

Mikroplastik pada Manusia: Rute Paparan, Mekanisme Toksikologi, dan Risiko Kesehatan – Sebuah Studi Literatur

M. Aditya Permana¹

¹Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

Abstrak

Mikroplastik merupakan kontaminan lingkungan yang telah terdeteksi di berbagai sistem biologis manusia, menimbulkan kekhawatiran terhadap risiko kesehatan jangka panjang. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi rute paparan, mekanisme toksikologi, dan dampak kesehatan mikroplastik pada manusia melalui studi literatur. Metode penelitian menggunakan pencarian literatur melalui basis data PubMed, Scopus, Web of Science, dan ScienceDirect untuk publikasi tahun 2020–2025 dalam bahasa Inggris dan Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan manusia terpapar mikroplastik melalui tiga jalur utama: inhalasi, ingesti, dan kontak dermal, dengan partikel mampu menembus penghalang biologis dan terakumulasi di berbagai organ termasuk paru-paru, jantung, usus, plasenta, dan organ reproduksi. Mekanisme toksisitas mencakup stres oksidatif, peradangan kronis, gangguan fungsi organ, serta potensi transfer lintas generasi melalui plasenta dan air susu ibu. Kesimpulannya, bukti menunjukkan risiko kesehatan multiorgan yang signifikan dari paparan mikroplastik, meskipun pemahaman dampak spesifik pada manusia masih fragmentaris dan memerlukan penelitian sistematis lebih lanjut.

Kata kunci: Microplastic, Human Exposure, and Health Risks.

Microplastics in Humans: Exposure Routes, Toxicological Mechanisms, and Health Risks – A Review

Abstrak

Microplastics are environmental contaminants that have been detected in various human biological systems, raising concerns about long-term health risks. This research aims to identify exposure routes, toxicological mechanisms, and health impacts of microplastics in humans through a literature review. The research method utilizes literature searches through PubMed, Scopus, Web of Science, and ScienceDirect databases for publications from 2020–2025 in English and Indonesian. Research findings demonstrate that humans are exposed to microplastics through three major routes: inhalation, ingestion, and dermal contact, with particles capable of penetrating biological barriers and accumulating in various organs including lungs, heart, intestines, placenta, and reproductive organs. Toxicity mechanisms include oxidative stress, chronic inflammation, organ dysfunction, and the potential for intergenerational transfer through the placenta and breast milk. In conclusion, the evidence indicates significant multiorgan health risks from microplastic exposure, although understanding of specific impacts on human health remains fragmentary and requires further systematic research.

Kata kunci: Mikroplastik, Paparan Manusia, dan Risiko kesehatan.

Korespondensi: M. Aditya Permana, M.Si, Alamat Jl. Soemantri Brodjonegoro No. 1, HP 085268342300, e-mail: muhammad.adityapermana@fk.unila.ac.id

Pendahuluan

Mikroplastik merupakan kontaminan lingkungan yang kini telah terdeteksi di hampir semua sistem lingkungan dan biologis, sehingga menimbulkan kekhawatiran terhadap risiko kesehatan manusia¹. Partikel ini berasal dari berbagai sumber, seperti produk perawatan pribadi, tekstil, dan degradasi limbah plastik

yang tersebar luas di udara, air, dan tanah². Mikroplastik juga telah ditemukan dalam rantai makanan manusia, termasuk dalam makanan laut, air minum, dan produk pangan lainnya³.

Paparan manusia terhadap mikroplastik dapat terjadi melalui tiga jalur utama, yaitu konsumsi makanan dan minuman, inhalasi udara, serta kontak

kulit⁴. Jalur paparan ini menyebabkan mikroplastik dapat masuk ke dalam tubuh dan terdistribusi ke berbagai organ, seperti saluran pencernaan, paru-paru, dan bahkan plasenta⁵. Selain itu, anak-anak memiliki risiko paparan yang lebih tinggi akibat perilaku dan karakteristik fisiologis tertentu⁶.

Mikroplastik yang masuk ke dalam tubuh dapat memicu berbagai mekanisme toksisitas, seperti stres oksidatif, peradangan, dan gangguan metabolisme⁷. Paparan jangka panjang terhadap mikroplastik juga dapat menyebabkan gangguan pada sistem imun, sistem pencernaan, dan sistem reproduksi⁸. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik dapat menembus penghalang biologis dan terakumulasi di jaringan tubuh manusia⁹.

Selain efek langsung, mikroplastik juga dapat membawa bahan kimia berbahaya seperti aditif plastik (misalnya ftalat) dan polutan lingkungan lain, yang dapat meningkatkan efek toksik secara sinergis¹. Interaksi antara mikroplastik dan kontaminan lain di lingkungan dapat memperparah risiko kesehatan yang ditimbulkan¹⁰. Hal ini menambah kompleksitas dalam penilaian risiko toksisitas mikroplastik pada manusia¹¹.

Penelitian *in vitro* dan *in vivo* menunjukkan bahwa paparan mikroplastik dapat menyebabkan sitotoksitas, perubahan mikrobiota usus, serta gangguan fungsi organ seperti hati dan paru-paru⁷. Efek toksik mikroplastik sangat dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, dan komposisi kimia partikel⁶. Partikel yang lebih kecil, seperti nanoplastik, memiliki kemampuan lebih besar untuk menembus jaringan dan menimbulkan kerusakan pada tingkat seluler¹².

Isu terkini yang menjadi perhatian adalah peran mikroplastik sebagai vektor bagi kontaminan lain, seperti logam berat dan senyawa organik persisten, yang dapat

meningkatkan risiko kesehatan secara kumulatif¹⁰. Selain itu, pandemi COVID-19 memperparah polusi mikroplastik melalui peningkatan limbah masker dan alat pelindung diri berbahan plastik¹³. Studi juga menyoroti potensi transfer mikroplastik dari ibu ke janin melalui plasenta, serta deteksi partikel ini dalam darah dan ASI⁵.

Bukti toksisitas mikroplastik terus bertambah, tetapi terdapat banyak ketidakpastian terkait dosis paparan yang relevan secara lingkungan, efek jangka panjang, serta interaksi antara mikroplastik dan faktor risiko lain¹⁴. Keterbatasan metodologi dalam deteksi dan karakterisasi mikroplastik di jaringan manusia menjadi tantangan utama dalam penilaian risiko kesehatan⁹.

Berbagai temuan epidemiologis menunjukkan adanya hubungan antara paparan mikroplastik dan sejumlah penyakit kronis. Kami menjelaskan beberapa kesenjangan dalam studi toksisitas mikroplastik serta arah pengembangan penelitian kedepan. Ulasan ini membantu memperjelas risiko paparan dan potensi dampak kesehatan yang terkait dengan mikroplastik⁸.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode Pencarian literatur melalui basis data PubMed, Scopus, Web of Science, dan ScienceDirect untuk publikasi tahun 2020–2025 dalam bahasa Inggris dan Indonesia. Strategi pencarian menggabungkan kata kunci: ("microplastic*" OR "micro-plastic*") AND ("human" OR "health") AND ("exposure" OR "toxicity" OR "effect"), dengan variasi untuk setiap basis data. Kriteria inklusi mencakup studi yang menilai paparan mikroplastik dan dampak pada kesehatan manusia, termasuk studi observasional, eksperimental, dan *in vitro* dengan relevansi terhadap risiko manusia. Artikel berita, opini, atau studi hanya tentang konsentrasi lingkungan tanpa

outcome kesehatan dieksklusikan. Artikel yang memenuhi kriteria awal dipilih melalui screening judul-abstrak, kemudian dinilai ulang pada tahap full-text oleh penulis secara independen.

Data diekstraksi meliputi Studi / Judul, Metode deteksi mikroplastik, Sumber Mikroplastik, Jenis Mikroplastik, Hasil, dan Risiko Kesehatan. Temuan disintesis secara naratif terstruktur berdasarkan tema (jalur paparan, translokasi, mekanisme biologis, dampak kesehatan) tanpa meta-analisis mengingat heterogenitas tinggi dalam metodologi dan outcome.

Hasil dan Pembahasan

Rute Paparan Mikroplastik pada Manusia

Paparan mikroplastik pada manusia dapat terjadi melalui tiga jalur utama, yaitu inhalasi, ingesti, dan kontak dermal¹⁵. Inhalasi mikroplastik berasal dari udara, baik di lingkungan dalam ruangan maupun luar ruangan, yang mengandung partikel mikroplastik dari debu, tekstil, dan aktivitas industri³. Selain itu, mikroplastik juga dapat terhirup melalui udara di tempat kerja yang terkontaminasi, seperti pabrik tekstil dan pengolahan plastik¹⁶.

Jalur ingesti merupakan salah satu jalur paparan utama, di mana manusia mengonsumsi mikroplastik melalui makanan dan minuman¹⁷. Mikroplastik telah ditemukan dalam berbagai produk pangan seperti makanan laut, garam, air minum, buah, dan sayuran¹⁸. Konsumsi air minum, terutama air kemasan, menjadi sumber signifikan paparan mikroplastik pada manusia¹⁹.

Kontak dermal juga menjadi jalur paparan, meskipun kontribusinya relatif kecil dibandingkan inhalasi dan ingesti²⁰. Penggunaan produk perawatan pribadi yang mengandung mikroplastik, seperti scrub dan

kosmetik, dapat menyebabkan partikel menempel dan menembus lapisan kulit²¹. Namun, penelitian menunjukkan bahwa transpor mikroplastik melalui kulit masih sangat terbatas dan memerlukan kajian lebih lanjut¹⁶.

Paparan mikroplastik pada kelompok rentan, seperti anak-anak dan bayi, cenderung lebih tinggi karena perilaku dan karakteristik fisiologis mereka²². Bayi dapat terpapar mikroplastik dari botol susu plastik dan mainan, serta dari debu rumah tangga yang terhirup atau tertelan²³. Studi biomonitoring telah mendeteksi mikroplastik dalam feses bayi dan anak-anak, menandakan paparan yang signifikan sejak usia dini²⁴.

Mikroplastik yang masuk ke dalam tubuh dapat terdistribusi ke berbagai organ, seperti paru-paru, saluran pencernaan, darah, plasenta, dan organ reproduksi⁹. Penelitian menunjukkan bahwa partikel berukuran sangat kecil, seperti nanoplastik, memiliki potensi lebih besar untuk menembus penghalang biologis dan terakumulasi di jaringan tubuh²⁵. Deteksi mikroplastik dalam plasenta dan darah manusia menandakan risiko paparan sistemik yang perlu diwaspadai²⁶.

Mekanisme Toksikologi, dan Risiko Kesehatan dari Mikroplastik

Studi literatur yang telah di telah dikumpulkan, untuk publikasi penelitian dalam rentang (2020-2025) dengan fokus pada paparan mikroplastik dan dampak pada kesehatan manusia dapat dilihat pada Tabel.1. berdasarkan pada data tersebut, mikroplastik ditemukan pada organ tubuh, sistem pencernaan, dan sistem peredaran darah.

Tabel 1. Hasil Penelitian: Jalur Paparan & Dampak Kesehatan Mikroplastik (2020-2025).

No	Sumber Penelitian	Metode Deteksi	Sumber / Spesimen	Jenis Mikroplastik	Risiko Kesehatan
1	Marfella et al. (2024) NEJM ²⁷	Pyrolysis-GC/MS	Plak Arteri Karotis (Aterosklerosis)	PE, dan PVC	Peningkatan risiko infark miokard, stroke, atau kematian pada pasien dengan mikroplastik di plak arteri.
2	Leslie et al. (2022) Environment Internasional ²⁸	Double Shot Py-GC/MS	Darah Manusia (venipuncture)	PE, PET, PMMA dan PS	Bukti pertama bioavailabilitas plastik dalam aliran darah; potensi transportasi ke organ vital dan gangguan saluran empedu, ginjal atau transfer dan deposisi di organ lebih lambat dibandingkan laju penyerapan ke dalam darah
3	Ragusa et al. (2021) Environment International ²⁹	Raman Microspectroscopy	Plasenta Manusia (Sisi ibu & janin)	PP, dan Pigmen cat	Potensi gangguan jalur pengaturan seluler dalam plasenta, termasuk mekanisme kekebalan, sinyal faktor pertumbuhan, komunikasi ibu dan janin, serta pergerakan sel imun selama kehamilan normal.
4	Yan et al. (2022) Env. Science & Tech ³⁰	Micro-Raman Spectroscopy	Feses (Pasien IBD & Sehat)	PET, dan PA	Konsentrasi mikroplastik berkorelasi positif dengan tingkat keparahan penyakit radang usus (IBD); potensi eksaserbasi inflamasi usus.
5	Jenner et al. (2022) Sci. of Total Environment ³¹	μFTIR Spectroscopy	Jaringan Paru-paru (Bagian dalam)	PP, PET, dan resin	Mikroplastik ditemukan di semua area paru (termasuk bagian bawah); potensi sitotoksitas Peradangan, peningkatan ROS (Reactive Oxygen Species) dan stres oksidatif, cedera fisik akibat bentuk partikel, gangguan proses fagositosis.
6	Ragusa et al. (2022) Polymers ³²	Raman Microspectroscopy	ASI (Air Susu Ibu)	PE, PVC, PP	Bukti transfer mikroplastik ibu-ke-bayi; risiko penyakit alergi dan mengubah perkembangan fisik/neurokognitif. .
7	Amato-Lourenço et al. (2021) J. Hazardous Materials ³³	Histopatologi & μFTIR	Jaringan parenkim dari daerah distal dan proksimal paru-paru kiri (Autopsi)	PP, PE, PA, PVC, PS, dan PU	Inhalasi partikel menyebabkan memicu efek pro-inflamasi lokal yang didorong oleh makrofag atau sel epitel, yang diangkut ke pleura atau ke sistem sirkulasi sistemik.

8	Yang et al. (2023) Science Tech. ³⁴	Env. & LDIR Imaging	Jaringan Jantung (Sebelum/Sesudah Operasi)	PP, PET, PS, PE, PA, PC, PVC, PU, PMM	Bukti mikroplastik dapat menembus dan terakumulasi dalam jaringan miokardium dan perikardium; risiko kardi toksisitas langsung.
9	Huang et al. (2022) Science Tech. ³⁵	Env. & μ FTIR Spectroscopy dan LDIR	Sputum (Dahak)	PU, Polyester, dan CPE	Potensi mikroplastik masuk menembus jauh ke dalam paru-paru, mencapai alveoli, memicu peradangan, stres oksidatif, dan gangguan fungsi paru-paru.
10	Rotchell et al. (2023) PLoS One ³⁶	μ FTIR Spectroscopy	Pembuluh Vena Saphena (Kaki)	Alkyd resin, PVA, dan Nylon	Bukti infiltrasi plastik ke dalam dinding pembuluh darah perifer; potensi gangguan endotel dan integritas vaskular.
11	Ibrahim et al. (2021) Open ³⁷	JGH FTIR Spectroscopy	Jaringan Kolon (Kolektomi)	PC, Nylon, dan PP	Akumulasi dalam mukosa usus besar; potensi gangguan permeabilitas usus (leaky gut) dan interaksi dengan mikrobioma usus.
12	Horvatits et al. (2022) EBioMedicine ³⁸	Fluoresensi & Mikroskopi	Jaringan Hati (Sirosis)	Berbagai polimer plastik	Ditemukan pada jaringan hati sirosis; potensi mikroplastik memperburuk fibrosis hati atau terjebak akibat kerusakan arsitektur hati.
13	Li et al. (2024) Science of Total Environment ³⁹	Laser Raman	Semen (Sperma) Manusia	PS, PE, dan PVC	Konsentrasi mikroplastik dalam semen berkorelasi negatif dengan motilitas sperma progresif; indikasi risiko infertilitas pria.
14	Zhao et al. (2023) Science of Total Environment ⁴⁰	μ Raman & SEM	Testis dan Semen	PS, PE, dan PVC	Menemukan korelasi antara keberadaan fragmen PS dengan peningkatan stres oksidatif pada sel sperma dan penurunan kualitas morfologi sperma.
15	Pironti et al. (2021) Toxics ⁴¹	μ Raman Spectroscopy	Urin Manusia	PVA, PVC, PP, dan PE	Bukti mikroplastik dapat melewati saluran pencernaan dan dihilangkan melalui proses biologi melewati sistem tubulus ginjal..
16	Zhang et al. (2024) Journal of Hazardous Materials ⁴²	LDIR dan Chromatography (Py-GC-MS)	Batu Empedu (Gallstones)	PS, PE, PP, PET, and EVA	Keberadaan mikroplastik dalam batu empedu menunjukkan potensinya untuk memperburuk kololitiasis dengan membentuk heteroagregat kolesterol-mikroplastik yang besar dan mengubah mikrobiota usus .

17	Braun et al. (2021) ³	Pharmaceutics ⁴	μFTIR	plasenta dan mekonium	PE, PP, PS, dan PU	Ditemukan pada plasenta dan mekonium yang diperoleh dari persalinan sesar; potensi dapat mengubah beberapa jalur regulasi seluler di plasenta yang dapat mempengaruhi perkembangan plasenta dan janin.
	18	Wu et al. (2022) Journal of Advanced Research ⁴⁴	of μRaman Spectroscopy	Jaringan Trombus (Gumpalan darah)	LDPE, phthalocyanine	Mikroplastik terdeteksi dalam trombus yang diambil dari pasien operasi bedah kardiovaskular; potensi peningkatan partikel dalam sistem darah dapat meningkatkan risiko diseksi aorta.

Keterangan:
PA: Polyamide PC: Polycarbonate, PE: Polyethylene, PET: Polyethylene Terephthalate, PL: Polyester, PVC: Polyvinyl Chloride
PMMA: Poly(methyl methacrylate), PP: Polypropylene, PS: Polystyrene, PU: Polyurethane, PVA: Polyvinyl Alcohol,
CPE: Chlorinated Polyethylene

Jalur Penetrasi dan Sirkulasi Sistemis Mikroplastik

Pergerakan mikroplastik dari lingkungan menuju tubuh manusia membentuk jalur berlapis dan bersifat multi-route. Bukti terbaru menunjukkan keberadaan beberapa titik masuk biologis yang memungkinkan partikel plastik melewati sistem pertahanan tubuh dengan tingkat efisiensi yang berbeda sesuai karakteristik partikelnya dan kondisi host. Studi Leslie menggunakan Double Shot Py-GC/MS pada sampel darah manusia dan melaporkan konsentrasi rata-rata 1,6 µg/ml partikel PET dan PS. Temuan tersebut menunjukkan penyerapan mikroplastik dari makanan dan minuman melalui epitel usus menuju sirkulasi sistemik²⁸.

Penelitian Rotchell mengidentifikasi mikroplastik dalam vena saphena pada tingkat jaringan, sehingga pergerakan partikel melalui sistem vaskular memperoleh dukungan tambahan. Aliran darah membawa partikel tersebut menuju organ metabolik, termasuk ginjal. Ginjal harus memproses dan membuang komponen asing melalui mekanisme filtrasi, namun ukuran mikroplastik yang lebih besar

daripada molekul terlarut menimbulkan tantangan biologis³⁶.

Penelitian lain yang dilakukan Zhou menunjukkan akumulasi signifikan dalam tubulus ginjal bersama peningkatan KIM-1 dan penurunan laju filtrasi glomerulus. Hasil tersebut menunjukkan gangguan fungsi ginjal akibat keberadaan partikel plastik dalam aliran darah. Pengamatan pada darah dan pembuluh darah memberikan dasar mekanistik yang memperjelas proses distribusi mikroplastik menuju organ tubuh serta potensi akumulasi multi organ pada kondisi paparan lingkungan yang terus meningkat⁹.

Sistem Kardiovaskular dan Akumulasi Vaskular

Sistem kardiovaskular berfungsi sebagai organ target yang penting dalam konteks paparan mikroplastik kronis. Sejumlah penelitian menunjukkan proses bertahap yang mencakup penumpukan partikel plastik di pembuluh darah, ketidakstabilan plak aterosklerotik, dan peningkatan risiko kejadian kardiovaskular berat. Studi Marfella pada tahun 2024 yang dipublikasikan dalam The New England Journal of Medicine melaporkan bahwa

pasien dengan mikroplastik dan nanoplastik yang terdeteksi dalam plak arteri karotis memiliki peningkatan risiko sekitar 4,5 kali lipat untuk mengalami infark miokard, stroke iskemik, atau kematian dari semua penyebab dalam periode tindak lanjut 34 bulan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa keberadaan partikel plastik dalam plak arteri tidak bersifat pasif tetapi mungkin memainkan peran aktif dalam mempercepat progresi aterosklerosis²⁷.

Lebih lanjut Studi Yang pada tahun 2023 menggunakan LDIR Imaging pada jaringan jantung pasien yang menjalani prosedur kardiovaskular dan menunjukkan bahwa partikel plastik mampu menembus intima arteri serta mencapai miokardium dan perikardium. Temuan tersebut memberi indikasi bahwa paparan partikel plastik berpotensi mempengaruhi fungsi kontraktile jantung melalui stres oksidatif dan peradangan intraseluler³⁴.

Penelitian yang dilakukan Wu pada 2023 melaporkan keberadaan mikroplastik dalam sampel trombus dari pasien dengan stroke iskemik akut. Hasil tersebut menunjukkan hubungan antara partikel plastik dalam darah dengan peningkatan risiko pembentukan trombus yang dapat memicu oklusi vaskular akut dan kerusakan jaringan iskemik. Rangkaian temuan tersebut memberikan gambaran mengenai proses patofisiologis yang meliputi peredaran sistemik mikroplastik, akumulasi dalam pembuluh perifer, deposisi dalam plak arteri, peningkatan kejadian trombotik, serta potensi kerusakan langsung pada jaringan jantung yang berkaitan dengan peningkatan mortalitas kardiovaskular⁴⁴.

Sistem Reproduksi dan Kesehatan Perkembangan Janin

Paparan mikroplastik berhubungan dengan risiko kesehatan lintas generasi melalui jalur reproduksi dan maternal fetal. Studi Ragusa di tahun 2021 menggunakan Raman Microspectroscopy pada plasenta manusia dan melaporkan keberadaan

polypropylene serta pigmen cat pada sisi ibu dan sisi janin. Temuan tersebut menunjukkan bahwa sawar plasenta tidak sepenuhnya mencegah masuknya partikel mikroplastik, sebuah mekanisme yang diuluki oleh peneliti sebagai fenomena "Plasticenta"²⁹. Studi lanjutan Ragusa di tahun 2022 mendeteksi polimer PE, PVC, dan PP dalam air susu ibu pada sebagian besar sampel yang diteliti. Hasil tersebut menunjukkan adanya transfer mikroplastik dari ibu ke bayi melalui proses menyusui selama fase perkembangan awal³².

Pada sistem reproduksi pria, penelitian Li di tahun 2024 menggunakan Laser Raman Spectroscopy dan menemukan PS, PE, serta PVC dalam semen dengan hubungan negatif terhadap motilitas sperma progresif³⁹. Studi Zhao pada 2023 mendukung temuan tersebut melalui identifikasi partikel plastik dalam testis dan semen bersamaan dengan peningkatan reactive oxygen species dan penurunan kualitas sperma⁴⁰. Bukti ini menunjukkan bahwa mikroplastik memengaruhi fertilitas pria, perkembangan janin, dan paparan bayi baru lahir melalui ASI sehingga menciptakan pola paparan berulang yang relevan terhadap kesehatan reproduksi manusia

Inhalasi sebagai Pintu Masuk Utama hingga Penyakit Paru Kronis

Inhalasi berperan sebagai rute paparan mikroplastik yang penting dalam konteks kesehatan respirasi. Sistem paru memiliki luas permukaan alveolar sekitar 70 meter persegi sehingga menyediakan area besar untuk deposisi partikel udara. Studi Jenner pada 2022 menggunakan μ FTIR Spectroscopy pada jaringan paru manusia dan menemukan polypropylene serta polyethylene terephthalate di berbagai zona paru termasuk alveoli. Konsentrasi tertinggi mencapai $14,19 \pm 14,57$ partikel per gram jaringan basah. Temuan tersebut menunjukkan bahwa partikel plastik yang terhirup mampu melewati pertahanan

saluran napas dan mencapai lokasi pertukaran gas³¹.

Penelitian Amato Lourenço di tahun 2021 pada jaringan paru autopsi menunjukkan bahwa mikroplastik yang terakumulasi memiliki pola retensi jangka panjang tanpa eliminasi efektif melalui mekanisme mukosiliar. Kondisi ini berkaitan dengan peradangan kronis dan gangguan saluran napas kecil³³. Selanjutnya Studi Huang pada 2022 mendukung temuan tersebut melalui analisis sputum yang menunjukkan hubungan antara kadar mikroplastik yang tinggi dan peningkatan IL 6 serta TNF alfa. Parameter fungsi paru seperti FEV1 dan rasio FEV1 FVC juga menurun³⁵. Secara keseluruhan, bukti tersebut menunjukkan bahwa inhalasi mikroplastik diikuti deposisi jangka panjang di paru dan respon inflamasi lokal yang relevan terhadap perkembangan penyakit paru kronis.

Akumulasi Intestinal hingga Penyakit Radang Usus

Saluran gastrointestinal berperan sebagai organ terbesar yang berinteraksi dengan lingkungan eksternal melalui makanan dan minuman, sehingga menyediakan area luas untuk paparan mikroplastik. Bukti terbaru menunjukkan akumulasi mikroplastik dalam usus berhubungan dengan gangguan homeostasis intestinal dan kesehatan sistemik. Yan pada 2022 melaporkan konsentrasi mikroplastik lebih tinggi pada feses pasien inflammatory bowel disease, yaitu 41,8 item per gram, dibanding 28,0 item per gram pada kontrol sehat. Temuan ini menunjukkan hubungan positif antara jumlah partikel plastik dalam saluran gastrointestinal dengan aktivitas penyakit serta tingkat inflamasi³⁰. Lalu Studi Ibrahim pada jaringan kolon menunjukkan keberadaan polycarbonate, polyamide, dan polypropylene dengan rata-rata $28,1 \pm 15,4$ partikel per gram jaringan, yang

menunjukkan penetrasi partikel ke dalam mukosa usus besar³⁷.

Akumulasi mikroplastik berpotensi mengganggu integritas tight junction epitel, meningkatkan permeabilitas paracellular, serta mengubah komposisi microbiota yang berperan dalam produksi short-chain fatty acids, vitamin K, dan modulasi imun. Bukti tersebut menunjukkan mikroplastik dalam usus berkontribusi pada kondisi proinflamatori, gangguan fungsi barier, perubahan ekosistem mikroba, serta eksaserbasi penyakit radang usus, sehingga meningkatkan penetrasi partikel dan memicu respons imun mukosa yang tidak teratur.

Simpulan

Mikroplastik telah menjadi kontaminan lingkungan yang ubiquitous dan telah terdeteksi di hampir semua sistem biologis manusia, menciptakan ancaman kesehatan lintas generasi yang signifikan. Penelitian menunjukkan bahwa manusia terpapar mikroplastik melalui tiga jalur utama—inhalasi, ingesti, dan kontak dermal—dengan partikel ini mampu menembus berbagai penghalang biologis dan terakumulasi di organ vital seperti paru-paru, jantung, ginjal, saluran gastrointestinal, plasenta, dan sistem reproduksi.

Mekanisme toksisitas mencakup stres oksidatif, peradangan kronis, gangguan fungsi organ, dan transfer mikroplastik dari ibu ke janin serta melalui air susu ibu, dengan bukti epidemiologis menunjukkan hubungan antara paparan mikroplastik dan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular, infertilitas pria, penyakit radang usus, serta gangguan perkembangan janin.

Meskipun bukti toksisitas mikroplastik terus berkembang, pemahaman menyeluruh tentang dampak kesehatan jangka panjang pada manusia masih fragmentaris dan memerlukan penelitian sistematis yang lebih ekstensif.

Tantangan utama mencakup ketidakpastian mengenai dosis paparan yang relevan secara lingkungan, heterogenitas metodologi deteksi, serta perlunya standarisasi dalam karakterisasi mikroplastik di jaringan manusia. Oleh karena itu, diperlukan upaya penelitian kolaboratif mengingat potensi efek kesehatan multiorgan dan transfer lintas generasi yang telah teridentifikasi.

Daftar Pustaka

1. Tang KHD, Li R, Li Z, Wang D. Health risk of human exposure to microplastics: a review. *Environ Chem Lett*. 2024;22(3):1155-1183.
2. Osman AI, Hosny M, Eltaweil AS, et al. Microplastic sources, formation, toxicity and remediation: a review. *Environ Chem Lett*. 2023;21(4):2129-2169.
3. Emenike EC, Okorie CJ, Ojeyemi T, et al. From oceans to dinner plates: The impact of microplastics on human health. *Heliyon*. 2023;9(10):e20440.
4. Rahman A, Sarkar A, Yadav OP, Achari G, Slobodnik J. Potential human health risks due to environmental exposure to nano- and microplastics and knowledge gaps: A scoping review. *Sci Total Environ*. 2021;757:143872.
5. Luo Q, Tan H, Ye M, et al. Microplastics as an emerging threat to human health: An overview of potential health impacts. *J Environ Manage*. 2025;387:125915.
6. Li Y, Ling W, Yang J, Xing Y. Risk Assessment of Microplastics in Humans: Distribution, Exposure, and Toxicological Effects. *Polymers (Basel)*. 2025;17(12):1699.
7. Sangkham S, Faikhaw O, Munkong N, et al. A review on microplastics and nanoplastics in the environment: Their occurrence, exposure routes, toxic studies, and potential effects on human health. *Mar Pollut Bull*. 2022;181:113832.
8. Li Y, Tao L, Wang Q, Wang F, Li G, Song M. Potential Health Impact of Microplastics: A Review of Environmental Distribution, Human Exposure, and Toxic Effects. *Environ Heal*. 2023;1(4):249-257.
9. Li Y, Chen L, Zhou N, Chen Y, Ling Z, Xiang P. Microplastics in the human body: A comprehensive review of exposure, distribution, migration mechanisms, and toxicity. *Sci Total Environ*. 2024;946:174215.
10. P. SP, Tanushree P. Synergistic human health risks of microplastics and co-contaminants: A quantitative risk assessment in water. *J Hazard Mater*. 2025;491:137809.
11. Zhang X, Yu C, Wang P, Yang C. Microplastics and human health: unraveling the toxicological pathways and implications for public health. *Front Public Heal*. 2025;13.
12. Winiarska E, Jutel M, Zemelka-Wiacek M. The potential impact of nano- and microplastics on human health: Understanding human health risks. *Environ Res*. 2024;251:118535.
13. Zhao B, Rehati P, Yang Z, Cai Z, Guo C, Li Y. The potential toxicity of microplastics on human health. *Sci Total Environ*. 2024;912:168946.
14. Vethaak AD, Legler J. Microplastics and human health. *Science (80-)*. 2021;371(6530):672-674.
15. Zuri G, Karanasiou A, Lacorte S. Microplastics: Human exposure assessment through air, water, and food. *Environ Int*. 2023;179:108150.
16. Ramsperger AFRM, Bergamaschi E, Panizzolo M, et al. Nano- and microplastics: a comprehensive review on their exposure routes, translocation, and fate in humans. *NanoImpact*. 2023;29:100441.
17. Wu P, Lin S, Cao G, et al. Absorption, distribution, metabolism, excretion and toxicity of microplastics in the human body and health implications. *J Hazard Mater*. 2022;437:129361.
18. Pironti C, Ricciardi M, Motta O, Miele Y, Proto A, Montano L. Microplastics in the Environment: Intake through the Food Web, Human Exposure and Toxicological Effects. *Toxics*.

- 2021;9(9):224.
19. Zhang Q, Xu EG, Li J, et al. A Review of Microplastics in Table Salt, Drinking Water, and Air: Direct Human Exposure. *Environ Sci Technol*. 2020;54(7):3740-3751.
20. Domenech J, Marcos R. Pathways of human exposure to microplastics, and estimation of the total burden. *Curr Opin Food Sci*. 2021;39:144-151.
21. Barceló D, Picó Y, Alfahhan AH. Microplastics: Detection in human samples, cell line studies, and health impacts. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2023;101:104204. d
22. Kannan K, Vimalkumar K. A Review of Human Exposure to Microplastics and Insights Into Microplastics as Obesogens. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2021;12.
23. Nawab A, Ahmad M, Khan MT, Nafees M, Khan I, Ihsanullah I. Human exposure to microplastics: A review on exposure routes and public health impacts. *J Hazard Mater Adv*. 2024;16:100487.
24. Zuri G, Karanasiou A, Lacorte S. Human biomonitoring of microplastics and health implications: A review. *Environ Res*. 2023;237:116966.
25. Jahedi F, Jaafarzadeh Haghighi Fard N. Micro- and nanoplastic toxicity in humans: Exposure pathways, cellular effects, and mitigation strategies. *Toxicol Reports*. 2025;14:102043.
26. Khan A, Jia Z. Recent insights into uptake, toxicity, and molecular targets of microplastics and nanoplastics relevant to human health impacts. *iScience*. 2023;26(2):106061.
27. Marfella R, Prattichizzo F, Sardu C, et al. Microplastics and Nanoplastics in Atheromas and Cardiovascular Events. *N Engl J Med*. 2024;390(10):900-910.
28. Leslie HA, van Velzen MJM, Brandsma SH, Vethaak AD, Garcia-Vallejo JJ, Lamoree MH. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environ Int*. 2022;163:107199.
29. Ragusa A, Svelato A, Santacroce C, et al. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environ Int*. 2021;146:106274.
30. Yan Z, Liu Y, Zhang T, Zhang F, Ren H, Zhang Y. Analysis of Microplastics in Human Feces Reveals a Correlation between Fecal Microplastics and Inflammatory Bowel Disease Status. *Environ Sci Technol*. 2022;56(1):414-421.
31. Jenner LC, Rotchell JM, Bennett RT, Cowen M, Tentzeris V, Sadofsky LR. Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy. *Sci Total Environ*. 2022;831:154907.
32. Ragusa A, Notarstefano V, Svelato A, et al. Raman Microspectroscopy Detection and Characterisation of Microplastics in Human Breastmilk. *Polymers (Basel)*. 2022;14(13):2700.
33. Amato-Lourenço LF, Carvalho-Oliveira R, Júnior GR, dos Santos Galvão L, Ando RA, Mauad T. Presence of airborne microplastics in human lung tissue. *J Hazard Mater*. 2021;416:126124.
34. Yang Y, Xie E, Du Z, et al. Detection of Various Microplastics in Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Environ Sci Technol*. 2023;57(30):10911-10918.
35. Huang S, Huang X, Bi R, et al. Detection and Analysis of Microplastics in Human Sputum. *Environ Sci Technol*. 2022;56(4):2476-2486.
36. Rotchell JM, Jenner LC, Chapman E, et al. Detection of microplastics in human saphenous vein tissue using μ FTIR: A pilot study. Mukherjee A, ed. *PLoS One*. 2023;18(2):e0280594.
37. Ibrahim YS, Tuan Anuar S, Azmi AA, et al. Detection of microplastics in human colectomy specimens. *JGH Open*. 2021;5(1):116-121.
38. Horvatits T, Tamminga M, Liu B, et al. Microplastics detected in cirrhotic liver tissue. *eBioMedicine*. 2022;82:104147.
39. Li N, Yang H, Dong Y, et al. Prevalence and implications of microplastic contaminants in general human seminal fluid: A Raman spectroscopic study. *Sci Total Environ*. 2024;937:173522.

40. Zhao Q, Zhu L, Weng J, et al. Detection and characterization of microplastics in the human testis and semen. *Sci Total Environ.* 2023;877:162713.
41. Pironti C, Notarstefano V, Ricciardi M, Motta O, Giorgini E, Montano L. First Evidence of Microplastics in Human Urine, a Preliminary Study of Intake in the Human Body. *Toxics.* 2022;11(1):40.
42. Zhang D, Wu C, Liu Y, et al. Microplastics are detected in human gallstones and have the ability to form large cholesterol-microplastic heteroaggregates. *J Hazard Mater.* 2024;467:133631.
43. Braun T, Ehrlich L, Henrich W, et al. Detection of Microplastic in Human Placenta and Meconium in a Clinical Setting. *Pharmaceutics.* 2021;13(7):921.
44. Wu D, Feng Y, Wang R, et al. Pigment microparticles and microplastics found in human thrombi based on Raman spectral evidence. *J Adv Res.* 2023;49:141-150.