



nafas



DBS Foundation



IYCTC  
INDONESIAN YOUTH COUNCIL  
FOR TOBACCO CONTROL



# Ruang Tertutup, Risiko Terbuka: Paparan Tinggi Polusi Udara dari Aktivitas Merokok

September 2025

# Tentang Kolaborasi Nafas Indonesia, DBS Foundation, dan Indonesian Youth Council for Tactical Changes

Ruang tertutup sering dianggap sebagai tempat aman untuk bernafas lega karena udara sehat. Namun kenyataannya, aktivitas merokok di dalam ruangan menghasilkan polusi udara yang jauh melebihi batas aman bagi kesehatan.

Kesadaran masyarakat akan udara sehat sebagai hak dan kebutuhan dasar semakin tumbuh, namun diskusi mengenai kualitas udara dalam ruangan sering terabaikan. Padahal aktivitas merokok dapat meningkatkan kadar polusi udara secara signifikan, khususnya polusi partikulat atau debu halus yang berdampak negatif pada kesehatan.

Di kota-kota besar Indonesia, paparan polusi udara luar ruangan saja sudah setara dengan menghirup beberapa batang rokok setiap hari. Ketika polusi ini diperparah dengan asap rokok di dalam ruangan, maka risiko yang dihadapi oleh perokok pasif dan tersier (thirdhand smoke) di dalam ruangan akan jauh lebih serius—terutama bagi anak-anak, lansia, dan kelompok rentan lainnya. Padahal, ruang tempat kita bekerja, belajar, dan beristirahat sudah seharusnya menjadi lingkungan beraktivitas yang aman, dan bukan sumber ancaman kesehatan.

Whitepaper ini disusun sebagai respon terhadap minimnya pemahaman publik mengenai tingkat paparan polusi udara dalam ruangan akibat aktivitas merokok. Studi eksploratif ini dilakukan dalam ruang lingkup terbatas dengan tujuan memberikan pemahaman awal mengenai dinamika paparan polusi partikulat debu halus dari aktivitas merokok baik di ruang tertutup atau terbuka. Temuan studi ini diharapkan dapat menjadi landasan penelitian lanjutan yang mendalam untuk memperkuat bukti dan pemahaman mengenai paparan rokok.

Inisiatif ini merupakan kolaborasi antara Nafas Indonesia, IYCTC (Indonesian Youth Council for Tactical Changes), dan DBS Foundation—tiga mitra yang berkomitmen terhadap kesehatan publik dan keberlanjutan. Dengan pendekatan berbasis data dan teknologi sensor berbiaya rendah, kolaborasi ini mendorong kesadaran, partisipasi, dan perubahan perilaku masyarakat menuju lingkungan dalam ruangan yang lebih sehat.

Berangkat dari semangat pengetahuan dan data untuk adaptasi kesehatan terhadap potensi paparan polusi udara dalam ruangan, whitepaper ini diharapkan menjadi katalisator menuju lingkungan dalam ruangan Indonesia yang lebih sehat.

Inisiatif ini merupakan hasil kolaborasi tiga pihak yang memiliki komitmen kuat terhadap kesehatan publik dan keberlanjutan:

- **Nafas Indonesia**, inisiatif yang berfokus pada edukasi dan peningkatan kesehatan masyarakat terhadap polusi udara dengan menyediakan teknologi pemantauan kualitas udara luar ruangan berbasis data
- **IYCTC (Indonesian Youth Council for Tactical Changes)**, koalisi orang muda dalam upaya peningkatan kualitas sumber daya manusia khususnya pengendalian zat adiktif berupa produk tembakau di Indonesia yang inklusif dan bermakna
- **DBS Foundation**, mitra strategis yang tidak hanya mendukung tetapi juga menumbuhkembangkan perusahaan/bisnis yang menciptakan perubahan dan dampak sosial. Hal ini merupakan perwujudan salah satu pilar keberlanjutan Bank DBS yakni Impact Beyond Banking (Dampak Melampaui Perbankan). Sebagai katalis inovasi berkelanjutan, DBS Foundation mendukung solusi-solusi yang membangun ketahanan, keberlanjutan dan kesejahteraan masyarakat terutama dari kelompok rentan.

Dengan rekam jejak mendukung lebih dari 160 Social Enterprises di Asia, DBS Foundation hadir sebagai mitra yang sejalan dengan misi Nafas dalam menciptakan lingkungan sehat bagi generasi mendatang. Dukungan DBS Foundation dalam white paper ini mencerminkan komitmen DBS Foundation sebagai *purpose driven organization* untuk menjadi kekuatan positif yang mendorong perubahan berkelanjutan dengan meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan masyarakat rentan di Indonesia.

Kolaborasi lintas sektor ini bertujuan untuk membangun kesadaran mengenai tingkat paparan polusi udara yang dihasilkan dari aktivitas merokok dalam ruangan. Di saat yang sama, kolaborasi ini memperkuat sinergi antara organisasi, komunitas, pelaku usaha, dan penyedia teknologi pemantauan untuk kualitas udara yang sehat baik di ruang publik maupun ruang terbatas.

Dokumen ini disunting dan disusun oleh:

- **Ni Made Shellasih**, Program Manager, Indonesian Youth Council for Tactical Changes
- **Daniel Beltsazar Jacob**, Advocacy Lead, Indonesian Youth Council for Tactical Changes
- **Dinda Shabrina**, Sustainability Research and Collaboration Manager, Nafas Foundation
- **Nidaa Fauziyyah**, Indoor Outdoor Air Data Analyst, Nafas Indonesia

Kami menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam proses penyusunan whitepaper ini, baik melalui dukungan data, wawasan teknis, maupun dalam memfasilitasi kegiatan observasi lapangan. Kontribusi tersebut sangat berarti dalam memperkaya analisis dan memperkuat temuan yang disampaikan dalam whitepaper ini.

# Ringkasan Eksekutif

Polusi partikel berbentuk debu halus seperti PM2.5 (partikulat berukuran 2.5 mikron) yang dihasilkan dari aktivitas merokok merupakan polusi udara yang paling berdampak signifikan pada kesehatan manusia. Namun, PM2.5 dari aktivitas merokok seringkali terabaikan dalam pembahasan polusi udara dan belum menjadi fokus permasalahan dalam menjaga kesehatan publik. Whitepaper ini mengkaji kontribusi aktivitas merokok terhadap peningkatan konsentrasi PM2.5, potensi paparan perokok pasif, serta kualitas udara secara keseluruhan.

Whitepaper ini mengungkap tiga temuan utama mengenai paparan polusi udara dari aktivitas merokok, beberapa temuan yang menjadi sorotan:

## 1. Akumulasi Polusi Udara di Ruang Tertutup

Aktivitas merokok di ruang tertutup dengan ventilasi yang tidak optimal, menghasilkan akumulasi polusi PM2.5 signifikan dan bertahan lama. Kondisi ini memperbesar risiko kesehatan kelompok rentan: anak-anak, lansia, dan penyintas gangguan pernapasan. Risiko didapat melalui asap rokok yang dihirup langsung, residu yang menempel pada permukaan benda yang dapat dilepaskan kembali melalui sirkulasi udara, ataupun bersentuhan langsung dengan permukaan tersebut.

## 2. Paparan Polusi Dalam Ruangan dengan Aktivitas Merokok jauh Lebih Berisiko daripada Ruang Terbuka

Jika ruang tertutup menahan polusi, maka ruang terbuka memungkinkan polusi PM2.5 tersebar lebih cepat bergerak bebas melalui aliran udara alami. Tingkat polusi udara dalam ruangan memiliki kecenderungan pola yang sama dengan luar ruangan. Namun, saat aktivitas merokok berlangsung dalam ruangan, kualitas udara di ruang tertutup dapat lebih tidak sehat daripada ruang terbuka. Hal ini menunjukkan bahwa udara dalam ruang tidak menjamin zona aman bebas polusi bagi perokok pasif.

## 3. Polusi Udara Ruang Tertutup akan Melintasi Batas Ruangan

Aktivitas merokok tidak hanya dapat memengaruhi kualitas udara di dalam ruangan tertentu, namun juga tersebar ke ruangan sekitarnya. Hal ini dipengaruhi oleh tingkat kebocoran udara atau infiltrasi internal dari setiap jenis ruangan dalam bangunan. Paparan polusi udara dalam ruangan akan semakin tinggi jika terdapat sumber polusi udara tambahan lainnya seperti aktivitas memasak.



Temuan ini menegaskan bahwa aktivitas merokok berkorelasi langsung dengan peningkatan konsentrasi PM2.5 yang berdampak negatif pada kualitas udara dan kesehatan masyarakat. Paparan ini tidak hanya bersifat lokal, tapi juga sistemik dan lintas ruang. Pendekatan berbasis bukti diperlukan untuk mendorong solusi tepat dan efektif, edukasi publik yang komprehensif, dan sistem pemantauan kualitas udara yang dapat berperan sebagai sinyal awal yang membantu individu mengambil keputusan sehari-hari dalam beraktivitas maupun beradaptasi—untuk mengurangi paparan tinggi terhadap polusi udara, baik di dalam maupun luar ruangan.

Untuk menjawab tantangan yang muncul, maka diperlukan pertimbangan konteks sosial secara lokal dengan pendekatan bertahap yang berorientasi pada perlindungan kesehatan masyarakat. Rekomendasi dalam whitepaper ini meliputi:

- Penguatan implementasi kawasan tanpa rokok untuk melindungi kelompok rentan, terutama anak-anak, oleh pemerintah, masyarakat, dan pemangku kepentingan lainnya yang meliputi edukasi publik yang inklusif dan tidak stigmatis; pembatasan akses terhadap rokok; serta mendukung perokok yang ingin berhenti, melalui layanan psikososial yang mudah diakses dan humanis.
- Pengembangan sistem pemantauan kualitas udara berbasis komunitas sebagai upaya menumbuhkan rasa kepemilikan dan tanggung jawab bersama atas kualitas udara.

Dengan pendekatan yang mengedepankan perlindungan bagi kelompok rentan, melibatkan partisipasi aktif masyarakat, dan menumbuhkan kepedulian sosial, diharapkan dapat menciptakan ruang masyarakat yang lebih sehat. Harapannya, dapat menumbuhkan generasi masa kini dan mendatang dengan kesadaran dan kebutuhan akan hadirnya udara sehat.

# Konten

Tentang .....	1
Ringkasan Eksekutif .....	4
Pendahuluan .....	7
1.1 Polusi Tak Terlihat, Dampak Nyata: Kebutuhan Studi Lokal di Indonesia .....	7
1.2 Menghirup Udara Luar Ruangan seperti Menghisap Batang Rokok .....	8
1.3 Menuju Tubuh Sehat: Memahami Dampak Paparan Polusi Udara terhadap Kesehatan .....	9
1.4 Risiko Kesehatan dari Paparan Aktivitas Merokok bagi Perokok Pasif dan Tersier .....	10
Metode Penelitian .....	12
Hasil Penelitian .....	14
2.1 Temuan 1: Polusi Udara Dalam Ruangan dapat Melintasi Batas Ruangan .....	14
2.2 Temuan 2: Paparan Polusi Dalam Ruangan dengan Aktivitas Merokok Lebih Berisiko daripada Ruang Terbuka .....	16
2.3 Temuan 3: Akumulasi Tinggi Polusi Udara Dalam Ruangan akibat Aktivitas Merokok .....	19
Rekomendasi Langkah Preventif melalui Implementasi Kawasan Tanpa Rokok .....	22
Langkah-langkah Preventif: Melindungi Kesehatan dari Paparan Polusi Asap Rokok .....	23
Referensi .....	25

# Polusi Tak Terlihat, Dampak Nyata: Kebutuhan Studi Lokal di Indonesia

Menurut [Air Quality Life Index \(AQLI\) 2025](#), konsumsi tembakau dan polusi udara PM2.5 merupakan **dua dari tiga faktor eksternal terbesar** yang berdampak pada penurunan harapan hidup di Indonesia, termasuk risiko pola makan, dengan **kontribusi penurunan usia rata-rata antara satu hingga dua tahun**.

Umumnya, polusi udara dapat berbentuk gas dan partikel. Dalam konteks kesehatan masyarakat, polusi partikulat berukuran sangat kecil 2.5 mikron atau dikenal sebagai PM2.5, menjadi perhatian utama karena kemampuannya menembus jauh ke dalam sistem pernapasan dan memicu berbagai gangguan kesehatan.



Gambar 1. Ukuran polusi partikulat PM2.5 (Nafas, 2025)

PM2.5 juga menjadi bentuk polusi udara yang paling relevan, sejalan dengan arah prioritas global yang menekankan pengembangan pengetahuan terkait dampak kesehatan dari polusi partikulat yang tertuang dalam *Updated Road Map for an Enhanced Global Response to the Adverse Health Effects of Air Pollution* dalam [Sidang Majelis Kesehatan Dunia ke-78](#) (*World Health Assembly 78*) tahun 2025. Peta jalan tersebut menekankan pentingnya penguatan bukti ilmiah dan kolaborasi lintas sektor untuk mengurangi risiko kesehatan dari paparan polusi udara, baik dalam ruangan serta keterkaitannya dengan kondisi udara luar ruangan.

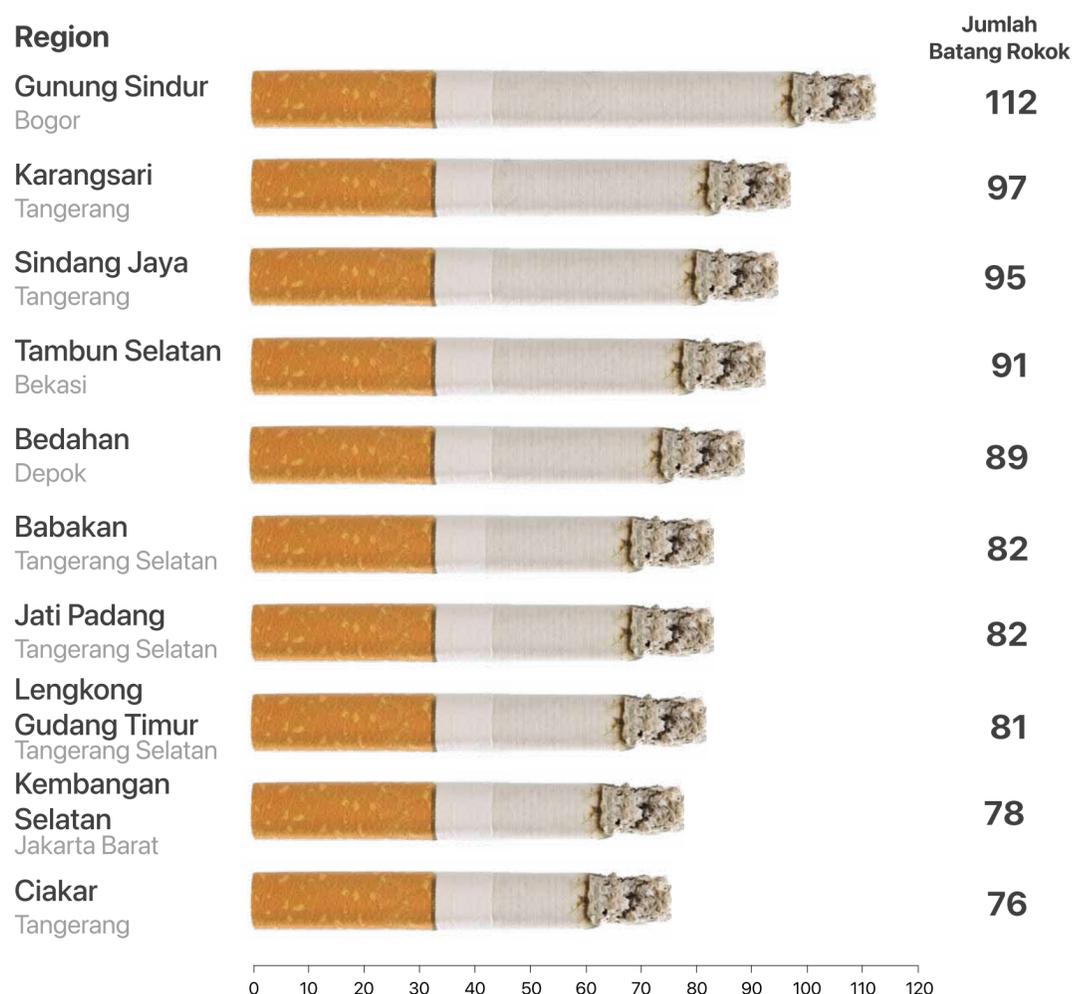
Dalam konteks lokal, pemahaman terhadap dampak kesehatan dari PM2.5 menjadi semakin penting. Di Indonesia, paparan PM2.5 memiliki dampak kesehatan yang signifikan—setara konsumsi rokok atau lebih besar: 1.4 kali dari malnutrisi anak dan ibu, 4.4 kali dari konsumsi alkohol, serta 6.7 kali dari HIV/AIDS ([AQLI, 2025](#)). Temuan ini menegaskan bahwa polusi udara merupakan tantangan kesehatan yang nyata dan perlu dipahami secara lokal.

## 1.2

# Menghirup Udara Luar Ruangan Seperti Menghisap Batang Rokok

Kualitas udara luar ruangan di wilayah Jabodetabek, seperti Kab. Bogor, Tangerang, dan Bekasi sering kali dalam kategori “tidak sehat”, dianalogikan seperti merokok puluhan hingga ratusan batang per hari ([Berkeley Earth, 2025](#)).

Saat polusi luar ruangan masuk ke dalam bangunan dan aktivitas merokok berlangsung di dalamnya, konsentrasi PM2.5 dapat meningkat tajam—bahkan melebihi tingkat polusi luar ruangan, terutama ruang tertutup dengan ventilasi terbatas.



Gambar 2. Analogi paparan polusi udara luar ruangan yang setara dengan menghirup satu batang rokok per hari berdasarkan data PM2.5 dalam satu bulan (Nafas Buka Data, Juli 2025).

Fenomena ini juga tercermin di ruang publik. Penelitian di Jakarta, Bogor, dan Palembang mencatat konsentrasi PM2.5 di lokasi publik tinggi: rata-rata mencapai  $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di tempat hiburan,  $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di restoran, dan  $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di gedung instansi. Meskipun ada pemisahan ruang merokok, paparan polusi udara tetap terjadi di area bebas rokok sebab adanya kontaminasi lintas ruang ([Byron dkk., 2013](#)).

### 1.3

## Menuju Tubuh Sehat: Memahami Dampak Paparan Polusi Udara terhadap Kesehatan

Keterkaitan polusi udara PM2.5 dengan kasus telekonsultasi ditemukan pada [whitepaper Nafas dan Halodoc 2023](#) yang menunjukkan adanya hubungan antara lonjakan polusi udara PM2.5 di wilayah Jabodetabek dan berdampak langsung terhadap peningkatan kasus gejala penyakit pernapasan dalam waktu 3 – 48 jam setelah paparan.

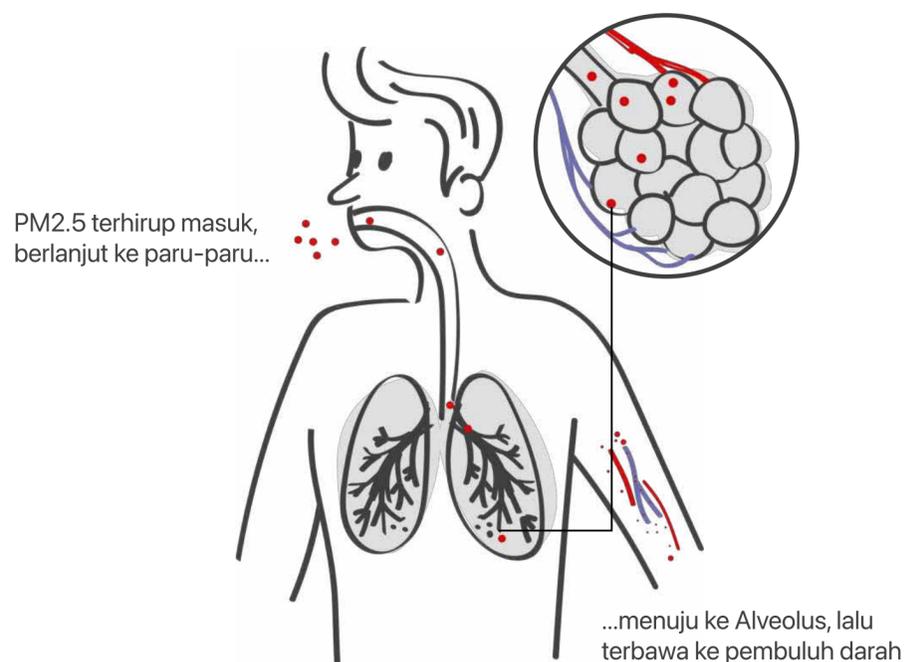
Disease	Increase in Cases	Time Window (Hours)
Rhinitis	2 - 4x	12 - 15
Bronkitis	1 - 5x	15 - 48
Influenza	2 - 3x	6 - 15
Asma	1 - 5x	3 - 48
Sinusitis	2 - 3x	3 - 12

Tabel 1. Peningkatan kasus untuk kemunculan gejala penyakit pernapasan dalam jendela waktu tertentu terhadap peningkatan polusi udara selama bulan Juni, Juli, Agustus 2023 (Nafas dan Halodoc, 2023)

Temuan ini memperlihatkan bahwa polusi udara memiliki dampak nyata terhadap kesehatan masyarakat, terutama sistem pernapasan. Tantangan terhadap kualitas udara tidak hanya berasal dari sumber polusi luar ruangan, namun juga dari sumber dalam ruangan yang kerap diabaikan: asap rokok di ruang tertutup. Aktivitas merokok di dalam ruangan tertutup—baik ruangan khusus merokok maupun area publik yang tidak sepenuhnya bebas rokok—menyumbang polusi udara dalam ruangan (indoor air pollution) yang dapat meningkatkan risiko paparan tinggi polusi PM2.5 terhadap kesehatan.

## Risiko Kesehatan dari Paparan Aktivitas Merokok bagi Perokok Pasif dan Tersier

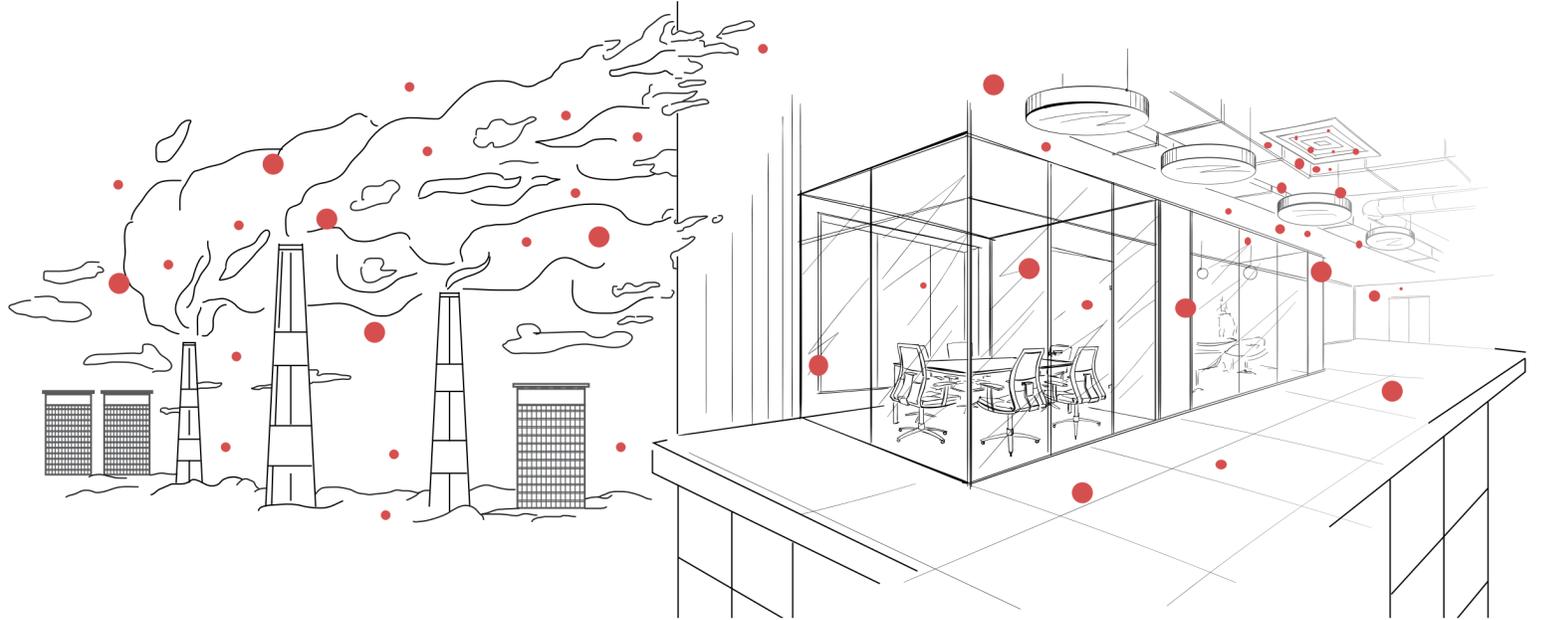
Dalam konteks global, pada 2021 [World Health Organization](#) (WHO) memperkirakan bahwa paparan asap rokok pasif menyebabkan lebih dari 1.2 juta kematian setiap tahun, termasuk 65.000 kematian anak-anak akibat infeksi saluran pernapasan bawah. Selain itu, paparan asap rokok termasuk pasif berkontribusi besar terhadap kematian akibat penyakit jantung, gangguan paru-paru kronis (PPOK), dan infeksi saluran pernapasan ([Wang dkk., 2025](#)).



Gambar 3. Simulasi PM2.5 yang memasuki tubuh manusia hingga pembuluh darah (Nafas, 2025)

Paparan polusi dari asap rokok tidak hanya terjadi secara langsung (first-hand) dan pasif (second-hand), tetapi juga melalui sisa asap rokok yang menempel di permukaan perabot, dinding, karpet, dan debu, dikenal sebagai third-hand smoke (THS). Partikel ini dapat kembali terangkat ke udara melalui aktivitas sehari-hari seperti menyapu atau menggoyang kain, menciptakan jalur paparan tambahan yang berisiko menimbulkan iritasi saluran napas, peradangan, stres oksidatif, dan penyakit kronis jangka panjang ([Center for Tobacco and the Environment, 2025](#); [Benowitz dkk., 2011](#)). Di sisi lain, rokok elektronik juga tidak bebas risiko. Uap dari rokok elektrik (vape) mengandung partikel halus yang bersifat toksik dan iritatif terhadap jaringan paru. Berdasarkan penelitian laboratorium dan populasi, paparan rokok elektronik dapat memicu peradangan, kerusakan epitel, penurunan imunitas lokal, peningkatan

hipersensitivitas dan tahanan jalan napas, serta meningkatkan risiko asma, bronkitis, bronchiolitis obliterans, emfisema, pneumonia, dan bahkan kanker paru (dr. Feni Fitriani Taufik, SpP (K), M.Pd. Ked, Perhimpunan Dokter Paru Indonesia, 2022).



Gambar 4. Polusi udara luar ruangan dapat memasuki ruangan tertutup (Nafas, 2025)

Pada laporan Global Adult Tobacco Survey (GATS) Indonesia 2021 menunjukkan bahwa paparan asap rokok pasif di tempat umum dan rumah tangga masih sangat tinggi. Sebanyak 74.2% orang dewasa terpapar asap rokok di tempat makan dan 44.8% di tempat kerja ([GATS, 2024](#)). Dengan menggunakan data Survei Demografi dan Kesehatan Indonesia (IDHS) 2017, studi menemukan 78% ibu hamil terpapar asap rokok di dalam rumah dan secara signifikan meningkatkan risiko bayi lahir dengan berat badan rendah (BBLR) dan kemungkinan bayi berukuran tubuh lebih kecil ([Andriani dkk., 2023](#)). Di sisi lain, seorang anak yang ayahnya memiliki intensitas merokok sedang atau tinggi cenderung memiliki probabilitas lebih tinggi mengalami kurus (*thinness*) dan stunting ([Bella dkk., 2023](#)).

Hal ini memperkuat bukti bahwa paparan asap rokok pasif berdampak serius hingga perkembangan janin dan kesehatan anak sejak dini. Berbagai temuan ini memperkuat urgensi untuk memahami mendalam bagaimana paparan asap rokok terjadi di ruang publik. Untuk menjawab pertanyaan tersebut secara sistematis, penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan observasional dalam mengukur kualitas udara di berbagai lokasi.

# Metode Penelitian

## Design Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan mixed methods untuk mengevaluasi paparan polusi udara dalam ruangan, khususnya konsentrasi PM2.5 pada berbagai jenis bangunan di dua wilayah urban Indonesia: Yogyakarta dan Bali. Tujuan utama dari pendekatan ini adalah menghasilkan pemahaman komprehensif mengenai faktor perilaku, struktural, dan spasial yang memengaruhi kualitas udara dalam ruangan, serta menyediakan dasar pengetahuan dalam upaya mitigasi risiko kesehatan akibat polusi udara dalam ruangan.

## Lokasi dan Sumber Data

Observasi dilakukan untuk melihat konsentrasi PM2.5 di lokasi menggunakan sensor portable dalam ruangan AirTest Aria untuk pemantauan indoor, sedangkan data outdoor diperoleh dari sensor terdekat dalam jaringan pemantauan PM2.5 milik Nafas. Pengukuran dilakukan selama 24 jam per hari selama tujuh hari berturut-turut, dengan catatan beberapa lokasi hanya mengikuti jam operasional tempat pemantauan. Parameter yang dicatat meliputi konsentrasi PM2.5, suhu, dan kelembapan.

Setiap lokasi akan dilakukan pengukuran dilakukan di tiga titik strategis, yaitu

1. area khusus merokok (jika tersedia) atau area yang sering digunakan untuk merokok (di lokasi bebas rokok),
2. area transisi yang berdekatan dengan sumber polusi,
3. area kontrol yang berada jauh dari aktivitas merokok.

Pengumpulan data *indoor* dilakukan di sembilan lokasi dengan total 27 bangunan publik yang mencakup titik-titik strategis seperti bandara, sekolah, puskesmas, tempat makan, dan pusat kota. Periode pengumpulan data dibagi berdasarkan wilayah administratif, meliputi Kabupaten Kulon Progo dan Kota Yogyakarta di Yogyakarta, serta Kota Denpasar dan Kabupaten Gianyar di Bali.

Lokasi dan periode pengumpulan data berlangsung dengan detail sebagai berikut:

Provinsi	Lokasi Utama	Periode (2025)
Yogyakarta	Kab. Kulon Progo	9 - 15 April
	Kota Yogyakarta	17 - 23 April
	Bandara	24 - 29 April
Bali	Denpasar	13 - 26 Juni
	Gianyar	26 - 10 Juli

## Metode Pengukuran dan Analisis Data

### 1. Data Konsentrasi PM2.5

Analisis dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan tujuan mengidentifikasi tren temporal dan fluktuasi konsentrasi PM2.5 di lokasi pemantauan. Data disajikan dalam bentuk rata-rata, rentang nilai, serta visualisasi grafik untuk memperlihatkan dinamika perjam maupun harian. Analisis ini difokuskan pada penggambaran pola kenaikan atau penurunan PM2.5 tanpa melakukan uji analisis kausalitas lebih lanjut.

### 2. Indikator Kepatuhan terhadap Peraturan Kawasan Tanpa Rokok

Sebagai pelengkap data kuantitatif, dilakukan observasi lokasi menggunakan daftar indikator kepatuhan dan pelanggaran terhadap Peraturan Kawasan Tanpa Rokok (KTR). Indikator kepatuhan mencakup keberadaan tanda larangan merokok, petugas pengawasan, saluran pengaduan, dan pengumuman suara berkala. Sementara itu, indikator pelanggaran meliputi keberadaan tempat khusus merokok dalam gedung, aktivitas merokok di area KTR, bau rokok, puntung rokok, asbak, serta promosi dan penjualan rokok di area terlarang. Wawancara singkat dengan pengelola dan pengunjung dilakukan untuk menggali persepsi risiko, praktik pengawasan, dan hambatan implementasi kebijakan.

# Hasil Penelitian

## Temuan 1

### Polusi Udara Dalam Ruangan dapat Melintasi Batas Ruangan

Data observasi yang ditunjukkan pada wilayah lokasi pemantauan di Provinsi DI Yogyakarta menunjukkan bahwa paparan asap rokok di ruang publik dan tempat kerja berdampak langsung pada kualitas udara dalam ruangan. Rata-rata konsentrasi PM2.5 selama pengukuran menunjukkan level kualitas udara berada pada level 'Sedang', 'Tidak Sehat untuk Kelompok Sensitif', hingga 'Sangat Tidak Sehat'.

Lokasi	PM2.5 (µg/m <sup>3</sup> )	Kelembaban (%)	Suhu (°C)
<b>Kabupaten Kulon Progo</b>			
Kecamatan A	25,93	63,5	28,5
Kecamatan B	20,42	69,42	27,5
Sekolah A	19,86	65,62	28,45
<b>Kota Yogyakarta</b>			
Puskesmas A	29,98	59,98	25,36
Restaurant / Kafe A	48,33	59,78	24,76
Restaurant / Kafe B	38,06	61,03	24,83
<b>Bandara YIA</b>			
Restaurant / Kafe A	18,4	61,06	24,82
Restaurant / Kafe B	203,8	62,17	24,73
Hotel A	47,5	62,47	23,39

Tabel 3. Rata-rata parameter kualitas udara di setiap lokasi DI Yogyakarta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, kelembaban udara yang ideal berada pada rentang 40–60% guna mendukung kesehatan, kenyamanan, serta kualitas udara dalam ruang yang baik. Hijau: kelembaban udara ideal, Kuning: kelembaban udara lebih dari 60% (lembab).

Paparan polusi tinggi ini sangat berisiko tinggi jika terhirup oleh kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, dan penderita gangguan pernapasan karena partikel halus dapat bertahan lama di udara. Jika terdapat residu rokok, maka dapat berisiko untuk perokok pasif dan tersier melalui sirkulasi udara dan sentuhan permukaan yang terkontaminasi.

PM2.5	Tingkat Polusi Udara dan Implikasi Kesehatan
12–35 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	<b>Tingkat polusi udara tergolong moderat.</b> Kualitas udara masih dapat diterima. Namun, individu yang sangat sensitif terhadap polusi udara, seperti anak-anak, penderita asma, dan orang dewasa yang aktif, perlu membatasi aktivitas luar ruangan dalam waktu lama karena tetap ada risiko gangguan kesehatan.
35–55 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	<b>Tingkat polusi udara tidak sehat untuk kelompok sensitif.</b> Anak-anak, lansia, orang dengan penyakit pernapasan (seperti asma), dan individu yang aktif secara fisik berisiko mengalami iritasi atau gangguan pernapasan. Masyarakat umum umumnya tidak terdampak, tetapi kelompok sensitif disarankan membatasi aktivitas luar ruangan yang lama.
150–250 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	<b>Tingkat polusi udara sangat tidak sehat.</b> Seluruh populasi berisiko mengalami dampak kesehatan, terutama anak-anak, lansia, dan penderita penyakit pernapasan. Aktivitas luar ruangan sebaiknya dibatasi, dan kelompok rentan disarankan untuk tetap di dalam ruangan.

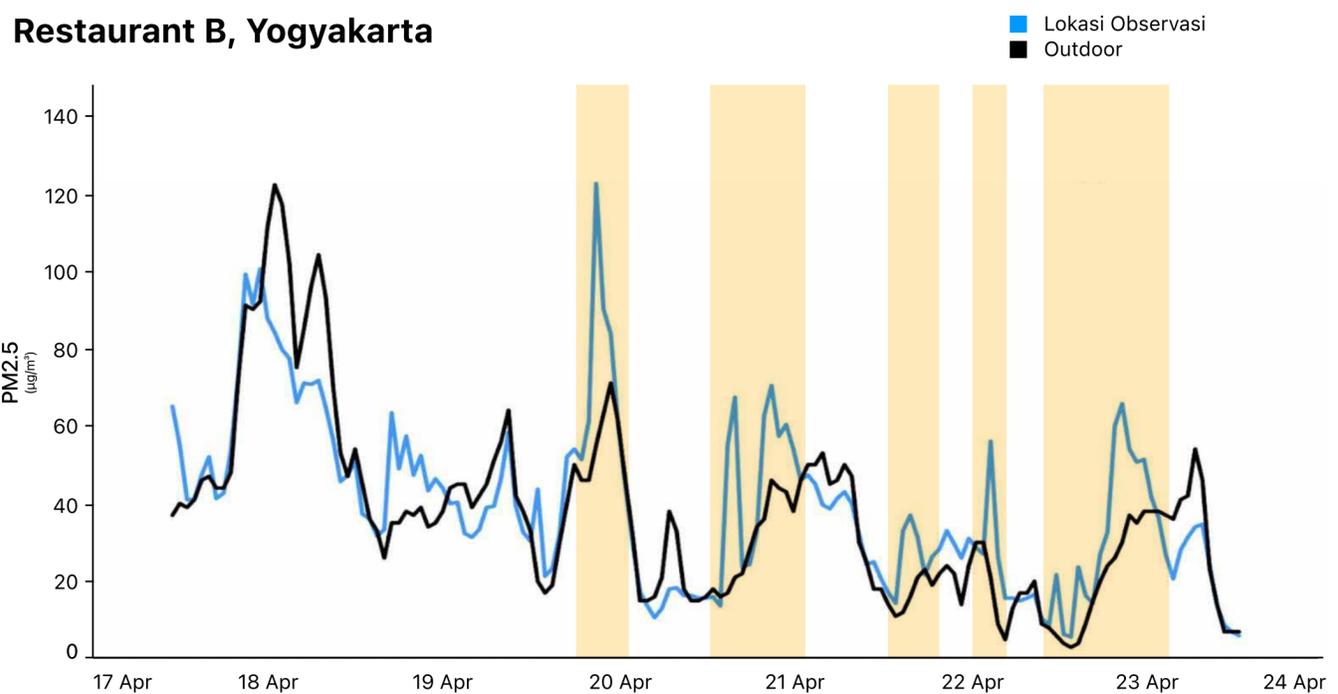
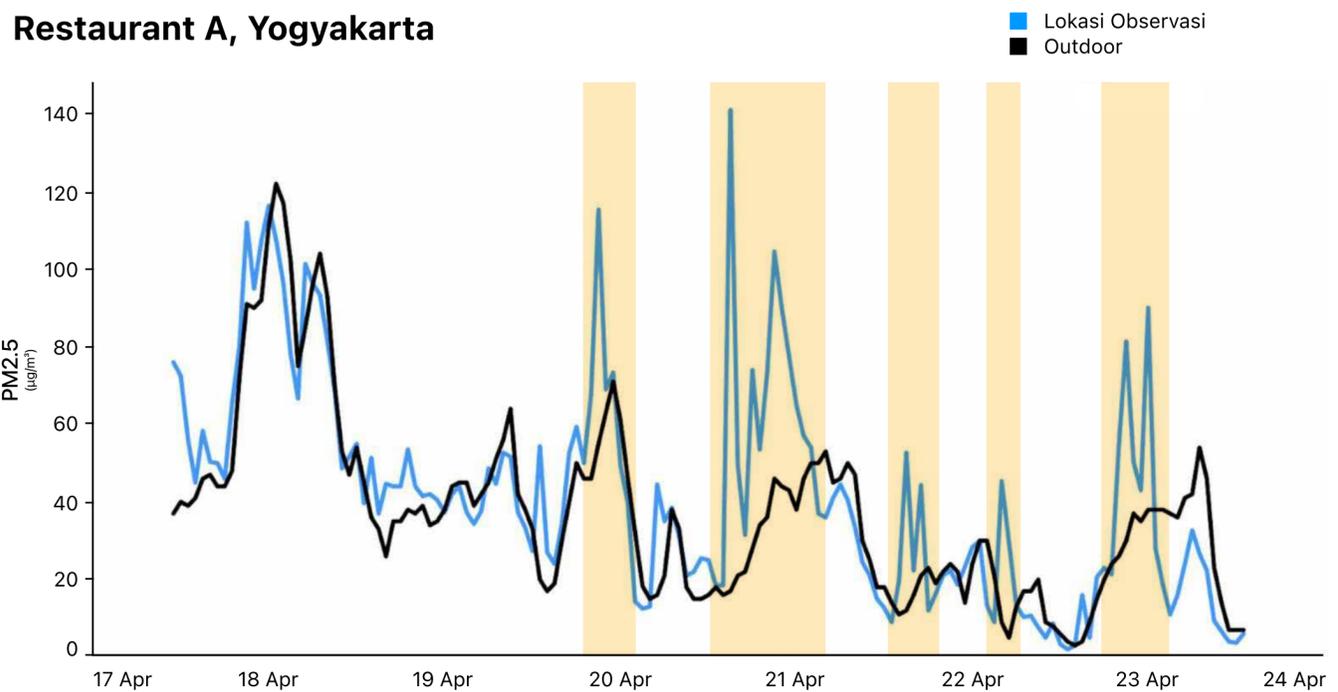
Desain ventilasi antar ruangan dan aktivitas manusia yang memengaruhi pergerakan polutan melalui sirkulasi udara berperan besar dalam penyebaran polusi dalam ruangan, khususnya dalam bangunan dengan ruangan khusus merokok. Dalam bangunan yang memiliki ruang khusus untuk merokok, konsentrasi PM2.5 yang tinggi di area tersebut dapat menyebar ke ruangan lain, seperti ruangan bebas merokok. Jika ventilasi tidak dirancang dengan baik, konsentrasi PM2.5 dapat lebih tinggi dari ruang merokok itu sendiri.

Di sisi lain, pada ventilasi cenderung terbuka dan sumber polusi dalam ruangan minim, maka ada kecenderungan tingkat PM2.5 jauh lebih rendah dan stabil dibandingkan bangunan dengan aktivitas merokok. Temuan ini memperkuat bahwa desain ventilasi yang baik dan pengendalian aktivitas berisiko seperti merokok sangat berpengaruh pada kualitas udara dalam ruangan.

## Temuan 2

### Paparan Polusi Dalam Ruangan dengan Aktivitas Merokok Lebih Berisiko daripada Ruang Terbuka

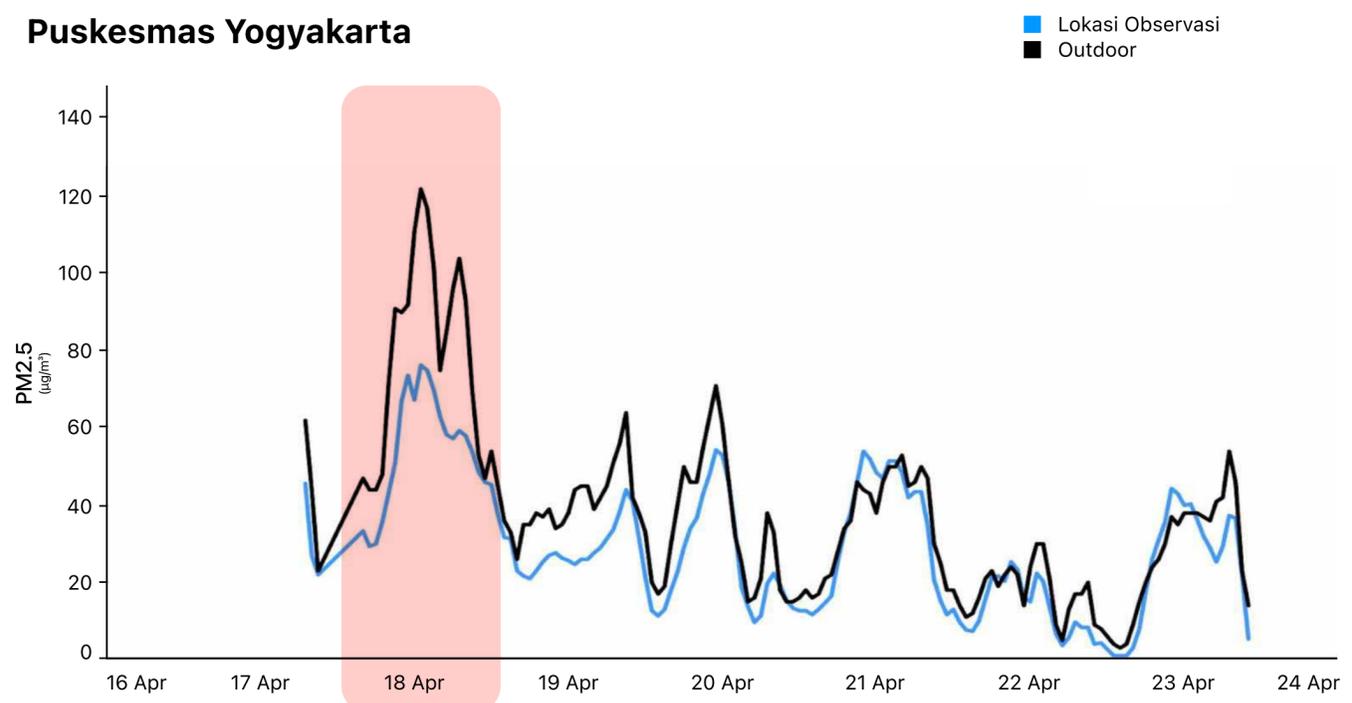
Paparan polusi dari luar ruangan dapat menjadi salah satu kontributor polusi dalam ruangan. Konsentrasi PM2.5 di dalam dan luar ruangan menunjukkan pola temporal naik turun yang relatif serupa selama periode pengamatan. Akan tetapi, ada beberapa kejadian saat polusi di dalam ruangan cenderung jauh lebih tinggi dibandingkan luar ruangan, mengindikasikan sumber polusi indoor lokal.



Gambar 5. Data pengamatan indoor dan outdoor di dua lokasi rumah makan di Yogyakarta selama 17 - 24 April 2025

Polusi indoor PM2.5 di dalam Restaurant A maupun Restaurant B di waktu-waktu tertentu dapat meningkat sangat signifikan hingga mencapai nilai konsentrasi polusi 2-7 kali lebih tinggi dibandingkan luar ruangan. Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh jumlah aktivitas sumber polusi indoor, seperti tingginya aktivitas merokok, kepadatan pengunjung serta tingginya aktivitas memasak. Tanpa adanya sistem ventilasi yang baik, purifikasi udara dalam ruangan, dan aturan ketat mengenai aktivitas merokok, maka paparan polusi PM2.5 dalam ruangan dapat memiliki kecenderungan lebih tinggi dibandingkan luar ruangan.

### Puskesmas Yogyakarta



Gambar 6. Data pengamatan indoor dan outdoor di puskesmas Yogyakarta pada 17 - 24 April 2025

Sedangkan, polusi udara dalam ruangan di suatu puskesmas di Yogyakarta tercatat jarang melampaui tingkat polusi udara luar ruangan secara signifikan. Kondisi ini didukung oleh minimnya sumber polusi indoor seperti aktivitas merokok sekitar lingkungan puskesmas pada waktu pengamatan. Berkebalikan dengan restaurant, polusi udara luar ruangan di sekitar puskesmas sempat mengalami peningkatan cukup tajam hingga dua kali lipat (Gambar 6). Peningkatan ini dapat dipengaruhi oleh berbagai aktivitas di lingkungan sekitar sensor outdoor, termasuk lalu lintas, aktivitas wisata, atau kemungkinan aktivitas merokok di area publik. Namun, data kualitatif pada studi ini tidak memungkinkan untuk memastikan secara spesifik kontribusi masing-masing faktor, termasuk merokok.

Analisis temuan ini didukung berdasarkan data dari sensor portabel dalam ruangan dan sensor low-cost luar ruangan yang berjarak sekitar 3 - 4 km dari lokasi pengamatan indoor. Lokasi observasi berada di area dengan potensi aktivitas cukup tinggi, seperti kawasan wisata, kuliner, dan padat penduduk, sehingga memungkinkan adanya sumber polusi outdoor lokal yang tidak dapat diabaikan. Dengan menyadari keterbatasan jarak dalam merepresentasikan kondisi mikro dan keterbatasan infrastruktur pemantauan, pendekatan ini tetap diterapkan untuk melihat tren temporal secara umum.

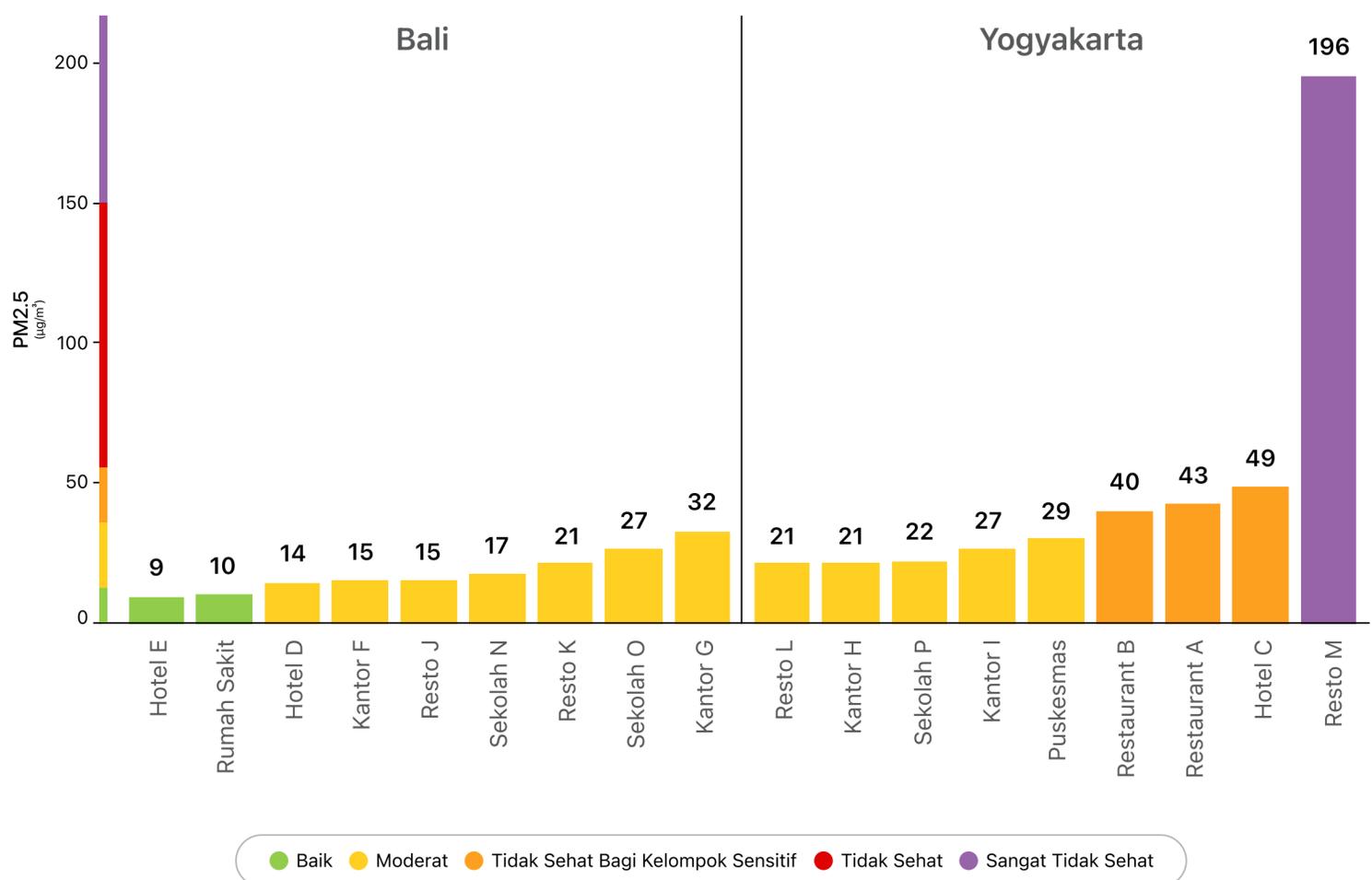
Hal ini mempertimbangkan studi Li dkk. (2025) dan Kara dkk. (2024) yang menunjukkan sensor berbiaya rendah dapat digunakan untuk memantau dinamika temporal PM2.5, namun tidak untuk estimasi konsentrasi absolut. Meskipun tidak bisa dipastikan, polusi udara akibat rokok, baik di dalam maupun di luar ruangan, tetap menjadi perhatian kesehatan penting. Hal ini menunjukkan perlunya pengendalian semua sumber polusi udara untuk menjaga kualitas udara, khususnya di fasilitas kesehatan dan lingkungan publik.



## Temuan 3

### Akumulasi Tinggi Polusi Udara di Dalam Ruangan

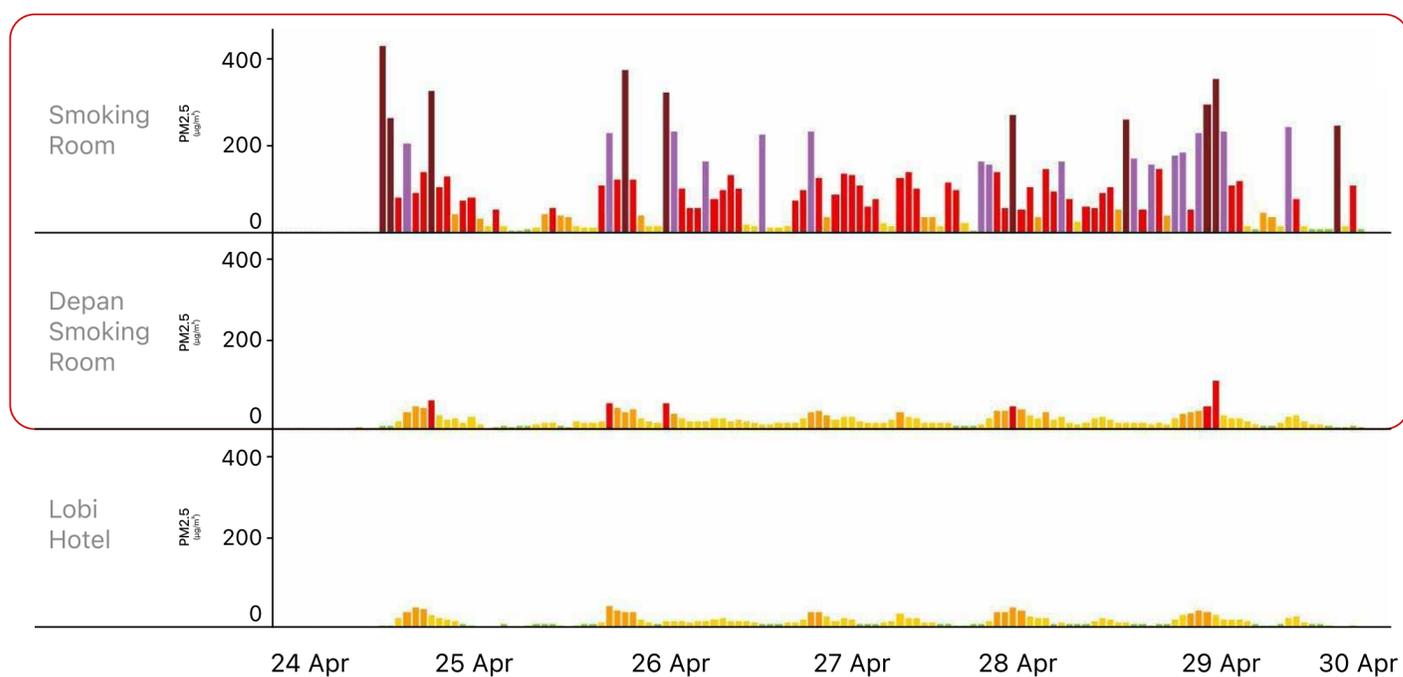
Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di lokasi pemantauan, secara rata-rata konsentrasi PM2.5 dalam ruangan di Bali relatif rendah dibandingkan Yogyakarta. Hal ini berkaitan dengan keberadaan ruang khusus merokok yang masih banyak terletak di dalam bangunan di Yogyakarta, sementara di Bali, ruangan khusus merokok berada diluar ruangan karena peraturan setempat.



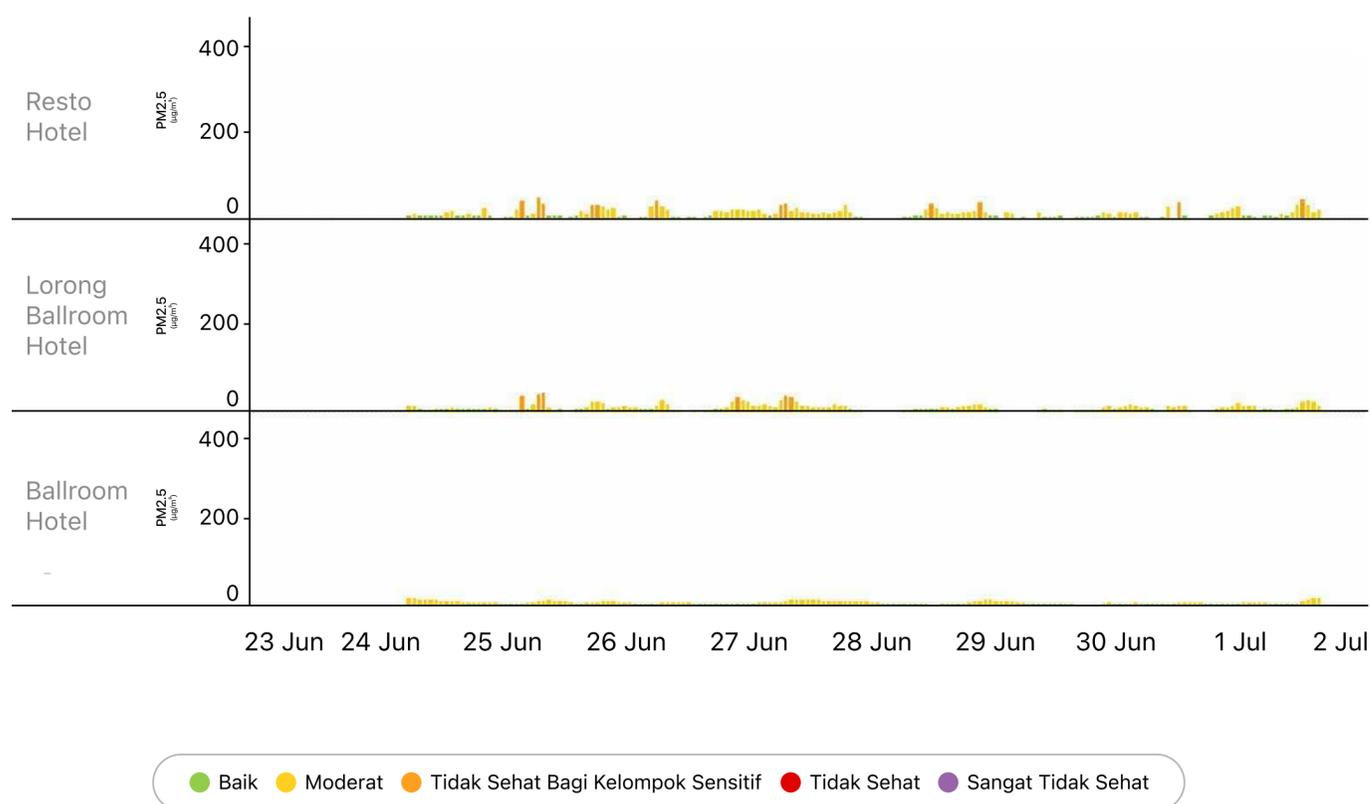
Gambar 7. Data indoor di beberapa ruangan di Bali dan DI Yogyakarta selama durasi pengamatan.

Adanya ruang khusus merokok dalam bangunan di Yogyakarta menyebabkan paparan polusi udara dari asap rokok lebih mudah menyebar ke ruang bebas rokok, terutama jika ventilasi tidak optimal. Di sisi lain, beberapa faktor berpotensi turut memengaruhi tingkat konsentrasi PM2.5 indoor, seperti kebocoran polusi dari luar ke dalam ruangan, polusi indoor lain seperti aktivitas memasak, serta perbedaan waktu pengamatan antar wilayah.

### Hotel C di Yogyakarta



### Hotel D di Bali



Gambar 8. Data indoor di beberapa ruangan di sebuah hotel di Yogyakarta yang memiliki ruang khusus merokok dalam bangunan dan Bali yang tidak terdapat ruangan merokok.

Jika melihat studi kasus sebuah hotel (Gambar 8), Hotel C di Yogyakarta yang memiliki ruang khusus merokok dalam bangunan menunjukkan tingkat konsentrasi PM2.5 indoor sangat tinggi, mencapai 400 ug/m<sup>3</sup> atau angka yang masuk dalam kategori “Beracun” pada periode tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa **penempatan ruang merokok dalam bangunan meningkatkan risiko paparan polusi udara bagi penghuni secara signifikan.**

Sebaliknya, Hotel D di Bali yang tidak memiliki ruangan merokok dalam bangunan, menunjukkan konsentrasi PM2.5 yang cenderung lebih rendah. Meski begitu, PM2.5 tetap terpantau dalam kategori “Moderat” dan “Tidak Sehat untuk Kelompok Sensitif” di beberapa titik dan waktu, yang kemungkinandipengaruhi oleh sumber polusi lain seperti debu, aktivitas memasak, atau kendaraan. Hal ini menegaskan bahwa meskipun tidak ada aktivitas merokok, kualitas udara di dalam ruangan tetap perlu menjadi perhatian, terutama untuk pengunjung yang sensitif terhadap polusi udara.

Secara keseluruhan, tidak adanya aktivitas merokok di dalam ruangan di Bali dikarenakan ruang khusus merokok terdapat di luar ruangan. Hal ini menjadi faktor dominan yang berkontribusi mengapa konsentrasi PM2.5 (Hotel D Bali) lebih rendah dibandingkan dengan ruangan yang memang ada aktivitas merokok di dalamnya (Hotel C Yogyakarta), sekaligus menegaskan pentingnya pengendalian faktor polusi lain agar kualitas udara tetap sehat.

Temuan ini memperkuat bahwa desain ruang dan penempatan lokasi terkait aktivitas merokok memiliki dampak langsung terhadap kualitas udara dan kesehatan dalam ruangan. Studi oleh Denta dkk. (2024) menunjukkan bahwa penerapan Kawasan Tanpa Rokok (KTR) secara ketat dapat menurunkan tingkat polusi udara dalam ruang. Pentingnya kesadaran pengunjung kawasan untuk menjaga udara tetap sehat juga penting guna mewujudkan kenyamanan bagi seluruh pengunjung.



# Rekomendasi Langkah Preventif melalui Implementasi Kawasan Tanpa Rokok

## 1. Penetapan Kawasan Tanpa Rokok dan Pengawasan di Area Publik

Meskipun berada di ruang terbuka, paparan asap rokok tetap berpotensi mengganggu kenyamanan dan kesehatan individu lain, terutama di lokasi dengan kepadatan tinggi seperti taman kota, trotoar, halte transportasi, dan kawasan wisata. Pergerakan udara dan aktivitas manusia memungkinkan partikel asap menyebar secara luas, sehingga risiko paparan tetap signifikan.

**Rekomendasi:** Kawasan bebas rokok perlu diterapkan secara tegas di ruang publik terbuka, dengan dukungan visual berupa rambu larangan merokok yang jelas dan mudah diakses. Pengawasan aktif melalui petugas atau patroli lingkungan diperlukan untuk memastikan kepatuhan. Untuk lokasi dengan aktivitas tinggi, penyediaan area khusus merokok yang terpisah dari jalur utama dan titik berkumpul dapat menjadi solusi untuk mengurangi paparan tidak langsung.

## 2. Tidak Menyediakan Ruangan Khusus Merokok di Dalam Ruangan (indoor)

Keberadaan ruang khusus merokok di dalam bangunan tidak sepenuhnya bisa mencegah penyebaran polusi. Partikel halus PM2.5 dari asap rokok dapat melintasi batas fisik ruangan melalui ventilasi dan sirkulasi udara. Selain itu, residu asap rokok (third-hand smoke) yang menempel di permukaan furnitur dan dinding berpotensi mencemari dan menimbulkan dampak kesehatan, terutama bagi anak-anak dan lansia.

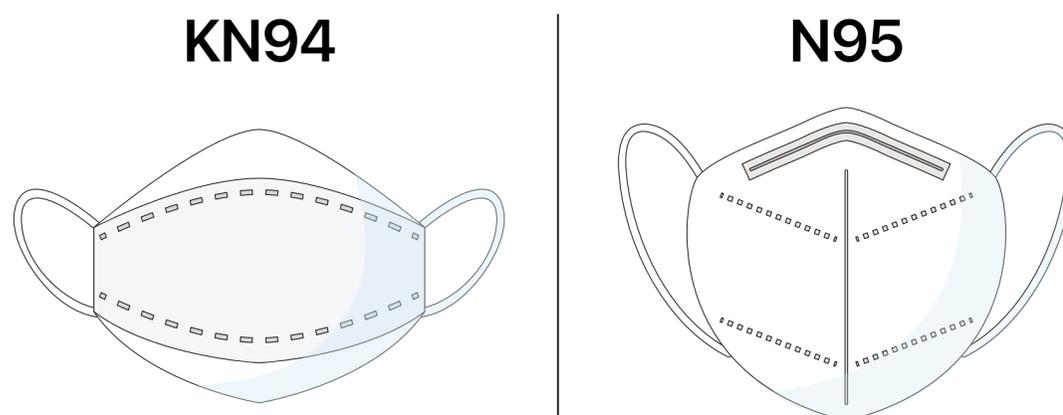
**Rekomendasi:** Penerapan kebijakan bebas rokok secara menyeluruh di dalam bangunan perlu diberlakukan tanpa pengecualian terhadap ruang khusus merokok. Hal ini mencakup rumah tinggal, tempat usaha, restoran, dan fasilitas publik. Edukasi kepada pemilik bangunan dan masyarakat mengenai risiko third-hand smoke dan pentingnya menjaga kualitas udara dalam ruang menjadi bagian integral dari strategi pengendalian.

# Langkah-Langkah Preventif: Melindungi Kesehatan dari Paparan Polusi Udara Asap Rokok

Perlindungan kesehatan dari paparan asap rokok sebagai bagian dari polusi udara dalam ruangan menjadi tantangan di tengah kompleksitasnya kehidupan. Namun, langkah-langkah sederhana dapat dilakukan oleh keluarga dan komunitas untuk menjaga tubuh tetap sehat, terutama bagi anak-anak, lansia, dan mereka yang memiliki penyakit pernapasan.

## 1. Ventilasi dan Masker sebagai Proteksi Nyata Anak dan Lansia

Polusi udara adalah bagian dari keseharian bagi yang tinggal di kawasan padat atau dekat dengan jalan raya. Tapi kita bisa mengelola risikonya, terutama bagi mereka yang memiliki asma, pneumonia, atau gangguan paru lainnya. Pantau kualitas udara setiap saat dan sesuaikan kapan harus membuka jendela atau sirkulasi udara. Gunakanlah masker dengan filtrasi tinggi (KF94, N95) saat polusi udara tinggi.



## 2. Deteksi Dini: Kenali Tanda-Tanda Paparan

Polusi udara dan asap rokok seringkali tak terlihat, namun tubuh merasakan dan terkadang memberikan sinyal awal melalui gejala seperti batuk, sesak napas, mata perih. Segera konsultasikan ke puskesmas atau klinik untuk pemeriksaan dan evaluasi lingkungan sekitar.

### 3. Gizi sebagai Pondasi Daya Tahan Tubuh

Gizi yang baik membantu memperkuat sistem imun agar mampu melawan infeksi. Program Isi Piringku dari Kementerian Kesehatan mendorong pola makan seimbang dengan mengonsumsi makanan pokok, sumber protein, sayur, dan buah dalam proporsi yang tepat.



Untuk mendukung manfaat gizi secara optimal, anak dianjurkan untuk minum minimal 8 gelas air setiap hari, melakukan aktivitas fisik 30 menit, dan mencuci tangan sebelum makan untuk menjaga kebersihan dan mencegah penyakit. Selain itu, bagi anggota keluarga, hindari paparan tinggi dari aktivitas memasak di ruang tertutup tanpa ventilasi, serta bersihkan rumah secara rutin dari debu dan residu rokok baik di pakaian ataupun lingkungan tempat tinggal.

# Referensi

- 1 Air Quality Life Index. (2025). Indonesia Fact Sheet. Energy Policy Institute at the University of Chicago. [https://aqli.epic.uchicago.edu/files/Indonesia%20FactSheet\\_2025.pdf](https://aqli.epic.uchicago.edu/files/Indonesia%20FactSheet_2025.pdf)
- 2 Ahsan, A., & Andriani, H. (2021). Second-hand smoke exposure inside the house and adverse birth outcomes in Indonesia: Evidence from Demographic and Health Survey 2017. Pre-print manuscript.
- 3 Bella, A., Dartanto, T., Nurshadrina, D. S., et al. (2023). Do parental smoking behaviors affect children's thinness, stunting, and overweight status in Indonesia? Evidence from a large-scale longitudinal survey. *Journal of Family and Economic Issues*, 44, 714–726. <https://doi.org/10.1007/s10834-022-09864-x>
- 4 Berkeley Earth. (2025). Global air quality data and analysis. <https://berkeleyearth.org>
- 5 Byron, M. J., Suhadi, D. R., Hepp, L. M., Avila-Tang, E., Yang, J., Asiani, G., et al. (2013). Secondhand tobacco smoke in public venues in three Indonesian cities. *Medical Journal of Indonesia*, 22(4), 232–237. <https://mji.ui.ac.id/journal/index.php/mji/article/view/606>
- 6 Center for Tobacco and the Environment, San Diego State University. (2025). Brief Overview: Impacts of Thirdhand Smoke on Human Health. <https://thirdhandsmoke.org/wp-content/uploads/2025/03/BriefOverviewImpactsTHSHumanHealth250505.pdf>
- 7 Denta, O., Haryono, M. J., Musthofa, A., & Baning, T. (2024, Agustus). The effect of implementing smoke-free areas on indoor air quality in Kulon Progo. *Jurnal Promkes: The Indonesian Journal of Health Promotion and Health Education*, 12(SI2), 126–133. <https://doi.org/10.20473/jpk.V12.ISI2.2024.126-133>
- 8 Kara, A., Ahmed, M., May, A. A., & Le, H. T. K. (2024). High spatio-temporal resolution predictions of PM2.5 using low-cost sensor data. *Atmospheric Environment*, 326, 120486. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.120486>
- 9 Li, J., Chen, J., You, R., & He, Q. (2025). PM2.5 concentration prediction: Ultrahigh spatiotemporal resolution achieved by combining machine learning and low-cost sensors. *Sensors*, 25(17), 5527. <https://doi.org/10.3390/s25175527>
- 10 Matt, G. E., Quintana, P. J., Destailats, H., Gundel, L. A., Sleiman, M., Singer, B. C., et al. (2011). Thirdhand tobacco smoke: Emerging evidence and arguments for a multidisciplinary research agenda. *Environmental Health Perspectives*, 119(9), 1218–1226. <https://doi.org/10.1289/ehp.1103500>

- 11 Nafas Indonesia. (2025, July). Nafas Buka Data: Indonesia Air Quality Report. <https://nafas.co.id/nafas-buka-data>
- 12 Nafas & Halodoc. (2023). Whitepaper: Air Pollution Can Increase Respiratory Illness Diagnosis by up to 34%. <https://nafas.co.id/nafas-buka-data>
- 13 Wang, Z., Lin, J., Liang, L., et al. (2025). Global, regional, and national burden of chronic obstructive pulmonary disease and its attributable risk factors from 1990 to 2021: An analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Respiratory Research*, 26(2). <https://doi.org/10.1186/s12931-024-03051-2>
- 14 World Health Organization. (2021). Tobacco control to improve child health and development: Thematic brief. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240022218>
- 15 World Health Organization. (2024). Global Adult Tobacco Survey: Indonesia National Fact Sheet 2021. [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/ncds/ncd-surveillance/data-reporting/indonesia/indonesia-national-2021-factsheet.pdf?sfvrsn=53eac4fd\\_1](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/ncds/ncd-surveillance/data-reporting/indonesia/indonesia-national-2021-factsheet.pdf?sfvrsn=53eac4fd_1)
- 16 World Health Organization. (2025). Updated road map for an enhanced global response to the adverse health effects of air pollution. EB156/24. [https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/EB156/B156\\_24-en.pdf](https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB156/B156_24-en.pdf)