

Strength in Numbers

Cara kota-kota melakukan inovasi melalui data untuk mewujudkan langkah ambisius dalam mewujudkan aksi udara bersih



Sebuah inisiatif yang diselenggarakan oleh
Bloomberg Philanthropies, Clean Air Fund, dan C40 Cities.

Ucapan Terima Kasih

Penulis utama laporan ini adalah:

Breathe Cities

Chloe Watson

Luisa Miranda Morel

Cheran Suriyaprakasam

Toby Coombes

Clean Air Asia

Everlyn Tamayo

Enrique Mikhael Cosep

Maria Jannell Feliz Talavera

Ma. Cristine Faye Denna

Precious Benjamin

Dang Espita-Casanova

Glynda Bathan-Baterina



Laporan ini dibentuk oleh tim lokal Breathe Cities dengan memanfaatkan pengalaman yang dibagikan melalui Kelompok Kerja Teknis Keadilan dalam Kualitas Udara C40, dukungan yang diberikan oleh BenMAP Analytics, serta arahan dari para peninjau eksternal.

Secara khusus, kami menyampaikan apresiasi atas kontribusi Breathe Cities Regional Leads, City Advisers, dan Leads (Vivian Pun, Seneca Naidoo, Guillermo Gómez Pedrozo, Florinda Boschetti, Elvis Kyere-Gyeabour, Pongsatorn Greigarn, Nuttawut Teachatanawat, Luis Eduardo Tafur Herrera, Jaime Rueda, Fadhil Firdaus, Lunga Ngcukana, Nokuthula Dubazane, Zethu Zwane, Nick Smith, Lydia Smith, Andrea Bizberg, Georgina Echániz-Pellicer, Victor Indasi, dan Marion Leherpeur); tim BenMAP Analytics (Bryan Hubbell, Neal Fann, Scott Delaney, dan Daniel Mork); serta para peninjau eksternal, yaitu Tolullah Oni (UrbanBetter dan University of Cambridge), Sebastian Diez (Universidad del Desarrollo dan Allin-Wayra), Tim Dye (TD Enviro), dan Sumi Mehta (Vital Strategies).

Sekilas tentang

Breathe Cities

Breathe Cities adalah inisiatif global yang mendukung kota-kota untuk meningkatkan kualitas udara dan kesehatan masyarakat. Program ini didukung oleh **Bloomberg Philanthropies, Clean Air Fund, dan C40 Cities**, serta diimplementasikan bersama Vital Strategies di Jakarta. Inisiatif ini membantu kota mengambil langkah ambisius dalam pengendalian polusi udara melalui peningkatan akses terhadap data dan peningkatan kesadaran publik.

Diluncurkan pada tahun 2023 oleh Michael R. Bloomberg, Utusan Khusus Sekretaris Jenderal PBB untuk Ambisi dan Solusi Iklim sekaligus pendiri Bloomberg Philanthropies, serta Sadiq Khan, Wali Kota London dan Co-Chair C40 Cities, Breathe Cities saat ini mendukung percepatan aksi di 14 kota untuk meningkatkan kualitas udara bagi 77 juta penduduk.

Untuk mempelajari lebih lanjut, kunjungi laman **Breathe Cities** atau ikuti **Instagram** dan **LinkedIn**.

Daftar Isi

Singkatan.....	05
Ringkasan Eksekutif.....	06
Pendahuluan.....	10
Mengapa data penting dalam mendorong aksi udara bersih.....	10
Peluang inovasi.....	10
Dalam laporan ini.....	11
Apa yang dimaksud dengan inovasi?.....	12
Menentukan definisi data dan inovasi.....	12
Memastikan masyarakat mendapatkan manfaat dari inovasi melalui data.....	13
Cara-cara inovatif yang dilakukan berbagai kota dalam mengukur, memanfaatkan, dan menyebarluaskan data.....	14
Area Inovasi 1: Pengumpulan data - membangun gambaran kualitas udara yang komprehensif.....	15
Accra, Ghana: Mengisi kesenjangan data melalui pemantauan hibrida.....	17
Bangkok, Thailand: Membangun gambaran kualitas udara yang komprehensif melalui data terpadu.....	18
Toolkit kota – bagian 1 (Lihat Lampiran A untuk toolkit lengkapnya).....	19
Area Inovasi 2: Tata kelola data dan kolaborasi.....	21
Membuka potensi data melalui fondasi kelembagaan yang kuat	
Bogotá, Kolombia: Kolaborasi dan pertukaran data antardepartemen.....	23
Mexico City, Meksiko: Mewujudkan udara bersih melalui perencanaan tindakan berkelanjutan.....	25
Toolkit kota – bagian 2 (Lihat Lampiran A untuk toolkit lengkapnya).....	26
Area Inovasi 3: Analisis, pemodelan, dan kajian dampak.....	28
Mengevaluasi bagaimana aksi berdampak pada masyarakat	
London, Inggris: Mengukur dampak nyata dari upaya peningkatan kualitas udara.....	30
Bangkok, Thailand: Mulai dari teknologi hingga wawasan berbasis data mengenai risiko kesehatan akibat kualitas udara.....	31
Paris, Prancis: Menciptakan ruang jalan yang ramah anak dengan data kualitas udara.....	32
Toolkit kota – bagian 3 (Lihat Lampiran A untuk toolkit lengkapnya).....	33
Area Inovasi 4: Komunikasi dan pelibatan, memberdayakan masyarakat melalui data.....	34
Johannesburg, Afrika Selatan: Menggunakan survei persepsi masyarakat untuk merumuskan langkah-langkah penanggulangan polusi udara.....	38
Brussels, Belgia: Mendukung pemetaan kualitas udara berbasis masyarakat untuk mendorong aksi perbaikan kualitas udara.....	39
Jakarta, Indonesia: Mendorong peran aktif generasi muda dalam mewujudkan masa depan yang lebih bersih dan sehat.....	40
Toolkit kota – bagian 4 (Lihat Lampiran A untuk toolkit lengkapnya).....	41

Daftar Isi

Kesimpulan dan peningkatan skala aksi kota.....	43
Poin-poin utama bagi kota dan mitra.....	44
Lampiran.....	46
Lampiran A. <i>Toolkit</i> kota.....	47
Area Inovasi 1: Pengumpulan data - membangun gambaran kualitas udara yang komprehensif.....	48
Area Inovasi 2: Tata kelola data dan kolaborasi.....	50
- Membuka potensi data melalui fondasi kelembagaan yang kuat	
Area Inovasi 3: Analisis, pemodelan, dan kajian dampak.....	52
- Mengevaluasi bagaimana aksi berdampak pada masyarakat	
Area Inovasi 4: Komunikasi dan pelibatan.....	54
- Memberdayakan masyarakat melalui data	
Lampiran B. Referensi.....	56

Singkatan

AQHI	<i>Air quality and health index</i> (Indeks kualitas udara dan kesehatan)
AQI	<i>Air quality index</i> (Indeks kualitas udara)
AQM	<i>Air Quality Management</i> (Pengelolaan Kualitas Udara)
AQMP	<i>Air Quality Management Plan</i> (Rencana Pengelolaan Kualitas Udara)
BMA	<i>Bangkok Metropolitan Administration</i> (Pemerintah Kota Bangkok)
CO	Karbon monoksida
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> (Badan Perlindungan Lingkungan)
EQuIPD	<i>Equity in Air Quality Policy and Data Ecosystem</i> (Keadilan dalam Kebijakan Kualitas Udara dan Ekosistem Data)
LCS	<i>Low-cost air quality sensors</i> (Sensor kualitas udara berbiaya rendah)
NO₂	Nitrogen dioksida
O₃	Ozon
PCAA	<i>Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas</i> (Program Penanggulangan Kejadian Darurat Lingkungan)
PICCA	<i>Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica</i> (Program Terpadu untuk Pengendalian Polusi Udara)
PM	<i>Particulate matter</i> (Partikulat)
SO₂	Sulfur dioksida
TA	<i>Technical Assistance</i> (Bantuan Teknis)
UFP	<i>Ultrafine particles</i> (Partikel ultrahalus)
WHO	World Health Organization (Organisasi Kesehatan Dunia)
WRF-Chem	<i>Weather Research and Forecasting model coupled with Chemistry</i> (Model Penelitian dan Peramalan Cuaca yang terintegrasi dengan Kimia)
ZUMA	<i>Zonas Urbanas por un Mejor Aire</i> (Kawasan Perkotaan untuk Udara yang Lebih Sehat)

Ringkasan Eksekutif

Kota-kota mendorong aksi udara bersih melalui pemanfaatan data secara inovatif

Di seluruh dunia, kota-kota mengambil langkah ambisius untuk membersihkan udara yang kita hirup. Dalam berbagai konteks perkotaan, data menjadi unsur utama dalam upaya ini. **Data membantu kota memperkuat pengambilan keputusan berbasis bukti dan membangun dukungan publik yang berkelanjutan bagi intervensi udara bersih yang ambisius.** Secara khusus, data mendukung kota untuk:

	Melacak tingkat, pola, dan tren polusi udara.		Mengidentifikasi sumber emisi.		Menilai bagaimana polusi udara berdampak pada warga.
	Memahami bagaimana warga memandang polusi udara.		Mengevaluasi dampak kesehatan dan ekonomi yang terkait.		Mengukur kemajuan dan mengevaluasi efektivitas kebijakan.
	Menentukan kelompok dan populasi yang paling terpapar dan terdampak, serta memungkinkan distribusi manfaat aksi yang lebih adil.		Membangun dukungan publik yang berkelanjutan bagi intervensi udara bersih.		
	Memperkuat kolaborasi lintas sektor dan departemen.		Membangun transparansi, kepercayaan, dan akuntabilitas bersama masyarakat dan pemangku kepentingan.		
	Merancang kebijakan dan regulasi berbasis bukti.		Menargetkan intervensi dan investasi finansial pada area yang dapat memberikan dampak terbesar.		





Meskipun pengukuran, pengelolaan, analisis, dan komunikasi data kualitas udara dapat menjadi proses yang kompleks, ada makin banyak kota di seluruh dunia yang menunjukkan bahwa pendekatan inovatif dapat mempercepat aksi. Di berbagai wilayah, dengan kapasitas dan titik awal yang berbeda-beda, kota-kota dalam inisiatif Breathe Cities berinovasi dalam cara mereka mengukur, menggunakan, dan mengomunikasikan informasi kualitas udara di **empat bidang utama**:

1



Pengumpulan data:

Membangun gambaran kualitas udara yang komprehensif

Kota-kota memperluas pemantauan kualitas udara melalui jaringan sensor kualitas udara berbiaya rendah yang melengkapi alat pemantau standar rujukan, data yang dihasilkan masyarakat, dan wawasan dari pengalaman nyata. Jika dipadukan dengan analitik lanjutan, pendekatan ini meningkatkan cakupan spasial, mengungkap titik polusi tinggi, menangkap bagaimana kualitas udara dialami pada tingkat jalan dan lingkungan, serta memberikan wawasan yang lebih terperinci untuk memandu intervensi.

2



Tata kelola data dan kolaborasi:

Membuka potensi data melalui fondasi kelembagaan yang kuat

Kota-kota memperkuat sistem kelembagaan untuk memungkinkan pembagian dan penggunaan data lintas departemen dalam pemerintahan serta bersama mitra eksternal secara efektif. Kota-kota juga memperjelas peran dan tanggung jawab, mengembangkan kerangka bersama, serta meningkatkan keterampilan personel guna membantu memastikan keberlanjutan upaya berbasis data.

3



Analisis, pemodelan, dan kajian dampak:

Mengevaluasi dampak aksi pada masyarakat

Kota-kota terdepan mengintegrasikan data kualitas udara dengan peta spasial, metrik kesehatan, dan indikator sosial-ekonomi. Pendekatan yang berpusat pada masyarakat dan digerakkan secara spasial ini memungkinkan kota bergerak melampaui rata-rata tingkat kota untuk merancang solusi yang terarah, memprioritaskan aksi, dan memfokuskan investasi pada lingkungan tertentu guna memaksimalkan manfaat kesehatan serta memastikan manfaat tersebut menjangkau kelompok yang paling terdampak.

4



Komunikasi dan pelibatan:

Memberdayakan masyarakat melalui data

Kota-kota menerjemahkan informasi teknis ke dalam format yang terbuka dan mudah diakses, serta melibatkan masyarakat secara langsung dalam pengumpulan data dan pengambilan keputusan. Hal ini memperkuat pemahaman publik tentang dampak polusi udara dan membangun kepercayaan publik yang dibutuhkan untuk mendukung kebijakan iklim, udara bersih, dan kesehatan masyarakat yang ambisius.

Studi kasus dari berbagai kota Breathe Cities yang ditampilkan dalam laporan ini memberikan beberapa **pembelajaran utama untuk menginspirasi kota-kota lain:**



Meningkatkan data melalui teknologi pemantauan yang inovatif

Teknologi baru, seperti sensor kualitas udara berbiaya rendah, menyediakan cara yang efektif dan terjangkau bagi kota untuk mengumpulkan data kualitas udara dan menggunakannya sebagai dasar kebijakan. Kota-kota dapat membangun kemampuan pengumpulan data dari waktu ke waktu dengan memperkuat dan memperluas jaringan pemantauan secara bertahap serta melengkapinya dengan sumber data lain. Kota-kota juga dapat memanfaatkan kemitraan eksternal, data satelit atau penginderaan jauh, data yang dihasilkan masyarakat, dan wawasan dari pengalaman nyata untuk mendukung kebijakan dan program serta menginspirasi aksi.



Berinvestasi pada sistem dan manusia, bukan hanya pemantauan

Data memiliki dampak yang lebih besar ketika terintegrasi lintas sektor dan dilembagakan dalam proses pemerintahan. Sistem yang memungkinkan mekanisme pembagian data efektif dan penguatan kapasitas internal berkelanjutan memastikan penggunaan informasi konsisten dan efektif guna memandu pengambilan keputusan.



Mengaitkan data dengan kehidupan masyarakat untuk mendorong kebijakan

Data kualitas udara paling bermanfaat saat mencerminkan pengaruh polusi terhadap kehidupan sehari-hari. Relevansi dan dampaknya makin kuat dengan adanya bukti terkait kesehatan, biaya hidup, mobilitas, dan kualitas hidup. Dengan menekankan pentingnya data pengalaman nyata, memvalidasinya bersama warga, dan menghubungkannya dengan temuan teknis, pemahaman dan dukungan bagi aksi udara bersih dapat terbangun.



Menempatkan data di tangan warga untuk memperkuat aksi

Dengan mendukung warga agar dapat mengakses dan menafsirkan data kualitas udara lokal melalui perangkat seperti platform data terbuka, kota dapat menumbuhkan kepercayaan publik dan membuka ruang bagi masyarakat untuk ikut mengawasi aksi udara bersih. Melalui inisiatif pemantauan yang dipimpin masyarakat, warga dapat terlibat sebagai mitra aktif dalam mengukur kualitas udara di lingkungan mereka. Pendekatan ini membantu kota memperluas cakupan pemantauan, memperkaya wawasan lokal, dan memberdayakan masyarakat sebagai penggerak aksi. Secara bersama-sama, langkah-langkah ini menjadikan data kualitas udara sebagai sumber daya bersama yang memberdayakan masyarakat dan mendukung aksi yang berakar pada konteks lokal.



Laporan ini disusun sebagai panduan praktis yang mencakup studi kasus terpadu, **perangkat** dengan pertanyaan reflektif, dan tautan ke sumber daya tambahan. Tujuannya adalah membantu kota menggunakan data secara lebih efektif dan mempercepat kemajuan menuju udara yang lebih bersih, pembangunan perkotaan berkelanjutan, dan masyarakat yang lebih sehat.

Toolkit ini telah diperkenalkan dan diverifikasi pada bulan Mei 2026 dalam lokakarya Breathe Cities yang diselenggarakan di Mexico City, yang dihadiri oleh pejabat pemerintah kota dari 18 kota di seluruh dunia.



Dalam laporan ini, **inovasi** didefinisikan sebagai perangkat, teknologi, proses, dan kemitraan baru atau yang telah ditingkatkan, yang disesuaikan dengan konteks lokal kota dan didasarkan pada bukti terbaru. Inovasi ini mendukung kota dalam mengumpulkan, menganalisis, dan mengkomunikasikan data, serta membentuk aksi udara bersih yang efektif dan adil bagi semua.





Pendahuluan

Mengapa data penting dalam mendorong aksi udara bersih

Data menjadi landasan bagi intervensi perkotaan yang ambisius, mulai dari pengukuran kualitas udara dan inventarisasi emisi, hingga informasi demografis, wawasan yang diperoleh dari pengalaman hidup masyarakat, serta hasil survei, untuk meningkatkan kualitas udara yang kita hirup. Data yang andal dan akurat memungkinkan kota memahami tingkat pencemaran, mengidentifikasi sumber emisi, menilai kelompok masyarakat yang paling terpapar dan terdampak, serta menentukan solusi yang memberikan manfaat lingkungan, kesehatan, dan ekonomi yang paling besar.

Penerapan data yang efektif memastikan bahwa perumusan kebijakan udara bersih berbasis bukti dan mempertimbangkan kondisi aktual di lapangan. Hal ini sangat penting untuk mewujudkan komitmen politik menjadi kebijakan yang memberikan dampak nyata. Tanpa bukti yang kredibel, kota berisiko mengalokasikan sumber daya secara tidak tepat, berinvestasi pada langkah-langkah mitigasi yang tidak menghasilkan dampak berarti, atau mengabaikan kelompok masyarakat yang paling membutuhkan perbaikan kualitas udara. Ketersediaan data secara terbuka, disertai penyampaian informasi yang jelas, dapat membantu meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai kualitas udara, membangun kepercayaan publik, serta mempertahankan dukungan yang diperlukan untuk melaksanakan dan menjaga keberlanjutan intervensi yang ambisius.

Meskipun penguatan sistem untuk mengukur, menganalisis, dan mengkomunikasikan data kualitas udara merupakan proses yang kompleks dan sering terkendala oleh keterbatasan sumber daya teknis dan pendanaan, kota-kota yang tergabung dalam inisiatif Breathe Cities menunjukkan bahwa tantangan tersebut dapat diatasi dan upaya yang dilakukan memberikan manfaat yang sepadan.

Peluang inovasi

Membangun sistem data yang kuat secara tradisional memerlukan keahlian teknis dan sumber daya keuangan yang besar, sehingga membatasi kemampuan banyak kota untuk mencapai target yang diinginkan. Akan tetapi, dalam beberapa tahun terakhir, berbagai inovasi telah mempercepat pelaksanaan upaya perbaikan kualitas udara. Inovasi tersebut meliputi meningkatnya ketersediaan jaringan sensor kualitas udara berbiaya rendah (*low-cost sensors/LCS*) dan perangkat pemantauan portabel yang melengkapi alat pemantauan berstandar referensi, pemanfaatan sumber data baru seperti data satelit, kemajuan dalam teknologi integrasi data dan pemodelan, serta penguatan komunikasi publik yang mendorong partisipasi masyarakat melalui pendekatan *citizen science*, sehingga membantu kota mengatasi kesenjangan data yang ada. Dengan mengadopsi pendekatan inovatif, kota menjadi lebih siap menghadapi tantangan saat ini maupun di masa depan. Yang terpenting, pendekatan-pendekatan tersebut tersedia dalam berbagai tingkat kebutuhan pendanaan, mulai dari survei persepsi masyarakat yang berbiaya rendah tetapi berdampak tinggi, hingga jaringan pemantauan berkelanjutan yang membutuhkan biaya lebih besar tetapi juga memberikan dampak yang signifikan. Kondisi ini memungkinkan kota untuk meningkatkan ambisi dan cakupan intervensinya sejalan dengan ketersediaan sumber daya dan kapasitas teknis yang dimiliki.

Dalam laporan ini

Laporan ini menyoroti bagaimana kota-kota dengan tingkat kapasitas yang berbeda menerapkan pendekatan berbasis data untuk memperkuat pengelolaan kualitas udara (*Air Quality Management/AQM*) dan meningkatkan kualitas udara. Melalui berbagai studi kasus dalam inisiatif *Breathe Cities*, serta upaya-upaya lain yang diinisiasi oleh pemerintah kota, laporan ini menggambarkan bagaimana pemerintah kota melakukan pengukuran, pemanfaatan, dan penyampaian data secara inovatif untuk mendorong pelaksanaan aksi udara bersih.

Laporan ini dirancang sebagai referensi praktis bagi para praktisi AQM, pejabat pemerintah kota, dan para mitra. Bagian-bagian berikut menjelaskan definisi inovasi yang digunakan dalam laporan ini serta menyoroti empat bidang inovasi utama:

1



Pengumpulan data:

Membangun gambaran kualitas udara yang komprehensif

2



Tata kelola data dan kolaborasi:

Membuka potensi data melalui fondasi kelembagaan yang kuat

3



Analisis, pemodelan, dan kajian dampak:

Mengevaluasi bagaimana aksi berdampak pada masyarakat

4



Komunikasi dan pelibatan:

Memberdayakan masyarakat melalui data

Bagian-bagian tersebut selanjutnya dilengkapi dengan pertanyaan panduan untuk membantu pemerintah kota meninjau praktik yang sedang berjalan dan menentukan langkah tindak lanjut, beserta sumber daya dan perangkat pendukung tambahan yang relevan.





Apa yang dimaksud dengan inovasi?

Mendefinisikan data dan inovasi

Laporan ini bertujuan untuk memberikan inspirasi dan langkah-langkah praktis bagi kota-kota dalam mengadopsi cara-cara inovatif untuk mengukur, memanfaatkan, dan mengkomunikasikan data untuk mendorong aksi udara bersih. Dalam laporan ini, **data merujuk pada informasi kuantitatif dan kualitatif yang digunakan untuk mendukung perencanaan serta menilai efektivitas intervensi kualitas udara. Data tersebut mencakup pengukuran dan pemodelan pencemaran udara, inventarisasi emisi, informasi sosial ekonomi, kejadian dan dampak kesehatan, serta catatan atau dokumentasi pengalaman masyarakat yang terdampak, termasuk hasil survei.**

Dalam dokumen ini, **inovasi** didefinisikan sebagai **alat, teknologi, proses, dan kemitraan yang baru atau telah ditingkatkan, yang disesuaikan dengan konteks lokal suatu kota dan didasarkan pada bukti terkini, untuk mendukung pemerintah kota dalam mengumpulkan, menganalisis, dan mengkomunikasikan data, serta merancang aksi udara bersih yang efektif dan berkeadilan bagi semua.** Inovasi mencakup kemajuan teknologi, serta pendekatan baru dalam mengintegrasikan data lintas sektor, memperkuat kapasitas kelembagaan, dan melibatkan masyarakat dalam menghasilkan serta menggunakan bukti sebagai dasar perumusan kebijakan dan program. Inovasi dapat diwujudkan dalam bentuk penyempurnaan bertahap yang berskala kecil dan sesuai dengan konteks lokal, maupun dalam bentuk terobosan yang lebih besar, yang sama-sama memberikan manfaat terlepas dari tingkat perkembangan atau kapasitas suatu kota.

Memastikan masyarakat mendapatkan manfaat dari inovasi melalui data

Di sepanjang siklus pengelolaan data, kota dapat memanfaatkan inovasi untuk menghasilkan manfaat nyata yang didistribusikan secara adil dan ditujukan bagi seluruh penduduk, termasuk mereka yang mengalami paparan dan beban pencemaran udara paling besar. Laporan ini meninjau bagaimana berbagai inovasi yang disoroti mendukung tujuan tersebut melalui tiga tema¹ berikut:



Partisipasi masyarakat:

Melibatkan warga sebagai kontributor aktif dalam menghasilkan data berbasis masyarakat, melalui partisipasi dalam inisiatif *citizen science* dan berbagi pengalaman hidup mereka, memberikan pemahaman yang lebih rinci mengenai kondisi kualitas udara setempat serta pengalaman warga terhadap kondisi tersebut. Informasi ini membantu penyusunan kebijakan yang lebih tepat sasaran. Kolaborasi yang bermakna antara masyarakat dan pemerintah daerah, yang dibangun berdasarkan data yang dihasilkan oleh komunitas, juga memperkuat kepercayaan timbal balik serta memberdayakan warga untuk menjadi penggerak dan menyuarakan kepentingan komunitas mereka. Dengan menempatkan data di tangan masyarakat, mereka dapat memantau pelaksanaan berbagai intervensi dan menilai apakah komitmen yang telah ditetapkan benar-benar diwujudkan sesuai dengan yang direncanakan.



Pemerataan manfaat:

Data dapat digunakan untuk mengidentifikasi kelompok masyarakat dan wilayah yang memiliki tingkat risiko paparan pencemaran udara paling tinggi, sehingga mendukung pelaksanaan intervensi yang terarah guna memastikan manfaat peningkatan kualitas udara dapat dirasakan oleh kelompok yang paling membutuhkan.



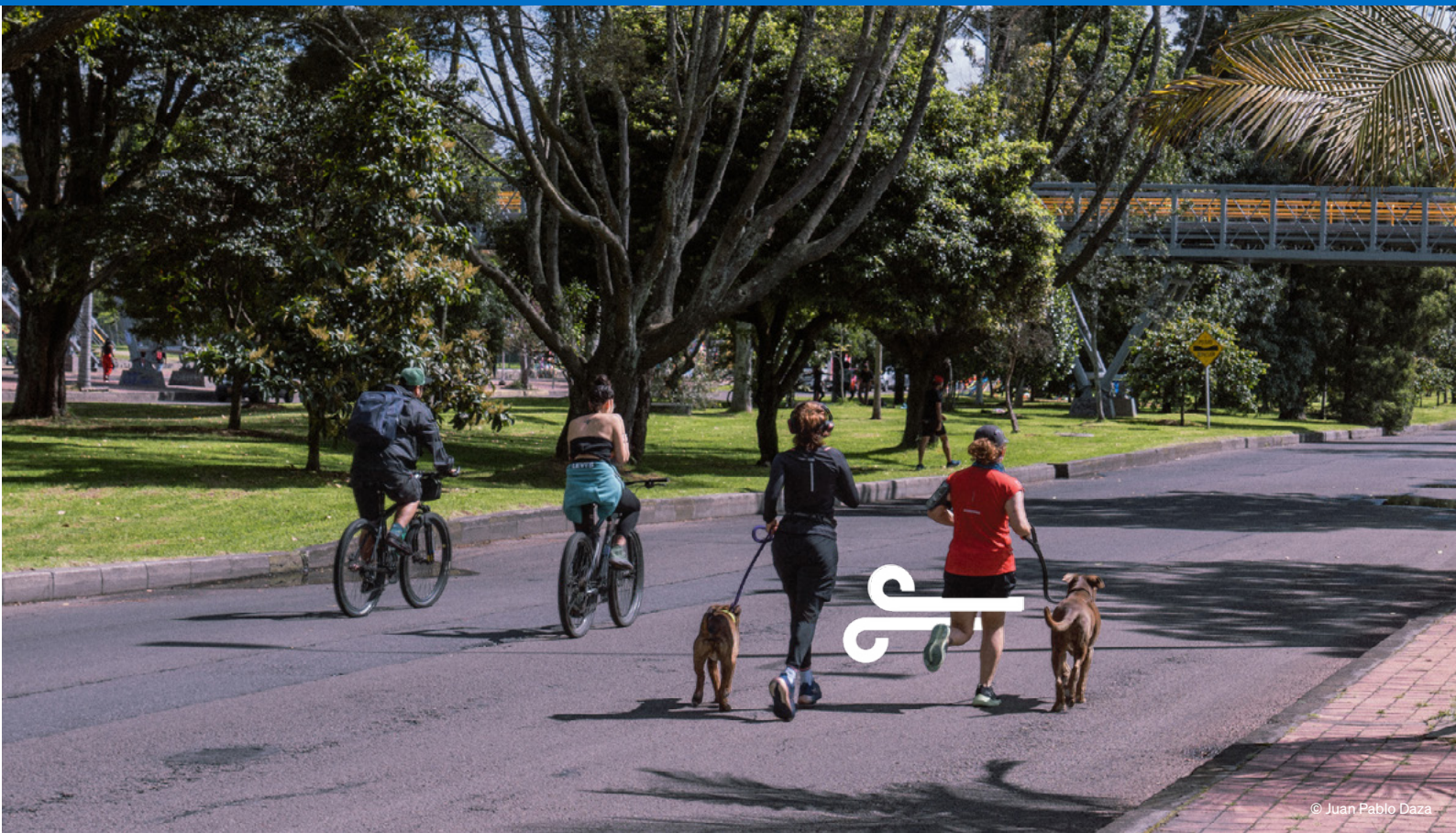
Mendukung adaptasi masyarakat:

Perencanaan berbasis data dapat membantu mengidentifikasi kelompok masyarakat yang paling terdampak oleh kebijakan udara bersih. Data juga dapat menjadi dasar dalam merancang langkah-langkah pendukung yang memungkinkan masyarakat beradaptasi dengan lebih baik, memperoleh akses terhadap peluang baru, serta merasakan manfaat dari proses transisi yang terjadi. Pendekatan ini juga penting untuk memastikan bahwa setiap potensi beban tambahan yang mungkin timbul akibat penerapan kebijakan udara bersih dapat diidentifikasi sejak dini dan ditangani atau diminimalkan dampaknya.





Cara-cara inovatif yang dilakukan berbagai kota dalam mengukur, memanfaatkan, dan menyebarkan data





Pengumpulan data: Membangun gambaran kualitas udara yang komprehensif

Tingkat pencemaran udara sangat bervariasi, baik di dalam suatu kota maupun antar kota, yang dipengaruhi oleh kondisi geografis setempat, pola cuaca, dan sumber-sumber emisi. Data kualitas udara yang akurat, terbuka, dan mudah diakses membantu kota membangun pemahaman yang jelas mengenai kondisi pencemaran udara yang spesifik bagi wilayahnya serta merancang kebijakan berbasis bukti untuk mengatasinya. Melalui pemanfaatan data, kota juga dapat memastikan bahwa kebijakan tersebut memberikan manfaat yang lebih luas bagi masyarakat dan kota secara keseluruhan, mulai dari mendukung mitigasi perubahan iklim dan memperkuat perekonomian lokal, hingga meningkatkan hasil kesehatan masyarakat dan kualitas hidup perkotaan.

Salah satu tantangan penting yang dihadapi banyak kota adalah terbatasnya ketersediaan data, serta kendala dalam mengintegrasikan berbagai sumber data yang diperlukan untuk memahami kondisi pencemaran udara secara menyeluruh. Untuk menjawab tantangan tersebut, data yang diperoleh dari stasiun pemantauan berstandar referensi, yang tetap menjadi standar utama dalam menghasilkan pengukuran yang akurat, perlu dilengkapi dengan sumber data lainnya, terutama pada kota-kota yang memiliki keterbatasan infrastruktur dan kapasitas teknis.

Bagaimana kota-kota berinovasi?



Mengadopsi teknologi sensor berbiaya rendah untuk meningkatkan pemahaman terhadap kualitas udara lokal

Teknologi baru semakin meningkatkan akses terhadap informasi yang relevan untuk pengelolaan kualitas udara serta memperluas kemampuan kota dalam mengambil tindakan.² Beberapa kota mulai memanfaatkan sensor berbiaya rendah (*low-cost sensors/LCS*) yang telah dikalibrasi untuk melengkapi sistem pemantauan berstandar referensi dan menghasilkan basis bukti yang lebih kaya serta lebih sesuai dengan konteks lokal. Sensor yang dapat dikenakan (*wearable sensors*) dan sensor bergerak (*mobile sensors*) juga dapat digunakan untuk mengukur tingkat paparan individu selama menjalankan aktivitas sehari-hari dan sepanjang rute perjalanan mereka, sehingga menghasilkan wawasan mengenai dampak kesehatan yang tidak dapat diperoleh hanya melalui stasiun pemantauan tetap. Secara keseluruhan, teknologi tersebut dimanfaatkan untuk:

1. Mengidentifikasi pola pencemaran udara pada tingkat lingkungan permukiman maupun ruas jalan, sehingga dapat mengungkap titik-titik konsentrasi pencemaran (*hotspots*) dan menyoroti risiko yang dihadapi oleh kelompok masyarakat yang paling terpapar tingkat pencemaran yang tinggi.
2. Menilai dampak kebijakan dan intervensi melalui studi yang dilakukan pada skala lokal.
3. Meningkatkan pelibatan masyarakat melalui kegiatan pemantauan yang dipimpin oleh komunitas dan inisiatif sains warga.

Bagi kota-kota yang masih memiliki keterbatasan infrastruktur pemantauan, pendekatan ini berperan penting dalam mengatasi kekurangan data yang mendesak, memberikan gambaran mengenai tingkat dan distribusi paparan pencemaran udara, meningkatkan peran masyarakat melalui akses terhadap data, serta mendukung pengambilan keputusan terkait investasi berkelanjutan pada sistem pengukuran yang lebih andal dan komprehensif.³



Mengatasi kesenjangan data melalui kemitraan

Untuk mengatasi kesenjangan informasi, pemerintah kota sering menjalin kerja sama dengan universitas, lembaga penelitian, dan organisasi nirlaba dalam membangun jaringan pemantauan berbiaya rendah yang andal, melaksanakan studi jangka pendek untuk memperoleh gambaran kondisi awal, serta menentukan area prioritas untuk intervensi. Kolaborasi tersebut tidak hanya menghasilkan bukti awal pada saat sumber daya kota masih terbatas, tetapi juga memungkinkan pemanfaatan keahlian teknis eksternal sekaligus mendukung penguatan kapasitas institusional. Pengalaman ini menunjukkan bahwa langkah-langkah nyata dapat mulai dilaksanakan bahkan sebelum tersedia sistem pemantauan yang sepenuhnya komprehensif.



Membangun sistem pengelolaan data yang efektif

Pengumpulan data hanyalah salah satu bagian dari keseluruhan proses. Pemerintah kota juga memerlukan sistem praktis dan andal guna mengelola, mengintegrasikan, memvisualisasikan, dan menafsirkan volume informasi yang terus bertambah dari berbagai upaya pengelolaan kualitas udara. Banyak kota mulai memanfaatkan platform berbasis komputasi cloud, mekanisme pengendalian mutu otomatis, dan dasbor terintegrasi yang menggabungkan data dari berbagai sumber secara langsung. Sistem-sistem ini memungkinkan kota beralih dari kumpulan data yang terpisah-pisah menuju basis bukti yang terintegrasi, sehingga membantu para pengambil keputusan memperoleh pemahaman yang lebih jelas dan lebih cepat mengenai sumber pencemaran, komunitas yang paling terdampak, serta intervensi yang memberikan manfaat terbesar. Kota yang memiliki sistem pengelolaan data kualitas udara yang khusus dan terintegrasi berada pada posisi yang lebih baik untuk memantau tren, mengkomunikasikan risiko, dan mendukung perencanaan strategis. Kondisi ini membantu para pemerintah kota memprioritaskan sumber daya, memfokuskan tindakan dengan dampak terbesar, serta merespons tantangan kualitas udara yang terus berkembang secara lebih efektif.



Pengukuran polutan udara lainnya

Jaringan pemantauan kualitas udara umumnya berfokus pada polutan yang diatur dalam regulasi, seperti materi partikulat (PM_{10} dan $PM_{2.5}$), nitrogen dioksida (NO_2), sulfur dioksida (SO_2), karbon monoksida (CO), and lapisan ozon (O_3), yang membantu kota menetapkan prioritas dan merancang kebijakan kualitas udara yang efektif. Akan tetapi, setelah memiliki jaringan pemantauan polutan utama yang mapan, beberapa kota mulai memperluas kapasitas pemantauannya. Saat ini terdapat minat yang semakin besar untuk memantau *super pollutants* seperti karbon hitam (*black carbon/BC*) dan metana (CH_4), yang dapat membantu menjelaskan keterkaitan antara pencemaran udara dan perubahan iklim. Selain itu, sejumlah kota juga memperluas cakupan pemantauan untuk mencakup polutan yang belum banyak diatur, tetapi semakin diketahui memiliki dampak terhadap kesehatan masyarakat.

Sebagai contoh, Paris menjadi pelopor pemantauan secara khusus terhadap partikel ultra halus (*ultrafine particles/UFP*, partikel berukuran kurang dari 100 nanometer). Partikel ini dapat menembus paru-paru dan masuk ke dalam aliran darah sehingga menimbulkan risiko kesehatan yang lebih tinggi, meskipun belum termasuk dalam pemantauan kualitas udara standar. Bagi kota-kota yang telah memiliki jaringan pemantauan yang matang, perluasan cakupan polutan yang dipantau dapat membantu membangun pemahaman yang lebih detail mengenai sumber pencemaran serta mendukung perancangan intervensi yang lebih tepat sasaran, sehingga menghasilkan manfaat kesehatan, ekonomi, dan iklim yang lebih besar.

ACCRA, GHANA



Mengisi kesenjangan data melalui pemantauan hibrida

Banyak kota mengalami keterbatasan sumber daya dalam membangun dan mengoperasikan jaringan pemantauan kualitas udara. Akibatnya, masih terdapat kesenjangan cakupan spasial dan temporal dalam pemantauan kualitas udara yang diatur oleh regulasi, sehingga masyarakat dan para pengambil keputusan belum memperoleh informasi lokal yang memadai sebagai dasar penyusunan kebijakan dan tindakan. Accra menunjukkan bahwa pendekatan berbasis masyarakat dengan biaya yang relatif rendah dapat memperkuat sistem pemantauan kualitas udara secara signifikan, sekaligus meningkatkan kapasitas masyarakat untuk memahami dan mengurangi risiko yang ditimbulkan oleh pencemaran udara.



Inovasi

Melalui kolaborasi dengan Breathe Cities, Accra telah membangun jaringan yang terdiri dari 60 LCS yang menyediakan informasi mengenai pola pencemaran udara hingga tingkat lingkungan permukiman. Jaringan ini melengkapi tiga stasiun pemantauan berstandar referensi baru yang dipasang oleh pemerintah kota.⁴ Data dari jaringan tersebut ditampilkan melalui [situs web](#) dengan akses terbuka yang menampilkan lokasi stasiun pemantauan dan nilai AQI secara langsung. Selain itu, tersedia berbagai visualisasi data, termasuk tren bulanan $PM_{2.5}$ dan kalender rata-rata harian yang menggunakan gradasi warna intuitif, sehingga memudahkan masyarakat memahami pola kualitas udara dan mengenali periode dengan tingkat risiko yang lebih tinggi. Upaya ini melengkapi infrastruktur pemantauan berstandar referensi yang telah ada serta jaringan pemantauan LCS yang terus berkembang dan dioperasikan oleh Badan Perlindungan Lingkungan (*Environmental Protection Authority/EPA*) Ghana di seluruh Kawasan Metropolitan Accra. Data tersebut disimpan dalam sistem berbasis *cloud* (Campbell Konekt) yang dapat diakses oleh pengguna yang berwenang. Jaringan pemantauan kota juga semakin diperkuat melalui kemitraan dengan universitas lokal, institusi akademik internasional, dan organisasi nirlaba yang melaksanakan kampanye pengukuran jangka pendek di berbagai wilayah kota. Kegiatan ini menghasilkan kumpulan data pelengkap dan membantu menutup kesenjangan cakupan spasial maupun temporal dalam jaringan pemantauan resmi.⁵

Dampak

Basis bukti yang dihasilkan oleh jaringan pemantauan kota memberikan manfaat langsung bagi proses perumusan kebijakan. Data tersebut memungkinkan pemerintah kota mengidentifikasi lokasi dan intervensi yang berpotensi menghasilkan dampak paling signifikan, sekaligus memantau tren kualitas udara yang tidak dapat ditangkap secara memadai oleh stasiun pemantauan yang diwajibkan dalam sistem regulasi. Secara khusus, data dari jaringan ini telah digunakan untuk mendukung penyusunan rencana aksi kualitas udara di tingkat distrik serta penegakan peraturan daerah pada tingkat *county* yang mengatur pembakaran sampah dan berbagai aktivitas lain yang menyebabkan pencemaran.

PEMBELAJARAN

Contoh ini menunjukkan bagaimana basis bukti yang dibangun dari kombinasi pemantauan berbasis regulasi, sensor berbiaya rendah, dan penelitian yang dilakukan secara terarah dapat memperluas akses terhadap data serta memperkuat kapasitas untuk mengambil tindakan berbasis bukti. Pendekatan ini membantu kota mengidentifikasi titik-titik konsentrasi pencemaran, mengevaluasi faktor-faktor penyebab pencemaran udara, serta merencanakan langkah-langkah peningkatan kualitas udara yang lebih efektif.



BANGKOK, THAILAND

Membangun gambaran kualitas udara yang komprehensif melalui data terpadu

Bangkok berkembang pesat menjadi salah satu kota terdepan di tingkat regional dan global dalam pengelolaan kualitas udara. Dengan mengembangkan infrastruktur pemantauan yang mengumpulkan data dari berbagai sumber serta membangun kapasitas untuk mengintegrasikan data tersebut dengan informasi pendukung lainnya, Bangkok mampu menerapkan pendekatan berbasis data dalam penyusunan kebijakan dan pelaksanaan program kualitas udara, meskipun sumber daya yang dimilikinya relatif lebih terbatas dibandingkan beberapa negara lain di kawasan Asia.

Inovasi

Perluasan dan diversifikasi jaringan pemantauan kota merupakan bagian penting dari strategi pengelolaan kualitas udara yang diterapkan oleh Pemerintah Kota Bangkok (*Bangkok Metropolitan Administration/BMA*). Sejak tahun 1990-an, jaringan pemantauan kualitas udara di kota ini telah berkembang hingga mencakup lebih dari 70 stasiun pemantauan berstandar referensi yang dikelola oleh BMA dan 12 stasiun yang dimiliki oleh pemerintah nasional. Selain itu, lebih dari 800 sensor berbiaya rendah telah dipasang oleh mitra dari kalangan akademisi dan sektor swasta, sehingga menyediakan data kualitas udara yang lebih detail di lokasi-lokasi yang tidak tercakup oleh stasiun berstandar referensi, seperti sekolah.⁶ Data dari jaringan pemantauan campuran ini, yang ditampilkan dalam bentuk peta, memungkinkan pemerintah kota mengidentifikasi titik-titik konsentrasi pencemaran dan memantau tren kualitas udara secara lebih terperinci. Dengan mengintegrasikan informasi tersebut dengan data lain, seperti data cuaca dan lalu lintas, pemerintah kota dapat menganalisis pengaruh aktivitas musiman, kondisi atmosfer (misalnya inversi termal), dan volume kendaraan terhadap memburuknya kualitas udara. Selain itu, penggabungan data pemantauan di permukaan dengan data satelit, serta integrasi inventaris emisi, data titik panas (*hotspot*), dan data meteorologi memungkinkan penerapan pemodelan Penelitian dan Peramalan Cuaca yang Diintegrasikan dengan Ilmu Kimia (*Weather Research and Forecasting coupled with Chemistry /WRF-Chem*) untuk memprakirakan kualitas udara. Sistem ini mendukung penyusunan respons darurat yang diterbitkan selama episode pencemaran udara.^{7,8} Informasi yang dihasilkan dari sistem ini menjadi dasar bagi respons darurat yang diterapkan selama terjadinya fase pencemaran udara. Dengan dukungan *Breathe Cities*, Bangkok juga sedang mengembangkan basis data dan dasbor yang mengintegrasikan data kualitas udara dan kesehatan masyarakat untuk membantu proses pengambilan keputusan di tingkat kota. Upaya ini dilengkapi oleh berbagai inisiatif yang dipimpin oleh komunitas, seperti program untuk membantu mengurangi dampak pencemaran udara di sekolah, yang memberdayakan para pemimpin masyarakat untuk memahami, memanfaatkan, dan menggunakan data kualitas udara serta kesehatan.

Dampak

Seluruh informasi mengenai kualitas udara di Bangkok tersedia secara terbuka melalui situs web dan aplikasi seluler [Airbkk](#) dan [Air4Thai](#), termasuk melalui papan informasi publik yang dipasang di berbagai lokasi di ruang publik. BMA memanfaatkan data tersebut untuk mendukung penerapan zona rendah emisi serta penyusunan Rencana Aksi Kualitas Udara di tingkat distrik, sehingga pertimbangan kesehatan dapat diintegrasikan ke dalam proses pengambilan keputusan. Sistem yang transparan dan berbagai inisiatif yang dipimpin oleh masyarakat ini juga membantu warga untuk menyuarakan dukungan terhadap langkah-langkah perbaikan kualitas udara serta berpartisipasi secara bermakna dalam proses pengambilan keputusan.

PEMBELAJARAN

Kemampuan Bangkok dalam membangun sistem data yang kuat didukung oleh investasi yang dilakukan oleh Departemen Pengendalian Polusi Thailand dan BMA pada infrastruktur komputasi berkinerja tinggi yang andal, serta keterlibatan yang secara sengaja dibangun dengan institusi akademik lokal. Langkah tersebut memungkinkan pengelolaan data dan kapasitas analisis yang lebih maju.⁹ Kota ini juga berhasil memanfaatkan integrasi yang kuat antara BMA dan lembaga pemerintah nasional, sehingga menunjukkan bagaimana kota dapat memanfaatkan infrastruktur nasional untuk memperkuat kapasitas analisis di tingkat lokal.



Area Inovasi 1

Pengumpulan data: Membangun gambaran kualitas udara yang komprehensif





Sumber panduan lebih lanjut



Opportunities and challenges for filling the air quality data gap in low- and middle-income countries

Artikel ini menjabarkan langkah-langkah praktis untuk memperluas pemantauan kualitas udara melalui aksi terkoordinasi antara pemerintah, perusahaan swasta, organisasi internasional, akademisi, dan masyarakat sipil. Artikel ini menekankan penggunaan teknologi baru, pendekatan yang sesuai konteks, dan penguatan kapasitas kelembagaan untuk memastikan kemajuan yang berkelanjutan.



United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) - An Introduction to Emissions Inventories

Materi lokakarya UNECE ini memberikan gambaran umum tentang inventarisasi emisi, mencakup faktor pendorong, persyaratan kebijakan di tingkat internasional dan nasional, metode, serta keluarannya.



Urban Emissions.Info – Primer on Source Apportionment

Panduan ini merangkum prinsip-prinsip studi atribusi sumber pencemar dan menguraikan tahapan dalam pendekatan *top-down* maupun *bottom-up*.



A framework for advancing independent air quality sensor measurements via transparent data generating process classification

Makalah ini menyajikan kerangka yang diusulkan untuk membedakan pengukuran sensor kualitas udara independen dari produk data yang telah diproses, sehingga dapat meningkatkan kejelasan, keandalan, dan penggunaan data berbasis sensor kualitas udara secara tepat.



Tata kelola data dan kolaborasi: Membuka potensi data melalui fondasi kelembagaan yang kuat

Membangun pemahaman yang komprehensif mengenai kondisi kualitas udara di kota melalui pengumpulan data merupakan langkah awal yang sangat penting menuju pengelolaan pencemaran udara yang efektif. Akan tetapi, untuk memastikan bahwa data tersebut dapat dimanfaatkan secara maksimal dalam mendukung perumusan kebijakan dan memperkuat dukungan dari berbagai pemangku kepentingan, pemerintah kota perlu melembagakan sistem, prosedur, dan kapasitas yang diperlukan untuk memelihara, mengintegrasikan, serta memanfaatkan data secara berkelanjutan.

Bagaimana kota-kota berinovasi?



Menggabungkan data melalui kerja sama lintas departemen

Data kualitas udara merupakan dasar penting bagi pengambilan tindakan oleh pemerintah kota, dan manfaatnya akan semakin optimal apabila diintegrasikan dengan informasi dari sektor kesehatan, transportasi, perencanaan perkotaan, tata guna lahan, energi, serta keuangan. Apabila data pengukuran pencemaran udara dianalisis bersamaan dengan data rawat inap rumah sakit, pola pergerakan lalu lintas, dan data armada kendaraan, atau dimanfaatkan untuk mendukung keputusan investasi dalam pelaksanaan kebijakan, pemerintah kota akan memiliki pemahaman yang lebih baik mengenai kelompok yang paling terpapar, sumber pencemaran yang paling berpengaruh, serta bentuk intervensi yang mampu menghasilkan manfaat terbesar dibandingkan biaya implementasinya. Pemahaman mengenai instansi yang mengelola masing-masing kumpulan data, serta pembentukan perjanjian berbagi data yang formal dengan jadwal pelaksanaan dan pembagian peran yang jelas, platform bersama, serta standar yang seragam, dapat membantu para pejabat pemerintah kota membangun dialog lintas perangkat daerah, menyusun perencanaan secara bersama, memberikan dasar yang kuat bagi investasi bersama, dan menyelaraskan kebijakan untuk mencapai hasil yang sama.

Memperkuat kapasitas teknis internal

Investasi yang berkelanjutan pada kapasitas sumber daya manusia merupakan aspek yang tidak kalah penting. Pemerintah kota memerlukan personel yang mampu memasang dan memelihara instrumen pemantauan, pelaksanaan prosedur pengendalian mutu di lapangan, mengelola sistem data, memastikan kualitas data, melakukan analisis, mengembangkan peta dan indikator, serta menerjemahkan hasil teknis menjadi informasi yang siap digunakan dalam pengambilan keputusan. Upaya ini memerlukan pelatihan yang berkelanjutan, tidak hanya bagi spesialis kualitas udara, tetapi juga bagi personel di perangkat daerah lain yang menggunakan dan memanfaatkan informasi tersebut. Upaya yang dapat dilakukan mencakup investasi dalam program pelatihan yang terstruktur, sesi praktik pengelolaan dan analisis data secara berkala, serta penyusunan materi panduan dan perangkat pendukung, seiring dengan pengembangan sistem dan rencana pemantauan. Kemitraan dengan universitas, organisasi teknis, dan kota-kota mitra memiliki peran penting dalam mempercepat proses pembelajaran, mentransfer keterampilan, serta membangun kepercayaan diri untuk mengoperasikan dan menyempurnakan sistem secara mandiri.

Sejumlah kota telah membuktikan bahwa investasi dalam penguatan kapasitas teknis dapat mendukung perluasan jaringan pemantauan kualitas udara, memperkuat koordinasi internal antar perangkat daerah, serta meningkatkan kemampuan pemerintah kota untuk menginisiasi program kualitas udara secara mandiri. Hal ini terlihat di Johannesburg, Accra, dan Bangkok, tempat program Breathe Cities mendukung pelatihan dan lokakarya terkait data bagi para pejabat pemerintah kota. Praktik kepemimpinan dalam bidang ini juga telah berkembang di berbagai kota lain di dunia, termasuk Quezon City¹⁰, Kampala¹¹, dan Addis Ababa hingga Santiago¹², yang menunjukkan bahwa program penguatan kapasitas yang terfokus mampu mendorong kemajuan yang berkelanjutan meskipun sumber daya yang tersedia terbatas.

Kolaborasi lintas perangkat daerah, didukung oleh sistem data bersama yang terintegrasi dan cerdas (seperti dasbor dan peta), serta kapasitas teknis internal yang memadai, dapat mengubah pengelolaan kualitas udara (AQM) secara kolektif dari fungsi yang bersifat spesialis menjadi komponen utama dalam proses perencanaan, pengambilan keputusan investasi, dan pelaksanaan kebijakan di tingkat kota.





BOGOTÁ, KOLOMBIA

Kolaborasi dan pertukaran data antardepartemen

Bogotá telah mempertahankan aksi kualitas udara yang berkelanjutan tidak hanya melalui komitmen kebijakan, tetapi juga dengan secara sistematis memperkuat kelembagaan, sistem data, serta kapasitas teknis yang diperlukan untuk implementasi. Berlandaskan data dari jaringan pemantauan kualitas udara jangka panjangnya, rencana udara bersih kota ini telah berkembang dari pendekatan yang terutama berfokus pada emisi menjadi kerangka yang lebih komprehensif dibawah Rencana Strategis Pengelolaan Terpadu Kualitas Udara di Bogotá 2030 (Plan Aire 2030). Rencana terbaru ini mengintegrasikan tata kelola, koordinasi regional, keterkaitan antara kualitas udara dan iklim, manajemen risiko, serta sistem informasi, sehingga pengelolaan kualitas udara (AQM) tertanam dalam proses perencanaan dan operasional inti kota.



Inovasi

Ciri khas dari pendekatan Bogotá adalah produksi dan pemanfaatan bukti secara terintegrasi lintas perangkat daerah. Pola kerja terintegrasi ini tercermin dalam implementasi inisiatif Kawasan Perkotaan untuk Udara yang Lebih Sehat (ZUMA) sebagai zona udara bersih di Bogotá. ZUMA dikembangkan melalui kolaborasi antara perangkat daerah bidang lingkungan hidup, kesehatan, mobilitas, dan perencanaan, dengan menggunakan data bersama yang mencakup kualitas udara, emisi, kepadatan penduduk, kerentanan sosial, kedekatan terhadap sekolah dan fasilitas kesehatan, serta tingkat paparan di sepanjang koridor transportasi utama. Integrasi tersebut juga memungkinkan pengembangan Indeks Risiko Kualitas Udara dan Kesehatan (IBOCA), yang berfungsi sebagai instrumen untuk menyampaikan kondisi kualitas udara setiap jam, tingkat risiko kesehatan akibat pencemaran udara, serta tingkat respons atau tindakan lintas sektor yang diperlukan secara sederhana dan tepat waktu.

Sejalan dengan proses kelembagaan tersebut, Bogotá melakukan investasi yang berkelanjutan dalam penguatan kapasitas teknis internal. Pemerintah kota melaksanakan pelatihan bagi pegawai internal untuk menyusun inventarisasi emisi, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada konsultan eksternal serta memperkuat keberlanjutan kapasitas kelembagaan. Melalui penyempurnaan faktor emisi lokal dalam kerangka pemodelan internasional yang digunakan, tim teknis berhasil meningkatkan akurasi serta relevansi lokal dari hasil analisis. Upaya tersebut meningkatkan kemampuan pemerintah kota dalam memperbarui basis data dan bukti secara berkala, melakukan simulasi skenario, serta mendukung perumusan kebijakan berbasis data yang konsisten dan berkualitas tinggi.

Dampak

Bukti lintas sektor yang dihasilkan melalui kolaborasi antar perangkat daerah memungkinkan pemerintah kota mengidentifikasi zona prioritas tempat dampak polusi, kesehatan, dan ekonomi, serta paparan harian saling beririsan, serta mengoordinasikan langkah-langkah yang terarah, seperti transportasi yang lebih bersih, manajemen lalu lintas, peningkatan ruang publik hijau, dan penguatan pengendalian terhadap sumber pencemar. Inisiatif ZUMA menunjukkan bagaimana sistem data bersama dan analisis lintas sektor dapat menerjemahkan bukti teknis menjadi tindakan yang tepat sasaran. Indeks IBOCA juga berperan dalam mengarahkan pengambilan keputusan individu, komunitas, dan institusi untuk mengurangi paparan terhadap polusi udara serta mencegah dampak buruk terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Dengan dukungan dari *Breathe Cities*, Bogotá juga telah memanfaatkan pendekatan lintas pemerintahan ini untuk mempercepat implementasi intervensi kebijakan udara bersih yang lebih luas dan ambisius di sektor-sektor berdampak tinggi seperti transportasi dan konstruksi.

PEMBELAJARAN

Pengalaman Bogotá menunjukkan bahwa keberlanjutan kemajuan sangat bergantung pada integrasi data ke dalam institusi serta penguatan kemampuan sumber daya manusia dalam memanfaatkannya secara efektif. Melalui pembangunan sistem data bersama, penguatan kolaborasi lintas perangkat daerah, dan investasi berkelanjutan dalam peningkatan kompetensi pegawai, kota tersebut telah menciptakan kondisi yang mendukung pengelolaan kualitas udara yang berkelanjutan. Bogotá juga menunjukkan bahwa penguatan kapasitas dapat dilakukan secara bertahap, dengan memanfaatkan data dan perangkat yang telah tersedia untuk mentransformasikan pekerjaan teknis menjadi tindakan yang berkelanjutan dan mencakup seluruh wilayah kota.





MEXICO CITY, MEKSIKO

Mewujudkan udara bersih melalui perencanaan tindakan berkelanjutan

Mexico City, yang sebelumnya dikenal sebagai salah satu kota dengan tingkat pencemaran tertinggi di dunia, telah melakukan transformasi AQM melalui sistem pemantauan jangka panjang yang mendorong koordinasi kelembagaan serta penerapan kebijakan yang adaptif. Kegiatan pemantauan kualitas udara di stasiun tetap dimulai pada akhir 1970-an, menghasilkan basis data penting yang memungkinkan kota beralih dari pendekatan respons darurat menuju pengelolaan kualitas udara yang terstruktur. Seiring waktu, data tersebut digunakan untuk mendukung pengembangan berbagai kebijakan dan program, termasuk Program Penanggulangan Kejadian Darurat Lingkungan (PCAA), *Hoy No Circula* (pembatasan lalu lintas kendaraan), serta Program Pengendalian Polusi Udara Terintegrasi (PICCA), yang berkontribusi pada pembentukan standar nasional terkait kualitas bahan bakar dan emisi kendaraan.^{13, 14}

Inovasi

Fondasi data yang kuat di kota ini telah memungkinkan pengembangan kerangka perencanaan jangka panjang dan koordinasi kelembagaan di bidang kualitas udara. ProAire, yaitu Rencana Pengelolaan Kualitas Udara kota dan wilayah metropolitan, pertama kali diperkenalkan pada tahun 1995 dan dirancang dengan horizon perencanaan sekitar 10 tahun, dengan pembaruan secara bertahap melalui fase implementasi berikutnya. Rencana tersebut mendukung penguatan koordinasi lintas institusi, termasuk melalui ProAire 1995–2000 yang membentuk Komisi Lingkungan Metropolitan (CAM) sebagai mekanisme koordinasi lintas batas administratif. Lembaga koordinasi seperti Komisi Lingkungan Megapolis yang mencakup Mexico City, Negara Bagian Meksiko, serta lima negara bagian lainnya, terus berperan dalam mendukung pelaksanaan aksi lintas yurisdiksi di bidang lingkungan, khususnya pengelolaan kualitas udara. Kota ini juga menjalin kemitraan jangka panjang dengan berbagai institusi, seperti Massachusetts Institute of Technology (MIT) dan Mario Molina Center, serta berbagai pusat riset dan lembaga lainnya, untuk memastikan bahwa setiap penyusunan ProAire didasarkan pada kajian kimia atmosfer yang telah melalui proses penelaahan sejawat. Dengan dukungan dari Breathe Cities, Mexico City saat ini mengembangkan jaringan pemantauan LCS pertama sebagai penguatan dari jaringan pemantauan yang telah ada. Jaringan ini akan melengkapi sistem regulasi yang sudah berjalan dan menghasilkan data spasial kualitas udara yang lebih rinci (hyperlocal) dan beresolusi lebih tinggi.

Dampak

Tahapan ProAire yang berurutan telah menghasilkan berbagai kemajuan penting dalam pengelolaan kualitas udara. ProAire 2002–2010, misalnya, meluncurkan sistem BRT dan Metrobus, sedangkan ProAire 2011–2020 memperluas sistem berbagi sepeda (Ecobici) serta memberikan penekanan pada pengendalian partikel PM_{2.5}. Seiring perkembangan kondisi, kebijakan juga mengalami penyesuaian. Sebagai respons terhadap peningkatan tingkat pencemaran pada tahun 2016, data pemantauan digunakan untuk memperketat ambang batas kontingensi, memperluas pembatasan kendaraan bermotor, serta memperkenalkan sistem diagnosa internal dalam pengujian emisi kendaraan. Jaringan LCS yang sedang dikembangkan akan membantu pemerintah kota dalam mengidentifikasi titik-titik panas polusi, melengkapi sistem data yang ada, serta mendukung kolaborasi dengan mitra masyarakat sipil dalam perancangan kebijakan dan perangkat baru yang mengintegrasikan data kesehatan, polusi, dan kerentanan sosial. Data spasial dengan resolusi lebih tinggi dan cakupan yang lebih lokal akan memperkuat analisis situasional, mendukung pengelolaan lingkungan, mengarahkan intervensi kebijakan, serta membantu mengurangi ketimpangan kesehatan masyarakat, sekaligus mendukung pencapaian tujuan kualitas udara bersih dan agenda iklim kota.

PEMBELAJARAN

Pendekatan kota ini menyoroti bagaimana inovasi dalam pengelolaan data, serta kemitraan strategis dengan institusi lokal, dapat mendukung dan menginformasikan strategi serta tata kelola kelembagaan jangka panjang.



Area Inovasi 2

Tata kelola data dan kolaborasi: Membuka potensi data melalui fondasi kelembagaan yang kuat





Sumber panduan lebih lanjut



Urban Health Capacities Assessment and Response Resource Kit

Perangkat ini membantu tim multisektor mengevaluasi apakah suatu inisiatif dapat mencapai tujuannya dalam lingkungan perkotaan yang kompleks. Perangkat ini menyediakan kerangka terstruktur untuk mengevaluasi kapasitas utama di empat domain, yaitu pengambilan keputusan berbasis informasi, pemantauan, dan evaluasi; kebijakan, program, inovasi, dan perubahan; pengelolaan sumber daya; serta kemitraan, partisipasi, dan berbagi pengetahuan, pada tingkat individu, organisasi, dan sistem, disertai contoh nyata dari berbagai kota.



Mapping opportunities for training in air pollution and health for the health workforce

Panduan ini memetakan program pelatihan tentang polusi udara dan kesehatan bagi tenaga kesehatan, dengan menganalisis kekuatan dan kesenjangannya berdasarkan sembilan kriteria, seperti aksesibilitas, akreditasi, dan metode pengajaran. Melalui wawancara ahli, survei daring terhadap lebih dari 400 organisasi kesehatan, dan riset yang luas, laporan ini mengidentifikasi 18 program pelatihan.



Clean Air, Healthy Planet: A framework for integrating air quality management and climate action planning

Panduan ini menguraikan sembilan langkah bagi kota untuk menyelaraskan AQM dengan aksi iklim. Panduan ini menekankan pentingnya menetapkan visi dan strategi yang menjawab krisis iklim, polusi udara, dan kesehatan masyarakat secara bersamaan, dengan rekomendasi untuk mendorong sinergi, menghindari trade-off, dan menetapkan target pengurangan emisi untuk PM_{2.5} dan CO₂e.



Toward a healthier world: Connecting the dots between climate, air quality, and health

Berdasarkan riset terhadap 25 kota, laporan ini menunjukkan bagaimana kota dapat memanfaatkan bukti untuk menghubungkan iklim, kualitas udara, dan kesehatan, sehingga memperkuat dasar untuk bertindak. Laporan ini memperkenalkan perangkat dan metodologi yang memungkinkan kota mengukur berbagai manfaat dari inisiatif iklim.



Analisis, pemodelan, dan kajian dampak:

Mengevaluasi bagaimana aksi berdampak pada masyarakat

Data kualitas udara tidak hanya berupa angka pada peta atau laporan teknis, tetapi juga menggambarkan bagaimana polusi udara mempengaruhi kesehatan, kesejahteraan, dan kelayakan hidup di perkotaan. Dengan memanfaatkan data untuk memahami siapa yang paling terpapar, apa dampaknya, serta bagaimana kebijakan memberikan manfaat bagi masyarakat, pemerintah kota dapat memastikan bahwa setiap tindakan yang diambil benar-benar meningkatkan kualitas hidup warga dan membangun dukungan publik yang diperlukan untuk mempertahankan aksi udara bersih yang ambisius.

Bagaimana kota-kota berinovasi?



Mengubah data menjadi wawasan kesehatan

Kota-kota mengubah informasi kesehatan yang lebih relevan dari data polusi udara melalui pengembangan indeks kesehatan kualitas udara yang disesuaikan dengan kondisi lokal. Instrumen ini menggabungkan dampak dari berbagai jenis polutan ke dalam satu indikator berbasis risiko yang selaras dengan standar kualitas udara dan kondisi setempat. Jika dipadukan dengan sistem peringatan dini dan notifikasi kepada masyarakat, instrumen tersebut membantu mengomunikasikan tidak hanya kondisi kualitas udara saat ini, tetapi juga implikasinya terhadap kesehatan seluruh penduduk, terutama kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, dan individu dengan kondisi kesehatan tertentu. Penyajian data yang kompleks dengan cara ini mendukung pengambilan keputusan yang lebih kontekstual dan berbasis informasi oleh para pemimpin kota, membantu pemerintah kota menyampaikan informasi dengan cara yang lebih mudah dipahami dan memperoleh dukungan publik, serta memungkinkan masyarakat mengambil tindakan perlindungan yang tepat waktu.



Mendukung kebijakan yang menguntungkan semua pihak

Kota-kota juga memperkuat landasan bukti mereka dengan mengintegrasikan data kualitas udara dengan berbagai indikator sosial, ekonomi, dan demografis. Analisis yang memadukan data paparan polusi dengan faktor-faktor seperti tingkat pendapatan, kelompok usia, status kesehatan, pola mobilitas, dan akses terhadap layanan publik dapat mengungkap berbagai ketimpangan yang sering kali tidak terlihat dalam data rata-rata di tingkat kota. Informasi tersebut memungkinkan pemerintah kota mengidentifikasi komunitas yang menghadapi tingkat paparan dan dampak yang lebih besar dibandingkan kelompok lainnya, serta merancang intervensi yang lebih tepat sasaran. Salah satu contohnya adalah penerapan zona udara bersih yang mengintegrasikan tujuan perlindungan lingkungan dengan agenda sosial dan sasaran kesehatan masyarakat. Dengan demikian, kota dapat memperkuat hubungan antara sistem pemantauan, proses perumusan kebijakan, dan perbaikan nyata pada kualitas lingkungan setempat.



Menyoroti manfaat ekonomi dari upaya peningkatan kualitas udara

Banyak kota kini menghasilkan jenis data baru yang dapat memperkuat dasar pengambilan keputusan terkait kebijakan udara bersih dengan menggunakan indikator yang relevan bagi pemerintah dan masyarakat. Upaya ini mencakup estimasi biaya kesehatan dan biaya ekonomi akibat polusi udara serta kemacetan, termasuk analisis kehilangan produktivitas dan dampaknya terhadap sektor kesehatan. Pendekatan ini juga mencakup pemantauan manfaat dan penghematan biaya yang dihasilkan dari berbagai intervensi yang ditargetkan, seperti penyediaan kawasan ramah pejalan kaki, penataan ulang jalan, dan transisi menuju penggunaan bahan bakar rumah tangga yang lebih bersih. Dengan demikian, kota-kota mulai menempatkan isu udara bersih tidak hanya sebagai isu lingkungan dan kepatuhan terhadap regulasi, tetapi juga sebagai peluang untuk mendukung pembangunan perkotaan, pertumbuhan ekonomi, dan peningkatan kualitas hidup masyarakat. Kerangka bukti yang lebih luas ini membantu mengubah fokus diskusi dari “Berapa besar biaya yang ditimbulkan oleh polusi?” menjadi “Apa manfaat yang dapat diperoleh melalui tindakan yang dilakukan?” Pendekatan ini memungkinkan pemerintah kota membandingkan biaya akibat tidak mengambil tindakan dengan manfaat yang dihasilkan dari investasi, menentukan prioritas intervensi dengan dampak tertinggi, serta memperkuat koordinasi lintas sektor dalam mendukung perubahan.

Pendekatan-pendekatan tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan data yang melampaui informasi kualitas udara saja bukan sekadar pelengkap dalam proses perencanaan dan pengambilan keputusan, tetapi juga dapat menjadi pendorong utama bagi pelaksanaan tindakan yang lebih efektif. Dengan mengintegrasikan data polusi udara dengan data kesehatan dan bukti mengenai ketimpangan sosio ekonomi, kota dapat memperkuat landasan bagi penyusunan kebijakan yang lebih ambisius, meningkatkan kepercayaan masyarakat, serta menghasilkan manfaat yang lebih luas bagi aksi iklim, peningkatan kualitas hidup masyarakat, dan pertumbuhan yang inklusif.



LONDON, INGGRIS

Mengukur dampak nyata dari upaya peningkatan kualitas udara

London telah memperluas pendekatan terhadap kualitas udara dari indikator lingkungan menjadi instrumen untuk memahami dampak polusi terhadap kesehatan masyarakat, ketimpangan sosial, dan kehidupan sehari-hari di seluruh wilayah kota. Salah satu langkah yang dilakukan adalah memberdayakan masyarakat untuk memantau polusi di lingkungan setempat serta memahami dampaknya melalui penyediaan sensor kepada kelompok-kelompok komunitas dalam Breathe London Community Programme yang didukung oleh Bloomberg Philanthropies (dibahas lebih lanjut pada bagian lain dalam laporan ini). Dengan menghubungkan tingkat polusi yang tercatat dalam jaringan pemantauan kualitas udara London yang telah mapan dengan berbagai indikator kesehatan, biaya ekonomi, dan kerentanan sosial, kota ini berhasil memperkuat landasan bagi penerapan kebijakan yang ambisius dan berkelanjutan.¹⁵



Inovasi

Melalui kemitraan dengan berbagai institusi lokal, kota ini telah menghasilkan berbagai bentuk bukti untuk mengukur dan menunjukkan dampak nyata polusi udara serta hasil yang diperoleh dari berbagai upaya peningkatan kualitas udara. Bukti tersebut meliputi:

- 1. Mengukur dampak kesehatan dan ekonomi:** Berbagai analisis menunjukkan bahwa polusi udara menimbulkan biaya tahunan senilai miliaran pound sterling akibat kematian dini, penyakit, kehilangan produktivitas, serta meningkatnya beban terhadap layanan publik. Dengan mengonversi tingkat paparan polusi menjadi indikator angka harapan hidup dan dampak ekonomi, kota ini berhasil mengubah fokus diskusi dari tingkat konsentrasi polutan yang bersifat teknis menjadi dampak nyata yang dapat dirasakan oleh masyarakat. Pendekatan ini membantu pengambil keputusan memahami skala permasalahan sekaligus biaya yang timbul akibat tidak dilakukannya tindakan.^{16, 17, 18, 19}
- 2. Mengidentifikasi komunitas dan kelompok yang paling terdampak dan rentan:** Analisis yang mengintegrasikan data kualitas udara dengan indikator demografis, kesehatan, dan sosioekonomi menunjukkan adanya ketimpangan paparan polusi yang masih terjadi secara konsisten, khususnya pada masyarakat berpenghasilan rendah, kelompok etnis minoritas, dan penduduk yang tinggal di sepanjang koridor jalan dengan lalu lintas padat. Dengan mengalihkan fokus dari data rata-rata tingkat kota menuju pemahaman yang lebih mendalam mengenai distribusi dampak yang tidak merata, kota dapat mengembangkan intervensi yang lebih tepat sasaran bagi kelompok masyarakat yang menghadapi beban dampak terbesar.^{20, 21, 22}
- 3. Memahami hubungan antara tingkat polusi, mobilitas, dan aktivitas perkotaan:** La evidencia que vincula la calidad del aire con los modos de transporte, la propiedad de vehículos y la actividad peatonal resalta cómo las decisiones diarias de movilidad influyen tanto en las emisiones como en los riesgos para la salud. Los mapas de vulnerabilidad y exposición ayudan a identificar áreas donde la alta contaminación coincide con una intensa actividad poblacional, proporcionando una guía práctica para intervenciones focalizadas y mejoras a nivel de las calles.^{23, 24}

Dampak

Dengan menghubungkan dan menganalisis tingkat polusi udara bersama berbagai jenis data dan informasi lainnya, London berhasil memperkuat landasan bagi kebijakan yang lebih ambisius serta membangun dukungan yang lebih kuat dari pemerintah dan masyarakat. Berbagai kebijakan ambisius yang diterapkan di kota ini telah menghasilkan penurunan tingkat polusi yang sangat signifikan, sehingga London berhasil memenuhi batas legal konsentrasi NO₂ untuk pertama kalinya pada tahun 2024, hampir 200 tahun lebih cepat dibandingkan proyeksi sebelumnya.²⁵

PEMBELAJARAN

London menunjukkan bahwa data kualitas udara akan memberikan dampak terbesar ketika dihubungkan dengan aspek kesehatan, kesenjangan sosial, dan kehidupan sehari-hari masyarakat. Bukti yang kuat untuk mendukung perencanaan intervensi yang lebih terarah dapat dihasilkan dengan mengukur biaya kesehatan dan biaya ekonomi yang ditimbulkan oleh polusi udara, mengidentifikasi komunitas yang paling terdampak, serta memetakan paparan polusi bersamaan dengan pola mobilitas dan aktivitas perkotaan.

BANGKOK, THAILAND



Mulai dari teknologi hingga wawasan berbasis data mengenai risiko kesehatan akibat kualitas udara

Bangkok memanfaatkan keahlian dan pengetahuan yang telah dimiliki oleh kalangan akademisi dan lembaga pemerintah terkait hubungan antara kualitas udara dan kesehatan untuk mengembangkan berbagai perangkat baru yang mendukung pengambilan keputusan dan komunikasi publik.



Inovasi

Asian Institute of Technology (AIT) sedang mengembangkan sebuah sistem yang mengintegrasikan data emisi dan polusi udara ke dalam dasbor data.²⁶ Dengan dukungan Breathe Cities, Bangkok juga mengintegrasikan data kesehatan ke dalam indeks kualitas udara melalui pengembangan Indeks Kualitas Udara dan Kesehatan (*Air Quality and Health Index/AQHI*). Indeks ini akan menjadi dasar dalam penyusunan intervensi dan penetapan target yang berorientasi pada perlindungan kesehatan masyarakat untuk mengurangi polusi udara. Inisiatif ini didukung oleh kemitraan yang erat dengan berbagai pusat kesehatan masyarakat, serta kolaborasi dengan sejumlah lembaga pemerintah lainnya, termasuk Direktorat Jenderal Kedokteran, Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan, Direktorat Jenderal Strategi dan Evaluasi, dan Direktorat Jenderal Lingkungan Hidup. Kolaborasi tersebut bertujuan untuk memastikan tata kelola pertukaran data yang bertanggung jawab serta keberlanjutan implementasi dalam jangka panjang. Inisiatif ini juga didukung oleh kegiatan pengembangan kapasitas bagi tenaga kesehatan, pembuat kebijakan, dan pimpinan daerah untuk memperkuat kemampuan mereka dalam memanfaatkan sistem data terintegrasi serta menggunakan hasil analisis sebagai dasar pengambilan keputusan yang lebih baik. Selain pengembangan indeks tersebut, Bangkok juga sedang mengembangkan perangkat pemetaan kualitas udara dan kerentanan. Kota ini tengah membangun peta interaktif terintegrasi yang mencakup seluruh 50 distrik melalui peninjauan terhadap sistem data yang sudah ada, kolaborasi dengan pemangku kepentingan dari sektor publik, swasta, dan masyarakat sipil, serta integrasi data kualitas udara, data spasial, dan data sosioekonomi.

Dampak

AQHI serta pemetaan kerentanan akan mendukung sistem peringatan dini berbasis risiko, membantu mengarahkan intervensi yang lebih inklusif, serta menjadikan informasi mengenai kualitas udara dan risiko kesehatan lebih terlihat, mudah dipahami, dan dapat ditindaklanjuti oleh masyarakat. Pendekatan terintegrasi ini memperkuat pengambilan keputusan yang berorientasi pada dampak nyata, terutama untuk mendukung kelompok masyarakat yang paling rentan.

PEMBELAJARAN

Bangkok menunjukkan bahwa penilaian dampak berbasis kesehatan yang efektif tidak hanya bergantung pada pemodelan yang canggih, tetapi juga tata kelola data yang kuat serta koordinasi yang erat antara berbagai instansi dan tingkat pemerintahan. Dengan berinvestasi dalam peningkatan kapasitas sumber daya manusia untuk memahami dan menginterpretasikan data, kota ini berhasil memastikan bahwa bukti teknis dapat diterjemahkan secara langsung menjadi tindakan yang berkelanjutan dan diterapkan di seluruh wilayah kota.



PARIS, PRANCIS

Menciptakan ruang jalan yang ramah anak dengan data kualitas udara

Bukti yang menunjukkan hubungan antara paparan polusi udara dan dampak kesehatan yang merugikan pada anak-anak, terutama pada masa usia dini, telah mendorong berbagai kota untuk meninjau kembali bagaimana kawasan jalan di sekitar sekolah seharusnya dikelola dan difungsikan.²⁷

Inovasi

Pendekatan kawasan jalan sekolah (*school street*) di Paris membatasi akses kendaraan di sekitar sekolah pada jam-jam tertentu guna mengurangi polusi udara, kebisingan, dan risiko keselamatan. Paris memperkenalkan konsep kawasan jalan sekolah pada tahun 2019 sebagai bagian dari strategi yang lebih luas untuk mengurangi ketergantungan terhadap kendaraan pribadi dan meningkatkan kualitas lingkungan perkotaan. Sejak diperkenalkan, program ini terus diperluas dan telah mencakup sekitar 300 lokasi kawasan jalan sekolah pada awal tahun ajaran 2025.²⁸ Berbeda dengan skema penutupan jalan sementara yang diterapkan di sejumlah kota di Eropa, banyak kawasan jalan sekolah di Paris telah ditetapkan secara permanen sebagai kawasan pejalan kaki. Program ini juga dilengkapi dengan berbagai langkah penghijauan yang bertujuan menciptakan lingkungan yang lebih sejuk, lebih aman, dan lebih nyaman bagi anak-anak serta masyarakat sekitar.^{29, 30}

Kota ini menggunakan data kualitas udara untuk menentukan prioritas sekolah yang paling membutuhkan penerapan kawasan jalan sekolah, berdasarkan tingkat paparan polusi udara yang tinggi. Kota ini juga berencana melakukan penilaian kondisi sebelum dan sesudah penerapan kawasan pejalan kaki, termasuk penurunan konsentrasi NO₂ di sekitar sekolah, serta perbaikan pada paparan kebisingan dan panas. Breathe Cities mendukung upaya tersebut melalui kemitraan dengan organisasi masyarakat sipil setempat untuk melakukan edukasi, meningkatkan kesadaran, dan mendorong keterlibatan publik dalam memahami isu polusi udara. Kegiatan yang dilakukan meliputi penyelenggaraan acara publik dan lokakarya di berbagai sekolah, yang mencakup sekolah menengah atas, sekolah menengah pertama, dan sekolah dasar di Paris serta kawasan metropolitan yang lebih luas.

Dampak

Dengan menempatkan kebijakan kawasan jalan sekolah tidak hanya sebagai intervensi manajemen lalu lintas, tetapi juga sebagai respons terhadap risiko polusi udara, kebisingan, dan suhu panas yang telah teridentifikasi, Paris telah menyelaraskan inisiatif tersebut dengan tujuan kota yang lebih luas, termasuk perlindungan kesehatan masyarakat, adaptasi terhadap perubahan iklim, serta peningkatan kualitas lingkungan permukiman. Dengan memanfaatkan data kualitas udara dan lalu lintas untuk menentukan prioritas intervensi di sekitar sekolah, kota ini berhasil mengubah indikator teknis menjadi peningkatan yang nyata dalam kualitas lingkungan sehari-hari anak-anak.

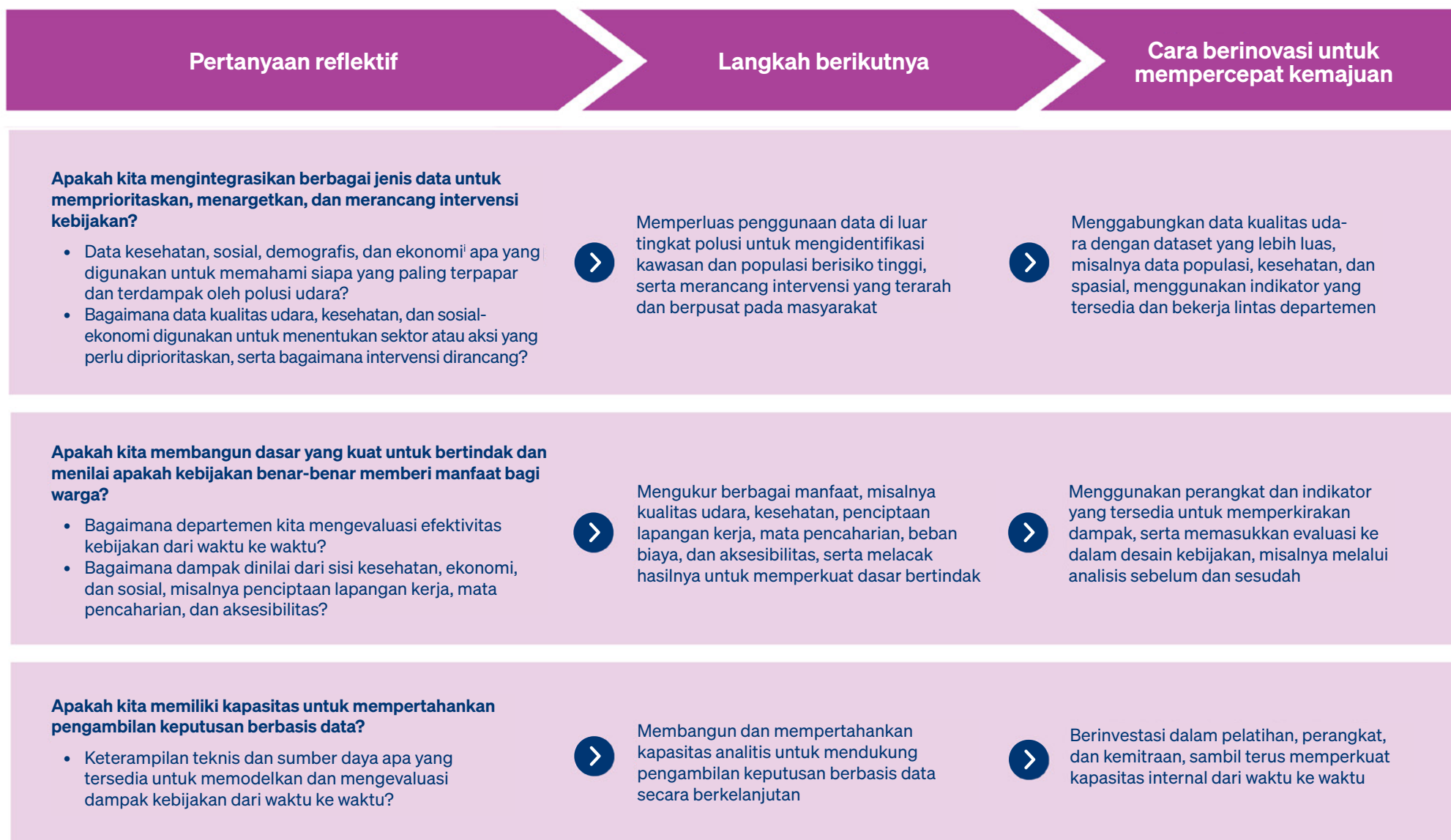
PEMBELAJARAN

Paris menunjukkan bahwa data dapat dimanfaatkan untuk memprioritaskan intervensi yang memberikan manfaat lebih luas bagi masyarakat, serta bahwa intervensi kualitas udara akan lebih efektif ketika diposisikan sebagai respons terhadap nilai-nilai publik, seperti kesehatan anak dan kualitas hidup perkotaan.



Area Inovasi 3

Analisis, pemodelan, dan kajian dampak: Mengevaluasi bagaimana aksi berdampak pada masyarakat



ⁱ Dapat mencakup usia penduduk, jenis kelamin dan identitas gender, pendapatan, status migrasi, daerah asal, identitas ras atau etnis, afiliasi agama, bahasa utama yang digunakan, tingkat pendidikan, status ketenagakerjaan, dan pekerjaan. Data tersebut juga dapat mencakup variabel tingkat wilayah seperti tingkat kemiskinan atau tingkat pengangguran.



Sumber panduan lebih lanjut

WHO – Health impact assessment (HIA) methods

Artikel web ini menjelaskan tahapan, metode, dan manfaat penerapan kajian dampak kesehatan atau HIA pada kebijakan, proyek, dan program, sehingga pertimbangan kesehatan dapat terintegrasi dalam pengambilan keputusan.

AQMx - Air Quality Management Guidance

Air Quality Management Exchange Platform (AQMx) menyediakan panduan terkurasi bagi pengelola kualitas udara dalam 8 bidang, termasuk kajian dampak kesehatan dan kajian dampak lingkungan.

Air Quality through Urban Actions (AQUA) Tool

AQUA adalah model Excel yang mudah digunakan untuk membantu kota dan pembuat kebijakan menilai manfaat kesehatan dan ekonomi dari pengurangan emisi. Dengan data tingkat nasional yang sudah tersedia dari sumber terpercaya seperti Bank Dunia dan Global Burden of Disease, AQUA sangat berguna bagi kota dengan data lokal yang masih terbatas. [AQUA Transport Module](#) merupakan ekstensi dari AQUA Tool. Modul ini dapat digunakan untuk menghitung emisi dari sektor transportasi secara cepat dan menganalisis perubahan emisi dari berbagai kebijakan transportasi.

Clean Air Zones Toolbox

Toolbox yang disusun dalam tiga bagian ini menyediakan panduan komprehensif untuk mendorong perubahan transformatif menuju kota berkembang, inklusif, dan sehat. Bagian 1 berisi panduan teknis tentang Kawasan Udara Bersih, termasuk rekomendasi tentang data yang perlu dikumpulkan kota untuk menunjukkan mengapa Kawasan Udara Bersih dibutuhkan dan untuk mengukur efektivitasnya.

Komunikasi dan pelibatan: Memberdayakan masyarakat melalui data

Kebijakan kualitas udara akan lebih efektif apabila didukung oleh masyarakat dan mencerminkan kondisi nyata kelompok yang menjadi sasaran perlindungannya. Dengan menjadikan data kualitas udara terbuka dan mudah diakses, serta memprioritaskan komunikasi yang efektif, pemerintah kota dapat meningkatkan kesadaran dan pemahaman masyarakat mengenai dampak polusi udara dan berbagai intervensi yang dilakukan, sekaligus membangun kepercayaan dan akuntabilitas. Kota-kota semakin menyadari bahwa pelibatan warga sebagai peserta aktif dalam proses pengumpulan data dan perumusan kebijakan, bukan sekadar penerima informasi, dapat semakin memperkuat dukungan publik dan meningkatkan dampak kebijakan.



Bagaimana kota-kota berinovasi?



Menyempurnakan strategi komunikasi melalui wawasan yang diperoleh dari data

Memahami bagaimana berbagai kelompok masyarakat memandang polusi udara sering kali menjadi langkah awal dalam menyusun strategi komunikasi yang efektif terkait kualitas udara dan kebijakan udara bersih. Survei dan konsultasi dengan masyarakat dapat membantu pemerintah kota mengidentifikasi kesenjangan pemahaman, perbedaan tingkat kepedulian, serta kelompok sasaran yang perlu diprioritaskan. Pada saat yang sama, masyarakat juga dapat diberdayakan untuk menghasilkan dan membagikan data persepsi melalui inisiatif sains warga, penelitian partisipatif, dan forum masyarakat. Memberikan ruang bagi warga untuk menyampaikan dan mengkomunikasikan temuan serta pandangan mereka sendiri dapat memperkuat landasan bukti yang tersedia dan mengurangi ketergantungan pada proses yang sepenuhnya dipimpin oleh pemerintah kota. Kombinasi pendekatan tersebut mendukung upaya komunikasi dan edukasi yang lebih terarah, sehingga pesan, kebijakan, dan intervensi yang dikembangkan lebih sesuai dengan kondisi dan pengalaman nyata masyarakat.



Menjadikan data kualitas udara terbuka dan mudah diakses

Semakin banyak kota yang menyediakan akses terbuka terhadap data kualitas udara lokal bagi masyarakat melalui berbagai sarana, seperti platform data terbuka, aplikasi seluler, dan papan informasi publik. Berbagai sarana tersebut umumnya memanfaatkan peta interaktif, kode warna, dan visualisasi data yang disertai dengan penjelasan, sehingga data yang kompleks dapat lebih mudah dipahami oleh masyarakat maupun pengambil keputusan. Ketersediaan data kualitas udara secara terbuka mendukung aksi kolaboratif di seluruh lingkungan pemerintah kota, meningkatkan kesadaran dan pemahaman masyarakat mengenai kualitas udara, serta memperkuat pengawasan publik dan akuntabilitas terhadap tindakan yang dilakukan pemerintah kota.³¹ Selain itu, keterbukaan data juga dapat meningkatkan kredibilitas dan kepercayaan masyarakat, serta mendorong partisipasi warga untuk menjadi pendukung dan penggerak aksi udara bersih.



Mendukung proyek data yang dipimpin oleh masyarakat

Selain menyediakan akses terhadap data, beberapa kota juga melibatkan warga secara langsung dalam proses menghasilkan dan mengkomunikasikan data tersebut. Di London, aksi udara bersih di tingkat lokal didorong melalui Breathe London Community Programme³², yang memberikan sensor kepada kelompok masyarakat dan organisasi lokal, serta menyediakan dukungan dari mitra akademik untuk melakukan pengukuran polusi di lingkungan mereka masing-masing. Pendekatan ini memperkuat partisipasi masyarakat dalam penyediaan data sekaligus mendukung pengembangan kebijakan dan intervensi yang lebih responsif terhadap kondisi setempat. Masyarakat tidak hanya didukung untuk memimpin kegiatan pemantauan mereka sendiri, tetapi juga untuk menafsirkan hasil pengukuran, menghubungkannya dengan data pengalaman dan kondisi yang mereka alami sehari-hari, serta menggunakannya sebagai dasar dialog dengan pemerintah kota. Platform terbuka yang menyediakan data yang mutakhir ini memungkinkan komunitas memahami keterkaitan antara kualitas udara, lalu lintas, desain jalan, dan aktivitas sehari-hari, sehingga hasil pengukuran dapat diterjemahkan menjadi pesan yang jelas dan relevan dengan kondisi lokal untuk mendukung advokasi jalan aman bagi sekolah, rute berjalan kaki yang lebih aman, dan ruang publik yang lebih sehat. Program komunitas tersebut merupakan bagian dari Breathe London³³, yang awalnya dibentuk sebagai jaringan percontohan LCS untuk meningkatkan pemahaman mengenai paparan masyarakat terhadap polusi udara dan memperluas cakupan jaringan pemantauan. Seiring perkembangannya, program ini telah menjadi jaringan kolaboratif yang berpusat pada masyarakat dan menyediakan data yang semakin rinci serta bersifat hiperlokal, dengan cakupan yang meningkat dari 100 sensor pada tahun 2018 menjadi lebih dari 400 lokasi pemantauan.



Menghidupkan data melalui budaya, seni, dan olahraga

Kota-kota lain juga menunjukkan bahwa keterlibatan masyarakat tidak harus bergantung pada perangkat teknis agar dapat berjalan secara efektif. Di Nairobi, data kualitas udara diterjemahkan ke dalam bentuk musik, tari, seni visual, dan cerita melalui kemitraan dengan seniman, pendidik, serta kelompok masyarakat.³⁴ Pendekatan ini membantu menjadikan informasi mengenai kualitas udara lebih mudah dipahami, lebih dekat dengan kehidupan sehari-hari, dan lebih relevan bagi berbagai kelompok masyarakat. Di Rio de Janeiro dan Johannesburg, kampanye *It's In The Air* dilaksanakan melalui kemitraan dengan *Breathe Cities* serta didukung oleh berbagai kegiatan komunitas yang melibatkan atlet, tenaga kesehatan, dan wali kota dari berbagai negara untuk mengaitkan isu udara bersih dengan kesehatan dan olahraga. Dengan menghadirkan isu polusi udara ke dalam ruang budaya dan ruang publik, kota-kota dapat menjangkau kelompok masyarakat yang mungkin tidak mengakses dasbor data maupun laporan teknis. Pendekatan komunikasi yang kreatif tersebut membantu menghubungkan data dengan pengalaman masyarakat sehari-hari, memperkuat suara komunitas lokal, serta menjadikan polusi udara sebagai isu yang lebih terlihat dan dipahami bersama, sehingga memperluas partisipasi publik dalam pembahasan kualitas udara. Pelibatan generasi muda juga merupakan strategi penting untuk menghasilkan dampak jangka panjang. Berbagai pendekatan kreatif dan partisipatif, seperti sains warga, perangkat pembelajaran interaktif, dan kegiatan berbasis desain, dapat membantu menyederhanakan data yang kompleks supaya lebih mudah dipahami. Aktivitas tersebut juga dapat membantu generasi muda terdorong untuk membayangkan lingkungan yang lebih sehat dan bersih serta memahami peran mereka dalam pembangunan masa depan kota.

Berbagai pendekatan tersebut menunjukkan bahwa keterlibatan masyarakat yang didukung oleh data dapat menjadikan informasi kualitas udara sebagai sumber daya publik yang terbuka dan mudah diakses. Melalui pelibatan komunitas yang bermakna, pemerintah kota dapat membangun kepercayaan publik, mendukung proses pengambilan keputusan yang inklusif, serta memastikan bahwa manfaat dari berbagai upaya peningkatan kualitas udara dapat dirasakan secara merata oleh seluruh masyarakat.

Program Love My Air di Denver^{35, 36, 37}

Program Love My Air di Denver merupakan inisiatif berskala kota yang dirancang untuk mengurangi paparan terhadap polusi udara dengan menyediakan informasi kualitas udara yang terlihat, mudah diakses, dan dapat ditindaklanjuti oleh masyarakat Denver yang beragam. Diluncurkan pada tahun 2018 dengan dukungan dari Bloomberg Philanthropies sebagai salah satu pemenang *Mayors Challenge*, program ini kemudian diperluas dengan dukungan dari Kaiser Permanente Community Health Fund di The Denver Foundation. Program tersebut berkembang dari jaringan awal sensor kualitas udara berbiaya rendah yang ditempatkan di lingkungan sekolah negeri, menjadi jaringan pemantauan berkualitas tinggi yang mampu memantau berbagai polutan di enam lokasi, termasuk pusat layanan kesehatan, museum, dan taman kota. Melalui penyediaan data *real-time* yang dapat langsung digunakan melalui kios edukasi interaktif dan aplikasi seluler, pemerintah kota memastikan bahwa informasi kualitas udara dapat dilihat dan diakses dengan mudah oleh masyarakat setempat. Transparansi ini memungkinkan warga untuk lebih memahami dampak kualitas udara terhadap kehidupan mereka serta mengambil keputusan yang lebih tepat terkait kesehatan.

JOHANNESBURG, AFRIKA SELATAN

Menggunakan survei persepsi masyarakat untuk merumuskan langkah-langkah penanggulangan polusi udara



© Zaheer Cassim

Inovasi

Dengan dukungan dari Breathe Cities, Johannesburg memanfaatkan data persepsi publik untuk mengubah aspirasi dan pengalaman masyarakat menjadi bukti yang dapat ditindaklanjuti dalam mendukung aksi udara bersih. Melalui survei tingkat kota yang dikembangkan bersama Breathe Cities, pemerintah kota secara sistematis mengumpulkan informasi mengenai bagaimana masyarakat mengalami dampak polusi udara, tingkat kekhawatiran mereka terhadap dampak tersebut, serta sejauh mana berbagai upaya yang telah dilakukan dipahami oleh masyarakat. Survei tersebut dirancang untuk menangkap pandangan dari berbagai lingkungan permukiman dan kelompok demografis yang berbeda, sehingga menghasilkan gambaran menyeluruh pada tingkat kota mengenai pengalaman masyarakat sehari-hari terkait polusi udara. Sebanyak 3.000 responden berpartisipasi dalam survei yang mencakup seluruh tujuh wilayah kota. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara tatap muka dengan petugas lapangan setempat yang telah mendapatkan pelatihan untuk melaksanakan survei tersebut. Setelah tahap pengumpulan data awal selesai, diskusi kelompok terarah (*focus group discussions/FGD*) juga dilakukan untuk memperdalam dan melengkapi informasi yang diperoleh dari survei.³⁸ Pemerintah kota tidak menempatkan pelibatan masyarakat sebagai kegiatan pelengkap semata, melainkan memanfaatkan bukti yang dihasilkan untuk menyelaraskan prioritas pengelolaan kualitas udara dan arah kebijakan ke depan dengan pengalaman serta kondisi yang dirasakan oleh berbagai komunitas di seluruh kota.³⁹

Hasil survei menunjukkan bahwa tingkat kekhawatiran masyarakat terhadap polusi udara dan dampaknya terhadap kesehatan secara umum cukup tinggi. Di sisi lain, tingkat kesadaran masyarakat terhadap kebijakan dan berbagai intervensi kualitas udara yang telah diterapkan masih relatif rendah. Data juga menunjukkan adanya variasi antar kelompok usia, dengan kelompok penduduk yang lebih muda menunjukkan tingkat kepedulian yang lebih rendah meskipun mereka mengalami paparan polusi udara secara rutin dalam kehidupan sehari-hari.⁴⁰ Temuan ini menunjukkan perlunya strategi pelibatan masyarakat yang lebih terarah dan inklusif, yang mempertimbangkan perbedaan cara berbagai kelompok masyarakat memahami, memandang, dan berinteraksi dengan isu kualitas udara.

Dampak

Johannesburg menindaklanjuti temuan tersebut dengan menyesuaikan strategi komunikasi dan pelibatan masyarakat agar lebih berfokus pada kelompok yang memerlukan peningkatan kesadaran. Pemerintah kota bersama para mitranya mengembangkan berbagai inisiatif sosialisasi dan pelatihan yang ditujukan secara khusus sebagai respons terhadap rendahnya tingkat kepedulian di kalangan generasi muda. Inisiatif tersebut membekali mereka dengan pengetahuan dan perangkat yang diperlukan untuk menjadi pendukung aksi udara bersih, termasuk kemampuan menghasilkan data menggunakan sensor portabel dan aplikasi sains warga “Cityzens”.⁴¹ Aktivitas fisik juga dimanfaatkan sebagai sarana untuk memperluas partisipasi masyarakat dalam pemantauan kualitas udara dan kegiatan advokasi udara bersih. Salah satu contohnya adalah integrasi kegiatan pemantauan kualitas udara yang dilakukan oleh para advokat muda udara bersih yang telah dibekali peralatan dan pelatihan di sepanjang rute Soweto Marathon. Pendekatan ini menghubungkan olahraga, kesehatan, dan paparan polusi udara secara nyata dan mudah dipahami oleh masyarakat. Pemanfaatan data persepsi dengan cara ini memastikan bahwa upaya pelibatan masyarakat didasarkan pada bukti mengenai siapa yang perlu dijangkau dan bagaimana cara yang paling efektif untuk menjangkaunya. Pada saat yang sama, pendekatan tersebut memperluas peluang bagi generasi muda untuk berperan dalam pengumpulan data dan advokasi udara bersih.

Selain berbagai upaya yang ditujukan secara khusus kepada kelompok sasaran tertentu, survei tersebut juga menyediakan landasan yang kuat dan kredibel bagi pelaksanaan kampanye publik yang lebih luas serta pelibatan masyarakat pada tingkat kota terkait zona udara bersih dan berbagai intervensi yang akan datang. Temuan-temuan dari survei tersebut juga digunakan untuk mendukung perancangan dan pengembangan berkelanjutan kebijakan Zona Udara Bersih.

PEMBELAJARAN

Melalui penggunaan pendekatan survei yang terstruktur dan dapat direplikasi secara berkala untuk mendukung perancangan kebijakan dan komunikasi publik, Johannesburg menunjukkan bahwa data persepsi dapat berfungsi sebagai jembatan antara tujuan kebijakan yang bersifat teknis dan tingkat pemahaman masyarakat. Pengalaman tersebut menunjukkan bahwa survei persepsi yang dirancang dengan baik dapat menjadi instrumen yang praktis dan berbiaya rendah untuk membangun kepercayaan publik, mengarahkan pengambilan tindakan, serta menjadi fondasi bagi pengembangan kebijakan udara bersih yang inklusif.

BRUSSELS, BELGIA

Mendukung pemetaan kualitas udara berbasis masyarakat untuk mendorong aksi perbaikan kualitas udara

Brussels memperluas pendekatan dalam pengukuran dan pemahaman polusi udara dengan menempatkan masyarakat sebagai aktor utama dalam proses pengumpulan data.



Inovasi

Brussels memimpin sebuah inisiatif sains warga berskala besar yang dikenal sebagai *CurieuzenAir*⁴² dengan dukungan dari Bloomberg Philanthropies, yang melibatkan 3.000 peserta untuk mengukur konsentrasi nitrogen dioksida (NO_2), salah satu indikator utama polusi yang berasal dari lalu lintas. Melalui kampanye yang berlangsung selama satu bulan pada tahun 2021, proyek ini menghasilkan peta hiperlokal konsentrasi NO_2 yang mengungkap perbedaan kualitas udara yang sangat signifikan antara lokasi, pada tingkat resolusi yang jarang dapat dicapai hanya melalui jaringan stasiun pemantauan tetap. Proyek ini menggabungkan partisipasi masyarakat dalam skala luas dengan praktik berbagi data yang transparan. Hasil pengukuran dipublikasikan melalui platform akses terbuka yang dilengkapi peta interaktif dan penjelasan yang mudah dipahami, sehingga data yang kompleks dapat diakses oleh masyarakat, perencanaan kota, dan pengambil keputusan. Hasil pemantauan mengonfirmasi bahwa kualitas udara secara umum mengalami perbaikan dibandingkan tahun-tahun sebelumnya, yang konsisten dengan tren yang tercatat pada stasiun pemantauan regulatori. Akan tetapi, sebagian besar penduduk masih terpapar konsentrasi polutan yang melebihi pedoman kualitas udara paling ketat dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), khususnya di kawasan dengan lalu lintas yang padat. Penyajian informasi mengenai perbedaan tersebut secara terbuka membantu memperjelas hubungan antara pola lalu lintas, desain perkotaan, dan tingkat paparan polusi sehari-hari, sehingga lebih mudah dipahami oleh masyarakat luas. Dengan dukungan dari Breathe Cities, jaringan tabung difusi (*diffusion tubes*) sedang diperluas dan ditempatkan secara strategis pada titik-titik polusi tinggi di komunitas yang paling terdampak oleh polusi udara. Proyek ini juga memperluas jaringan duta masyarakat yang berperan dalam meningkatkan kesadaran masyarakat, mendorong aksi kualitas udara yang berkelanjutan, dan memperkuat keterlibatan warga dalam berbagai kegiatan terkait kualitas udara. Perluasan ini difokuskan pada penguatan kegiatan pemantauan dan sosialisasi di komunitas dengan tingkat paparan polusi dan risiko kesehatan terkait yang paling tinggi. Hasil dari proyek ini akan menjadi salah satu masukan penting dalam penyusunan dan implementasi tahap tahun 2027 dari kebijakan Zona Emisi Rendah.

Dampak

CurieuzenAir, yang dipimpin oleh universitas lokal dan organisasi nirlaba, serta dilaksanakan melalui kemitraan dengan dinas lingkungan hidup kota dan berbagai media, menunjukkan bahwa data yang dihasilkan oleh masyarakat dapat melengkapi sistem pemantauan resmi sekaligus membangun rasa kepemilikan publik terhadap bukti dan informasi mengenai kualitas udara. Dalam beberapa tahun setelah pelaksanaannya, Brussels telah mengintegrasikan pembelajaran dari inisiatif tersebut ke dalam berbagai program yang sedang berjalan. Pendekatan sains warga digunakan untuk mendukung inisiatif pemantauan lanjutan, termasuk penggunaan sensor yang dipasang pada sepeda untuk mengukur konsentrasi NO_2 .⁴³ Perluasan landasan bukti tersebut telah memperkuat dukungan terhadap berbagai kebijakan kualitas udara pada tingkat kota, termasuk penerapan Zona Emisi Rendah yang diperketat secara bertahap. Kebijakan ini berkontribusi terhadap penurunan berkelanjutan polutan yang berasal dari lalu lintas kendaraan serta tercapainya kepatuhan penuh terhadap standar tahunan NO_2 Uni Eropa pada lokasi pemantauano.⁴⁴

PEMBELAJARAN

Berbagai upaya tersebut menunjukkan bahwa pemantauan yang dipimpin oleh masyarakat, melalui kemitraan dengan institusi lokal, dapat berperan sebagai katalisator perubahan. Pendekatan ini mampu memperluas cakupan data yang tersedia, memperkuat kepercayaan masyarakat terhadap sistem pemantauan resmi, serta membantu kota mempertahankan momentum dalam mendorong transportasi yang lebih bersih dan aksi peningkatan kualitas udara dalam jangka panjang.



JAKARTA, INDONESIA

Mendorong peran aktif generasi muda dalam mewujudkan masa depan yang lebih bersih dan sehat

Jakarta mendorong keterlibatan generasi muda dalam upaya peningkatan kualitas udara melalui penyajian data lingkungan yang kompleks dalam bentuk pengalaman yang kreatif dan partisipatif.

Inovasi

Lebih dari 2.000 siswa berusia 6–18 tahun dari 300 lebih sekolah diajak untuk merancang kawasan rendah emisi menggunakan Minecraft Education. Inisiatif tersebut didukung oleh Breathe Cities, program Reinventing Cities oleh C40 Cities, serta Minecraft Education, dan dilaksanakan melalui kolaborasi dengan Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta dan berbagai mitra pendidikan lokal. Kompetisi ini didasarkan pada tantangan nyata terkait kualitas udara dan tujuan kebijakan kota, sehingga memungkinkan para siswa memahami bagaimana aksi iklim dapat membentuk kota yang akan mereka warisi di masa depan.⁴⁵ Melalui pemanfaatan platform yang interaktif dan telah akrab di kalangan generasi muda, berbagai isu yang kompleks, seperti sumber polusi, pilihan transportasi, dan desain perkotaan, dapat disampaikan dengan cara yang lebih mudah dipahami dan relevan dengan kehidupan sehari-hari mereka.

Dampak

Dengan menempatkan generasi muda sebagai fokus utama dalam pembahasan isu udara bersih, inisiatif ini berkontribusi pada peningkatan kesadaran, penguatan literasi lingkungan, serta pembentukan rasa kepemilikan terhadap lingkungan perkotaan di masa depan. Desain yang dikembangkan oleh para siswa menunjukkan berbagai prioritas, termasuk mobilitas yang lebih bersih, koridor jalan yang lebih hijau, dan ruang publik yang lebih sehat. Temuan tersebut juga memberikan wawasan mengenai bagaimana masyarakat, terutama generasi muda, memandang dan membayangkan masa depan dengan tingkat polusi yang lebih rendah.

PEMBELAJARAN

Jakarta menunjukkan bagaimana pemerintah kota dapat menyajikan data kualitas udara dalam format yang mudah diakses dan menarik sehingga mampu meningkatkan pemahaman serta partisipasi masyarakat. Dalam arti yang lebih luas, pendekatan ini menunjukkan bahwa komunikasi yang efektif tidak hanya berfokus pada penyampaian informasi, tetapi juga pada upaya membantu masyarakat memahami dan mengaitkan data polusi udara dengan kehidupan sehari-hari mereka. Dengan menghubungkan bukti ilmiah dengan pengalaman masyarakat melalui platform yang interaktif dan partisipatif seperti Minecraft Education, pemerintah kota dapat mendorong pelaksanaan aksi udara bersih yang lebih efektif dan berdampak.



Area Inovasi 4

Komunikasi dan pelibatan: Memberdayakan masyarakat melalui data



ii Dapat mencakup usia penduduk, jenis kelamin dan identitas gender, pendapatan, status migrasi, daerah asal, identitas ras atau etnis, afiliasi agama, bahasa utama yang digunakan, tingkat pendidikan, status ketenagakerjaan, dan pekerjaan. Data tersebut juga dapat mencakup variabel tingkat wilayah seperti tingkat kemiskinan atau tingkat pengangguran.



Sumber panduan lebih lanjut

Air Quality Communications Toolkit

Toolkit ini berfungsi sebagai sumber daya komprehensif untuk membantu kota mengomunikasikan inisiatif dan kemajuan mereka dalam menangani tantangan kualitas udara. Dokumen ini membekali kota dengan perangkat praktis untuk melibatkan pemangku kepentingan, meningkatkan kesadaran, dan mendorong aksi bermakna menuju lingkungan yang lebih bersih dan sehat.

The Breathe London Blueprint

Panduan yang disusun berdasarkan inisiatif Breathe London ini menyediakan kerangka untuk menggunakan data kualitas udara hiperlokal dalam mendukung komunikasi kualitas udara di kota. Panduan ini menunjukkan bagaimana data beresolusi tinggi dari sensor berbiaya rendah dapat digunakan untuk membuat polusi udara lebih “terlihat” bagi publik melalui peta interaktif, sehingga warga dapat mengurangi paparan pribadi mereka.

Clean air action: applications of citizen science to identify and address air pollution emission sources

Makalah ini menyoroti bagaimana inisiatif sains warga mengeksplorasi sumber polusi udara, berdasarkan refleksi dari tinjauan literatur purposif terhadap 33 studi kasus. Makalah ini menawarkan wawasan tentang cara metodologi sains warga menangani sumber polusi, menguraikan hasil yang spesifik pada sumber polusi dalam kebijakan, praktik, dan perubahan perilaku, serta mengusulkan pendekatan ke depan untuk memperkuat sains partisipatif yang berfokus pada sumber polusi.

Inclusive Planning: Executive Guide

Panduan eksekutif ini menegaskan pentingnya aksi iklim inklusif dalam perencanaan kota. Panduan ini menguraikan prinsip dan rekomendasi kebijakan untuk memastikan keadilan dan konteks sosial-ekonomi menjadi bagian utama dari keputusan iklim, sekaligus menampilkan perangkat dan studi kasus yang dapat digunakan kota. Panduan ini disertai rangkaian perangkat dan sumber daya, termasuk modul terkait data berikut:

- [*Conducting a city needs assessment*](#)
- [*Identifying indicators for monitoring and evaluation*](#)



Kesimpulan dan peningkatan skala aksi kota

Meskipun tantangan polusi udara dibentuk oleh faktor lokal yang berbeda-beda, seperti geografi, sumber daya, dan kerangka hukum, semua kota memiliki kapasitas untuk memanfaatkan data sebagai perangkat yang kuat bagi aksi udara bersih. Penggunaan data secara strategis dan inovatif dapat membantu kota menghadirkan kebijakan dan aksi yang berdampak bagi seluruh warga, termasuk kelompok yang paling terdampak oleh kualitas udara yang buruk.

Pembelajaran dari kota-kota di seluruh dunia

Studi kasus yang ditampilkan dalam laporan ini menunjukkan beberapa cara kota-kota yang terlibat dalam inisiatif Breathe Cities berinovasi melalui data. Inovasi jelas dapat lahir dari pemanfaatan kemajuan teknologi baru, seperti sensor berbiaya rendah, sekaligus dari cara pemerintah membangun kapasitas, mengintegrasikan beragam dataset, dan melibatkan masyarakat.

Beberapa contoh dimulai sebagai inisiatif kecil dan jangka pendek. Upaya-upaya ini kemudian menjadi dasar bagi kebijakan yang lebih luas dan strategi jangka panjang yang kini telah berjalan, sekaligus menegaskan bahwa kemajuan tetap dapat dicapai tanpa harus menunggu sistem yang canggih.



Poin-poin utama bagi kota dan mitra

Meskipun bab sebelumnya dalam laporan ini telah memaparkan langkah-langkah konkret selanjutnya bagi kota-kota yang ingin mencapai kemajuan di setiap bidang inovasi, poin-poin berikut ini merupakan pesan utama yang perlu diperhatikan bagi kota-kota yang ingin memperluas upayanya:

Meningkatkan data melalui teknologi pemantauan yang inovatif

Teknologi baru, seperti sensor kualitas udara berbiaya rendah, menyediakan cara yang efektif dan terjangkau bagi kota untuk mengumpulkan data kualitas udara dan menggunakannya sebagai dasar kebijakan. Kota dapat membangun kemampuan pengumpulan data dari waktu ke waktu dengan memperkuat dan memperluas jaringan pemantauan secara bertahap, serta melengkapinya dengan sumber data lain. Upaya ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan kemitraan eksternal, data satelit atau penginderaan jauh, data yang dihasilkan masyarakat, dan wawasan dari pengalaman nyata untuk mendukung aksi yang efektif.

Berinvestasi pada sistem dan manusia, bukan hanya pemantauan

Data memiliki dampak yang lebih besar ketika terintegrasi lintas sektor dan dilembagakan dalam proses pemerintahan. Sistem yang memungkinkan mekanisme berbagi data yang efektif dan penguatan kapasitas internal secara berkelanjutan memastikan informasi digunakan secara konsisten untuk memandu pengambilan keputusan.

Mengaitkan data dengan kehidupan masyarakat untuk mendorong kebijakan yang bermakna:

Data kualitas udara paling bermanfaat saat mencerminkan pengaruh polusi terhadap kehidupan sehari-hari. Dengan mengintegrasikan bukti ini dengan data spasial, kota dapat menargetkan intervensi dengan lebih baik, memprioritaskan aksi, dan memfokuskan investasi pada area tertentu yang dapat menghasilkan dampak terbesar. Dengan menekankan pentingnya data pengalaman nyata dan menghubungkannya dengan temuan teknis, pemahaman dan dukungan bagi aksi udara bersih dapat terbangun.

Menempatkan data di tangan warga untuk memperkuat aksi

Dengan mendukung warga agar dapat mengakses dan menafsirkan data kualitas udara lokal, misalnya melalui platform data terbuka, kota dapat menumbuhkan kepercayaan publik dan membuka ruang bagi masyarakat untuk ikut mengawasi aksi udara bersih. Melalui inisiatif pemantauan yang dipimpin masyarakat, warga dapat terlibat sebagai mitra aktif dalam mengukur kualitas udara di lingkungannya. Pendekatan ini membantu kota memperluas cakupan pemantauan, memperkaya wawasan lokal, dan memberdayakan masyarakat sebagai advokat sekaligus penggerak aksi. Secara bersama-sama, langkah-langkah ini menjadikan data kualitas udara sebagai sumber daya bersama yang memberdayakan masyarakat dan mendukung aksi yang berakar pada konteks lokal.

Seiring berkembangnya tantangan polusi udara, cara kota merespons juga perlu ikut berkembang. Inovasi yang disoroti di sini memberikan fondasi yang dapat digunakan dan disesuaikan kota dengan konteksnya masing-masing. Tak kalah penting, percepatan pesat berbagai perangkat berbasis data ini memungkinkan pemerintah menutup kesenjangan kapasitas antarkota dengan lebih cepat daripada sebelumnya, sekaligus membuka manfaat kesehatan masyarakat yang langsung terasa dan signifikan. Dengan ambisi lingkungan yang kuat, komitmen berkelanjutan, dan kemampuan mengantisipasi realitas iklim yang terus berkembang, kota-kota di mana pun dapat memanfaatkan data sepenuhnya untuk mempercepat kemajuan menuju lingkungan perkotaan yang lebih sehat, lebih berkelanjutan, dan lebih inklusif.





Lampiran A

Toolkit kota

Menggunakan tabel ini sebagai panduan bagi tindakan pemerintah kota

Tabel ini dirancang sebagai alat refleksi praktis bagi para praktisi pengelolaan kualitas udara (AQM) di kota untuk mengevaluasi kapasitas mereka saat ini. Kota-kota dapat menggunakannya pada beberapa momen penting, termasuk saat menyusun atau memperbarui rencana pengelolaan kualitas udara (AQMP), sebelum meluncurkan lokasi pemantauan baru atau *campaign* komunikasi, atau selama tinjauan berkala terhadap kapasitas kelembagaan dan teknisnya. Pada setiap momen tersebut, kota-kota dapat berhenti sejenak untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam tabel, mempertimbangkan rekomendasi mana yang dapat diterapkan, dan mempelajari studi kasus yang disajikan sebagai sumber inspirasi.

Tujuannya adalah menggunakan pertanyaan-pertanyaan ini sebagai pemicu untuk memantik diskusi, mengidentifikasi celah, serta merencanakan target sementara dan langkah-langkah perbaikan. Dengan mengintegrasikan alat ini ke dalam siklus perencanaan rutin, kota-kota dapat mengambil keputusan yang didasarkan pada data, yang secara bertahap memperkuat sistem pengelolaan kualitas udara (AQM) mereka dan memaksimalkan manfaat kesehatan, ekonomi, dan lingkungan yang dapat diperoleh dari kualitas udara yang lebih baik.

Toolkit ini telah diperkenalkan dan diverifikasi pada bulan Mei 2026 dalam lokakarya Breathe Cities yang diselenggarakan di Mexico City, yang dihadiri oleh pejabat pemerintah kota dari 18 kota di seluruh dunia.





Area Inovasi 1

Pengumpulan data: Membangun gambaran kualitas udara yang komprehensif

Pertanyaan reflektif

Langkah berikutnya

Cara berinovasi untuk mempercepat kemajuan

Apakah cakupan pemantauan kita sudah memadai untuk memahami pola polusi?

- Sistem pemantauan apa saja yang sudah tersedia, bagaimana pendanaannya, dan seberapa sering data dikumpulkan?
- Apakah kita memiliki akses ke data hiperlokal, misalnya pada tingkat lingkungan dan jalan?



Memperluas pemantauan untuk menangkap variasi spasial dan titik polusi tinggi, sehingga kawasan dengan tingkat polusi tinggi dapat diidentifikasi dengan jelas untuk intervensi yang lebih terarah



Menggunakan LCS yang telah dikalibrasi secara lokal untuk mengisi celah, melakukan studi titik rawan jangka pendek (mis. memasang alat pemantau kualitas udara portabel selama 2–4 minggu), dan melengkapinya dengan data satelit atau penginderaan jauh

Apakah kita sudah menggunakan sumber data eksternal dan pelengkap secara efektif?

- Apakah kita menggunakan data nasional, akademik, atau satelit?
- Bagaimana data tersebut digunakan dalam perencanaan dan pengambilan keputusan?
- Jika ya, bagaimana kita mempertimbangkan kelebihan dan keterbatasan sumber data tersebut?



Mengintegrasikan berbagai sumber data ke dalam basis bukti yang dapat digunakan untuk menghasilkan wawasan yang dapat ditindaklanjuti dengan lebih cepat, bahkan dengan kapasitas internal yang terbatas



Memanfaatkan dataset eksternal dan kemitraan dengan universitas serta lembaga akademik setempat; menggabungkan berbagai sumber data secara pragmatis sambil tetap memahami keterbatasannya

Apakah kita memahami sumber polusi dan letak konsentrasinya?

- Bagaimana sumber emisi diidentifikasi dan dipetakan? Pada skala apa?



Menggunakan informasi sumber polusi untuk memprioritaskan intervensi, sehingga aksi dapat diarahkan pada sektor-sektor berdampak tinggi



Menyusun atau memperbarui inventarisasi emisi, lalu menumpangkannya dengan data pemantauan dan data titik polusi tinggi



Sumber panduan lebih lanjut



Opportunities and challenges for filling the air quality data gap in low- and middle-income countries

Artikel ini menjabarkan langkah-langkah praktis untuk memperluas pemantauan kualitas udara melalui aksi terkoordinasi antara pemerintah, perusahaan swasta, organisasi internasional, akademisi, dan masyarakat sipil. Artikel ini menekankan penggunaan teknologi baru, pendekatan yang sesuai konteks, dan penguatan kapasitas kelembagaan untuk memastikan kemajuan yang berkelanjutan.



United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) - An Introduction to Emissions Inventories

Materi lokakarya UNECE ini memberikan gambaran umum tentang inventarisasi emisi, mencakup faktor pendorong, persyaratan kebijakan di tingkat internasional dan nasional, metode, serta keluarannya.



Urban Emissions.Info – Primer on Source Apportionment

Panduan ini merangkum prinsip-prinsip studi atribusi sumber pencemar dan menguraikan tahapan dalam pendekatan top-down maupun bottom-up.



A framework for advancing independent air quality sensor measurements via transparent data generating process classification

Makalah ini menyajikan kerangka yang diusulkan untuk membedakan pengukuran sensor kualitas udara independen dari produk data yang telah diproses, sehingga dapat meningkatkan kejelasan, keandalan, dan penggunaan data berbasis sensor kualitas udara secara tepat.



Area Inovasi 2

Tata kelola data dan kolaborasi: Membuka potensi data melalui fondasi kelembagaan yang kuat

Pertanyaan reflektif

Langkah berikutnya

Cara berinovasi untuk mempercepat kemajuan

Apakah peran dan tanggung jawab dalam mengelola dan menggunakan data sudah jelas?

- Di dalam administrasi kota, departemen atau kantor mana yang bertanggung jawab atas pengumpulan, berbagi, koordinasi, dan penggunaan data?
- Apakah peran tersebut sudah didefinisikan dengan jelas?



Menetapkan pengaturan kelembagaan yang jelas untuk pengelolaan data, sehingga data dapat digunakan secara konsisten dalam perencanaan dan pengambilan keputusan



Menentukan peran yang jelas, menunjuk lembaga utama, dan menanamkan struktur koordinasi, misalnya kelompok kerja, untuk mendukung aksi seluruh unsur pemerintahan

Apakah kita memiliki sistem dan kapasitas kelembagaan untuk mengelola dan menggunakan data secara konsisten?

- Apakah ada sistem, rencana, dan sumber daya yang memandu bagaimana data dikelola, diintegrasikan, dan dipelihara?
- Apakah sistem tersebut mencakup kualitas, standar, dan akses?
- Sumber daya apa saja yang dialokasikan untuk penguatan kapasitas staf?



Memperkuat sistem data dan kapasitas internal untuk memastikan data dapat diandalkan, mudah diakses, dan digunakan secara rutin dalam pengambilan keputusan



Mengembangkan perangkat sederhana, menstandarkan proses, dan berinvestasi dalam pelatihan yang terarah agar penggunaan data tertanam dalam perencanaan rutin

Apakah data sudah dibagikan secara efektif lintas departemen dan sektor?

- Mekanisme dan/atau kesepakatan apa yang tersedia untuk berbagi dataset kualitas udara secara internal?
- Bagaimana dataset non-kualitas udara, misalnya data sosial-ekonomi, peta spasial masyarakat, dan data kesehatan, diintegrasikan?
- Apakah ada hambatan dalam mengakses atau menggunakan data kualitas udara dan data non-kualitas udara lintas tim?



Memungkinkan berbagi dan integrasi data lintas departemen untuk mendukung perancangan kebijakan lintas sektor yang terkoordinasi



Menyiapkan sistem berbagi data, seperti dasbor, pengaturan, standar bersama, dan alur kerja yang memungkinkan kolaborasi lintas sektor seperti kesehatan, transportasi, perencanaan kota, kesejahteraan, dan pembiayaan

Apakah kita berkoordinasi secara efektif dengan pemangku kepentingan nasional dan eksternal?

- Mekanisme apa yang tersedia untuk berbagi data dengan otoritas nasional atau regional?
- Sejauh mana upaya kota dan nasional sudah selaras?



Menyelaraskan data dan aksi dengan mitra nasional dan eksternal agar kebijakan udara bersih dapat berjalan lebih terkoordinasi dan ditingkatkan skalanya



Menetapkan kanal koordinasi formal, menyelaraskan dengan sistem nasional, dan memanfaatkan keahlian serta infrastruktur



Sumber panduan lebih lanjut



Urban Health Capacities Assessment and Response Resource Kit

Perangkat ini membantu tim multisektor mengevaluasi apakah suatu inisiatif dapat mencapai tujuannya dalam lingkungan perkotaan yang kompleks. Perangkat ini menyediakan kerangka terstruktur untuk mengevaluasi kapasitas utama di empat domain, yaitu pengambilan keputusan berbasis informasi, pemantauan, dan evaluasi; kebijakan, program, inovasi, dan perubahan; pengelolaan sumber daya; serta kemitraan, partisipasi, dan berbagi pengetahuan, pada tingkat individu, organisasi, dan sistem, disertai contoh nyata dari berbagai kota.



Mapping opportunities for training in air pollution and health for the health workforce

Panduan ini memetakan program pelatihan tentang polusi udara dan kesehatan bagi tenaga kesehatan, dengan menganalisis kekuatan dan kesenjangannya berdasarkan sembilan kriteria, seperti aksesibilitas, akreditasi, dan metode pengajaran. Melalui wawancara ahli, survei daring terhadap lebih dari 400 organisasi kesehatan, dan riset yang luas, laporan ini mengidentifikasi 18 program pelatihan.



Clean Air, Healthy Planet: A framework for integrating air quality management and climate action planning

Panduan ini menguraikan sembilan langkah bagi kota untuk menyelaraskan AQM dengan aksi iklim. Panduan ini menekankan pentingnya menetapkan visi dan strategi yang menjawab krisis iklim, polusi udara, dan kesehatan masyarakat secara bersamaan, dengan rekomendasi untuk mendorong sinergi, menghindari trade-off, dan menetapkan target pengurangan emisi untuk PM_{2.5} dan CO₂e.



Toward a healthier world: Connecting the dots between climate, air quality, and health

Berdasarkan riset terhadap 25 kota, laporan ini menunjukkan bagaimana kota dapat memanfaatkan bukti untuk menghubungkan iklim, kualitas udara, dan kesehatan, sehingga memperkuat dasar untuk bertindak. Laporan ini memperkenalkan perangkat dan metodologi yang memungkinkan kota mengukur berbagai manfaat dari inisiatif iklim.



Area Inovasi 3

Analisis, pemodelan, dan kajian dampak: Mengevaluasi bagaimana aksi berdampak pada masyarakat

Pertanyaan reflektif

Langkah berikutnya

Cara berinovasi untuk mempercepat kemajuan

Apakah kita mengintegrasikan berbagai jenis data untuk memprioritaskan, menargetkan, dan merancang intervensi kebijakan?

- Data kesehatan, sosial, demografis, dan ekonomiⁱⁱⁱ apa yang digunakan untuk memahami siapa yang paling terpapar dan terdampak oleh polusi udara?
- Bagaimana data kualitas udara, kesehatan, dan sosial-ekonomi digunakan untuk menentukan sektor atau aksi yang perlu diprioritaskan, serta bagaimana intervensi dirancang?



Memperluas penggunaan data di luar tingkat polusi untuk mengidentifikasi kawasan dan populasi berisiko tinggi, serta merancang intervensi yang terarah dan berpusat pada masyarakat



Menggabungkan data kualitas udara dengan dataset yang lebih luas, misalnya data populasi, kesehatan, dan spasial, menggunakan indikator yang tersedia dan bekerja lintas departemen

Apakah kita membangun dasar yang kuat untuk bertindak dan menilai apakah kebijakan benar-benar memberi manfaat bagi warga?

- Bagaimana departemen kita mengevaluasi efektivitas kebijakan dari waktu ke waktu?
- Bagaimana dampak dinilai dari sisi kesehatan, ekonomi, dan sosial, misalnya penciptaan lapangan kerja, mata pencaharian, dan aksesibilitas?



Mengukur berbagai manfaat, misalnya kualitas udara, kesehatan, penciptaan lapangan kerja, mata pencaharian, beban biaya, dan aksesibilitas, serta melacak hasilnya untuk memperkuat dasar bertindak



Menggunakan perangkat dan indikator yang tersedia untuk memperkirakan dampak, serta memasukkan evaluasi ke dalam desain kebijakan, misalnya melalui analisis sebelum dan sesudah

Apakah kita memiliki kapasitas untuk mempertahankan pengambilan keputusan berbasis data?

- Keterampilan teknis dan sumber daya apa yang tersedia untuk memodelkan dan mengevaluasi dampak kebijakan dari waktu ke waktu?



Membangun dan mempertahankan kapasitas analitis untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data secara berkelanjutan



Berinvestasi dalam pelatihan, perangkat, dan kemitraan, sambil terus memperkuat kapasitas internal dari waktu ke waktu

ⁱⁱⁱ Dapat mencakup usia penduduk, jenis kelamin dan identitas gender, pendapatan, status migrasi, daerah asal, identitas ras atau etnis, afiliasi agama, bahasa utama yang digunakan, tingkat pendidikan, status ketenagakerjaan, dan pekerjaan. Data tersebut juga dapat mencakup variabel tingkat wilayah seperti tingkat kemiskinan atau tingkat pengangguran.



Sumber panduan lebih lanjut

-  **WHO – Health impact assessment (HIA) methods**
Artikel web ini menjelaskan tahapan, metode, dan manfaat penerapan kajian dampak kesehatan atau HIA pada kebijakan, proyek, dan program, sehingga pertimbangan kesehatan dapat terintegrasi dalam pengambilan keputusan.
-  **AQMx - Air Quality Management Guidance**
Air Quality Management Exchange Platform (AQMx) menyediakan panduan terkurasi bagi pengelola kualitas udara dalam 8 bidang, termasuk kajian dampak kesehatan dan kajian dampak lingkungan.
-  **Air Quality through Urban Actions (AQUA) Tool**
AQUA adalah model Excel yang mudah digunakan untuk membantu kota dan pembuat kebijakan menilai manfaat kesehatan dan ekonomi dari pengurangan emisi. Dengan data tingkat nasional yang sudah tersedia dari sumber terpercaya seperti Bank Dunia dan Global Burden of Disease, AQUA sangat berguna bagi kota dengan data lokal yang masih terbatas. [AQUA Transport Module](#) merupakan ekstensi dari AQUA Tool. Modul ini dapat digunakan untuk menghitung emisi dari sektor transportasi secara cepat dan menganalisis perubahan emisi dari berbagai kebijakan transportasi.
-  **Clean Air Zones Toolbox**
Toolbox yang disusun dalam tiga bagian ini menyediakan panduan komprehensif untuk mendorong perubahan transformatif menuju kota berkembang, inklusif, dan sehat. Bagian 1 berisi panduan teknis tentang Kawasan Udara Bersih, termasuk rekomendasi tentang data yang perlu dikumpulkan kota untuk menunjukkan mengapa Kawasan Udara Bersih dibutuhkan dan untuk mengukur efektivitasnya.



Area Inovasi 4

Komunikasi dan pelibatan: Memberdayakan masyarakat melalui data



^{iv} Dapat mencakup usia penduduk, jenis kelamin dan identitas gender, pendapatan, status migrasi, daerah asal, identitas ras atau etnis, afiliasi agama, bahasa utama yang digunakan, tingkat pendidikan, status ketenagakerjaan, dan pekerjaan. Data tersebut juga dapat mencakup variabel tingkat wilayah seperti tingkat kemiskinan atau tingkat pengangguran.



Sumber panduan lebih lanjut

Air Quality Communications Toolkit

Toolkit ini berfungsi sebagai sumber daya komprehensif untuk membantu kota mengomunikasikan inisiatif dan kemajuan mereka dalam menangani tantangan kualitas udara. Dokumen ini membekali kota dengan perangkat praktis untuk melibatkan pemangku kepentingan, meningkatkan kesadaran, dan mendorong aksi bermakna menuju lingkungan yang lebih bersih dan sehat.

The Breathe London Blueprint

Panduan yang disusun berdasarkan inisiatif Breathe London ini menyediakan kerangka untuk menggunakan data kualitas udara hiperlokal dalam mendukung komunikasi kualitas udara di kota. Panduan ini menunjukkan bagaimana data beresolusi tinggi dari sensor berbiaya rendah dapat digunakan untuk membuat polusi udara lebih “terlihat” bagi publik melalui peta interaktif, sehingga warga dapat mengurangi paparan pribadi mereka.

Clean air action: applications of citizen science to identify and address air pollution emission sources

Makalah ini menyoroti bagaimana inisiatif sains warga mengeksplorasi sumber polusi udara, berdasarkan refleksi dari tinjauan literatur purposif terhadap 33 studi kasus. Makalah ini menawarkan wawasan tentang cara metodologi sains warga menangani sumber polusi, menguraikan hasil yang spesifik pada sumber polusi dalam kebijakan, praktik, dan perubahan perilaku, serta mengusulkan pendekatan ke depan untuk memperkuat sains partisipatif yang berfokus pada sumber polusi.

Inclusive Planning: Executive Guide

Panduan eksekutif ini menegaskan pentingnya aksi iklim inklusif dalam perencanaan kota. Panduan ini menguraikan prinsip dan rekomendasi kebijakan untuk memastikan keadilan dan konteks sosial-ekonomi menjadi bagian utama dari keputusan iklim, sekaligus menampilkan perangkat dan studi kasus yang dapat digunakan kota. Panduan ini disertai rangkaian perangkat dan sumber daya, termasuk modul terkait data berikut:

- [*Conducting a city needs assessment*](#)
- [*Identifying indicators for monitoring and evaluation*](#)

Lampiran B

Referensi



- 1 C40 Cities and Breathe Cities (2025). [Clean air, healthy and thriving communities: Opportunities for city leadership.](#)
- 2 Alexander, J. (2025). [How sensor data can help shape and impact school activities.](#) Breathe London.
- 3 Oladini, D. (2022). [“4 ways cities are using low-cost sensors to improve air quality.”](#) Clean Air Fund, 1 June.
- 4 Breathe Accra (n.d.). [Breathe Accra Project.](#)
- 5 Odoi, K., and Kleiman, G. (2021). [Strengthening air quality management in Accra, Ghana: Improved pollution management and reduced environmental health risk in Accra-Tema Metropolitan Area - Final report.](#) World Bank.
- 6 Thumbuntu, T. (2024). [“Addressing Bangkok’s Air Pollution Crisis: Efforts in Protecting Children Through Dust-Free Classrooms.”](#) AirGradient, 24 April.
- 7 Thailand Pollution Control Department (personal communication, 28 October 2025)
- 8 Regional Resource Centre for Asia and the Pacific (RRC.AP), [P10: Pollution Forecasting, Asian Institute of Technology](#), accessed March 19, 2026.
- 9 Tridech, S. (2024). Extracted from presentation “National Air Quality Reporting and Communication System: A Case Study for Forecasting System.” Roundtable Discussion of the ADB Asia Clean Blue Skies Program: Harmonizing Air Quality Management in the Mekong Subregion through Innovation and Communication, 7 May.
- 10 Clean Air Asia (2021). [“Quezon City on track to meet WHO Air Quality Guidelines by 2030.”](#) 22 April.
- 11 Kampala Capital City Authority (2024). [“KCCA staff trained on air quality management.”](#) 24 June.
- 12 United States Environmental Protection Agency (n.d.). [Megacities Partnership.](#)
- 13 United Nations Environment Programme (2025). [“Q&A: How Mexico City is tackling air pollution and protecting public health.”](#) 3 September.
- 14 Rojas-Bracho, L., et al. (2015). [Historical analysis of population health benefits associated with air quality in Mexico City during 1990 and 2014: Final report \(Phases I & II\).](#) Ciudad de Mexico.
- 15 Public Health England (2019). [Review of interventions to improve outdoor air quality and public health.](#)
- 16 De Bruyn, S. and De Vries, J. (2020). [Health costs of air pollution in European cities and the linkage with transport.](#) CE Delft.
- 17 Valentino, S. (2020). [“London the worst city in Europe for health costs from air pollution.”](#) The Guardian, 21 October.
- 18 Walton, H., et al. (2015). [Understanding the health impacts of air pollution in London.](#) King’s College London.
- 19 Fuller, G., et al. (2023). [Impacts of air pollution across the life course – evidence highlight note.](#) Imperial College London.

- 20 Brook, R., et al. (2023). [Greater London Authority air quality exposure and inequalities study. Part 1 - London analysis](#). Greater London Authority.
- 21 Rivas, I., et al. (2017). [Exposure to air pollutants during commuting in London: Are there inequalities among different socio-economic groups?](#) Environment International, 101. 143–157.
- 22 Fuller, G., et al. (2023). [In-vehicle exposure to traffic and road-generated pollution](#). Imperial College London.
- 23 Mayor of London (2015). [Health impacts of cars in London](#). Greater London Authority.
- 24 Yu, X. and Ma, J. (2025). [Mapping the distribution of pedestrian exposure to air pollution on urban road segments based on mobile monitoring and street view images](#). Applied Geography, 179: 103644.
- 25 Mayor of London. (2025). [London meets legal limits for toxic NO2 pollution for the first time – almost 200 years earlier than predicted – following the Mayor’s world leading air pollution policies](#). Greater London Authority.
- 26 Asian Institute of Technology (n.d.). [Emission Inventory in the Lower Mekong Subregion](#).
- 27 Clarke, R. (2022). [A political economy analysis of the rise of school streets in Europe and around the world](#). FIA Foundation.
- 28 Ville De Paris (2025). [Plus de 300 << rues aux écoles>> dans Paris](#). 10 September.
- 29 Ville De Paris (2024). [Rue aux écoles : moins de pollution, plus de vie et de - Mairie du 18^e](#). 26 November.
- 30 Respire (n.d.). [Bilan de mi-mandat du dispositif “Rue aux écoles” à Paris - La Rue est à Nous x Respire - Association Respire](#).
- 31 Hagerbaumer, C. (2023). [The importance of open data for improving air quality](#). Clean Air Catalyst.
- 32 Breathe London Communities (n.d.). [Community Programme](#).
- 33 Breathe London (2026). [The evolution of Breathe London](#).
- 34 West, S.E. et al. (2021). [Using a co-created transdisciplinary approach to explore the complexity of air pollution in informal settlements](#). Humanities and Social Sciences Communications, 8: 285.
- 35 Denver Department of Public Health & Environment. (n.d.). [Love My Air](#). City and County of Denver.
- 36 C40 Cities. (n.d.). [Sensing change: How cities are using new sensing technologies to achieve air quality goals](#). C40 Knowledge Hub.
- 37 Kaiser Permanente. (2025). [Denver unveils health clinic air monitors](#). Kaiser Permanente.
- 38 Breathe Cities (2025). [Polling report: residents’ thoughts and perceptions on air quality. Defining a Clean Air Zone for Johannesburg](#).
- 39 City of Johannesburg (2025). [“Joburg residents voice concerns over air quality.”](#) 26 June.
- 40 Breathe Cities (2025). [Polling report: residents’ thoughts and perceptions on air quality. Defining a Clean Air Zone for Johannesburg](#).
- 41 UrbanBetter (n.d.). [Cityzens Hub](#).
- 42 CurieuzenAir (2022). [“CurieuzenAir reveals a striking disparity in air pollution levels across Brussels.”](#) 18 March.
- 43 Institut Royal D’Aéronomie Spatiale De Belgique (2022). [Mesures de dioxyde d’azote à Bruxelles à partir d’un vélo](#).
- 44 Bruxelles Environnement (2024). [“La LEZ à Bruxelles agit sur la qualité de l’air.”](#) 17 December.
- 45 Breathe Cities (2025). [“Jakarta students reimagine a cleaner city with Minecraft.”](#) 7 October.