ringkasan Eksekutif**

4 **Kontribusi Tanpa Henti: Indonesia Terus Perbanyak Produksi Plastik dan Sampah Plastik**

7 Ancaman Kesehatan Terselubung dari Mikroplastik

8 Bagaimana Mikroplastik Masuk ke Dalam Tubuh

9 Menguji Dampak Mikroplastik pada Fungsi Kognitif Manusia

11 **Plastik Dalam Pola Konsumsi Publik di Indonesia**

12 Beda Usia, Beda Pola Konsumsi Plastik Sekali Pakai

13 Mayoritas Publik Tidak Banyak Konsumsi Plastik Guna Ulang

14 **Sebagian Besar Publik Tahu Mikroplastik Tetapi Dengan Pengetahuan Terbatas**

16 Sikap Publik Terhadap Mikroplastik

18 **Temuan Kontaminasi Mikroplastik dalam Tubuh**

19 Mayoritas Sampel Mengandung Mikroplastik, PET Paling Dominan

22 Mikroplastik Dalam Tubuh Berhubungan dengan Pola Konsumsi Plastik

23 Banyak atau Sedikit, Tetap Berisiko pada Penurunan Fungsi Kognitif

26 **Publik Menuntut Kebijakan Penanganan Mikroplastik yang Ketat**

31 **Rekomendasi**

35 **Glosarium**

38 **Daftar Pustaka**

# Ringkasan Eksekutif

Kontaminasi mikroplastik dalam tubuh manusia bukan sekadar menjadi ancaman lingkungan tetapi juga membawa dampak serius terhadap kesehatan. Penelitian kolaboratif Universitas Indonesia dan Greenpeace Indonesia membuktikan bahwa mikroplastik dapat dengan mudah menyusup ke tubuh manusia dalam jumlah yang mengkhawatirkan melalui penggunaan kemasan makanan dan minuman dari plastik maupun campuran plastik dalam produk perawatan pribadi seperti sabun, pasta gigi, scrub wajah, dan kosmetik.

## Temuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Pada tubuh manusia, kontaminasi mikroplastik dapat ditemukan **di urin, feses, dan darah.** Dalam penelitian ini, **95% sampel darah dari 67 partisipan ditemukan mengandung mikroplastik** dengan rentang kadar per sampel darah partisipan berkisar 0 hingga 44,35 partikel per gram (p/g). Sementara, mikroplastik per sampel urin partisipan terdeteksi dengan jumlah berkisar 0 - 0,33 partikel per mililiter (p/mL).

- PET (*Polyethylene Terephthalate*) adalah jenis mikroplastik yang paling kontaminan, dengan total **204 partikel terdeteksi dalam tubuh partisipan,** memiliki ukuran yang bervariasi antara 30 µm (mikrometer) hingga 3000 µm. PET dapat bersumber dari penggunaan kemasan plastik sekali pakai seperti **botol minuman, kemasan makanan siap saji, botol produk perawatan tubuh, hingga serat pakaian dan karpet.**

- Penelitian ini menemukan partisipan dengan pola konsumsi plastik sekali pakai yang tinggi memiliki risiko mengalami penurunan fungsi kognitif hingga **36 kali lipat.** Gangguan fungsi kognitif di antaranya **berpengaruh pada kemampuan berpikir, mengingat, dan mengambil keputusan.**

Survei yang dilakukan pada masyarakat menunjukkan bahwa mayoritas publik sangat mendukung berbagai kebijakan untuk mengatasi masalah mikroplastik. Langkah-langkah yang diusulkan meliputi **penghentian bertahap produksi plastik murni, promosi sistem isi ulang dan penggunaan kembali, penerapan standar baku mutu mikroplastik,** serta **perbaikan sistem pengelolaan sampah di tingkat lokal.**

## Seruan Aksi

Pemerintah perlu memperbaiki sistem pengelolaan sampah berbasis pemilahan, **mempercepat dan memperluas larangan plastik sekali pakai, melarang mikroplastik primer,** serta **mendorong transisi ke sistem kemasan guna ulang** untuk mengurangi pencemaran dan dampak lingkungan.

Pemerintah juga perlu untuk menetapkan standar pengujian mikroplastik yang ketat serta ambang batas kontaminasi dalam pangan dan lingkungan.

Produsen perlu **mengurangi produksi dan distribusi plastik sekali pakai secara signifikan** dan beralih ke sistem kemasan guna ulang dan isi ulang, meningkatkan transparansi komposisi produk, dan berinvestasi dalam teknologi pengelolaan limbah plastik.



# Kontribusi Tanpa Henti: Indonesia Terus Perbanyak Produksi Plastik dan Sampah Plastik

Plastik ada di mana-mana—di darat, di laut, di udara, bahkan di dalam tubuh kita. Tapi, alih-alih berkurang, jumlahnya justru terus meroket. Dalam dua dekade terakhir, sampah plastik global melonjak lebih dari dua kali lipat, dan Indonesia tak luput dari tren suram ini.

Laporan *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) bertajuk, "Policy Scenarios for Eliminating Plastic Pollution by 2040" menemukan sepanjang periode tahun 2000 sampai 2019, terjadi peningkatan sampah plastik hingga dua kali lipat secara global, dari 213 juta ton menjadi 460 juta ton. Pada 2015, hanya 20 persen dari sampah plastik yang didaur ulang, 55 persen dibuang ke lingkungan, dan sisanya dibakar.

Di Indonesia, upaya pengurangan dan pengelolaan yang belum maksimal juga menimbulkan timbulan sampah plastik yang berpotensi menjadi masalah. Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) yang dikelola Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) tahun 2023 menunjukkan terdapat total 41,07 juta ton sampah, atau **naik hingga 48,77 persen** dari tahun 2019. Dari total sampah itu, 61,62 persennya terkumpul di tempat pembuangan sampah, ditimbun, atau sebagiannya dikelola. Sisanya, mencemari lingkungan, termasuk lautan.

Kenaikan jumlah sampah itu diikuti dengan jumlah produksi sampah plastik. Jumlah sampah plastik pada 2019 sebanyak 4,38 juta ton sampah plastik, dan 7,86 juta ton pada 2023. Kenaikan total sampah plastik dari 2019 ke 2023 adalah **79,45 persen**, jauh lebih tinggi dibandingkan kenaikan total sampah secara keseluruhan.

Produksi sampah plastik terus meningkat, sementara pengelolaannya masih jauh dari kata ideal, dan ironisnya, kita bahkan menampung limbah plastik dari negara lain. Pada 2023, Indonesia mengimpor sampah plastik sebanyak 252.473 ton dari 27 negara. Belanda menjadi negara importir sampah plastik terbesar di Indonesia, diikuti Jerman, Belgia, dan Amerika Serikat (AS). Ini menunjukkan bahwa kontribusi sampah plastik terhadap total sampah semakin besar, yang memperburuk masalah pencemaran lingkungan.

| Tahun | Total Sampah Nasional (juta ton) | Total Sampah Plastik (juta ton) | Persentase Sampah Plastik |
|---|---|---|---|
| 2019 | 27,61 | 4,38 | 15,88% |
| 2020 | 27,59 | 4,79 | 17,39% |
| 2021 | 28,59 | 5,07 | 17,75% |
| 2022 | 38,48 | 7,07 | 18,37% |
| 2023 | 41,07 | 7,86 | 19,14% |

Sumber: Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup 2019-2023.

Studi Meijer et al. (2021) bertajuk, *"More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean,"* dalam Science Advances menunjukkan bahwa kontribusi Indonesia terhadap pencemaran sampah plastik di laut mencapai 5,75 persen dari total sampah plastik global yang mencapai 61,77 juta ton.

Bila tidak ada intervensi yang serius dalam pengendalian produksi plastik serta pengelolaan sampah plastik, kontribusi pencemaran dari Indonesia bakal terus bertambah. Pasalnya, produksi industri plastik di Indonesia pada tahun 2025, diprediksi akan mencapai 7,36 juta ton. Jumlah ini naik berkisar 30 persen dari 2019, dengan produksi berkisar 5,6 juta ton. Kementerian Perindustrian dalam laporan nexus3foundation, menyatakan industri hulu di dalam negeri sebenarnya hanya mampu memproduksi sekitar 2,3 juta ton plastik murni (*virgin plastic*). Sisanya, Indonesia mengandalkan impor.

Mordor Intelligence, sebuah lembaga riset dan analisis pasar global, memperkirakan produksi industri plastik di Indonesia akan terus bertambah hingga 9,17 juta ton pada 2030, atau naik berkisar 4,5 persen per tahunnya. Sementara itu, hingga saat ini, industri daur ulang plastik dalam negeri hanya mampu berkontribusi pada sekitar 1,1 juta ton sampah plastik per tahunnya.




Jenis sampah plastik yang paling banyak ditemukan di Indonesia berasal dari beberapa kategori yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu jenis yang dominan adalah plastik kemasan makanan dan minuman, yang meliputi plastik sekali pakai seperti botol plastik, kantong plastik, dan pembungkus makanan. Kemasan ini sering dipakai untuk makanan siap saji, minuman, dan camilan.

Plastik botol, terutama botol minuman dan kosmetik, juga merupakan jenis sampah yang umum, dengan plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) sebagai bahan utama yang paling sering digunakan. Selain itu, kantong plastik yang banyak dipakai untuk berbelanja menjadi salah satu jenis sampah plastik yang melimpah. Plastik pembungkus yang digunakan untuk makanan dan produk lainnya turut menyumbang volume sampah plastik. Di banyak tempat, terutama restoran cepat saji dan warung makan, penggunaan plastik gelas dan piring sekali pakai juga masih tinggi dan menjadi masalah lingkungan yang signifikan.

Selain jenis plastik yang banyak digunakan, ada pula beberapa jenis bahan plastik yang sulit didaur ulang di Indonesia. Plastik PVC (*Polyvinyl Chloride*) termasuk di antaranya, karena meskipun umum dipakai untuk produk seperti pipa, jendela, dan mainan, daur ulangnya memerlukan teknologi khusus dan suhu tinggi yang mahal, serta berisiko menghasilkan zat berbahaya saat diproses ulang. *Polystyrene* (PS), yang sering ditemukan dalam bentuk busa plastik atau styrofoam untuk kemasan makanan, gelas, dan wadah sekali pakai, juga tergolong sulit didaur ulang karena sifatnya yang rapuh dan ringan. Plastik LDPE (*Low-Density Polyethylene*), yang digunakan untuk kantong plastik dan pembungkus, memiliki tingkat daur ulang yang rendah karena kontaminasi sisa makanan serta rendahnya permintaan produk daur ulang dari jenis ini.

Sementara itu, plastik *polypropylene* (PP) yang umum dalam produk tutup botol, wadah makanan, dan sedotan, meskipun lebih mudah didaur ulang, belum banyak diproses karena terbatasnya infrastruktur daur ulang serta pasar yang kurang berkembang. Plastik PET, meskipun paling banyak didaur ulang, menghadapi tantangan jika digunakan dalam bentuk botol yang terkontaminasi atau dalam jumlah besar yang sulit diproses. Terakhir, plastik *multilayer* yang terbuat dari berbagai lapisan plastik berbeda serta alumunium foil, seperti kemasan makanan ringan dan minuman, sangat sulit didaur ulang karena membutuhkan teknologi mahal untuk memisahkan bahan-bahannya.

# Ancaman Kesehatan Terselubung dari Mikroplastik

Peningkatan produksi plastik dan keberadaan sampah plastik yang terus meningkat secara global memicu kekhawatiran tentang dampak mikroplastik bagi kesehatan manusia. Mikroplastik adalah partikel plastik berukuran sangat kecil yang berasal dari dua sumber utama: produk konsumen yang sengaja dibuat dari plastik dan cacahan plastik akibat degradasi fisik serta biologis.



Sebuah studi di Italia pada tahun 2022, bertajuk *Occurrence of Microplastics in Tap and Bottled Water*, merekomendasikan publik untuk mengurangi konsumsi air minum dalam kemasan karena terbukti mengandung mikroplastik yang lebih tinggi ketimbang air dari keran atau sumber-sumber alami lainnya. Hal ini terjadi akibat degradasi kemasan plastik yang terpapar panas, gesekan, atau proses produksi yang tidak terkendali. Bahkan, plastik *food-grade* yang diklaim aman tetap berisiko melepaskan partikel mikroplastik ke dalam makanan, terutama saat terkena suhu tinggi atau kondisi penyimpanan yang buruk.

Selain air minum kemasan, makanan kalengan dan yang dibungkus plastik juga berisiko tinggi terkontaminasi mikroplastik. Sebuah penelitian di *Frontiers in Chemistry* (2020) menemukan bahwa mikroplastik dapat bermigrasi dari plastik kemasan ke makanan berminyak atau bersuhu tinggi. Misalnya, *styrofoam* (gabus sintetis) atau plastik polistirena dapat melepaskan bisphenol A (BPA) dan ftalat, yang merupakan zat kimia berbahaya dan dapat mengganggu sistem hormon manusia.

Sementara itu, sampah plastik yang tidak terkelola akan terdegradasi menjadi mikroplastik dengan tingkat laju penyusutan yang bervariasi. Mikroplastik yang terdegradasi dan tercemar ke lingkungan akan bertahan lebih lama, termasuk di lautan, dan meningkatkan risiko tertelan berbagai organisme laut seperti ikan, udang, kura-kura, hingga zooplankton. Dari sini, mikroplastik dapat masuk ke dalam rantai makanan dan pada akhirnya sampai ke tubuh manusia.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik yang mengandung logam berat dan polutan organik sangat mudah ditemukan pada produk sehari-hari, seperti garam, air minum, minuman beralkohol, sayuran, buah-buahan, dan boga laut. Bukan

hanya dari makanan dan minuman, mikroplastik juga bisa menyebar di udara.

Sistem pencernaan merupakan jalur utama masuknya mikroplastik ke dalam tubuh. Mikroplastik dapat merusak lapisan pelindung usus, memengaruhi penyerapan nutrisi, serta mengganggu metabolisme asam lemak dan asam amino yang berguna sebagai sumber energi dan pertumbuhan.

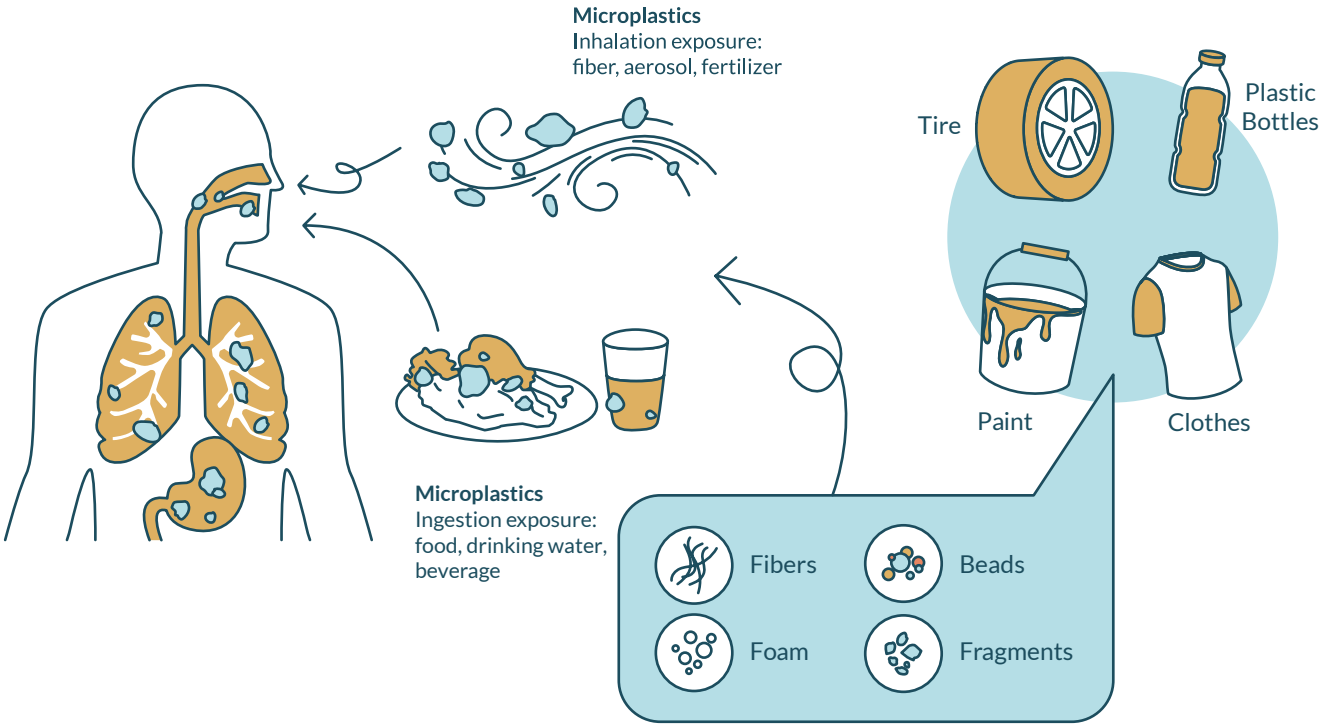
Mikroplastik juga dapat mengganggu keseimbangan mikrobiota usus, yaitu kumpulan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan virus yang penting bagi kesehatan tubuh. Penelitian yang dilakukan di Italia pada Maret 2024, menemukan bahwa mikroplastik merusak sistem jantung, pembuluh darah, reproduksi, dan saraf dengan meningkatkan stres oksidatif, yaitu kondisi yang dapat merusak sel-sel tubuh.

Penelitian yang dilakukan pada hewan menemukan bahwa paparan mikroplastik terbukti merusak sistem saraf. Mikroplastik dapat memicu stres di otak dan mengganggu kerja zat kimia otak (*neurotransmitter*), yang berperan dalam mengirimkan sinyal antar-sel saraf. Akibatnya, risiko terkena penyakit saraf seperti Alzheimer, kerusakan saraf tepi, dan gangguan fungsi kognitif seperti perubahan perilaku bisa meningkat.

## Bagaimana Mikroplastik Masuk ke Dalam Tubuh

Mikroplastik mudah tertelan karena ukurannya yang sangat kecil. Sebuah penelitian yang dilakukan di Korea Selatan bertajuk, *Health Effects of Microplastics Exposures,* menemukan ukuran mikroplastik tidak lebih besar dari 5 milimeter (mm). Partikel ini dapat dengan mudah menyebar melalui rantai makanan dan bertahan di lingkungan karena sulit terurai secara biologis. Mikroplastik hampir tidak mungkin dihilangkan setelah dilepaskan ke lingkungan, sehingga menimbulkan potensi bahaya bagi manusia dan lingkungan.

Mikroplastik dapat menyebabkan kerusakan fisik dan mekanis, seperti gangguan pada organ dalam makhluk laut yang secara tidak sengaja menelannya. Racun lingkungan bisa muncul dari bahan-bahan yang ada di dalam plastik, seperti polimer, sisa bahan pembuat plastik yang tidak bereaksi, kotoran, bahan tambahan seperti pewarna atau pelumas, dan zat lain yang ada di dalam struktur plastik. Mikroplastik dapat masuk ke tubuh manusia melalui proses pengolahan limbah yang tidak sempurna atau melalui konsumsi makanan laut yang terkontaminasi, sehingga menimbulkan risiko bagi ekosistem dan kesehatan manusia.




Sumber: Jurnal Yonsei Medical, Health Effects of Microplastic Exposure: Current Issues and Perspectives in South Korea; Lee Y, Cho J, Sohn J, Kim C, 2023.

# Menguji Dampak Mikroplastik pada Fungsi Kognitif Manusia

Universitas Indonesia bersama Greenpeace Indonesia melakukan studi kolaboratif untuk mendalami dampak mikroplastik terhadap penurunan fungsi kognitif pada manusia. Studi dilakukan melalui dua tahap. **Tahap pertama** melalui survei untuk mengidentifikasi kelompok masyarakat yang rentan terhadap paparan mikroplastik dan pola konsumsi plastik para responden. Survei melalui kuesioner diikuti oleh 562 responden di Jakarta, Bogor, Depok, dan Tangerang (Jabodetabek) yang kemudian dikelompokkan secara demografis, seperti usia, pekerjaan, tempat tinggal, dan tingkat pendidikan. Selain itu, kuesioner juga mengukur pengetahuan responden terkait mikroplastik serta risikonya terhadap kesehatan.

Hasil analisis dari identifikasi pola konsumsi responden kemudian digunakan untuk menyeleksi partisipan pada penelitian **tahap kedua**. Pada tahap ini, penelitian dilanjutkan dengan analisis kadar mikroplastik dalam urin, darah, dan feses para partisipan yang terpilih. Tujuannya adalah untuk melihat apakah ada hubungan antara kadar mikroplastik dalam tubuh yang terkait dengan pola konsumsi partisipan dengan fungsi kognitif.

Fungsi kognitif merujuk pada kemampuan otak dalam menjalankan berbagai aktivitas seperti pengambilan keputusan, ingatan/memori, perhatian, pemecahan masalah, dan kemampuan untuk memahami serta beradaptasi dengan lingkungan. Fungsi kognitif menjadi aspek penting dalam kehidupan sehari-hari, karena memengaruhi bagaimana seseorang berpikir, belajar, dan berinteraksi dengan orang lain. Gangguan fungsi kognitif dapat terjadi akibat berbagai faktor, seperti penuaan, penyakit neurodegeneratif (seperti demensia atau Alzheimer), cedera otak, stres oksidatif, dan paparan zat toksik. Oleh karena itu, kemampuan untuk mendeteksi gangguan kognitif sejak dini menjadi krusial untuk mencegah dampak lebih lanjut.

Partisipan dipilih melalui kriteria inklusi, salah satunya mewakili kelompok subjek yang paling tinggi dan paling rendah terpapar mikroplastik. Paparan itu merujuk pada kebiasaan mengonsumsi air kemasan dalam plastik, makanan dalam plastik, dan air kemasan dengan perincian:

**Rendah**

| | |
|---|---|
| 1. | Tidak pernah |
| 2. | Kurang dari 1 kali sebulan |

**Sedang**

| | |
|---|---|
| 3. | 1 - 3 kali sebulan |
| 4. | 1 - 3 kali per minggu |
| 5. | 4 - 6 kali per minggu |

**Tinggi**

| | |
|---|---|
| 6. | 1 - 3 kali per hari |
| 7. | Lebih dari tiga kali per hari |

Selain kriteria inklusi para partisipan juga dipilih melalui kriteria eksklusi. Kriteria itu meliputi riwayat kesehatan seperti stroke, epilepsi, kanker, transplantasi organ, penyakit ginjal, kehamilan, kondisi malnutrisi, konsumsi antibiotik dan obat yang memengaruhi konsistensi feses.

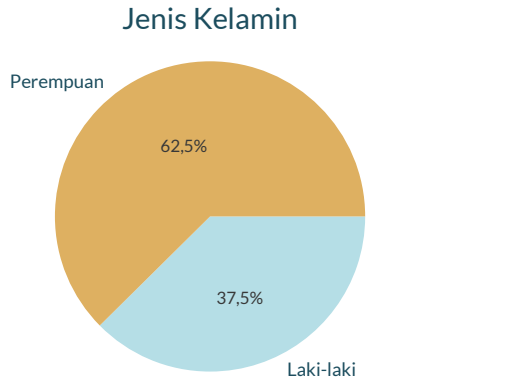
Dengan produksi sampah plastik di Indonesia yang masih tinggi, studi kolaboratif ini berupaya menggali lebih dalam dampak buruk kontaminasi mikroplastik yang menyebar pada sistem saraf dan pencernaan manusia. Terlebih, terdapat potensi polusi plastik yang semakin parah karena mikroplastik akan terus terbentuk akibat paparan sinar ultraviolet, proses fisik, dan biodegradasi, serta akan terpecah menjadi nanoplastik.

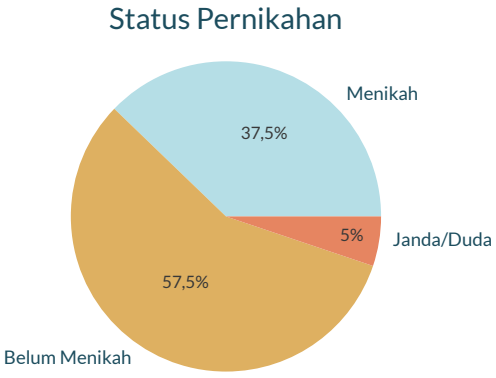
**Rangkaian penelitian dalam studi ini dilaksanakan sepanjang Januari 2023 hingga Desember 2024.**

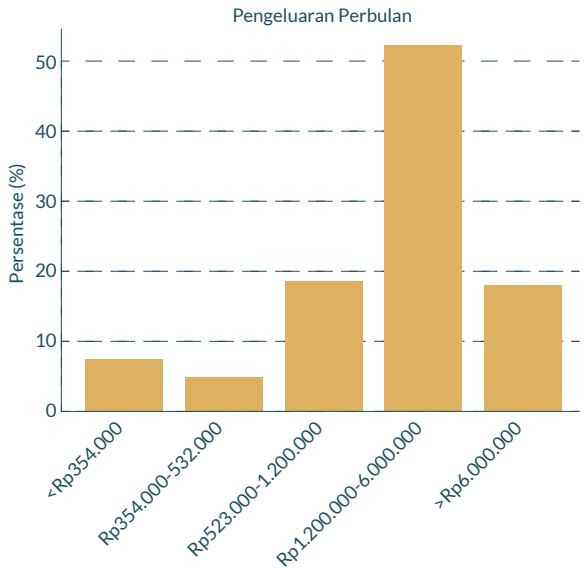


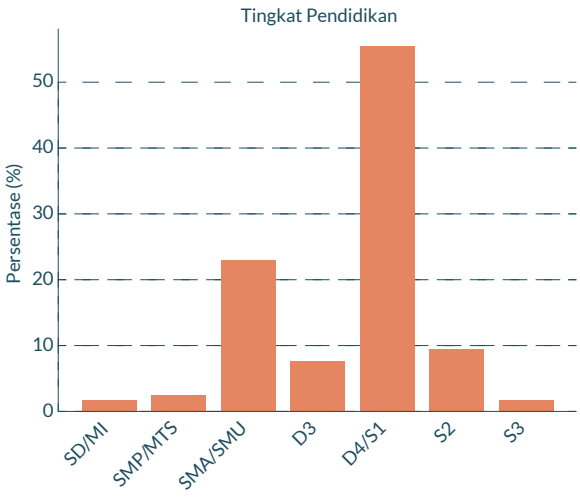
# Plastik Dalam Pola Konsumsi Publik di Indonesia

Survei pada tahap pertama penelitian ini menemukan bahwa perilaku penggunaan plastik berada pada kategori sedang dan rendah, baik untuk jenis sekali pakai maupun guna ulang (seperti galon, kotak makan plastik, wadah makanan *microwave-safe*). Survei yang diikuti 562 responden dari Jabodetabek terbagi dengan perbandingan 62,4 persen adalah perempuan, dan 37,54 persen laki-laki. Usia mayoritas responden, 58,72 persen, berusia 19-30 tahun, dengan tingkat pendidikan mayoritas adalah menengah (D3 dan D4/S1) sebesar 62,81 persen atau 353 orang.

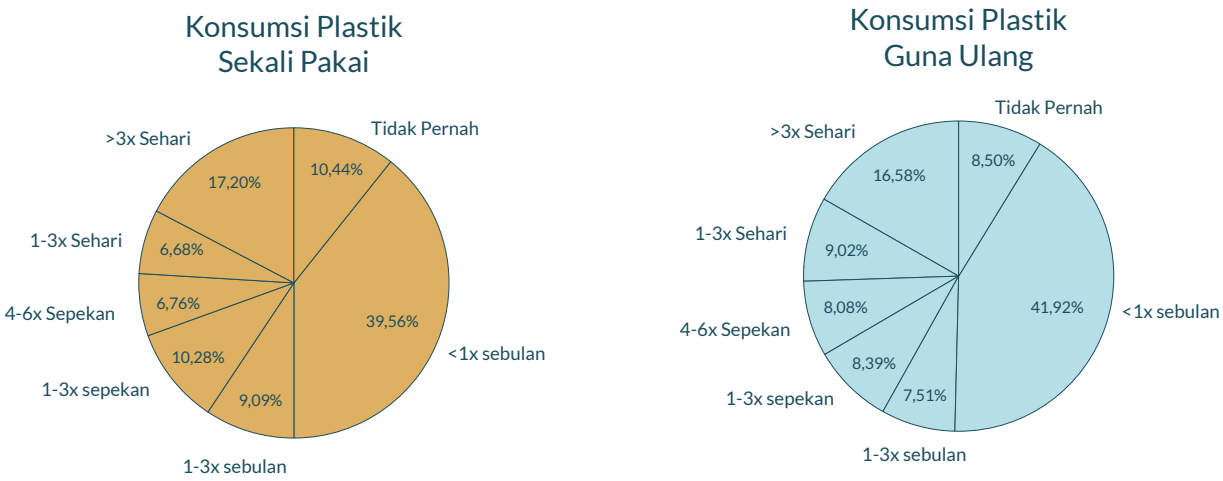


Konsumsi plastik sekali pakai paling dominan pada kategori penggunaan kurang dari satu kali sebulan (39,56%) dan kategori responden yang tidak pernah menggunakannya (17,20%). Sementara itu, konsumsi plastik guna ulang juga menunjukkan dominasi pada kategori kurang dari satu kali sebulan (41,92%) dan responden yang tidak pernah menggunakannya (16,58%).




Pola konsumsi plastik sekali pakai dan plastik guna ulang.
Sumber: Universitas Indonesia & Greenpeace Indonesia

## Beda Usia, Beda Pola Konsumsi Plastik Sekali Pakai

Kendati secara keseluruhan konsumsi plastik para responden menunjukkan frekuensi yang sedang, tetapi bila ditelisik dari perbedaan demografinya, maka akan terlihat pola yang beragam. Dari 562 responden, kategori pola konsumsi plastik sekali pakai dengan frekuensi sedang mencapai 381 orang, disusul tinggi (136 orang), dan rendah (44 orang). Rata-rata usia kelompok dengan pola konsumsi sedang adalah 28 tahun. Sementara, pola konsumsi tinggi ditemukan pada responden dengan usia 29 tahun, dan rendah pada usia 37 tahun.

Karakteristik jenis kelamin menunjukkan proporsi perempuan yang lebih dominan pada tingkat konsumsi sedang (43,1 persen) dibandingkan laki-laki (24,8 persen). Tingkat pendidikan juga berpengaruh pada pola konsumsi plastik sekali pakai. Mayoritas responden dengan pendidikan bawah (SMA hingga D1), menengah (D3 atau D4/S1), dan tinggi (S2 dan S3) memiliki pola konsumsi plastik sekali pakai dengan frekuensi sedang.

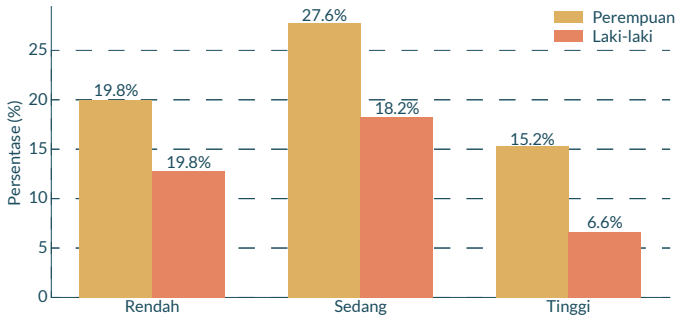


Namun, dalam kategori pola konsumsi plastik dengan frekuensi tinggi, responden dengan pendidikan menengah menjadi yang paling dominan dibandingkan dengan dua kelompok pendidikan lainnya. Interpretasi data menunjukkan bahwa usia dan pendidikan memiliki hubungan signifikan dengan tingkat konsumsi plastik sekali pakai, sedangkan jenis kelamin tidak menunjukkan hubungan yang signifikan. Responden dengan usia lebih muda dan pendidikan menengah cenderung memiliki tingkat konsumsi plastik sekali pakai yang lebih tinggi.

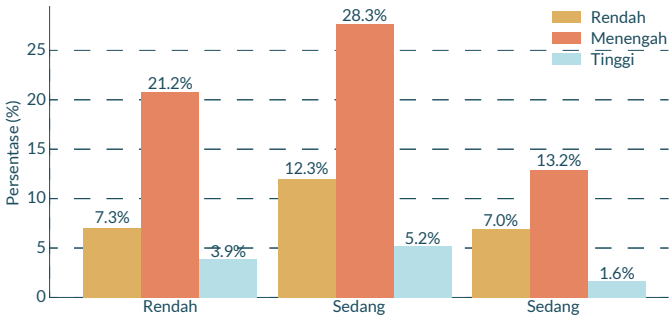
## Mayoritas Publik Tidak Banyak Konsumsi Plastik Guna Ulang

Plastik guna ulang adalah jenis plastik yang dirancang untuk digunakan berulang kali sebelum akhirnya didaur ulang atau dibuang. Plastik ini biasanya lebih tebal, tahan lama, dan memiliki umur pakai lebih panjang dibandingkan plastik sekali pakai. Tujuannya adalah untuk mengurangi limbah plastik dengan memperpanjang siklus hidup produk. Contoh plastik guna ulang meliputi botol minum yang dapat diisi ulang, kotak makan berbahan plastik keras, kantong belanja berbahan *polypropylene* yang kuat, dan wadah penyimpanan makanan.

Distribusi Jenis Kelamin Berdasarkan Konsumsi Plastik Guna Ulang




Distribusi Tingkat Pendidikan Berdasarkan Konsumsi Plastik Guna Ulang



Dalam penelitian ini, tidak ditemukan perbedaan antara jenis kelamin, usia, dan tingkat pendidikan terhadap pola konsumsinya. Distribusi konsumsi plastik guna ulang cenderung didominasi pada kategori sedang pada kedua kategori tersebut, meskipun pada kelompok usia 30 tahun, penggunaan plastik guna ulang lebih tinggi.

## Sebagian Besar Publik Tahu Mikroplastik Tetapi Dengan Pengetahuan Terbatas

Penelitian ini juga mengkaji bagaimana pengetahuan publik tentang mikroplastik dari sampah plastik yang tidak dikelola. Kuesioner yang terdiri dari sepuluh pertanyaan terkait mikroplastik diberikan kepada para responden dalam penelitian ini. Pada beberapa pertanyaan, responden dapat menjawab lebih dari satu opsi.

Sebanyak 81% persen responden mengaku sudah mengetahui atau pernah mendengar mikroplastik. Kendati mayoritas mengaku pernah mendengar tentang mikroplastik, namun hampir 33 persen dari mereka mengaku mereka tidak pernah mencari informasi terkait mikroplastik. Dengan kata lain, sepertiga responden hanya memahami mikroplastik dalam konteks pengetahuan yang sangat minim.

Sementara itu, sumber informasi terkait mikroplastik sebagian besarnya berasal dari Internet (68,7 persen) dan media sosial (57,3 persen). Mayoritas responden memahami bahwa mikroplastik bisa berukuran kurang dari 1 mm (88,80 persen) dan mengetahui sumber utama mikroplastik, seperti produksi industri plastik (62,60 persen) serta penggunaan produk berbahan plastik (75,60 persen).

Namun, kurang dari separuh responden menyadari bahwa mikroplastik juga dapat berasal dari pelepasan serat dan partikel ke air (47,20 persen), pencucian pakaian berbahan sintetis seperti polyester (43,20 persen), atau penggunaan produk perawatan diri yang mengandung microbeads atau butiran halus (32 persen).

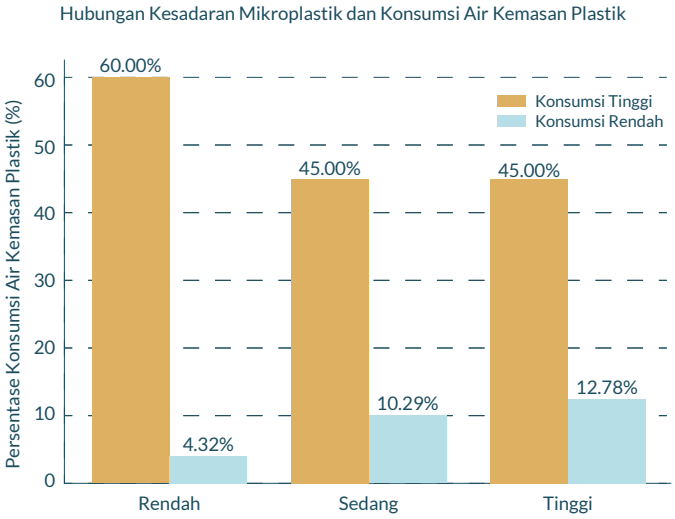
Selain itu, hanya sedikit responden yang mengetahui bahwa mikroplastik dapat terakumulasi di udara (33 persen), biota laut (46 persen), garam (20 persen), dan produk hewani seperti daging, telur, dan susu (33,6 persen).

Temuan ini mencerminkan adanya kesenjangan pengetahuan masyarakat mengenai sumber dan dampak mikroplastik terhadap lingkungan dan kesehatan. Kendati demikian, 90 persen dari responden memahami bahwa mikroplastik dapat memengaruhi kesehatan, dan bahkan 65 persen percaya mikroplastik telah ditemukan di dalam tubuh. Mayoritas responden percaya mikroplastik

dapat masuk ke tubuh melalui mulut atau saluran cerna (90 persen), sementara sebagian lainnya menyebutkan hidung atau saluran napas (52 persen) dan kulit (24,4 persen) sebagai jalur masuk.

Di sisi lain, terdapat perbedaan signifikan antara tingkat kesadaran dan pengetahuan mengenai mikroplastik dengan jenis kelamin, kelompok usia, dan tingkat pendidikan responden. Laki-laki memiliki proporsi kesadaran dan pengetahuan yang sedikit lebih tinggi dibandingkan perempuan (39,34 persen berbanding 27,64 persen), yang mungkin mencerminkan perbedaan dalam akses atau minat terhadap informasi lingkungan dan kesehatan.

Kelompok usia lanjut, di atas 50 tahun, cenderung memiliki kesadaran dan pengetahuan paling rendah (45 persen), yang dapat disebabkan oleh keterbatasan akses terhadap informasi terkini atau kurangnya minat pada isu mikroplastik. Sebaliknya, kelompok usia muda dan menengah cenderung lebih terpapar informasi lebih banyak karena keleluasaan dalam mengakses Internet dan media tradisional maupun kontemporer. Responden dengan pendidikan tinggi menunjukkan proporsi kesadaran dan pengetahuan yang baik lebih tinggi (43,33 persen). Temuan ini menyoroti peran pendidikan formal dalam meningkatkan pemahaman tentang isu lingkungan dan kesehatan.




Hubungan signifikan juga ditemukan antara kesadaran dan pengetahuan mikroplastik dengan pola konsumsi air dan makanan dalam kemasan plastik. Responden dengan kesadaran rendah memiliki proporsi konsumsi air kemasan plastik yang tinggi (sekitar 60 persen) dibandingkan mereka dengan kesadaran baik (45 persen) atau sedang (berkisar 45 persen). Sebaliknya, kelompok dengan kesadaran baik lebih banyak menghindari konsumsi air kemasan plastik, dengan proporsi konsumsi rendah sebesar 12,78 persen, lebih besar daripada kelompok dengan kesadaran sedang (10,29 persen) dan buruk (4,32 persen). Analisis ini menunjukkan bahwa peningkatan kesadaran dan pengetahuan berpotensi mendorong perilaku yang lebih sehat dan ramah lingkungan, seperti mengurangi konsumsi produk plastik sekali pakai.

Secara keseluruhan, temuan ini menyoroti pentingnya meningkatkan kesadaran tentang mikroplastik melalui edukasi yang terfokus, terutama pada kelompok usia lanjut dan individu dengan tingkat pendidikan rendah, untuk mendukung perilaku yang lebih sehat dan mitigasi dampak kesehatan.

# Sikap Publik Terhadap Mikroplastik



**70%**
sepakat untuk mengurangi penggunaan plastik



**18%**
menghentikan penggunaan plastik

Rangkaian penelitian ini juga mengevaluasi sikap publik setelah mengetahui dampak buruk mikroplastik. Analisis menunjukkan bahwa mayoritas dari mereka, atau **lebih dari 70 persen, sepakat untuk mengurangi penggunaan plastik untuk menghindari paparan mikroplastik ke dalam tubuh.** Ada sekitar 18 persen dari mereka yang memilih menghentikan penggunaan plastik yang sulit terurai dan berakhir menjadi mikroplastik. Sementara sisanya, mengaku tetap akan menggunakan plastik.

Sikap terhadap mikroplastik juga ditemukan memiliki hubungan yang signifikan dengan pola konsumsi air kemasan dalam plastik dan air galon isi ulang, tetapi tidak dengan konsumsi makanan yang dikemas dalam plastik. Analisis menunjukkan bahwa responden dengan sikap buruk atau tidak peduli terhadap mikroplastik cenderung memiliki proporsi konsumsi air kemasan dalam plastik yang tinggi. Sebaliknya, responden dengan sikap baik atau peduli lebih dominan dalam kategori konsumsi air kemasan dalam plastik yang rendah.

Sementara itu, kesadaran publik terhadap risiko mikroplastik cukup tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan bagaimana mereka menyadari bahwa mikroplastik dapat mengandung dan mengakumulasi bahan kimia berbahaya, tidak terurai di lingkungan, serta berpotensi membahayakan kesehatan manusia dan hewan. Namun, persepsi terkait dampak ekonomi sedikit lebih rendah dibandingkan aspek lainnya.

Meskipun persepsi risiko ini secara umum tinggi, analisis statistik tidak menemukan hubungan signifikan antara persepsi risiko dengan jenis kelamin, usia, maupun tingkat pendidikan. Ini menunjukkan bahwa pandangan mengenai risiko mikroplastik bersifat merata di berbagai kelompok demografis yang diteliti.

Temuan ini mengindikasikan bahwa kesadaran masyarakat terhadap risiko mikroplastik sudah cukup baik dan tidak dipengaruhi oleh faktor demografis tertentu. Namun, perlunya intervensi yang lebih terarah tetap relevan, terutama untuk memastikan bahwa kesadaran ini diterjemahkan ke dalam tindakan nyata dalam kehidupan sehari-hari.

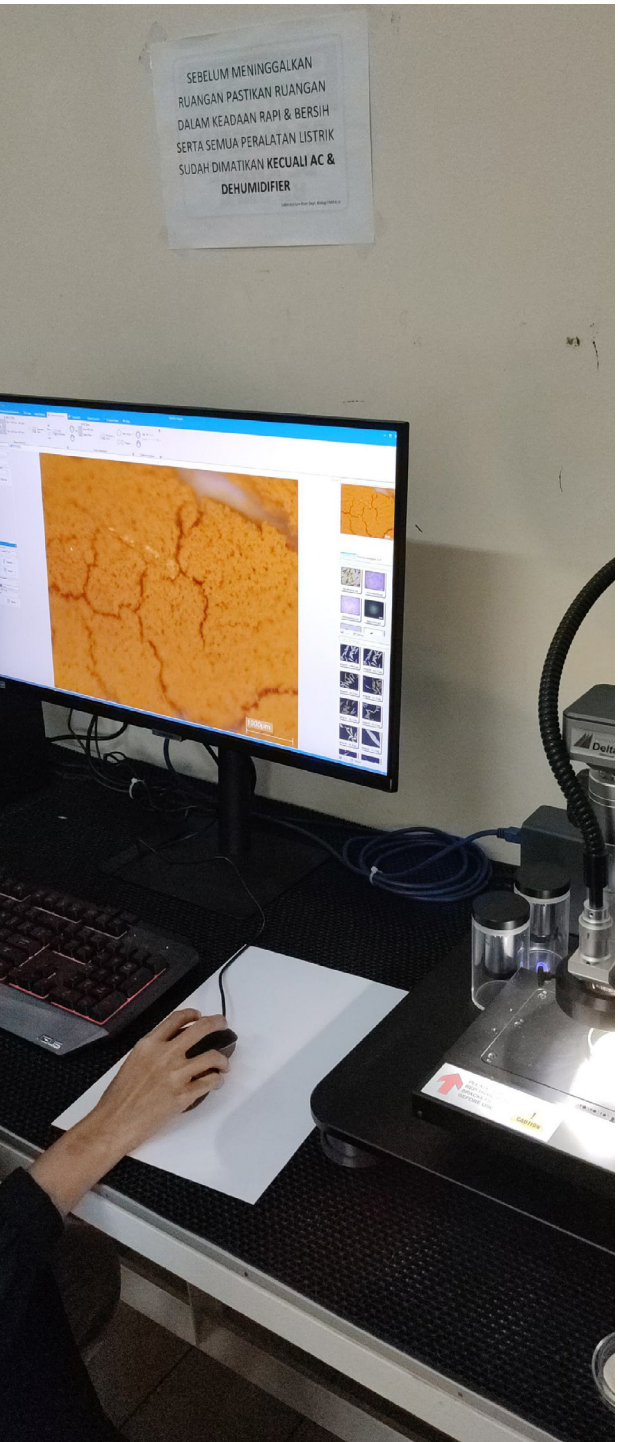
Lebih jauh, analisis menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara tingkat kesadaran dan pengetahuan terkait mikroplastik dengan sikap dan persepsi risiko. Responden dengan tingkat kesadaran dan pengetahuan yang baik cenderung memiliki sikap dan persepsi risiko yang baik pula. Sebagian besar dari kelompok ini memiliki sikap baik atau peduli terhadap mikroplastik (69,44%), sementara proporsi yang memiliki sikap netral (sedang) dan buruk atau tidak peduli jauh lebih kecil (18,33% dan 12,22%). Pola serupa terlihat pada persepsi risiko, ketika responden dengan kesadaran dan pengetahuan yang baik lebih dominan dalam kategori persepsi risiko tinggi dan sedang dibandingkan yang rendah.

Sebaliknya, kelompok dengan kesadaran dan pengetahuan yang buruk menunjukkan distribusi yang lebih merata antara sikap baik, sedang, dan buruk. Pada aspek persepsi risiko, kelompok ini didominasi oleh mereka yang memiliki persepsi risiko rendah, yang mengindikasikan keterbatasan pemahaman dapat berdampak pada rendahnya persepsi risiko.



# Temuan Kontaminasi Mikroplastik dalam Tubuh

Dari hasil survei yang diikuti oleh 562 responden, peneliti kemudian memilih 67 partisipan yang akan terlibat dalam uji mikroplastik dalam tubuh mereka. Sebanyak 21 di antaranya adalah laki-laki, dan sisanya, 46 adalah perempuan. Partisipan penelitian yang berdomisili di Jakarta, Bogor, Depok, dan Tangerang (Jabodetabek) ini kemudian menjalani pengambilan sampel darah, urin, dan feses. Usia minimal responden yang sampelnya diuji adalah 22 tahun, dan maksimal 74 tahun.




Partisipan yang terpilih merupakan perwakilan dari responden dengan pola konsumsi plastik tinggi, yakni sebanyak 35 orang (52,2 persen), dan pola konsumsi plastik rendah, yakni sebanyak 32 orang (47,8%).

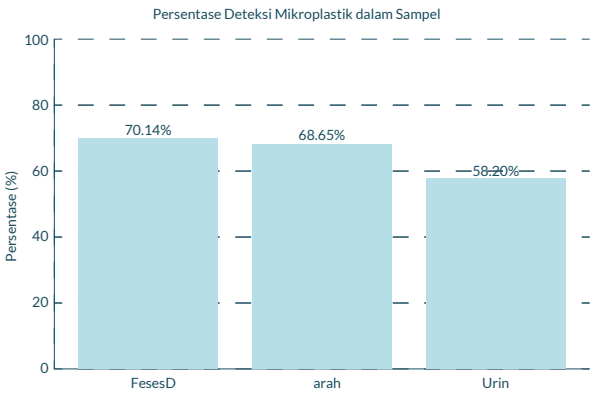
Fungsi kognitif para partisipan dianalisis menggunakan *Montreal Cognitive Assessment Indonesia* (MoCA-Ina). Pemeriksaan dilakukan bersama tim dokter dari Divisi Neurobehavior Fakultas Kedokteran UI-Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo (FKUI-RSCM). Nilai pemeriksaan MoCA-INA memiliki rentang 0 sampai 30, dengan nilai yang semakin tinggi menunjukan fungsi kognitif yang semakin baik. Nilai fungsi kognitif di bawah 26 menunjukan adanya penurunan fungsi kognitif atau fungsi kognitif yang terganggu.

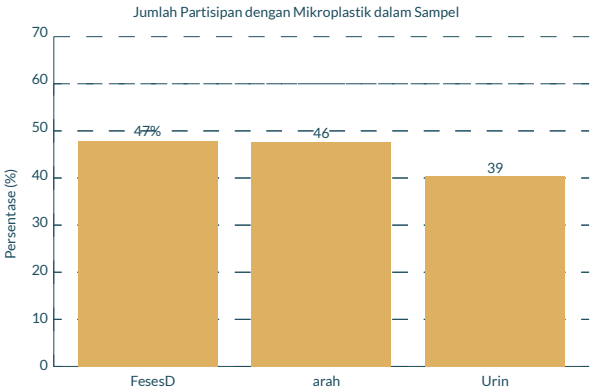
Hasil pemeriksaan menunjukan sebanyak 28 subjek (41,8 persen) memiliki fungsi kognitif yang terganggu. Peneliti juga melakukan analisis terhadap nilai fungsi kognitif dengan pola konsumsi plastik para partisipan. Hasilnya menunjukan terdapat hubungan yang bermakna antara fungsi kognitif dengan paparan mikroplastik. Subjek dengan konsumsi plastik yang tinggi memiliki risiko yang lebih tinggi untuk mengalami penurunan fungsi kognitif sebanyak 36,25 kali lipat.

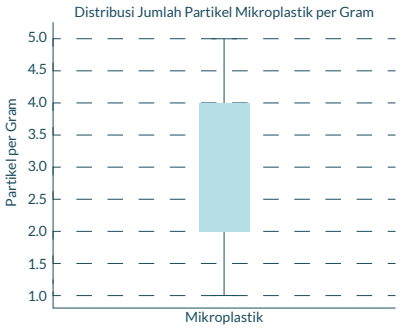
# Mayoritas Sampel Mengandung Mikroplastik, PET Paling Dominan

Sebelum pengambilan sampel, para partisipan melalui pemeriksaan klinis keluhan saluran cerna melalui kuesioner *Gastrointestinal Symptoms Rating Scale* (GSRS), tekanan darah dan *HEART score*, *Short-term hormonal effects* (SHE) score dan infertilitas, serta tes kognitif (MoCA-Ina, RAVLT, ROCFT, Oxford Cognitive Test, TMT B).

Sampel yang terkumpul melalui proses pra-perlakuan untuk membersihkan sisa bahan organik, memisahkan partikel padat, dan menyaring cairannya. Setelah itu, mikroplastik yang ada di dalam sampel dianalisis menggunakan alat khusus, seperti FTIR (*Fourier Transform Infrared Raman*), Raman, dan *Gas Chromatography/ Mass Spectrometry* (GC/MS) untuk mengetahui bentuk, ukuran, jenis, dan jumlahnya. Data kuantitatif ini digunakan untuk menganalisis hubungan konsentrasi mikroplastik dalam tubuh dengan risiko kesehatan, seperti penyerapan mikroplastik dalam sirkulasi darah.

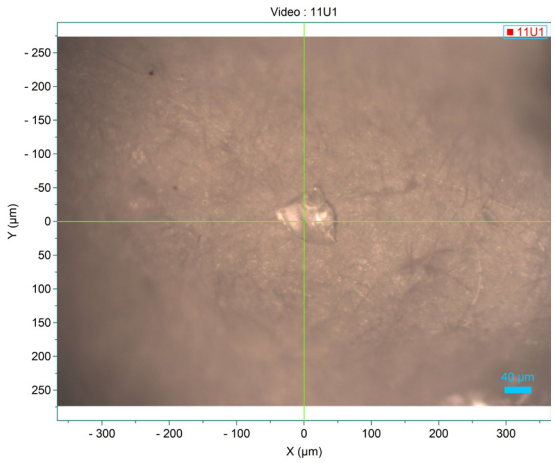


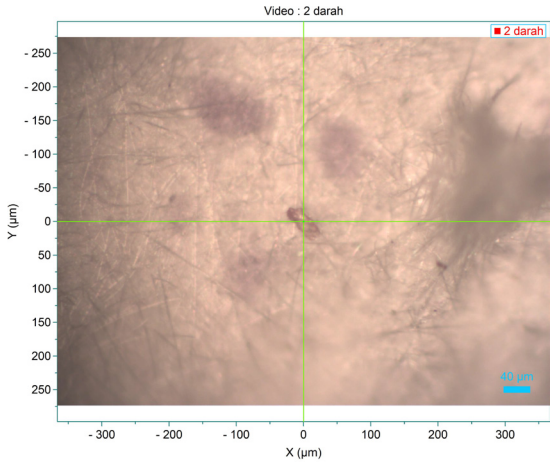




Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel yang terkumpul dari 67 partisipan, **95 persennya teramati mengandung mikroplastik.** Mikroplastik terdeteksi dalam sampel feses pada 47 subjek (70,14 persen), kemudian dalam sampel darah pada 46 subjek (68,65 persen), dan sampel urin pada 39 subjek (58,2 persen). Kandungan mikroplastik yang lebih banyak terdeteksi pada feses dibandingkan darah dan urin menunjukkan bahwa tubuh cenderung mengeliminasi mikroplastik melalui saluran pencernaan.

Estimasi jumlah partikel mikroplastik yang teramati dalam sampel setiap partisipan berkisar 1 hingga 5 partikel per gram. Jenis mikroplastik yang paling ditemukan meliputi *Polyethylene Terepthalate* (PET), polipropilena (PP), polietilen densitas rendah (LDPE), dan polistirena (PS). Selain itu, ditemukan pula polimer khusus seperti *Phenylene terephthalamide*, *poly(n-vinyl acetamide)*, dan *polyvinylpyridine-N-oxide*. Dari semua jenis yang teramati, PET menjadi yang paling dominan dengan total 204 partikel. PET sering digunakan dalam produk sehari-hari seperti botol air minum sekali pakai. Jenis lain seperti PP ditemukan pada tutup botol dan wadah makanan, LDPE pada kantong plastik, dan PS pada alat makan sekali pakai. Adapun polimer khusus umumnya berasal dari bahan industri, farmasi, atau bioteknologi.



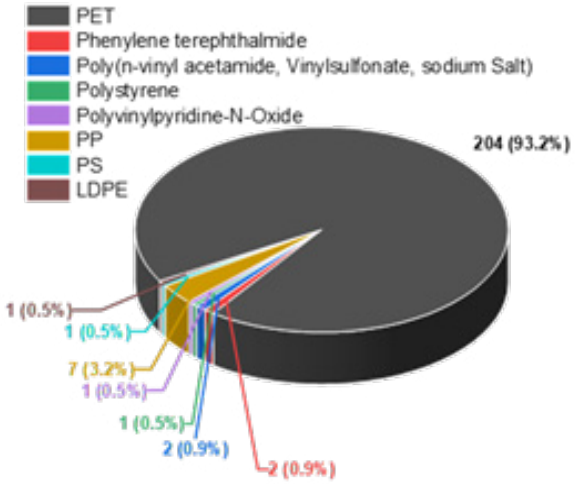

Mikroplastik dalam Urin




Mikroplastik dalam Darah

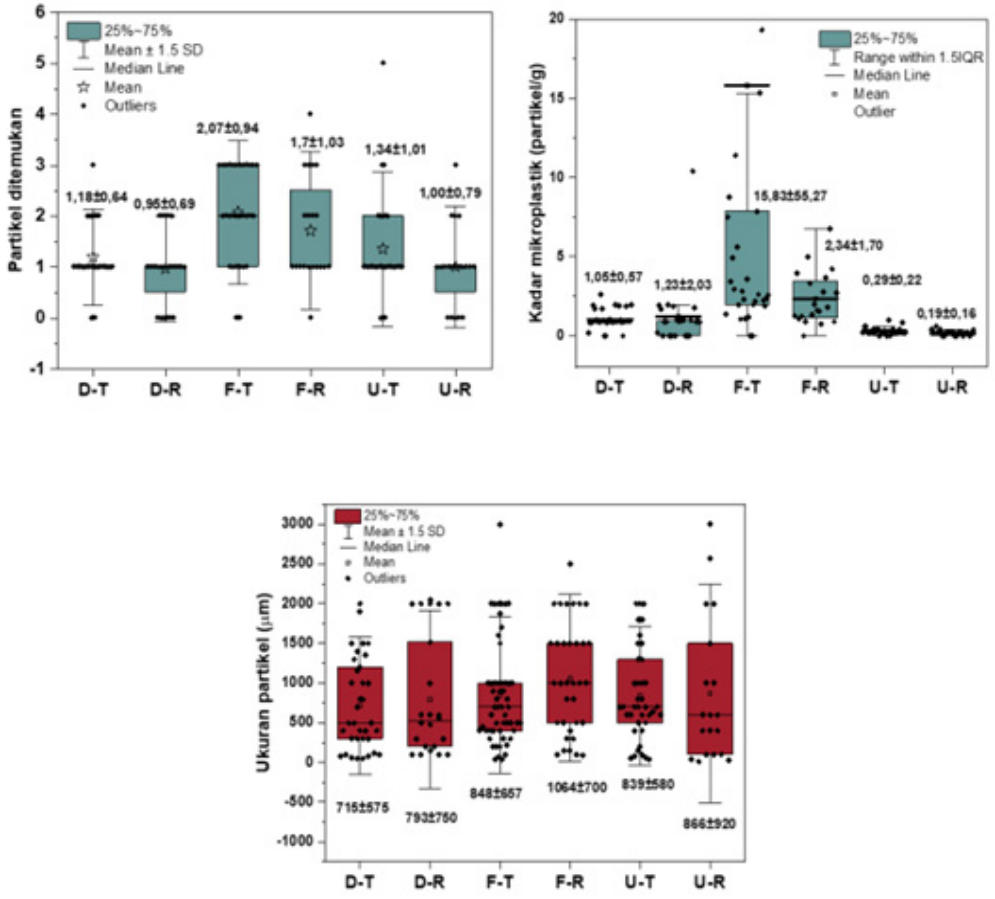
**PET sebagai jenis mikroplastik yang paling dominan** menguatkan bukti bahwa bahan yang berasal dari produk plastik sekali pakai ini adalah polutan paling banyak tersebar di lingkungan. Studi terbaru yang diterbitkan Desember 2024 berjudul, *From the ocean to our kitchen table: anthropogenic particles in the edible tissue of U.S. West Coast seafood species,* menunjukkan bahwa PET menjadi jenis plastik yang paling dominan mencemari lautan. Studi itu menguji kadar mikroplastik pada 182 jenis makanan boga laut, baik yang dibeli dalam bentuk jadi maupun mentah dan menemukan 99 persen dari sampel makanan mengandung pecahan plastik berbahaya tersebut. Pada setiap sampelnya, kadar PET mencapai 33 partikel sementara bahan lainnya seperti PP, HDPE, dan LDPE memiliki kadar di bawah 5 partikel.

Selain itu, temuan bahwa mikroplastik berukuran kecil lebih dominan dalam darah menyoroti potensi risiko kesehatan karena partikel kecil ini lebih mudah berinteraksi dengan organ dan jaringan tubuh. Hubungan antara paparan plastik dan tingkat mikroplastik dalam tubuh menekankan pentingnya mengurangi penggunaan plastik sekali pakai sebagai langkah mitigasi.




Jenis-jenis mikroplastik yang ditemukan pada sampel penelitian. Sumber: Universitas Indonesia & Greenpeace Indonesia

Ukuran mikroplastik yang ditemukan bervariasi antara 30 µm hingga 3000 µm (3 mm). Sebagai perbandingan, partikel berukuran 30 µm memiliki diameter sekitar sepersepuluh dari rambut manusia, sedangkan partikel 3000 µm seukuran biji wijen kecil. Ukuran mikroplastik ini tersebar di semua jenis sampel – feses, urin, dan darah. Namun, ukuran partikel mikroplastik dalam darah cenderung lebih kecil dibandingkan yang ditemukan di urin dan feses. Hal ini mengindikasikan bahwa partikel kecil lebih mudah masuk ke sirkulasi darah dibandingkan partikel yang lebih besar, yang mungkin lebih cepat dieliminasi melalui pencernaan.




Ukuran, kadar dan jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan pada sampel penelitian. Sumber: Universitas Indonesia & Greenpeace Indonesia

Penelitian yang dilakukan New York State University (2021), bertajuk *Occurrence of Polyethylene Terephthalate and Polycarbonate Microplastics in Infant and Adult Feces*, menemukan paparan mikroplastik pada bayi yang baru lahir lebih banyak daripada orang dewasa. PET dan PC juga menjadi dua kontaminan yang paling dominan pada sampel mekonium dan feses bayi. Sementara, penelitian yang menemukan adanya kontaminasi mikroplastik dalam sampel darah manusia pertama kali muncul pada 2022. Dalam jurnal yang dipublikasikan *Environment International* pada 2022, para ilmuwan menemukan partikel mikroplastik pada hampir 80 persen sampel orang yang diuji. Setengah dari sampel mengandung plastik jenis PET, sementara seperempat dari sampel darah mengandung PE.

Pada 2023, dalam sebuah eksperimen di China, sekelompok peneliti mengumpulkan sampel jaringan jantung dan darah dari 15 orang selama operasi jantung. Hasil analisis mengidentifikasi adanya partikel-partikel berukuran 20 hingga 500 mikron berjumlah ratusan hingga ribuan dalam sampel tersebut, Sebagian besar plastik yang ditemukan berjenis PET dan PVC.

Penelitian kolaboratif ini memberikan bukti kuat bahwa mikroplastik dapat dengan mudah masuk dan tersebar dalam tubuh manusia. Adanya data *outlier* menunjukkan bahwa faktor-faktor kompleks memengaruhi distribusi mikroplastik dalam tubuh manusia. Ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk memahami bagaimana faktor individu seperti pola makan, gaya hidup, atau kondisi kesehatan memengaruhi distribusi dan efek mikroplastik. Selain itu, variabilitas ukuran dan jenis mikroplastik yang ditemukan menegaskan pentingnya pengembangan metode analisis yang lebih canggih untuk mendeteksi mikroplastik dengan lebih akurat.

## Mikroplastik Dalam Tubuh Berhubungan dengan Pola Konsumsi Plastik

Kadar mikroplastik dalam tubuh manusia bergantung dari seberapa besar seorang individu menggunakan atau mengonsumsi plastik dalam kehidupan sehari-hari mereka. Penelitian terhadap 67 partisipan yang dibagi dalam dua kelompok, konsumsi plastik tinggi dan rendah, membuktikan bahwa para partisipan yang paling tinggi penggunaan plastiknya memiliki jumlah mikroplastik yang lebih banyak dalam sampel biologis baik dalam darah.

Temuan ini sejalan dengan teori bahwa mikroplastik mungkin masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan atau minuman yang terkontaminasi dan dapat melewati sistem gastrointestinal serta diekskresikan melalui urin. Dengan demikian, ekskresi ginjal dapat menjadi jalur untuk mengeluarkan mikroplastik dari tubuh. Penelitian mengungkap mikroplastik dapat masuk ke tubuh melalui

tiga rute utama: oral, inhalasi, dan kontak kulit. Rute masuknya mikroplastik yang paling signifikan adalah rute oral.

Sebuah studi yang dipublikasikan oleh Badan Lingkungan Federal Jerman dan Institut Robert Koch pada subyek anak dan remaja tahun 2014-2017, menemukan bahwa hampir semua anak dan remaja memiliki zat plastik di tubuh mereka. Dalam sampel urin, residu 11 dari 15 zat yang diuji ditemukan pada 97-100% dari 2.500 peserta, terdeteksi mengandung *plasticizer* atau zat aditif yang ditambahkan untuk menambah elastisitas plastik. Studi di Iran yang mempelajari deposisi dermal pada wajah, tangan, rambut, dan saliva menemukan terdapat lebih dari belasan ribu mikroplastik pada subjek penelitian setelah penggunaan shampo, obat kumur, sabun cuci tangan dan wajah, 24 jam setelah pemakaian.

Lebih lanjut, penelitian ini menguatkan bahwa mikroplastik yang sangat kecil, antara 4 hingga 15 µm, dapat masuk ke dalam tubuh melalui konsumsi dan akhirnya diekskresikan. Mengingat penggunaan plastik yang meluas dalam kehidupan sehari-hari, paparan terhadap mikroplastik menjadi tidak dapat dihindari. Dengan temuan ini, penting bagi masyarakat dan pembuat kebijakan untuk mempertimbangkan pengurangan penggunaan plastik dan memperkuat upaya untuk meminimalkan kontaminasi lingkungan oleh plastik.

## Banyak atau Sedikit, Tetap Berisiko pada Penurunan Fungsi Kognitif

**Paparan mikroplastik juga terkait dengan risiko penurunan fungsi kognitif. Partisipan dengan pola konsumsi plastik tinggi memiliki risiko 36,25 kali lipat lebih besar mengalami penurunan fungsi kognitif. Hasil analisis menunjukan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara temuan mikroplastik dalam darah dengan penurunan fungsi kognitif. Subjek yang sampel darahnya ditemukan mikroplastik memiliki risiko yang lebih tinggi untuk mengalami penurunan fungsi kognitif sebanyak 1,39 kali lipat.**




Analisis korelasi dalam penelitian ini menemukan tidak ada hubungan antara kadar mikroplastik yang ditemukan di dalam darah dengan hasil skor MoCA-INA. Dengan kata lain, penurunan fungsi kognitif tidak bergantung pada besar kecilnya kadar mikroplastik yang ditemukan dalam sampel darah partisipan. Sementara itu, hasil analisis menunjukkan tidak ada hubungan yang bermakna antara penurunan fungsi kognitif dengan temuan mikroplastik pada feses.

Lebih jauh, penelitian ini menganalisis hubungan antara jenis mikroplastik tertentu dengan penurunan fungsi kognitif. Mikroplastik jenis PET, PES, dan PP diuji secara terpisah, sedangkan jenis LDPE, PS, dan lainnya tidak diuji karena jumlahnya sedikit. Hasil analisis menunjukkan bahwa mikroplastik jenis **PET dalam darah memiliki hubungan signifikan dengan penurunan fungsi kognitif.** Temuan ini sejalan dengan penelitian Gettings et. al., yang menunjukan bahwa partikel mikro yang terdiri dari PET merupakan kontributor utama polusi plastik yang dapat mengenai perisit vaskular otak manusia, yang dapat menyebabkan stres oksidatif hingga gangguan ekspresi. Stres oksidatif terjadi ketika jumlah radikal bebas dalam tubuh lebih banyak dari antioksidan yang dapat menyebabkan kerusakan sel dan jaringan. Stres oksidatif dapat meningkatkan risiko penyakit seperti kanker, jantung, diabetes, dan Alzheimer. Untuk diketahui, dampak neurotoksisitas mikroplastik pada hewan di antaranya menyebabkan neuroinflamasi, atrofi serabut saraf, perubahan neurotransmitter, dan perubahan perilaku.

Sebuah studi yang dilakukan oleh sekelompok neuroscientist mengungkapkan bahwa jumlah mikroplastik di otak manusia meningkat hingga 50 persen antara tahun 2016 dan 2024, dengan kadar yang signifikan lebih tinggi pada sampel tahun 2024 tanpa memandang usia, jenis kelamin, ras, etnis, atau penyebab kematian. Peningkatan ini mencerminkan tren global yang mengkhawatirkan, yakni lonjakan produksi plastik yang terus berlipat ganda setiap 10 hingga 15 tahun, serta dominasi PE sebagai salah satu jenis mikroplastik yang paling sering ditemukan di berbagai organ tubuh. Dalam penelitian tersebut juga ditemukan bahwa konsentrasi mikroplastik di otak pasien dengan demensia ternyata tiga hingga lima kali lebih tinggi dibandingkan dengan individu yang secara kognitif normal, menunjukkan kemungkinan hubungan antara paparan mikroplastik dan penurunan fungsi otak.

Studi *in vitro* pada hewan menunjukkan perilaku abnormal dan depresi akibat paparan mikroplastik pada sistem saraf pusat. Selain itu, paparan mikroplastik dapat mengakibatkan penghambatan aktivitas asetilkolinesterase (AChE). Asetilkolinesterase adalah enzim di sistem saraf yang berfungsi untuk memecah asetilkolin, yaitu zat kimia yang digunakan untuk mengirimkan sinyal antara sel-sel saraf. Ketika bergerak atau berpikir, sel-sel saraf di tubuh saling berkomunikasi dengan cara mengirimkan sinyal listrik. Asetilkolin adalah salah satu zat yang membantu mengirimkan sinyal tersebut. Ketika aktivitas asetilkolinesterase terganggu, maka akan terjadi perubahan perilaku. Perubahan perilaku seperti *anxiety* (kecemasan) didokumentasikan oleh berbagai studi pada model hewan. Namun begitu, dampak dari hal-hal yang memicu kecemasan atau anksiogenik akibat paparan mikroplastik perlu diteliti lebih lanjut.

Kendati demikian, dapat diasumsikan bahwa stres oksidatif akibat paparan mikroplastik ikut memengaruhi fungsi sirkuit neurologis/sistem saraf yang berhubungan dengan kecemasan. Secara keseluruhan, mikroplastik berpotensi dalam menginduksi stres oksidatif pada sel-sel sistem saraf.

Partikel kecil mikroplastik mampu menembus sawar darah-otak (blood-brain barrier/BBB), menyebabkan kerusakan pada sel saraf, termasuk apoptosis dan peradangan. Analisis korelasi menunjukkan bahwa paparan mikroplastik memiliki hubungan positif dengan penurunan fungsi kognitif tetapi tidak ditemukan korelasi signifikan berdasarkan dosis atau kadar mikroplastik.

## Artinya, keberadaan mikroplastik, baik dalam kadar rendah maupun tinggi, tetap berhubungan dengan penurunan fungsi kognitif.

Hal ini mengindikasikan bahwa paparan mikroplastik, selama terdeteksi dalam tubuh, dapat menyebabkan dampak negatif yang bermakna terhadap fungsi kognitif, terlepas dari konsentrasinya.

Penelitian ini belum menganalisis pengaruh zat tambahan atau bahan aditif aditif dari plastik terhadap fungsi kognitif. Bahan aditif plastik adalah senyawa kimia yang digunakan dalam proses manufaktur untuk meningkatkan sifat plastik, seperti fleksibilitas, ketahanan panas, dan daya tahan. Bahan-bahan ini mencakup ftalat, bisfenol, dan *polybrominated diphenyl ethers* (PBDEs). Penelitian lain menunjukkan bahwa zat tambahan ini juga berpotensi memengaruhi fungsi kognitif. Ftalat diketahui mengganggu perkembangan otak anak melalui jalur hormon tiroid, sedangkan PBDEs dapat menurunkan plastisitas sinaptik dan mengganggu neurotransmitter. Plastisitas sinaptik merupakan perubahan kemampuan koneksi antara neuron (sel saraf) yang memiliki pengaruh besar pada pembentukan memori. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi dampak neurotoksisitas dari masing-masing bahan aditif plastik, terutama melalui *studi in vivo* (organisme hidup).



# Publik Menuntut Kebijakan Penanganan Mikroplastik yang Ketat

Pertama,

## dukungan untuk menghentikan produksi plastik murni (*virgin plastic*) pada tahun 2030.

Mayoritas responden menyatakan setuju dan sangat setuju. Berdasarkan laporan *Environmental Investigation Agency* tahun 2022, plastik murni didefinisikan sebagai resin yang baru diproduksi dari bahan baku petrokimia atau biomassa, digunakan sebagai bahan mentah untuk pembuatan produk plastik, dan belum pernah digunakan atau diproses sebelumnya. Proses produksi plastik murni biasanya memiliki dampak lingkungan yang lebih besar karena membutuhkan lebih banyak energi dan ekstraksi sumber daya alam. Oleh karena itu, mengurangi penggunaan plastik murni menjadi salah satu langkah penting dalam upaya mengurangi kerusakan lingkungan.

## Tuntutan untuk mendorong industri menyediakan produk dengan sistem isi/ guna ulang

juga tergambar dalam survei pada penelitian ini. Mayoritas publik setuju dan sangat setuju pada poin kedua ini. Hasil ini menunjukkan harapan masyarakat agar industri mengambil peran aktif dalam menyediakan solusi yang lebih ramah lingkungan. Namun, regulasi yang ada belum cukup ambisius untuk mendorong solusi guna ulang sebagai prioritas utama. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (PermenLHK) Nomor 75 Tahun 2019 masih memberikan keleluasaan bagi produsen untuk memilih antara pengurangan, penggunaan kembali, dan daur ulang tanpa arahan prioritas yang jelas. Akibatnya, banyak produsen lebih memilih daur ulang sebagai tawaran solusi utama dibandingkan sistem

guna ulang, meskipun solusi tersebut bertolak belakang dengan prinsip hierarki pengelolaan sampah.

Kecenderungan industri untuk mengutamakan daur ulang juga tercermin dalam studi *Corporate self-commitments to mitigate the global plastics crisis: Recycling rather than Reduction and Reuse* (2021), yang menemukan bahwa perusahaan lebih fokus pada daur ulang dibandingkan pengurangan atau guna ulang. Tanpa regulasi yang lebih ketat, produksi plastik sekali pakai akan terus berlanjut. Laporan *Breaking the Plastic Wave* (2020) memperingatkan bahwa tanpa intervensi yang tegas, pencemaran plastik akan terus meningkat. Oleh karena itu, kebijakan yang lebih progresif diperlukan, seperti pemberian insentif bagi industri yang berinvestasi dalam infrastruktur guna ulang, pemberian target kuota guna ulang bagi produsen, serta pembatasan produksi plastik sekali pakai.

Ketiga,

## publik juga mendukung kebijakan penerapan cukai pada industri yang masih mengandalkan plastik.

Kendati demikian, pada poin ini muncul beberapa pendapat yang bisa jadi mencerminkan kekhawatiran kebijakan ini terhadap dampak ekonomi, seperti potensi kenaikan harga barang. Meski demikian, dukungan tetap tinggi karena langkah ini dianggap penting untuk memberikan tekanan pada industri agar beralih ke bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Pada 2022, Kementerian Keuangan mengusulkan penerapan cukai pada produk plastik sekali pakai, seperti kantong plastik, kemasan makanan dan minuman, serta plastik yang digunakan dalam industri lain. Namun, usulan itu belum dapat diimplementasikan sepenuhnya karena berbagai penolakan. Usulan itu hanya diterapkan sebagian yakni untuk cukai plastik dan minuman berpemanis dalam kemasan (MBDK), yang akan mulai dilakukan secara bertahap pada 2025.

Alih-alih menerapkan cukai, Kementerian Keuangan justru memberikan *tax holiday* atau keringanan Pajak Penghasilan Badan (PPh Badan) untuk perusahaan petrokimia yang memproduksi plastik dengan dalih untuk mendukung investasi di Indonesia. Keringanan pajak itu berlaku selama 20 tahun pertama setelah pabrik beroperasi secara komersial pada 2024, dan 50 persen pada dua tahun berikutnya.

Keempat,

## publik juga mendukung penerapan standar baku mutu cemaran mikroplastik pada bahan pangan dan air/ lingkungan.

Penerapan standar baku mutu cemaran mikroplastik pada bahan pangan dan air bertujuan untuk memastikan bahwa produk yang dikonsumsi aman bagi kesehatan manusia dan tidak mengandung tingkat mikroplastik yang berpotensi berbahaya. Hal ini bukan hanya untuk melindungi kesehatan konsumen tetapi juga menjaga keamanan sumber daya alam dan mengurangi kontaminasi dalam rantai produksi pangan.

Terkait dengan penerapan standar baku mutu cemaran mikroplastik ini,

## publik juga menyetujui peningkatan teknologi purifikasi air

untuk mencegah kontaminasi mikroplastik pada sumber air minum.

Keenam,

## publik menuntut transparansi dari industri terkait kandungan bahan kimia dan risiko mikroplastik dalam produk kemasan.

Kesadaran konsumen terhadap keamanan produk yang mereka gunakan menjadi dorongan agar industri lebih terbuka dan bertanggung jawab. Industri diharapkan untuk memberikan informasi yang jelas mengenai bahan-bahan yang terkandung dalam produk kemasan mereka, termasuk potensi pencemaran mikroplastik. Selain itu, mereka juga harus memastikan bahwa kemasan yang digunakan tidak mengandung bahan kimia berbahaya yang bisa berisiko bagi kesehatan konsumen. salah satu langkah penting dalam upaya mengurangi kerusakan lingkungan.

Tuntutan ini mendorong perusahaan untuk lebih bertanggung jawab dan terbuka dalam kegiatan operasional mereka, serta untuk mengadopsi praktik produksi yang lebih berkelanjutan dan transparan. Untuk memastikan bahwa perubahan ini dapat berjalan dengan efektif dan tidak hanya sekadar kampanye pemasaran, perlu ada regulasi yang lebih ketat mengenai standar kemasan plastik, juga baku mutu cemaran mikroplastiknya.

Terakhir,

## perbaikan sistem pengumpulan, penyortiran, dan pengelolaan sampah di tingkat lokal.

Publik menilai poin sebagai langkah mendasar dalam menangani masalah pencemaran mikroplastik. Sistem pengumpulan sampah yang terorganisir dengan baik di tingkat lokal dapat membantu memastikan bahwa sampah plastik dikumpulkan dengan benar, disortir, dan diproses sesuai dengan jenisnya, termasuk pemisahan antara plastik yang dapat didaur ulang dan yang tidak. Penyortiran yang baik juga akan memudahkan pemulihan bahan-bahan yang masih bernilai guna, seperti plastik yang dapat digunakan kembali atau didaur ulang.

Pengelolaan sampah di Indonesia masih bergantung pada sistem pengumpulan, pengangkutan, dan pembuangan, serta solusi hilir seperti pengolahan plastik secara termal dan downcycling. Tingkat pengelolaan sampah dan infrastruktur yang tersedia sangat minim, terutama terpusat di kota-kota besar dan Pulau Jawa. Kementerian Dalam Negeri menyebut biaya pengolahan persampahan di daerah rata-ratanya sebesar 0,64 persen dari Anggaran Pendapatan Belanja Daerah (APBD). Biaya itu lebih tinggi di Jakarta dengan persentase dari APBD sebesar 3 persen. Rendahnya anggaran pemerintah untuk memperbaiki sistem persampahan semakin memperburuk masalah pencemaran plastik yang terus berlanjut.

Pengelolaan sampah yang efisien juga akan mengurangi jumlah sampah yang berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA) atau yang terbuang ke lingkungan, yang berkontribusi pada pencemaran mikroplastik. Banyak daerah di Indonesia belum memiliki infrastruktur yang memadai untuk mengelola sampah dengan efektif. Fasilitas pengumpulan sampah yang tidak memadai, serta tidak adanya fasilitas pemilahan atau pengolahan sampah yang mumpuni , memicu sampah plastik dan sampah lainnya tidak dapat dikelola dengan baik.

Di sisi lain, di banyak daerah yang sudah memiliki infrastruktur juga menghadapi tantangan pada sistem pengelolaan sampah. Hal ini utamanya disebabkan tidak ada integrasi yang baik  antar-instansi pemerintah dengan sektor publik dan swasta. Misalnya, kurangnya koordinasi antara pemerintah daerah dan pihak-pihak yang bertanggung jawab atas pengelolaan sampah, seperti industri, atau masalah kurangnya kebijakan dan regulasi yang mendukung pengelolaan sampah yang efisien dan berkelanjutan.



Analisis pada survei ini merekomendasikan kebijakan yang dapat dipertimbangkan mencakup penghentian bertahap produksi plastik murni dengan menetapkan target nasional untuk mengurangi ketergantungan pada plastik baru, sekaligus mendorong penggunaan bahan alternatif yang ramah lingkungan. Selain itu, promosi sistem isi ulang dan penggunaan kembali kemasan perlu didukung dengan insentif bagi industri yang menerapkan praktik berkelanjutan. Penerapan standar baku mutu mikroplastik pada bahan pangan dan lingkungan juga dapat menjadi prioritas untuk melindungi kesehatan masyarakat dan ekosistem, sementara peningkatan teknologi pemurnian air yang mampu menghilangkan mikroplastik penting adanya untuk memastikan pasokan air minum yang aman. Transparansi industri juga dapat diwajibkan agar masyarakat mendapatkan informasi jelas mengenai kandungan kimia dan risiko pencemaran dari kemasan plastik. Di sisi lain, perbaikan sistem pengelolaan sampah di tingkat lokal dapat dilakukan melalui penguatan sistem pengumpulan, penyortiran, dan pengolahan limbah dengan melibatkan komunitas serta pemerintah daerah untuk menciptakan manajemen limbah yang efektif dan berkelanjutan.

Penelitian ini memiliki keunggulan sebagai yang pertama di Indonesia yang berhasil mengidentifikasi dan mengukur kandungan mikroplastik dalam tiga sampel biologis manusia (urin, feses, dan darah) dan menghubungkannya dengan dampak terhadap penurunan fungsi kognitif. Penelitian memberikan wawasan baru mengenai hubungan antara paparan mikroplastik dan dampaknya terhadap kesehatan, khususnya fungsi otak. Dengan mengukur langsung sampel biologis manusia, penelitian ini memberikan bukti yang akurat tentang tingkat kontaminasi mikroplastik dan pengaruhnya terhadap kognisi. Hal ini menjadi penting karena berkontribusi dalam literatur ilmiah terkait risiko kesehatan mikroplastik dan dapat menjadi dasar yang kuat bagi pembuat kebijakan. Hasilnya diharapkan membantu pemerintah dalam merancang kebijakan pengurangan plastik demi melindungi kesehatan masyarakat dari dampak jangka panjang paparan mikroplastik.

Penelitian ini membuka peluang besar untuk kebijakan pengurangan plastik berbasis bukti ilmiah yang lebih kuat, dengan fokus pada dampak kesehatan, khususnya terhadap fungsi kognitif manusia. Pemerintah perlu segera bertindak dengan menerapkan regulasi yang lebih ketat terkait penggunaan plastik demi melindungi kesehatan jangka panjang masyarakat.



# Rekomendasi

Penelitian ini membuktikan adanya bahaya mikroplastik bagi kesehatan tubuh manusia. Temuan ini perlu ditindaklanjuti dengan serius. Semua pemangku kepentingan memiliki peran yang signifikan dalam mengatasi masalah ini. Setiap pihak harus berkolaborasi untuk mengimplementasikan langkah-langkah mitigasi yang efektif serta melakukan adaptasi terhadap dampak yang sudah mencemari lingkungan dan tubuh manusia. Upaya bersama ini penting untuk menciptakan solusi yang berkelanjutan demi melindungi kesehatan masyarakat dan menjaga ekosistem kita dari kerusakan lebih lanjut.

Greenpeace Indonesia menyusun sejumlah rekomendasi untuk mempercepat pencapaian tujuan pengurangan sampah plastik dan mikroplastik, serta mitigasi dampak buruknya terhadap kesehatan dan lingkungan.

## I. Pemerintah

### Pendekatan mitigasi

Pendekatan mitigasi harus menjadi prioritas utama, sebagaimana tertuang dalam hierarki pengelolaan sampah. Langkah strategis berikut perlu dilakukan untuk mendukung upaya mitigasi:

1. Pemerintah perlu memperbaiki sistem tata kelola sampah berbasis pemilahan, sesuai dengan hierarki pengelolaan sampah. Pemilahan yang efektif di tingkat sumber akan memperkuat sistem pengelolaan sampah dan mengurangi dampak pencemaran plastik secara signifikan.

2. Pemerintah perlu mempercepat waktu penerapan kebijakan pengurangan plastik dan memperluas cakupan larangan plastik sekali pakai. Saat ini, upaya pembatasan hanya mencakup empat jenis – kantong plastik, sedotan, sterofoam, saset – yang akan diberlakukan pada 2030.

   Cakupan ini perlu diperluas ke seluruh jenis plastik sekali pakai, termasuk PET. Larangan penggunaan mikroplastik primer, seperti *microbeads* dalam produk konsumen juga menjadi menjadi langkah mendesak untuk menghindari mikroplastik mencemari lingkungan dan kesehatan.

3. Pemerintah harus mulai merancang kebijakan yang mendorong transisi ke sistem kemasan guna ulang sebagai solusi yang lebih berkelanjutan untuk mengurangi sampah plastik di hulu.

Seluruh langkah tersebut perlu dituangkan dalam peta jalan pengurangan plastik yang mencakup seluruh rantai produksi, dari hulu hingga hilir.

### Pendekatan Adaptasi

Penelitian ini menguatkan bukti bahwa mikroplastik telah mencemari ke setiap lapisan ekosistem kita. Dengan demikian, langkah adaptasi juga menjadi keharusan.

1. Pemerintah harus menetapkan standar pengujian mikroplastik yang ketat dan ambang batas kontaminasi dalam produk pangan dan lingkungan. Beberapa negara, seperti California di Amerika Serikat melalui *California State Water Resources Control Board* dan Uni Eropa melalui *Drinking Water Directive,* telah menerapkan kebijakan pemantauan dan mengembangkan standar pengujian mikroplastik dalam air minum, termasuk metode konsisten dan penetapan ambang batas aman.

   Indonesia dapat mengadopsi langkah serupa untuk mengurangi risiko kesehatan akibat paparan mikroplastik yang kini sulit untuk dihindari.

2. Prinsip *polluters pay* harus diimplementasikan dengan tegas, memastikan bahwa produsen yang menciptakan kerusakan lingkungan dari produk plastik mereka bertanggung jawab atas biaya mitigasi dan adaptasi.

## II. Produsen

Greenpeace mendesak produsen untuk melakukan transformasi dalam model bisnis yang mengutamakan pengurangan penggunaan plastik sekali pakai. Transformasi tersebut dapat dimulai dengan mengimplementasikan langkah-langkah berikut:

1. Produsen perlu melakukan pengurangan signifikan terhadap penggunaan kemasan plastik sekali pakai, termasuk PET, dengan menetapkan target tahunan yang terukur dan transparan.

2. Produsen harus beralih ke sistem kemasan yang mendukung prinsip guna ulang, dengan menempatkan *reuse* (guna ulang) dan *refill* (isi ulang) sebagai inti dari desain produk dan sistem distribusinya.

   Sebagai contoh konkret, ritel dan produsen bisa mulai menjual produk tanpa kemasan atau dengan kemasan yang dapat digunakan kembali di toko-toko lokal. Inisiatif ini dapat diwujudkan melalui penyusunan dan implementasi peta jalan pengurangan sampah, serta keterbukaan data kepada publik.

3. Produsen perlu transparan mengenai komposisi produk dan kemasan mereka, termasuk potensi migrasi mikroplastik dan senyawa lain yang dapat mencemari produk konsumsi. **Konsumen berhak mengetahui apakah produk yang mereka gunakan aman dan bebas dari mikroplastik yang membahayakan.**

4. Produsen harus berinvestasi dalam teknologi pengelolaan limbah dan penyaringan yang efektif untuk mencegah mikroplastik masuk ke berbagai media lingkungan.

## III. Masyarakat

1. Masyarakat perlu secara konsisten mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dengan membawa tas belanja, botol minum, dan wadah makanan sendiri. Memilih produk dengan kemasan guna ulang juga menjadi langkah penting dalam mengurangi ketergantungan pada plastik.

2. Masyarakat perlu mulai memilah sampah dari rumah dan memastikan sampah plastik tidak mencemari lingkungan. Inisiatif ini dapat menjadi contoh bagi lingkungan sekitar dan mendorong kebiasaan kolektif yang lebih bertanggung jawab terhadap pengelolaan sampah.

3. Kesadaran akan bahaya mikroplastik juga perlu ditingkatkan dengan menghindari produk yang mengandung mikroplastik primer, seperti kosmetik atau produk perawatan tubuh dengan microbeads.

## IV. Akademisi

Penelitian terkait dampak mikroplastik terhadap kesehatan dan lingkungan membutuhkan pengembangan lebih lanjut.

1. Penelitian potong lintang yang dilakukan saat ini hanya mampu mengidentifikasi hubungan pajanan mikroplastik dengan fungsi kognitif pada satu waktu tertentu. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan dengan metode kohort untuk menentukan hubungan kausal antara pajanan mikroplastik dan penurunan fungsi kognitif.

2. Penelitian tentang pengaruh bahan aditif plastik terhadap sistem saraf perlu dilakukan pada hewan coba melalui uji *in vivo*.

# Glosarium

1. **Ansietas/*Anxiety*:** Perasaan cemas atau khawatir yang berlebihan dan terus-menerus, sering memengaruhi keseharian seseorang.

2. **Anksiogenik:** Hal atau zat yang dapat memicu atau memperburuk kecemasan.

3. **Apoptosis:** Kematian sel yang terprogram secara alami sebagai bagian dari proses peremajaan tubuh atau menghilangkan sel yang rusak.

4. **Atrofi serabut saraf:** Kondisi di mana serabut saraf menyusut atau rusak, yang dapat mengganggu komunikasi antar saraf.

5. **Deposisi dermal:** Proses di mana zat, seperti partikel mikroplastik, menumpuk atau terserap di kulit melalui kontak langsung.

6. **Endositosis aktif:** Proses di mana sel menggunakan energi untuk menyerap zat atau partikel besar ke dalam tubuhnya.

7. **Fagositosis/Endositosis:** Proses di mana sel menangkap dan menyerap partikel kecil atau zat asing untuk diolah atau dihancurkan.

8. **Fungsional sirkuit neurologis:** Jaringan saraf di otak yang bertanggung jawab atas fungsi tertentu, seperti memori, emosi, atau pengendalian gerakan.

9. **High-Density Polyethylene (HDPE):** Plastik yang kuat, tahan bahan kimia, dan tahan suhu tinggi. Umumnya digunakan untuk botol susu, pipa, tangki air, dan kemasan deterjen.

10. **Inhalasi:** Proses menghirup udara atau partikel kecil ke paru-paru, seperti debu atau mikroplastik dari lingkungan.

11. **Kerusakan fisik:** Gangguan atau cedera pada jaringan tubuh akibat tekanan mekanis, paparan zat kimia, atau luka.

12. **Low-Density Polyethylene (LDPE):** Plastik fleksibel, transparan, dan tahan air. Banyak digunakan untuk kantong plastik, bungkus makanan, dan botol yang dapat diremas.

13. **Neuroinflamasi:** Peradangan pada sistem saraf yang dapat merusak sel saraf dan mengganggu fungsi otak.

14. **Neurotransmitter:** Zat kimia di otak dan saraf yang memungkinkan komunikasi antar sel saraf, seperti dalam pengaturan emosi atau gerakan.

15. **Penyakit saraf degeneratif:** Penyakit yang menyebabkan kerusakan bertahap pada sistem saraf, seperti Alzheimer atau Parkinson.

16. **Penyakit saraf tepi:** Kerusakan saraf di luar otak dan sumsum tulang belakang, sering menyebabkan nyeri, kesemutan, atau mati rasa di tangan dan kaki.

17. **Penghambatan aktivitas asetilkolinesterase:** Gangguan pada enzim yang mengatur aktivitas saraf, menyebabkan stimulasi saraf berlebihan yang dapat memicu gangguan fungsi.

18. **Peradangan:** Respons alami tubuh terhadap cedera atau infeksi, yang menyebabkan pembengkakan, panas, kemerahan, dan rasa sakit.

19. **Perisit vaskular:** Sel yang mengelilingi kapiler dan venula kecil, berperan dalam memberikan dukungan struktural, mengatur aliran darah, dan menjaga fungsi penghalang pembuluh darah.

20. **Polycarbonate (PC):** Plastik bening, tahan benturan, dan tahan panas. Digunakan untuk kaca mata, botol minuman keras, dan peralatan laboratorium.

21. **Polyethylene Terephthalate (PET or PETE):** Plastik ringan, transparan, dan tahan terhadap benturan. Umumnya digunakan untuk botol minuman, kemasan makanan, dan serat tekstil (poliester).

22. **Polypropylene (PP):** Plastik tahan panas, kuat, dan ringan. Banyak digunakan dalam kemasan makanan, sedotan plastik, perlengkapan medis, dan tutup botol.

23. **Polystyrene (PS):** Plastik ringan dan mudah dibentuk, tersedia dalam bentuk solid (plastik keras) atau berbusa (styrofoam). Umumnya digunakan dalam wadah makanan sekali pakai dan kemasan elektronik.

24. **Polyvinyl Alcohol (PVA):** Plastik yang larut dalam air dan biodegradable. Digunakan dalam kapsul obat, kantong deterjen cair, dan perekat kertas.

25. **Polyvinyl Chloride (PVC):** Plastik yang tahan lama, fleksibel, dan tahan air. Sering digunakan untuk pipa air, kabel listrik, lantai vinyl, dan kartu identitas.

26. **Saliva:** Air liur yang membantu memecah makanan dan melindungi mulut dari kuman atau iritasi.

27. **Sawar darah-otak:** Penghalang alami di otak yang menyaring zat dari darah sebelum mencapai jaringan otak untuk melindungi otak dari racun atau infeksi.

28. **Sel neuron:** Sel di sistem saraf yang berfungsi mengirimkan pesan ke seluruh tubuh, seperti mengontrol gerakan atau memproses informasi.

29. **Stres oksidatif:** Ketika tubuh tidak dapat melawan radikal bebas (zat berbahaya), sehingga dapat merusak sel dan jaringan tubuh.

# Daftar Pustaka


Abbasi S, Turner A. Human exposure to microplastics: A study in Iran. J Hazard Mater [online serial]. 2021;403:123799. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030438942031788X

Akanyange SN, Lyu X, Zhao X, et al. Does microplastic really represent a threat? A review of the atmospheric contamination sources and potential impacts. Sci Total Environ [online serial]. 021;777:146020. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969721010871

Ali I, Cheng Q, Ding T, et al. Micro- and nanoplastics in the environment: Occurrence, detection, characterization and toxicity – A critical review. J Clean Prod [online serial]. 2021;313:127863. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652621020

Alimba CG, Faggio C. Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. EnvironToxicol Pharmacol [online serial]. 2019;68:61–74. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1382668918305714 .

Bruhns VA, Milena P. Fast alle Kinder sind mit Weichmachern belastet. Spiegel [online]. Hamburg; 2019. Accessed at: https://www.spiegel.de/gesundheit/schwangerschaft/weichmacher-und-pfoafast-alle-kinder-mit-gesundheitskritischen-chemikalien-belastet-a-1286708.html.

Caruso G. Microplastics as vectors of contaminants. Mar Pollut Bull [online serial]. 2019;146:921–924. accessed at:https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X19305909.

Chen Q, Yin D, Jia Y, et al. Enhanced uptake of BPA in the presence of nanoplastics can lead to eurotoxic effects in adult zebrafish. Sci Total Environ[online serial]. 2017;609:1312–1321. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969717318454.

Christopher Blair C, Quinn B. Microplastic pollutants. 1st ed. Laura S K, editor. Amsterdam: Elsevier; 2017.

Collard F, Gilbert B, Compère P, et al. Microplastics in livers of European anchovies (Engraulis encrasicolus , L.). Environ Pollut [online serial]. 2017;229:1000–1005. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749117319024 .

da Costa Araújo AP, Malafaia G. Microplastic ingestion induces behavioral disorders in mice: A preliminary study on the trophic transfer effects via tadpoles and fish. J Hazard Mater [online serial]. 2021;401:123263. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389420312528 .

Deng Y, Yan Z, Shen R, Huang Y, Ren H, Zhang Y. Enhanced reproductive toxicities induced by phthalates contaminated microplastics in male mice (Musmusculus). J Hazard Mater [online serial]. 2021;406:124644. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389420326340 .

Domenech J, Marcos R. Pathways of human exposure to microplastics, and estimation of the total burden. Curr Opin Food Sci [online serial]. 2021;39:144–151. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214799321000084

Donohue MJ, Masura J, Gelatt T, et al. Evaluating exposure of northern fur seals, Callorhinus ursinus, to microplastic pollution through fecal analysis. Mar Pollut Bull [online serial]. 2019;138:213–221. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X18308130

Galgani F, Hanke G, Maes T. Global Distribution, Composition and Abundance of Marine Litter. Mar Anthropog Litter [online]. Cham: Springer International Publishing; 2015. p. 29–56. Accessed at: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-16510-3_2 .

He D, Zhang Y, Gao W. Micro(nano)plastic contaminations from soils to plants: human food risks. Curr Opin Food Sci [online serial]. 2021;41:116–121. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214799321000679.

Iñiguez ME, Conesa JA, Fullana A. Microplastics in Spanish Table Salt. Sci Rep [online serial]. 2017;7:8620. Accessed at: http://www.nature.com/articles/s41598-017-09128-x.

Jeong C-B, Kang H-M, Lee M-C, et al. Adverse effects of microplastics andoxidative stress-induced MAPK/Nrf2 pathway-mediated defense mechanisms in the marine copepod Paracyclopina nana. Sci Rep [online serial]. 2017;7:41323. Accessed at: http://www.nature.com/articles/srep41323 .

John H. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 13th ed. Philadelphia: Saunders; 2015.

Karami A, Golieskardi A, Keong Choo C, Larat V, Galloway TS, Salamatinia B. The presence of microplastics in commercial salts from different countries. Sci Rep [online serial]. 2017;7:46173. Accessed at: http://www.nature.com/articles/srep46173.

Kosuth M, Mason SA, Wattenberg E V. Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. Zhou Z, editor. PLoS One [online serial]. 2018;13:e0194970. Accessed at: https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0194970.

Li B, Ding Y, Cheng X, et al. Polyethylene microplastics affect the distribution of gut microbiota and inflammation development in mice. Chemosphere [online serial]. 2020;244:125492. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653519327328.

Li S, Shi M, Wang Y, Xiao Y, Cai D, Xiao F. Keap1-Nrf2 pathway upregulation via hydrogen sulfide mitigates polystyrene microplastics inducedhepatotoxic effects. J Hazard Mater [online serial]. 2021;402:123933. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389420319233 .

Li Z, Zhu S, Liu Q, et al. Polystyrene microplastics cause cardiac fibrosis by activating Wnt/β-catenin signaling pathway and promoting cardiomyocyte apoptosis in rats. Environ Pollut [online serial]. 2020;265:115025. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749120333911 .

Liebezeit G, Liebezeit E. Synthetic particles as contaminants in German beers. Food Addit Contam Part A [online serial]. 2014;31:1574–1578. Accessed at: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19440049.2014.945099.

Lu S, Qiu R, Hu J, et al. Prevalence of microplastics in animal-based traditional medicinal materials: Widespread pollution in terrestrial environments. Sci Total Environ [online serial]. 2020;709:136214. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969719362102.

Mak CW, Ching-Fong Yeung K, Chan KM. Acute toxic effects of polyethylene microplastic on adult zebrafish. Ecotoxicol Environ Saf [online serial]. 2019;182:109442. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0147651319307730 .

Nithin A, Sundaramanickam A, Surya P, Sathish M, Soundharapandiyan B, Balachandar K. Microplastic contamination in salt pans and commercial salts – A baseline study on the salt pans of Marakkanam and Parangipettai, Tamil Nadu, India. Mar Pollut Bull [online serial]. 2021;165:112101. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X21001351 .

Pérez-Guevara F, Kutralam-Muniasamy G, Shruti VC. Critical review on microplastics in fecal matter: Research progress, analytical methods and future outlook. Sci Total Environ [online serial]. 2021;778:146395. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969721014637 .

Pitt JA, Kozal JS, Jayasundara N, et al. Uptake, tissue distribution, and toxicity of polystyrene nanoparticles in developing zebrafish (Danio rerio). AquatToxicol [online serial]. 2018;194:185–194. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166445X17303442

Provencher JF, Vermaire JC, Avery-Gomm S, Braune BM, Mallory ML. Garbage in guano? Microplastic debris found in faecal precursors of seabirds known to ingest plastics. Sci Total Environ [online serial]. 2018;644:1477– 1484. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718325865 .

Prüst M, Meijer J, Westerink RHS. The plastic brain: neurotoxicity of microand nanoplastics. Part Fibre Toxicol [online serial]. 2020;17:24. Accessed at: https://particleandfibretoxicology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12989-020-00358-y.

Rafiee M, Dargahi L, Eslami A, et al. Neurobehavioral assessment of rats exposed to pristine polystyrene nanoplastics upon oral exposure. Chemosphere [online serial]. 2018;193:745–753. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653517318532.

Rose C, Parker A, Jefferson B, Cartmell E. The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology. Crit Rev Environ Sci Technol [online serial]. 2015;45:1827–1879. Accessed at: http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10643389.2014.1000761

Schirinzi GF, Pérez-Pomeda I, Sanchís J, Rossini C, Farré M, Barceló D.Cytotoxic effects of commonly used nanomaterials and microplastics on cerebral and epithelial human cells. Environ Res [online serial]. 2017;159:579–587. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013935117310770 .

Schwabl P, Köppel S, Königshofer P, et al. Detection of Various Microplastics in Human Stool. Ann Intern Med [online serial]. 2019;171:453. Accessed at: https://annals.org/aim/fullarticle/2749504/detection-various-microplasticshuman-stool-prospective-case-series.

Sussarellu R, Suquet M, Thomas Y, et al. Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. Proc Natl Acad Sci [online serial].Accessed at: http://www.pnas.org/lookup/doi/10.1073/pnas.1519019113 .

Tirkey A, Upadhyay LSB. Microplastics: An overview on separation, identification and characterization of microplastics. Mar Pollut Bull [online serial]. 2021;170:112604. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X2100638X .

Tönnies E, Trushina E. Oxidative Stress, Synaptic Dysfunction, and Alzheimer's Disease. J Alzheimer's Dis [online serial]. 2017;57:1105–1121. Accessed at: https://www.medra.org/servlet/aliasResolver?alias=iospress&doi=10.3233/JAD - 161088.

Wang L, Wang Y, Xu M, et al. Enhanced hepatic cytotoxicity of chemically transformed polystyrene microplastics by simulated gastric fluid. J Hazard Mater [online serial]. 2021;410:124536. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389420325267 .

Wei J, Wang X, Liu Q, et al. The impact of polystyrene microplastics on cardiomyocytes pyroptosis through <scp>NLRP3</scp> /Caspase‐1 signaling pathway and oxidative stress in Wistar rats. Environ Toxicol [online serial].2021;36:935–944. Accessed at: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tox.23095.

Yan Z, Zhao H, Zhao Y, et al. An efficient method for extracting microplastics from feces of different species. J Hazard Mater [online serial]. 2020;384:121489. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389419314438.

Yang D, Shi H, Li L, Li J, Jabeen K, Kolandhasamy P. Microplastic Pollution in Table Salts from China. Environ Sci Technol [online serial]. 2015;49:13622–13627. Accessed at: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.5b03163.

Yee MS-L, Hii L-W, Looi CK, et al. Impact of Microplastics and Nanoplastics on Human Health. Nanomaterials [online serial]. 2021;11:496. Accessed at: https://www.mdpi.com/2079-4991/11/2/496.

Yin K, Wang Y, Zhao H, et al. A comparative review of microplastics and nanoplastics: Toxicity hazards on digestive, reproductive and nervous system. Sci Total Environ [online serial]. 2021;774:145758. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969721008251.

Zhang N, Li Y Bin, He HR, Zhang JF, Ma GS. You are what you eat: Microplastics in the feces of young men living in Beijing. Sci Total Environ [online serial]. 2021;767:144345. Accessed at: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969720378761.

Laporan ini diterbitkan pada Februari, 2025
di bawah tanggung jawab

**Greenpeace Indonesia**
Jl. HOS. Cokroaminoto No. 19 RT 1 / RW 2
Gondangdia, Kecamatan Menteng
Jakarta Pusat, 10350

**www.greenpeace.or.id**