

Perbandingan Pelepasan Mikroplastik Ke Udara Pada Miniatur Bangunan Dengan dan Tanpa Material Daur Ulang Sampah Plastik

Tri Marthy Mulyasari^{1*}, Nur Hilal¹, Yudhiakuari Sincihu²

¹ Jurusan Kesehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang, Indonesia

² Fakultas Kedokteran, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Surabaya, Indonesia

* Corresponding author: tmulyasari@poltekkes-smg.ac.id

Info Artikel: Diterima Bulan Juni 2026; Disetujui Bulan Juni 2026; Dipublikasikan Bulan Juni 2026

ABSTRACT

The utilization of plastic waste as an alternative raw material in construction products has emerged as a promising strategy to reduce plastic waste generation. However, plastic waste-based construction materials may act as a source of airborne microplastic release, potentially affecting environmental quality and human health through inhalation exposure. This study aimed to analyze the quantity of airborne microplastics in buildings constructed with plastic waste-based materials compared to control buildings without plastic waste-based materials. A comparative descriptive study was conducted using two miniature building models consisting of a control building and a building constructed from plastic waste materials. Airborne microplastic sampling was carried out using an air suction device over a 60-day observation period and were microscopically analyzed to determine the quantity of microplastics with particle sizes $\geq 2.5 \mu\text{m}$. Data were analyzed descriptively and presented as minimum, maximum, mean, and standard deviation values. Microplastics were detected in all air samples collected from the miniature buildings. In the control group ($n=60$), airborne microplastic concentrations ranged from 11 to 28 particles/sample, with a mean of 22.00 ± 3.99 particles/sample. In the treatment group constructed with plastic waste-based materials ($n=60$), airborne microplastic concentrations ranged from 26 to 72 particles/sample, with a mean of 38.78 ± 9.78 particles/sample. The results indicated that the average quantity of airborne microplastics in buildings constructed with plastic waste-based materials was substantially higher than that observed in the control buildings. Buildings constructed with plastic waste-based materials generated higher levels of airborne microplastics than buildings without plastic waste-based materials. These findings suggest that plastic waste-based construction materials may serve as a potential source of airborne microplastic release. Further studies are needed to characterize the released microplastics and evaluate their potential health risks under more representative building conditions.

Keywords: Airborne microplastics; plastic waste; waste recycling; construction materials; air quality

ABSTRAK

Pemanfaatan sampah plastik sebagai bahan baku alternatif pada material konstruksi merupakan salah satu strategi pengurangan sampah plastik yang terus dikembangkan. Namun, penggunaan material berbahan dasar sampah plastik berpotensi menjadi sumber pelepasan mikroplastik ke udara yang dapat memengaruhi kualitas lingkungan dan kesehatan manusia melalui jalur inhalasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kuantitas mikroplastik di udara pada bangunan berbahan dasar sampah plastik dibandingkan dengan bangunan kontrol tanpa bahan dasar sampah plastik. Penelitian deskriptif komparatif dilakukan menggunakan 2 model bangunan miniatur yang terdiri atas bangunan kontrol dan bangunan berbahan dasar sampah plastik. Pengambilan sampel mikroplastik udara dilakukan menggunakan penyedot udara selama 60 hari periode pengamatan, dan dianalisis secara mikroskopis untuk menentukan kuantitas mikroplastik berukuran $\geq 2,5 \mu\text{m}$. Data disajikan secara deskriptif berdasarkan nilai minimum, maksimum, rerata, dan standar deviasi. Mikroplastik ditemukan pada sampel udara bangunan kontrol antara 11-28 partikel/sampel dengan rerata $22,00 \pm 3,99$ partikel/sampel. Sementara itu, pada kelompok perlakuan berbahan dasar sampah plastik ($n=60$), kuantitas mikroplastik udara berkisar antara 26-72 partikel/sampel dengan rerata $38,78 \pm 9,78$ partikel/sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata kuantitas mikroplastik pada bangunan berbahan dasar sampah plastik lebih tinggi dibandingkan bangunan kontrol. Kesimpulan: Bangunan berbahan dasar sampah plastik menghasilkan kuantitas mikroplastik udara yang lebih tinggi dibandingkan bangunan tanpa bahan dasar sampah plastik. Temuan ini mengindikasikan bahwa material konstruksi berbahan dasar sampah plastik berpotensi menjadi sumber pelepasan mikroplastik ke udara. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengidentifikasi karakteristik mikroplastik serta mengevaluasi risiko kesehatannya pada kondisi bangunan yang lebih representatif.

Kata kunci : Mikroplastik udara, sampah plastik, daur ulang sampah, material konstruksi, kualitas udara

PENDAHULUAN

Selama kurun waktu 2018–2022, sampah plastik menjadi jenis sampah terbesar kedua setelah sampah sisa makanan, dengan rata-rata persentase timbunan mencapai 19% dari total sampah yang dihasilkan (Kementerian Lingkungan Hidup RI, 2022). Peningkatan produksi plastik secara global dalam beberapa dekade terakhir telah memberikan kontribusi besar terhadap berbagai sektor kehidupan, mulai dari industri kemasan, konstruksi, transportasi, hingga kebutuhan rumah tangga. Sifat plastik yang ringan, kuat, tahan korosi, dan relatif murah menjadikannya material yang sangat diminati. Namun, peningkatan konsumsi plastik yang tidak diimbangi dengan sistem pengelolaan limbah yang memadai telah menyebabkan akumulasi sampah plastik dalam jumlah besar di lingkungan (Mulyasari *et al.*, 2023). United Nations Environment Programme (UNEP) melaporkan bahwa jutaan ton sampah plastik memasuki lingkungan setiap tahun dan menimbulkan dampak ekologis yang signifikan terhadap ekosistem darat maupun perairan. Kondisi ini menjadikan pencemaran plastik sebagai salah satu tantangan lingkungan global yang memerlukan penanganan berkelanjutan (United Nations Environment Programme, 2022).

Berbagai strategi pengelolaan sampah plastik telah dikembangkan untuk mengurangi beban pencemaran lingkungan, termasuk pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, pemanfaatan kembali (*reuse*), daur ulang (*recycling*), serta penerapan konsep ekonomi sirkular (Undang-Undang Republik Indonesia, 2008). Pendekatan ekonomi sirkular menekankan pemanfaatan kembali sumber daya yang telah digunakan agar tetap memiliki nilai ekonomi dan tidak langsung menjadi limbah. Dalam konteks ini, daur ulang sampah plastik menjadi produk bernilai tambah merupakan salah satu solusi yang banyak dikembangkan karena mampu mengurangi volume sampah sekaligus menghasilkan produk yang dapat dimanfaatkan kembali dalam berbagai sektor industri (Hilal *et al.*, 2024; Mulyasari *et al.*, 2024).

Salah satu bentuk pemanfaatan sampah plastik yang berkembang pesat adalah penggunaannya sebagai bahan campuran maupun bahan utama dalam pembuatan material konstruksi. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa limbah plastik dapat diolah menjadi paving block, batako, bata ringan, panel dinding, hingga material komposit untuk bangunan (Burhanuddin *et al.*, 2020; Sejati, 2021). Pemanfaatan ini dinilai mampu meningkatkan nilai guna limbah plastik, mengurangi penggunaan bahan baku konvensional, serta mendukung pembangunan yang lebih berkelanjutan. Selain memberikan manfaat ekonomi, penggunaan plastik daur ulang dalam sektor konstruksi juga berpotensi mengurangi jumlah sampah yang berakhir di tempat pembuangan akhir maupun mencemari lingkungan terbuka (Winnerdy & Laoda, 2020).

Meskipun menawarkan berbagai keuntungan, penggunaan material berbasis plastik daur ulang juga menimbulkan sejumlah pertanyaan terkait aspek keamanan lingkungan dalam jangka panjang. Material konstruksi yang digunakan secara terus-menerus akan mengalami berbagai proses fisik dan kimia selama masa pakainya, seperti paparan sinar ultraviolet, perubahan suhu, kelembapan, gesekan mekanik, serta proses pelapukan alami. Kondisi tersebut dapat menyebabkan terjadinya degradasi material plastik yang berpotensi menghasilkan partikel-partikel berukuran kecil yang kemudian terlepas ke lingkungan sekitar (Hilal *et al.*, 2024; Mulyasari *et al.*, 2024; Susanto & Trihadiningrum, 2020).

Partikel plastik berukuran kurang dari 5 mm dikenal sebagai mikroplastik (World Health Organization, 2019). Mikroplastik dapat terbentuk secara primer maupun sekunder. Mikroplastik primer diproduksi secara langsung dalam ukuran kecil untuk kebutuhan tertentu, sedangkan mikroplastik sekunder terbentuk akibat fragmentasi material plastik berukuran lebih besar melalui proses degradasi fisik, kimia, maupun biologis (Sincihu *et al.*, 2023). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa plastik yang mengalami pelapukan dan abrasi dapat menjadi sumber penting pembentukan mikroplastik di lingkungan (Al-Salem, 2020). Oleh karena itu, material konstruksi berbasis plastik daur ulang berpotensi menjadi salah satu sumber mikroplastik sekunder yang perlu mendapatkan perhatian lebih lanjut.

Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian terhadap mikroplastik tidak lagi terbatas pada lingkungan perairan dan tanah, tetapi juga meluas pada keberadaan mikroplastik di udara (Xie *et al.*, 2022). Mikroplastik atmosferik telah ditemukan di berbagai lokasi, mulai dari kawasan perkotaan, pedesaan, daerah pegunungan, hingga wilayah terpencil yang jauh dari aktivitas manusia (Enyoh *et al.*, 2019; Shao *et al.*, 2022; Y. Zhang *et al.*, 2020). Temuan tersebut menunjukkan bahwa mikroplastik memiliki kemampuan untuk terdispersi melalui udara dan berpindah dalam jarak yang cukup jauh. Kondisi ini menjadikan udara sebagai salah satu media penting dalam penyebaran mikroplastik di lingkungan (Huang *et al.*, 2021).

Sumber mikroplastik di udara sangat beragam, meliputi serat tekstil sintetis, abrasi ban kendaraan, aktivitas industri, pengelolaan sampah, serta degradasi berbagai produk berbasis plastik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Allen *et al.*, 2022; Liao *et al.*, 2021; Wieland *et al.*, 2022). Selain itu, material bangunan dan produk konstruksi yang mengandung plastik juga mulai diidentifikasi sebagai sumber potensial pelepasan mikroplastik ke atmosfer (Wieland *et al.*, 2022). Selama masa penggunaan, material tersebut dapat mengalami abrasi akibat aktivitas manusia maupun faktor lingkungan sehingga menghasilkan partikel-partikel mikroplastik yang dapat tersuspensi di udara (Liu *et al.*, 2019).

Keberadaan mikroplastik di udara menjadi perhatian serius karena berkaitan langsung dengan jalur

pajanan inhalasi pada manusia. Partikel mikroplastik yang berada di udara dapat masuk ke sistem pernapasan dan terdeposit pada berbagai bagian saluran napas tergantung ukuran partikelnya (Xie *et al.*, 2022). Sejumlah studi toksikologi menunjukkan bahwa paparan mikroplastik melalui inhalasi berpotensi memicu stres oksidatif, respons inflamasi, gangguan fungsi paru, perubahan struktur jaringan pernapasan, hingga efek sistemik pada organ lain setelah terjadi translokasi partikel ke dalam sirkulasi tubuh (Kadac-Czapska *et al.*, 2024; Milillo *et al.*, 2024; Mulyasari *et al.*, 2025). Risiko tersebut menjadi semakin penting untuk diperhatikan mengingat manusia menghabiskan sebagian besar waktunya di lingkungan dalam ruang.

Meskipun penelitian mengenai mikroplastik di udara berkembang dengan pesat, kajian yang secara khusus mengevaluasi pelepasan mikroplastik dari material konstruksi berbahan dasar sampah plastik masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian yang tersedia lebih banyak menitikberatkan pada karakteristik fisik dan mekanik material, seperti kekuatan tekan, daya tahan, densitas, dan stabilitas produk konstruksi berbasis plastik daur ulang. Informasi mengenai potensi emisi mikroplastik selama penggunaan material tersebut masih relatif sedikit, sehingga aspek keamanan lingkungan dan kesehatan belum sepenuhnya dapat dievaluasi. Padahal, keberlanjutan suatu material tidak hanya ditentukan oleh kemampuannya mengurangi limbah, tetapi juga oleh dampak lingkungan yang mungkin ditimbulkannya selama siklus hidup produk.

Penelitian ini memiliki kebaruan pada penggunaan model miniatur bangunan berbahan dasar sampah plastik daur ulang untuk mengevaluasi pelepasan mikroplastik ke udara dalam lingkungan bangunan. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya berfokus pada keberadaan mikroplastik di lingkungan perairan, tanah, atau material plastik secara umum, studi ini secara spesifik mengkaji potensi emisi mikroplastik dari material konstruksi berbasis sampah plastik serta membandingkannya dengan bangunan kontrol non-daur ulang plastik. Selain itu, penelitian ini memberikan bukti awal dalam konteks Indonesia mengenai aspek keamanan lingkungan penggunaan material konstruksi hasil daur ulang sampah plastik terhadap kualitas udara dalam bangunan.

MATERI DAN METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif komparatif yang bertujuan untuk menggambarkan dan membandingkan jumlah mikroplastik udara pada miniatur bangunan berbahan dasar sampah plastik daur ulang dan miniatur bangunan kontrol tanpa bahan dasar plastik. Pendekatan deskriptif digunakan karena penelitian ini bersifat eksploratif untuk memperoleh data awal mengenai potensi pelepasan mikroplastik dari material konstruksi berbasis limbah plastik.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Desa Karangmangu, Kecamatan Baturraden, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, yang berada di kawasan kaki Gunung Slamet dengan karakteristik lingkungan udara relatif sejuk. Dua miniatur bangunan berukuran 1 m³ ditempatkan berdampingan pada lokasi yang sama untuk memastikan kedua unit memperoleh paparan kondisi lingkungan yang seragam. Kondisi lingkungan pada lokasi penelitian memiliki ventilasi alami terbuka dengan paparan suhu, kelembapan, dan aliran udara yang relatif sama pada kedua miniatur. Tidak terdapat sumber pencemar lokal yang dominan seperti industri berat atau pembakaran sampah di sekitar area penelitian selama periode pengamatan, sehingga gangguan eksternal terhadap hasil pengukuran dapat diminimalkan. Penempatan berdampingan dilakukan untuk mengurangi variasi faktor lingkungan antar perlakuan.

Pembuatan Miniatur Bangunan

Penelitian menggunakan dua model miniatur bangunan, yaitu miniatur kontrol dan miniatur berbahan dasar sampah plastik. Miniatur kontrol dibangun menggunakan batako dan paving block tanpa penambahan sampah plastik, sedangkan miniatur perlakuan menggunakan batako dan *paving block* berbahan dasar sampah plastik daur ulang. Material konstruksi berbahan dasar sampah plastik dibuat menggunakan campuran semen, pasir, dan sampah plastik cacah dengan perbandingan volume 1:2:3. Campuran bahan diaduk hingga homogen dan ditambahkan air secukupnya untuk memperoleh konsistensi yang sesuai kemudian dilakukan pencetakan. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam cetakan batako dan *paving block*, selanjutnya dilakukan proses pengepresan (*pressing*) hingga material menjadi padat dan memiliki bentuk yang seragam.

Setelah proses pencetakan selesai, material dijemur di bawah sinar matahari hingga mencapai kondisi kering dan keras. Batako dan *paving block* yang telah kering kemudian disusun menjadi miniatur bangunan menggunakan perekat semen pada setiap sambungan antar material untuk meningkatkan kekuatan struktur dan menyerupai kondisi bangunan sebenarnya. Ukuran dan desain kedua miniatur dibuat sama sehingga perbedaan yang diamati hanya berasal dari jenis material yang digunakan.



Gambar 1. Desain Miniatur Bangunan

Sumber: *Dokumentasi Penelitian, 2025*

Pengambilan Sampel Mikroplastik Udara

Pengambilan sampel mikroplastik udara dilakukan menggunakan alat penyedot debu listrik yang dilengkapi dengan filter HEPA berukuran $0,3 \mu\text{m}$ memiliki daya hisap 20.000 Pa, dan tidak memiliki sistem pengukuran laju aliran udara (flow rate). Alat ditempatkan di bagian dalam miniatur bangunan pada ketinggian 50 cm dari permukaan dasar miniatur dan pada posisi yang sama untuk kedua model bangunan guna memastikan keseragaman kondisi pengukuran. Pengambilan sampel dilakukan selama 15 menit pada setiap sesi pengamatan selama periode penelitian 60 hari.

Udara yang terhisap oleh alat dialirkan melalui filter HEPA sehingga partikel tersuspensi di udara dapat tertangkap pada media filter. Setelah proses sampling selesai, filter dilepaskan secara hati-hati dan disimpan dalam wadah tertutup untuk mencegah kontaminasi sebelum dilakukan analisis laboratorium. Kedua miniatur bangunan ditempatkan berdampingan pada lokasi yang sama sehingga memperoleh paparan kondisi lingkungan yang relatif seragam. Untuk meminimalkan kontaminasi silang, seluruh tahapan pengambilan dan penanganan sampel dilakukan dengan memperhatikan prosedur kendali mutu, meliputi penggunaan peralatan yang bersih, penyimpanan sampel dalam wadah tertutup, serta meminimalkan paparan sampel terhadap lingkungan luar selama proses transportasi dan analisis.

Identifikasi dan Perhitungan Mikroplastik

Filter HEPA dibilas dengan aquades, kemudian larutan hasil pembilasan disaring menggunakan media filter Whatman Grade 42 Circles (Catalog No: 1442-090) diameter 90 mm pori $2,5 \mu\text{m}$. Analisis mikroplastik dilakukan secara mikroskopis terhadap partikel yang tertangkap pada filter. Partikel diidentifikasi berdasarkan karakteristik visual berupa bentuk, dan warna. Jumlah mikroplastik yang ditemukan pada setiap sampel dihitung dan dinyatakan dalam satuan partikel/sampel. Hasil pengamatan dicatat untuk setiap periode pengambilan sampel pada kedua miniatur bangunan.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah jumlah partikel mikroplastik udara yang terakumulasi pada filter pada miniatur bangunan kontrol dan miniatur bangunan berbahan dasar sampah plastik daur ulang, yang dinyatakan sebagai jumlah partikel per sampel (15 menit pengambilan udara) berdasarkan hasil identifikasi mikroskopis.

Pengolahan Data

Jumlah partikel mikroplastik yang teridentifikasi pada setiap filter dihitung dan dicatat untuk masing-masing periode pengambilan sampel. Hasil penelitian dinyatakan sebagai jumlah partikel per sampel (per 15 menit pengambilan udara) pada masing-masing miniatur bangunan. Data hasil perhitungan kuantitas mikroplastik per sampel dianalisis secara univariat (deskriptif). Analisis dilakukan untuk memperoleh gambaran distribusi data berupa jumlah sampel (n), nilai minimum, maksimum, rerata (mean), dan standar deviasi. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel untuk menggambarkan kuantitas mikroplastik pada miniatur bangunan kontrol dan miniatur bangunan berbahan dasar sampah plastik selama periode pengamatan 60 hari. Tidak dilakukan analisis inferensial karena penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan dan membandingkan kuantitas mikroplastik yang terukur pada kedua objek pengamatan.

HASIL

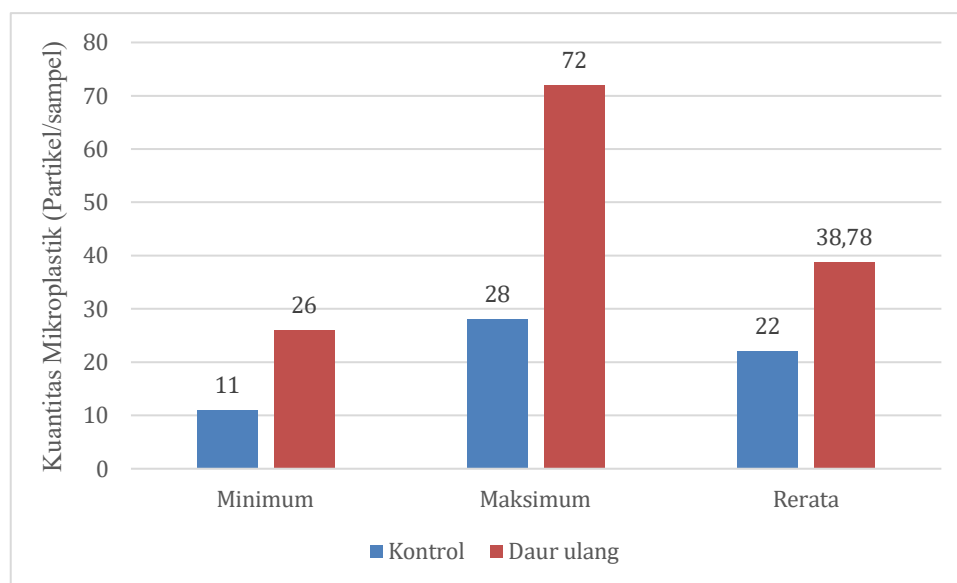
Pengukuran mikroplastik udara dilakukan pada dua model miniatur bangunan, yaitu miniatur kontrol tanpa material berbahan dasar sampah plastik dan miniatur bangunan berbahan dasar sampah plastik. Pengamatan dilakukan selama 60 hari menggunakan penyedot udara, dan partikel yang tertangkap dianalisis secara mikroskopis. Hasil pengukuran kuantitas mikroplastik udara disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Kuantitas Mikroplastik di Udara pada Miniatur Bangunan Kontrol dan Bangunan Berbahan Dasar Sampah Plastik

| Sampel | n | Kuantitas Mikroplastik (Partikel/Sampel) | | | |
|---------------------------|----|--|----------|--------|------|
| | | Minimum | Maksimum | Rerata | SD |
| Kontrol | 60 | 11 | 28 | 22,00 | 3,99 |
| Daur Ulang Sampah Plastik | 60 | 26 | 72 | 38,78 | 9,78 |

Sumber : Data Primer, 2025

Berdasarkan Tabel 1, mikroplastik ditemukan pada seluruh sampel udara yang diamati. Kuantitas mikroplastik udara pada miniatur kontrol berkisar antara 11-28 partikel/sampel dengan rerata $22,00 \pm 3,99$ partikel/sampel. Sementara itu, pada miniatur bangunan berbahan dasar sampah plastik, kuantitas mikroplastik berkisar antara 26-72 partikel/sampel dengan rerata sebesar $38,78 \pm 9,78$ partikel/sampel. Hasil tersebut menunjukkan bahwa miniatur bangunan berbahan dasar sampah plastik menghasilkan kuantitas mikroplastik udara yang lebih tinggi dibandingkan miniatur kontrol. Rerata kuantitas mikroplastik pada bangunan berbahan dasar sampah plastik tercatat 1,76 kali lebih tinggi dibandingkan bangunan kontrol.



Gambar 2. Perbandingan Rerata Kuantitas Mikroplastik Udara pada Miniatur Bangunan

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan Gambar 2 terlihat adanya peningkatan kuantitas mikroplastik udara pada miniatur bangunan berbahan dasar sampah plastik dibandingkan miniatur kontrol. Selain memiliki rerata yang lebih tinggi, kelompok berbahan dasar sampah plastik juga menunjukkan rentang nilai yang lebih lebar, mengindikasikan variasi pelepasan mikroplastik yang lebih besar selama periode pengamatan.





Gambar 3. Dokumentasi Mikroplastik yang Teridentifikasi pada Sampel Udara

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2025

Berdasarkan gambar 3, hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan adanya partikel mikroplastik dengan ukuran $\geq 2,5 \mu\text{m}$ yang terdistribusi pada seluruh sampel udara. Partikel yang ditemukan didominasi oleh bentuk fragmen, filamen, dan film yang umum ditemukan pada lingkungan udara dalam ruang maupun luar ruang. Mikroplastik teridentifikasi berwarna hitam, biru, merah dan transparan.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik ditemukan pada seluruh sampel udara baik pada miniatur kontrol maupun miniatur bangunan berbahan dasar sampah plastik. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian yang melaporkan bahwa mikroplastik telah menjadi kontaminan udara yang tersebar luas di berbagai lingkungan (Y. Zhang *et al.*, 2020). Mikroplastik di atmosfer dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk abrasi material plastik, tekstil sintetis, aktivitas manusia, material bangunan, serta deposisi ulang partikel yang telah berada di lingkungan sebelumnya (Kacprzak & Tijjing, 2022). Keberadaan mikroplastik pada kelompok kontrol menunjukkan bahwa partikel mikroplastik di udara tidak hanya berasal dari material bangunan yang digunakan, tetapi juga dapat berasal dari lingkungan sekitar selama proses pengamatan. Mikroplastik mampu mengalami transportasi atmosfer hingga jarak yang jauh dan dapat terdispersi bahkan pada wilayah yang relatif terpencil (Soltani *et al.*, 2021; Yao *et al.*, 2022). Oleh karena itu, keberadaan mikroplastik pada miniatur kontrol merupakan fenomena yang wajar dan telah banyak dilaporkan pada penelitian mikroplastik atmosfer.

Rerata kuantitas mikroplastik pada miniatur bangunan berbahan dasar sampah plastik sebesar $38,78 \pm 9,78$ partikel/sampel, lebih tinggi dibanding miniatur kontrol yang hanya mencapai $22,00 \pm 3,99$ partikel/sampel. Perbedaan ini menunjukkan adanya potensi kontribusi material berbahan dasar sampah plastik terhadap pelepasan mikroplastik ke udara. Material konstruksi yang mengandung plastik berpotensi mengalami degradasi fisik akibat perubahan suhu, kelembaban, gesekan, dan paparan radiasi ultraviolet. Proses tersebut dapat menyebabkan terjadinya fragmentasi material sehingga menghasilkan partikel berukuran mikro yang kemudian terlepas ke lingkungan udara. Produk berbahan plastik yang mengalami pelapukan secara bertahap akan menghasilkan partikel mikroplastik yang dapat terdispersi melalui udara maupun media lingkungan lainnya (Chamas *et al.*, 2020). Meskipun material plastik pada penelitian ini telah dicampurkan dengan semen dan pasir, keberadaan plastik dalam matriks material konstruksi tetap memungkinkan terjadinya pelepasan partikel akibat proses pelapukan permukaan. Temuan ini mendukung hipotesis bahwa material konstruksi berbasis sampah plastik berpotensi menjadi sumber sekunder mikroplastik di lingkungan.

Nilai standar deviasi pada miniatur bangunan berbahan dasar sampah plastik ($SD=9,78$) lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol ($SD=3,99$). Hal ini menunjukkan bahwa pelepasan mikroplastik dari material berbahan dasar sampah plastik memiliki variasi yang lebih besar selama periode pengamatan. Variasi tersebut dapat dipengaruhi oleh proses degradasi material yang tidak berlangsung secara seragam pada seluruh permukaan bangunan. Pelepasan mikroplastik dari suatu material dipengaruhi oleh karakteristik polimer, ukuran partikel awal, kondisi lingkungan, serta tingkat abrasi yang terjadi selama masa penggunaan (K. Zhang *et al.*, 2021). Oleh karena itu, fluktuasi jumlah mikroplastik yang ditemukan selama periode pengamatan merupakan fenomena yang dapat terjadi pada material berbasis plastik.

Kekhawatiran terhadap dampak kesehatan akibat inhalasi mikroplastik semakin meningkat setelah beberapa penelitian berhasil mendeteksi partikel mikroplastik pada jaringan paru manusia. Penelitian sebelumnya melaporkan keberadaan berbagai jenis polimer plastik pada sampel jaringan paru pasien, yang menunjukkan bahwa mikroplastik di udara dapat terhirup dan bertahan dalam jaringan tubuh (Amato-Lourenco *et al.*, 2021). Temuan tersebut menegaskan pentingnya penelitian mengenai berbagai sumber emisi mikroplastik di udara, termasuk yang berasal dari material konstruksi berbahan dasar plastik daur ulang, sebagai upaya untuk memahami potensi risiko kesehatan dan dampak lingkungan yang ditimbulkan.

Dari aspek lingkungan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan sampah plastik sebagai bahan baku material konstruksi perlu mempertimbangkan potensi pelepasan mikroplastik selama masa penggunaan material tersebut. Meskipun pemanfaatan sampah plastik dalam material konstruksi dapat mengurangi timbulan sampah dan mendukung konsep ekonomi sirkular, aspek keamanan lingkungan tetap perlu diperhatikan agar tidak menimbulkan bentuk pencemaran baru berupa mikroplastik udara. Material berbasis plastik yang terpapar faktor lingkungan seperti panas, radiasi ultraviolet, kelembapan, serta gesekan mekanis berpotensi mengalami degradasi dan fragmentasi yang menghasilkan partikel mikroplastik (Mulyasari *et al.*, 2024). Pelepasan mikroplastik dari material konstruksi menjadi perhatian karena partikel yang dihasilkan dapat terdispersi ke udara, mengendap pada tanah, atau terbawa aliran air hujan ke lingkungan sekitar. Mikroplastik yang telah berada di lingkungan dapat bersifat persisten dan sulit terdegradasi secara alami, sehingga berpotensi terakumulasi dalam berbagai kompartemen lingkungan. Selain itu, mikroplastik juga dapat berinteraksi dengan berbagai kontaminan lain, seperti logam berat dan senyawa organik persisten, yang dapat meningkatkan kompleksitas dampak ekologis yang ditimbulkan (Macdonald *et al.*, 2025; Thinh *et al.*, 2020).

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa evaluasi keberlanjutan material konstruksi berbahan dasar plastik daur ulang tidak hanya perlu mempertimbangkan manfaatnya dalam mengurangi volume sampah plastik, tetapi juga perlu memperhatikan potensi emisi mikroplastik selama siklus hidup material. Oleh karena itu, pengembangan material konstruksi berbasis sampah plastik di masa mendatang perlu disertai kajian ketahanan material terhadap abrasi dan pelapukan, serta pengujian aspek keamanan lingkungan secara komprehensif. Pendekatan ini penting untuk memastikan bahwa upaya pengurangan sampah plastik melalui daur ulang benar-benar memberikan manfaat lingkungan yang optimal tanpa menimbulkan risiko pencemaran sekunder.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, identifikasi mikroplastik dilakukan berdasarkan karakteristik visual menggunakan mikroskop sehingga belum dapat memastikan jenis polimer secara spesifik. Kedua, penelitian menggunakan model miniatur bangunan sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi bangunan sebenarnya dalam skala penuh. Ketiga, penelitian tidak menggunakan analisis konfirmasi berbasis spektroskopi seperti FTIR atau Raman, sehingga hasil identifikasi masih bersifat dugaan berdasarkan morfologi partikel. Keempat, penelitian tidak dilengkapi dengan pengukuran laju aliran udara (*flow rate*) pada alat penyedot debu, sehingga hasil tidak dapat dikonversi ke satuan konsentrasi udara ($\text{partikel}/\text{m}^3$) dan hanya disajikan dalam bentuk jumlah partikel per sampel pengambilan. Kelima, penelitian tidak menggunakan blanko lapangan (*field blank*) sehingga potensi kontaminasi lingkungan selama proses sampling dan analisis tidak dapat dihitung secara kuantitatif, meskipun telah dilakukan prosedur pencegahan kontaminasi secara ketat.

SIMPULAN DAN SARAN

Mikroplastik terdeteksi pada seluruh sampel udara yang berasal dari miniatur bangunan kontrol maupun miniatur bangunan berbahan dasar sampah plastik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuantitas mikroplastik udara pada bangunan berbahan dasar sampah plastik cenderung lebih tinggi dibandingkan bangunan tanpa bahan dasar sampah plastik. Temuan ini mengindikasikan bahwa material konstruksi berbahan dasar sampah plastik berpotensi menjadi salah satu sumber pelepasan mikroplastik ke udara. Pemanfaatan sampah plastik sebagai bahan baku material konstruksi merupakan alternatif yang menjanjikan dalam mendukung pengurangan sampah dan penerapan ekonomi sirkular. Namun demikian, potensi pelepasan mikroplastik ke lingkungan udara perlu menjadi perhatian dalam pengembangan dan penerapan material tersebut. Oleh karena itu, aspek keberlanjutan lingkungan dan keamanan Kesehatan perlu dipertimbangkan secara komprehensif dalam pemanfaatan material konstruksi berbahan dasar sampah plastik daur ulang.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengidentifikasi karakteristik mikroplastik yang dilepaskan

dari material konstruksi berbahan dasar sampah plastik, termasuk ukuran, bentuk, dan jenis polimernya. Selain itu, pengujian pada skala bangunan yang lebih representatif diperlukan untuk mengevaluasi potensi risiko lingkungan dan Kesehatan akibat pelepasan mikroplastik ke udara.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, S., Allen, D., Karbalaei, S., Maselli, V., & Walker, T. R. (2022). Micro(nano)plastics sources, fate, and effects: What we know after ten years of research. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 6(January), 100057. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100057>
- Al-Salem, S. M. (2020). Biodegradable plastics fragmentation in soil and water: Lessons learnt and comparative assessment with hydro-biodegradables. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 247, 1–13. <https://doi.org/10.2495/WM200011>
- Amato-Lourenco, L. F., Carvalho-Oliveira, R., Junior, G. R., Galvao, L. dos S., Ando, R. A., & Mauad, T. (2021). Presence of airborne microplastics in human lung tissue. *Journal of Hazardous Materials*, 416(Agustus), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126124>
- Burhanuddin, B., Basuki, B., & Darmanijati, M. (2020). Pemanfaatan Limbah Plastik Bekas Untuk Bahan Utama Pembuatan Paving Block. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 18(1), 1–7. <https://doi.org/10.37412/jrl.v18i1.20>
- Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum, T., Jang, J. H., Abu-Omar, M., Scott, S. L., & Suh, S. (2020). Degradation Rates of Plastics in the Environment. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 8(9), 3494–3511. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b06635>
- Enyoh, C. E., Verla, A. W., & Verla, E. N. (2019). *Airborne microplastics: An emerging environmental challenge*. <https://doi.org/N/A>
- Hilal, N., Widiyanto, T., Lagiono, & Muyasari, T. M. (2024). The Effect of Ultraviolet Exposure on the Quantity of Microplastics in the Air of Buildings Made from Plastic Waste. *Gema Lingkungan Kesehatan*, 22(2), 103–107. <https://doi.org/10.36568/gelinkes.v22i2.130>
- Huang, Y., He, T., Yan, M., Yang, L., Gong, H., Wang, W., Qing, X., & Wang, J. (2021). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a subtropical urban environment. *Journal of Hazardous Materials*, 416(April), 126168. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126168>
- Kacprzak, S., & Tijing, L. D. (2022). Microplastics in indoor environment: Sources, mitigation and fate. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(2), 107359. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107359>
- Kadac-Czapska, K., Oško, J., Knez, E., & Grembecka, M. (2024). Microplastics and Oxidative Stress—Current Problems and Prospects. *Antioxidants*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/antiox13050579>
- Kementerian Lingkungan Hidup RI. (2022). *Komposisi Sampah*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>
- Liao, Z., Ji, X., Ma, Y., Lv, B., Huang, W., Zhu, X., Fang, M., Wang, Q., Wang, X., Dahlgren, R., & Shang, X. (2021). Airborne microplastics in indoor and outdoor environments of a coastal city in Eastern China. In *Journal of Hazardous Materials* (Vol. 417). <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126007>
- Liu, K., Wang, X., Fang, T., Xu, P., Zhu, L., & Li, D. (2019). Source and potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai. *Science of the Total Environment*, 675, 462–471. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.110>
- Macdonald, A., Evangelidou, N., Eckhardt, S., White, C. J., & Phoenix, V. R. (2025). *Polar Particles : Atmospheric Microplastic Pollution in the Arctic Region – an examination of deposited and suspended microplastics in Ny-Ålesund, Svalbard*.
- Milillo, C., Aruffo, E., Di Carlo, P., Patruno, A., Gatta, M., Bruno, A., Dovizio, M., Marinelli, L., Dimmito, M. P., Di Giacomo, V., Paolini, C., Pesce, M., & Ballerini, P. (2024). Polystyrene nanoplastics mediate oxidative stress, senescence, and apoptosis in a human alveolar epithelial cell line. *Frontiers in Public Health*, 12(May), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1385387>
- Mulyasari, T. M., Mukono, J., & Sincihu, Y. (2023). The presence of microplastics in the Indonesian environment and its effects on health. *Journal of Public Health in Africa*, 14(S2). <https://doi.org/10.4081/jphia.2023.2565>
- Mulyasari, T. M., Mukono, J., Sudiana, I. K., & Hilal, N. (2024). Microplastic levels in the indoor air of buildings based on plastic waste recycling in Indonesia. *Journal of Air Pollution and Health*. <https://doi.org/10.18502/japh.v9i3.16676>
- Mulyasari, T. M., Mukono, J., Sudiana, I. K., & Ningrum, P. T. (2025). The Effect of Subacute Exposure to Low-Density Polyethylene (LDPE) Microplastics on Oxidative Stress and Membrane Damage in Alveolar Macrophage Cells of Rattus Norvegicus Wistar Strain. *Journal of Environmental Health and Sustainable Development*. <https://doi.org/10.18502/jehsd.v10i4.20658>
- Sejati, P. P. (2021). Produksi Sampah Plastik Berlimpah, Pemkab Banyumas Mendaur Ulang Jadi Genting dan Paving. *Tribun Banyumas*. <https://banyumas.tribunnews.com/2021/10/17/produksi-sampah-plastik->

- berlimpah-pemkab-banyumas-mendaurlulang-jadi-genting-dan-paving
- Shao, L., Li, Y., Jones, T., Santosh, M., Liu, P., Zhang, M., Xu, L., Li, W., Lu, J., Yang, C.-X., Zhang, D., Feng, X., & BéruBé, K. (2022). Airborne microplastics: A review of current perspectives and environmental implications. *Journal of Cleaner Production*, 347, 131048. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131048>
- Sincihu, Y., Morina, S., Sudewi, N. P., Mulyasari, T. M., Ningrum, P. T., Steven, & Dewi, D. A. L. (2023). Identifikasi Kelimpahan Partikel Mikroplastik pada Gula Pasir di Indonesia. *CoMPHI Journal: Community Medicine and Public Health of Indonesia Journal*, 3(3), 192–198. <https://doi.org/10.37148/comphijournal.v3i3.123>
- Soltani, N. S., Taylor, M. P., & Wilson, S. P. (2021). Quantification and exposure assessment of microplastics in Australian indoor house dust. *Environmental Pollution*, 283. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117064>
- Susanto, S. S., & Trihadiningrum, Y. (2020). Kajian Fragmentasi Polypropylene Akibat Radiasi Sinar Ultraviolet dan Kecepatan Aliran Air. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 28–33. <https://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/53583>
- Thinh, T. Q., Sang, T. T. N., Viet, T. Q., Tam, L. T. M., Dan, N. P., Strady, E., & Chung, K. L. T. (2020). Preliminary assessment on the microplastic contamination in the atmospheric fallout in the Phuoc Hiep landfill, Cu Chi, Ho Chi Minh city. *Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering*, 62(3), 83–89. [https://doi.org/10.31276/vjste.62\(3\).83-89](https://doi.org/10.31276/vjste.62(3).83-89)
- Undang-Undang Republik Indonesia. (2008). *Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah*. 282.
- United Nations Environment Programme. (2022). *Resolution adopted by the United Nations Environment Assembly on 2 March 2022 5/14. End plastic pollution: towards an international legally binding instrument*. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/39764>
- Wieland, S., Balmes, A., Bender, J., Kitzinger, J., Meyer, F., Ramsperger, A. F., Roeder, F., Tengelmann, C., Wimmer, B. H., Laforsch, C., & Kress, H. (2022). From properties to toxicity: Comparing microplastics to other airborne microparticles. *Journal of Hazardous Materials*, 428(December 2021), 128151. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.128151>
- Winnerdy, F. R., & Laoda, M. (2020). Daur Ulang Plastik Untuk Bahan Bangunan Upcycled Plastics For Building Materials. *Jurnal Strategi & Inovasi Sosial*, 1(2), 157–174.
- World Health Organization. (2019). *Microplastics in drinking-water*. World Health Organization. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/a6365240-4b02-4620-9f51-d700eb4e00de/content>
- Xie, Y., Li, Y., Feng, Y., Cheng, W., & Wang, Y. (2022). Inhalable microplastics prevails in air: Exploring the size detection limit. *Environment International*, 162(November 2021), 107151. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107151>
- Yao, Y., Glamoclija, M., Murphy, A., & Gao, Y. (2022). Characterization of microplastics in indoor and ambient air in northern New Jersey. *Environmental Research*, 207, 112142. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112142>
- Zhang, K., Hamidian, A. H., Tubić, A., Zhang, Y., Fang, J. K. H., Wu, C., & Lam, P. K. S. (2021). Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. *Environmental Pollution*, 274, 116554. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116554>
- Zhang, Y., Kang, S., Allen, S., Allen, D., Gao, T., & Sillanpää, M. (2020). Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives. *Earth-Science Reviews*, 203(February), 103118. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103118>