



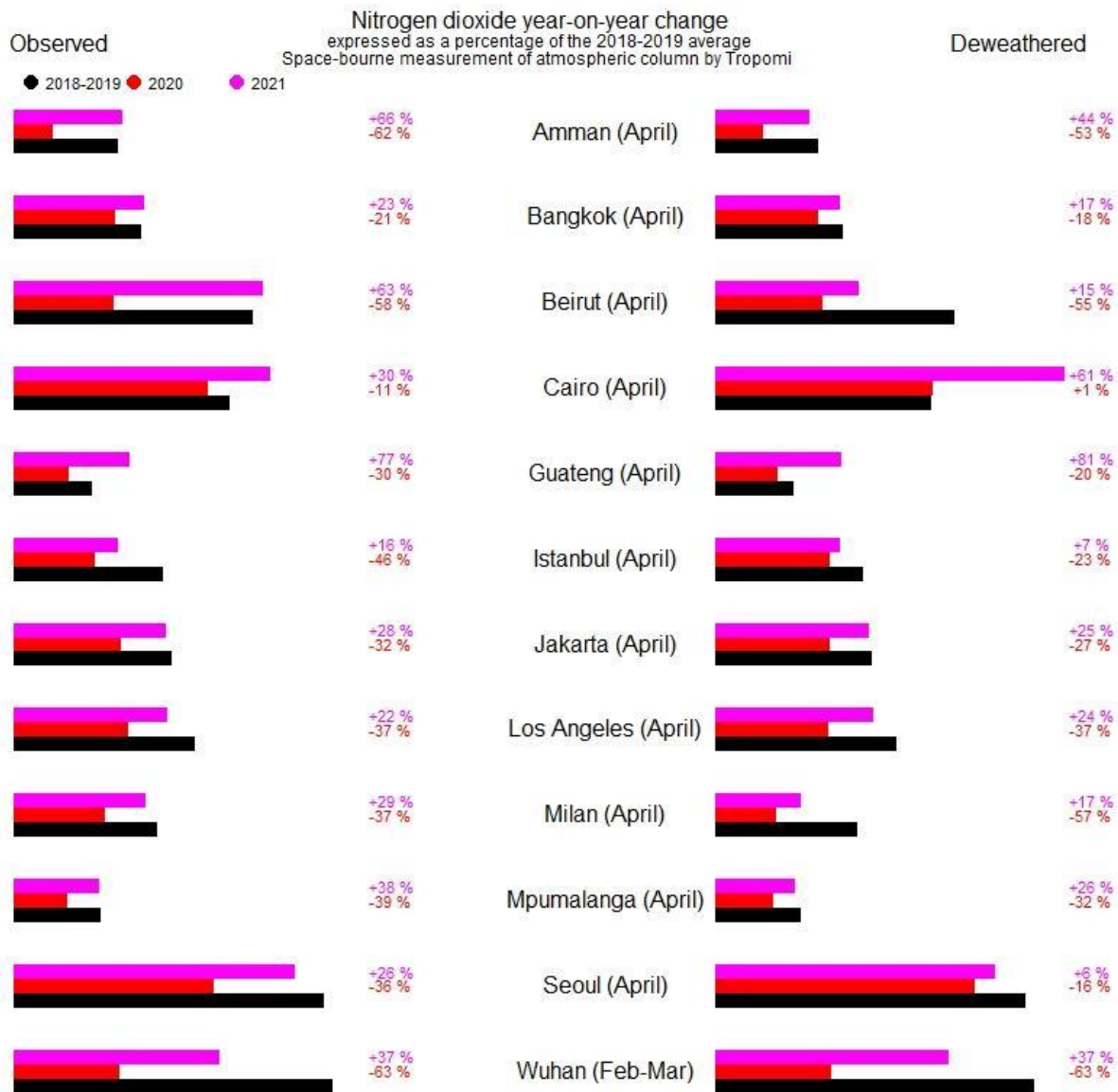
Ringkasan Eksekutif [Laporan](#)

# Satu Tahun Setelah Penguncian dan Pembatasan Massal Terkait Pandemi Covid-19, Data Satelit Memperlihatkan Polusi Udara Kembali ke Kondisi Asal

**Juni 2021**

## Temuan Kunci

- NO<sub>2</sub> (nitrogen dioksida) adalah polutan udara berbahaya yang dilepaskan saat bahan bakar dibakar, termasuk di kendaraan, pembangkit listrik, dan industri.
- Di banyak lokasi di seluruh dunia, polusi udara NO<sub>2</sub> **jauh lebih rendah pada paruh pertama tahun 2020** dibandingkan dengan periode yang sama tahun-tahun sebelumnya.
- Satu tahun setelah penguncian dan pembatasan awal Covid-19 mulai diterapkan, **polusi NO<sub>2</sub> kembali ke kondisi semula** di semua area yang diteliti. Hasil ini juga sudah memperhitungkan faktor cuaca.
- Mengakhiri penggunaan bahan bakar fosil sangat penting untuk mengurangi polusi udara NO<sub>2</sub> dan risiko kesehatan kita. Pemerintah harus mempercepat transisi ke energi terbarukan dan berinvestasi dalam pemulihan hijau, termasuk beralih ke energi angin dan matahari dan membangun kota yang ramah sepeda dan berorientasi transportasi nol emisi.



*Keterangan gambar:*

*Data mengenai perubahan nitrogen dioksida secara tahunan*

*Observed: Kota yang diteliti*

*Deweathered: data setelah proses pemodelan statistik dilakukan untuk menghilangkan efek cuaca dari pengukuran polusi udara*

# Pengantar

Kebijakan penguncian dan pembatasan sosial sebagai respons menekan penularan Covid-19 di awal pandemi, ternyata telah menurunkan konsentrasi polutan udara secara signifikan di banyak lokasi di seluruh dunia (Shi et al., 2021, Hu et al., 2021, Beloconi et al., 2021). Sejumlah penelitian telah menyarankan bahwa manfaat kesehatan yang signifikan dapat terwujud bila kondisi penurunan polusi udara ini terjadi dalam jangka panjang, meskipun kebijakan pembatasan gerak oleh pemerintah dilonggarkan (Myllyvirta dan Thieriot, 2020).

Dalam laporan ini, kami menyelidiki data polusi nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) dari pantauan di darat dan pengamatan lewat satelit. Analisis dilakukan dengan membandingkan kualitas udara sebelum terjadinya pandemi Covid-19 dengan pengukuran polusi pada sejumlah periode penguncian pandemi. Pengukuran terhadap partikel halus ( $\text{PM}_{2.5}$ ) juga dilakukan di lokasi-lokasi di mana data tersedia. Kondisi cuaca dapat menyembunyikan atau memperbesar pengaruh perubahan emisi terhadap kualitas udara; oleh karena itu teknik statistik digunakan untuk memperhitungkan pengaruh cuaca dalam periode waktu yang berbeda.

Pandemi terus memberikan dampak signifikan pada kesehatan masyarakat, ekonomi, dan gaya hidup pada tahun 2021. Terlepas dari ancaman dan gangguan yang terus berlanjut, aktivitas ekonomi telah pulih kembali di banyak lokasi, di mana sebagian besar terjadi karena bantuan pemerintah. Namun, **karena masih besarnya ketergantungan kita pada bahan bakar fosil, seperti batu bara, minyak dan gas, maka pulihnya aktivitas ekonomi kembali diikuti oleh peningkatan polusi udara di banyak kota.** Dampak kesehatan dari polusi udara terkait bahan bakar fosil sangat parah. Studi Greenpeace Asia Tenggara sebelumnya menemukan bahwa polusi udara dari pembakaran bahan bakar fosil – terutama batu bara, minyak, dan gas – bertanggung jawab atas sekitar 4,5 juta kematian setiap tahun di seluruh dunia (Farrow et al., 2020).

Untuk alasan ini, transisi ke sumber energi bersih seperti angin dan matahari serta mobilitas yang bersih dan berkelanjutan harus menjadi inti upaya pemulihan di seluruh dunia. Pemulihan dari pandemi tidak boleh mengambil risiko kembali ke tingkat polusi udara sebelumnya.

## Metode

Kami menganalisis pengamatan satelit dari polutan udara nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ), dan dilengkapi dengan pengukuran  $\text{NO}_2$  di darat, serta partikel halus ( $\text{PM}_{2.5}$ ) di lokasi-lokasi di mana data tersedia.

### Data Satelit

Pengamatan satelit  $\text{NO}_2$  yang termasuk dalam penelitian ini, diambil oleh sensor Tropomi pada satelit Sentinel-5P (Copernicus, 2018). Berbeda dengan sensor berbasis darat, Tropomi tidak mengukur konsentrasi dekat permukaan, melainkan jumlah kolom atmosfer, yaitu jumlah  $\text{NO}_2$  di seluruh ketebalan atmosfer yang lebih rendah (permukaan hingga sekitar 10 kilometer di atas tanah). Ini merupakan proksi yang masuk akal untuk polusi udara dekat permukaan, tetapi pengamatan satelit saja tidak memungkinkan kita untuk menentukan konsentrasi polusi yang dekat dengan tanah. Sebagai informasi, Tropomi telah beroperasi sejak Februari 2018.

### Data Stasiun Bumi

Jika tersedia, data stasiun bumi untuk area yang dipilih telah dikumpulkan oleh *Center for Energy and Clean Air* (CREA). Data stasiun bumi termasuk Istanbul, Los Angeles, Milan dan Wuhan, dan telah diambil dari penyedia data berikut: Kementerian Lingkungan dan Perkotaan Republik Turki, Open AQ (<https://openaq.org>), dan Kementerian Ekologi dan Lingkungan Republik Rakyat Tiongkok. Jika memungkinkan, data disertakan dari 1 Des 2016 hingga 20 Mei 2021, menggunakan data paling awal yang tersedia, bila pengukuran tidak tersedia untuk periode penuh. Rata-rata diambil di semua titik pengamatan dalam area yang dipilih untuk memberikan nilai rata-rata harian tunggal.

## Pengaruh Cuaca

Polusi udara sangat sensitif terhadap kondisi cuaca. Oleh karena itu, data dirata-ratakan ke data bulanan atau dua bulanan, dan dibandingkan dengan periode yang sama di tahun yang berbeda. Namun, rata-rata temporal hanya dapat menghilangkan sebagian dari pengaruh variasi cuaca. Untuk menilai apakah perubahan polusi udara disebabkan oleh cuaca atau perubahan emisi, proses pemodelan statistik dilakukan untuk menghilangkan efek cuaca dari pengukuran polusi udara. Kami menyebut proses ini sebagai 'deweathering' dan data yang dihasilkannya sebagai data 'deweathered'. Proses analisa mengeluarkan faktor cuaca ini dilakukan bekerja sama dengan *Center for Energy and Clean Air* (CREA) yang menerapkan pendekatan 'kontrafaktual' yang dijelaskan dalam Thieriot (2021). Pengamatan berkala dilakukan terhadap suhu udara, tekanan udara, arah angin, kecepatan angin, curah hujan, kelembaban relatif dan ketinggian lapisan batas atmosfer.

Ketinggian lapisan batas atmosfer diambil dari Sistem Prakiraan Iklim NCEP (Saha et al. 2020, 2014) dan semua variabel meteorologi lainnya diambil dari NOAA Integrated Surface Dataset (NOAA National Centers for Environmental Information, 2001). Dalam hal data satelit, pengukuran Tropomi harian dirata-ratakan baik pada domain administratif lokasi atau lingkaran di sekitar tempat yang diinginkan, dan data terukur dari 2018 dan 2019 digunakan untuk menyusun model statistik. Dalam hal data stasiun bumi, model dibangun menggunakan pengamatan dari 2016 hingga 2019, atau data paling awal yang tersedia bila pengukuran tidak tersedia untuk periode penuh. Kinerja model *deweathering* tidak sama di semua lokasi. Keyakinan pada hasil *deweathering* berkurang jika terdapat korelasi ( $r$ ) yang buruk atau Indeks Kesepakatan yang rendah (Willmott, Robeson, dan Matsuura 2011) antara prediksi model dan pengamatan.

## Pembatasan Covid-19

Pembatasan pemerintah selama pandemi Covid-19 yang berujung pada penurunan konsentrasi pencemar udara bersifat kompleks. *Oxford Covid-19 Government Response Tracker* telah melaporkan *indeks keketatan* harian yang menjelaskan pembatasan saat ini untuk setiap negara sejak Januari 2020 (Hale et al 2021). Indeks tersebut memberikan indikasi yang berguna tentang pembatasan pemerintah dan disajikan bersama data polusi dalam beberapa gambar di bawah ini. Indeks memiliki nilai dari 1 (beberapa pembatasan terkait Covid) hingga 100 (pembatasan maksimal). Pelacak ini hanya tersedia di tingkat negara dan tidak membedakan antara pembatasan yang mungkin berdampak kecil pada emisi polutan udara dan pembatasan yang dampaknya bisa signifikan.

## Perbandingan antartahun

Kami menyajikan data rata-rata bulanan dan melaporkan perubahan polusi selama 2020 dan 2021 relatif terhadap kondisi dasar pra-pandemi. Sebagian besar analisis difokuskan pada bulan April yang merupakan bulan pertama selama tahun 2020 ketika Government Response Tracker menunjukkan pembatasan pergerakan masyarakat yang signifikan diterapkan di semua lokasi yang disertakan. Dalam analisis ini,

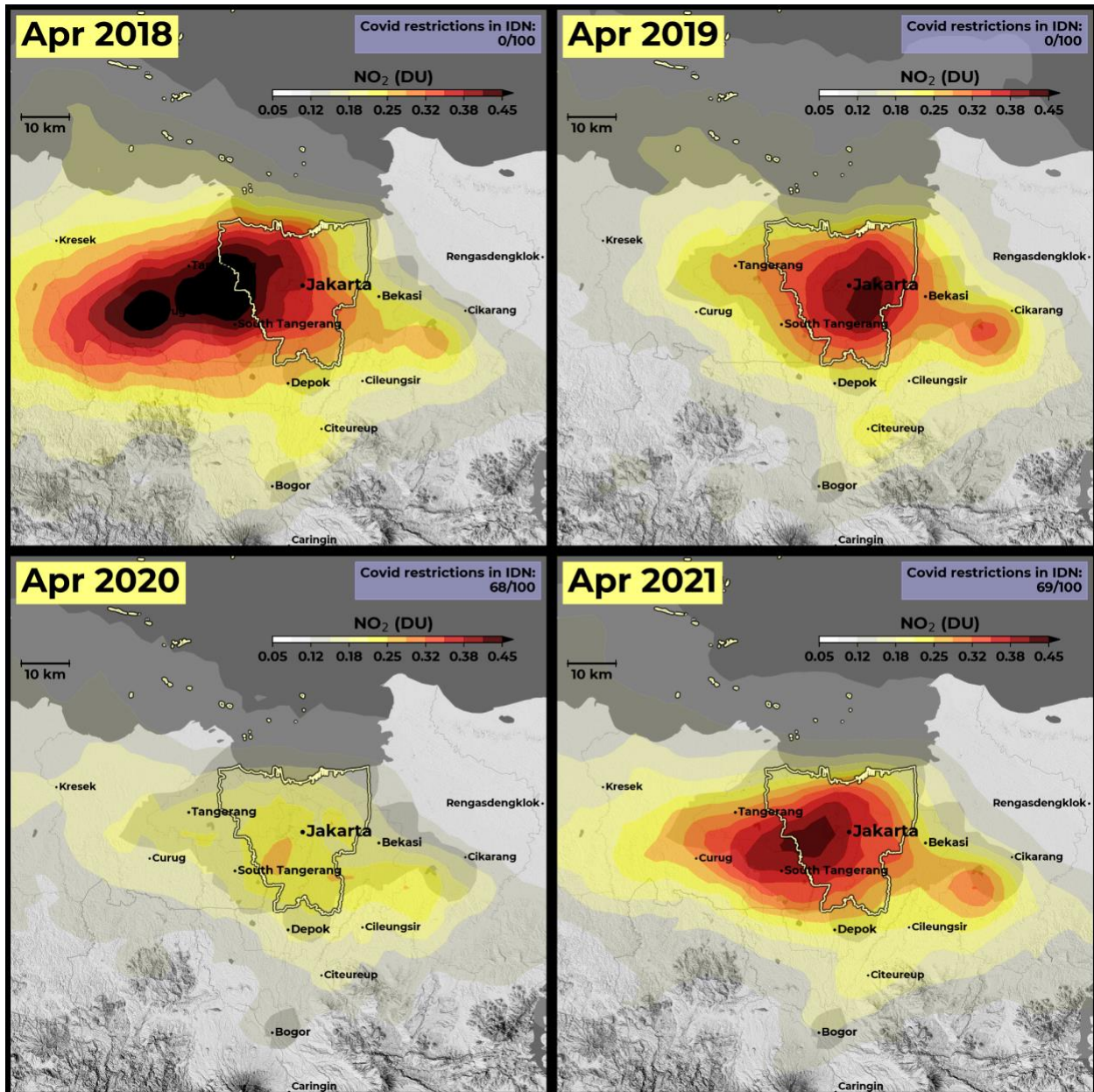
*baseline* pra-pandemi didefinisikan sebagai rata-rata bulanan April 2018 dan 2019. Serangkaian data rata-rata bulanan selama tahun 2020 dan 2021 juga disediakan untuk setiap lokasi. Hasil analisis *deweathering* disajikan sebagai anomali terhadap *baseline* pra-pandemi.

## Ringkasan laporan

- Konsisten dengan temuan penelitian sebelumnya, di banyak lokasi di seluruh dunia kami menemukan bahwa **polusi udara NO<sub>2</sub> jauh lebih rendah pada paruh pertama tahun 2020** dibandingkan dengan periode yang sama tahun-tahun sebelumnya.
- Satu tahun setelah penguncian dan pembatasan sosial awal Covid-19 berlaku, **polusi NO<sub>2</sub> telah pulih kembali di semua area yang diteliti**, bahkan setelah kondisi cuaca diperhitungkan.
- Polusi udara tidak sepenuhnya kembali ke tingkat pra-Covid di sebagian besar wilayah yang diteliti, karena banyak kota yang masih memberlakukan kebijakan pembatasan aktivitas.
- Hasil analisis koreksi cuaca mengkonfirmasi bahwa penurunan polusi NO<sub>2</sub> pada tahun 2020 dan peningkatan kembali pada tahun 2021, terjadi utamanya karena perubahan emisi, sementara pengaruh cuaca hanya menjadi faktor sekunder di sebagian besar tempat.
- Provinsi Gauteng, di Afrika Selatan, yang merupakan wilayah di mana Johannesburg berada, mengalami peningkatan paling dramatis dibandingkan dengan kondisi sebelum Covid. Pengamatan satelit mengungkapkan polusi NO<sub>2</sub> turun sekitar 20% pada April 2020, tetapi polusi selama periode yang sama pada 2021 telah pulih ke nilai yang melebihi tingkat pra-pandemi sekitar 47% (atau meningkat 77% dari 2020).
- Meskipun polusi udara mengalami penurunan yang signifikan pada awal tahun 2020, **konsentrasi NO<sub>2</sub> di sejumlah kota, termasuk Bangkok dan Jakarta, telah kembali ke tingkat sebelum Covid-19** satu tahun setelah penguncian awal.
- Meskipun semua kota mengalami peningkatan polusi NO<sub>2</sub> pada April 2021, di beberapa kota, termasuk Los Angeles dan Wuhan, polusi NO<sub>2</sub> tetap di bawah tingkat sebelum Covid-19.

## Jakarta (Indonesia)

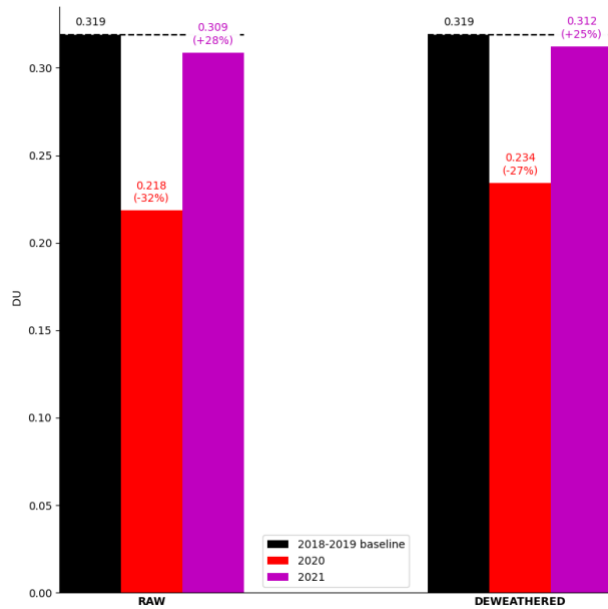
Di Jakarta, **polusi udara NO<sub>2</sub> turun sekitar 30% pada April 2020**, dibandingkan rata-rata pada tahun-tahun sebelumnya. Pada April 2021, jumlah kolom NO<sub>2</sub> telah pulih. Model yang digunakan untuk memperhitungkan efek cuaca tidak berkinerja baik di Jakarta seperti di beberapa kota lain. Artinya, hasil proses *deweathering* di Jakarta kurang pasti. Data *deweathered* sesuai dengan data yang diamati, secara hati-hati menunjukkan bahwa perubahan tingkat polusi memang didorong oleh perubahan emisi.



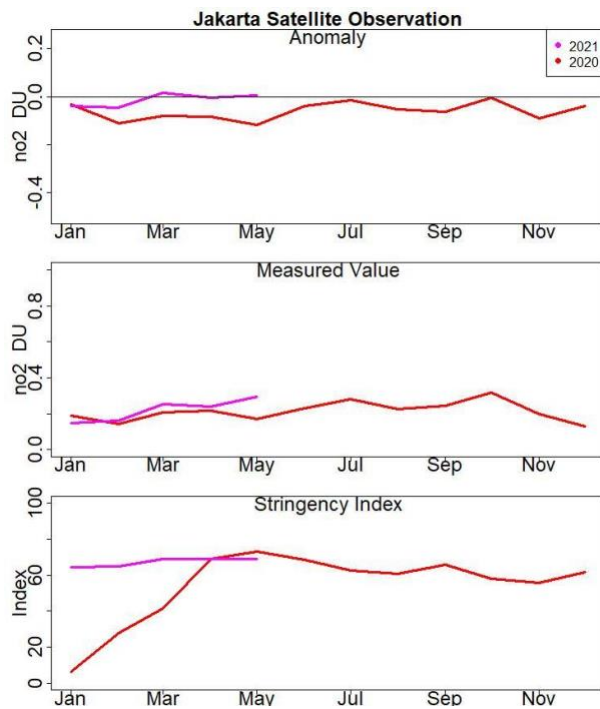
**Peta:** Jumlah kolom  $\text{NO}_2$  pada April 2018 hingga 2021 di sekitar Jakarta. Poligon tersebut menandai Daerah Khusus Ibukota Jakarta.

Data peta: © GADM 3.6, SRTM1, Bagan Digital Dunia, cities15000, kontributor OpenStreetMap dan wikipedia.

Lihat Informasi Peta untuk detailnya.



**Diagram batang:** Jumlah kolom April  $\text{NO}_2$  di SCR Jakarta. Kiri: data mentah. Kanan: Jumlah kolom  $\text{NO}_2$  setelah menghilangkan efek cuaca.



**Bagan garis:** Jumlah kolom  $\text{NO}_2$  rata-rata bulanan berdasarkan pengamatan satelit untuk wilayah Jakarta yang ditentukan dalam peta di atas (tengah), dibandingkan dengan data Stringency Index dari Oxford Covid-19 Government Response Tracker (bawah) dan anomali antara jumlah kolom  $\text{NO}_2$  yang sudah dikeluarkan faktor cuacanya (deweathered) sebelum pandemi dan selama tahun 2020 (merah) dan 2021 (biru).

\*\*\*