

GREENPEACE

Pengukuran Satelit
Mengungkapkan,
Polusi Udara
Beracun NO₂
di Sejumlah Kota
Besar di Indonesia
Meningkat
pada Tahun 2021

OKTOBER 2021

Penulis:

Andreas Anhäuser dan Aidan Farrow

Kontributor:

Erin Newport dan Minwoo Son (Greenpeace East Asia)

Desain:

Lauren Austin

Diterbitkan oleh:

Greenpeace Indonesia

Penulisan kutipan yang disarankan:

Anhäuser, A., Farrow, A. Pengukuran Satelit Mengungkapkan, Polusi Udara Beracun NO₂ di Sejumlah Kota Besar di Indonesia Meningkat Pada Tahun 2021, Oktober 2021.

Daftar Isi

Latar belakang	3
Metode	4
Data Satelit	4
Kebijakan Pembatasan Sosial terkait Covid-19	4
Perbandingan Antartahun	5
Ringkasan Hasil Pengamatan	6
Pengamatan Berdasarkan Lokasi	7
Jakarta, PLTU Cilegon PTIP dan PLTU Suralaya	8
Bandung	10
Surabaya	12
Medan	14
Semarang	16
Kesimpulan	18
Informasi Peta	20
Referensi	21

Latar Belakang

Respons awal pandemi Covid-19 yakni menurunnya konsentrasi polutan udara secara signifikan di banyak lokasi di seluruh dunia (Shi et al., 2021, Hu et al., 2021, Beloconi et al., 2021). Sebuah penelitian menunjukkan bahwa manfaat kesehatan yang signifikan dapat terwujud, jika kondisi penurunan polusi udara ini bisa tetap berlangsung dalam jangka panjang, setelah pembatasan sosial oleh pemerintah dilonggarkan (Myllyvirta dan Thieriot, 2020).

Dalam laporan ini, kami menelaah data pencemaran nitrogen dioksida (NO₂) melalui pengamatan satelit di tujuh lokasi di Indonesia.

Meskipun ada disrupsi besar pada mobilitas masyarakat selama penyebaran Covid-19, aktivitas ekonomi terus berlanjut atau pulih dengan cepat setelah sebelumnya mengalami penurunan di banyak wilayah. Karena ketergantungan kita pada bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak dan gas selama pandemi tidak banyak berubah, aktivitas ekonomi kita masih sangat terkait dengan emisi polutan udara yang berbahaya, seperti NO₂, di banyak kota.

Polusi udara yang bersumber dari bahan bakar fosil memberikan dampak sangat buruk bagi kesehatan masyarakat. 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). Laporan Air Quality of Life Index 2021 menemukan, rata-rata penduduk Jakarta kehilangan hampir enam tahun dari usia harapan hidup mereka karena paparan kronis dari polusi PM_{2,5}, polutan lain yang dapat dikaitkan erat dengan aktivitas manusia (Lee dan Greenstone, 2021). Di Bandung, tingkat polusi PM_{2,5} bahkan lebih parah, di mana rata-rata penduduk

kehilangan hampir tujuh tahun dari usia harapan hidup akibat PM_{2,5}. Paparan polusi udara NO₂ juga terkait dengan risiko kematian dini yang lebih tinggi (Faustini et al., 2014) dan penelitian baru menunjukkan bahwa hal itu juga terkait dengan risiko penyakit kejiwaan, seperti skizofrenia dan depresi (Newbury et al., 2021); dampak negatif polusi udara terhadap kesehatan mental telah ditemukan untuk PM_{2,5} (Braithwaite et al., 2019).

Selama kita terus bergantung pada penggunaan bahan bakar fosil, seperti batu bara, minyak dan gas, kita akan membayarnya dengan pengurangan umur kita secara substansial. Prof. Michael Greenstone, salah satu penulis laporan *Air Quality of Life Index 2021*, menyatakan bahwa:

“Jika biaya [kesehatan] ini dimasukkan ke dalam harga, batu bara akan menjadi tidak kompetitif di hampir semua belahan dunia.”

- Prof Michael Greenstone (*The Guardian*, 2021)

Untuk alasan ini, transisi ke sumber energi bersih seperti angin dan matahari bersama dengan mobilitas bersih dan berkelanjutan harus menjadi pusat upaya pemulihan di Indonesia dan seluruh dunia. Pemulihan pandemi Covid-19 tidak boleh mengorbankan kualitas udara yang kita hirup. Pandemi mendorong terciptanya momentum untuk mendekarbonisasi sektor energi. Sumber energi alternatif yang bersih dan murah sudah tersedia, seperti listrik dari pembangkit listrik tenaga angin atau surya.

Metode

Kami menganalisis pengamatan satelit terhadap polusi udara nitrogen dioksida (NO_2) di tujuh lokasi di Indonesia: Jakarta, sekitar PLTU Cilegon PTIP (PT Indorama Petrochemicals), PLTU Suralaya, Bandung, Surabaya, Medan dan Semarang.

Data Satelit

Pengamatan satelit NO_2 dalam penelitian ini diambil melalui sensor Tropomi pada satelit Sentinel-5P (Copernicus, 2018). Berbeda dengan sensor berbasis darat, Tropomi tidak mengukur konsentrasi polusi dekat permukaan bumi, melainkan jumlah kolom atmosfer, seperti jumlah NO_2 di seluruh ketebalan pada lapisan atmosfer bagian bawah (permukaan hingga kira-kira 10 kilometer di atas tanah). Meskipun pengamatan satelit saja tidak memungkinkan kita untuk menentukan konsentrasi polusi yang sebenarnya dekat dengan tanah, pengukuran ini adalah proxy yang masuk akal untuk polusi udara dekat permukaan. Perubahan relatif dalam jumlah kolom atmosfer (jumlah yang diukur oleh satelit) kemungkinan sesuai dengan perubahan serupa dalam konsentrasi dekat-permukaan; terutama ketika melihat rata-rata selama periode waktu yang lebih panjang. Polusi udara sangat sensitif terhadap kondisi cuaca. Oleh karena itu, data diolah ke rata-rata tiga bulan dan dibandingkan dengan periode yang setara di tahun kalender yang berbeda. Sebagai informasi, Tropomi telah beroperasi sejak Februari 2018.

Kebijakan Pembatasan Sosial terkait Covid-19

Seperti kebanyakan negara di dunia, Indonesia pun terkena dampak pandemi Covid-19 yang masih berlangsung sampai saat ini.

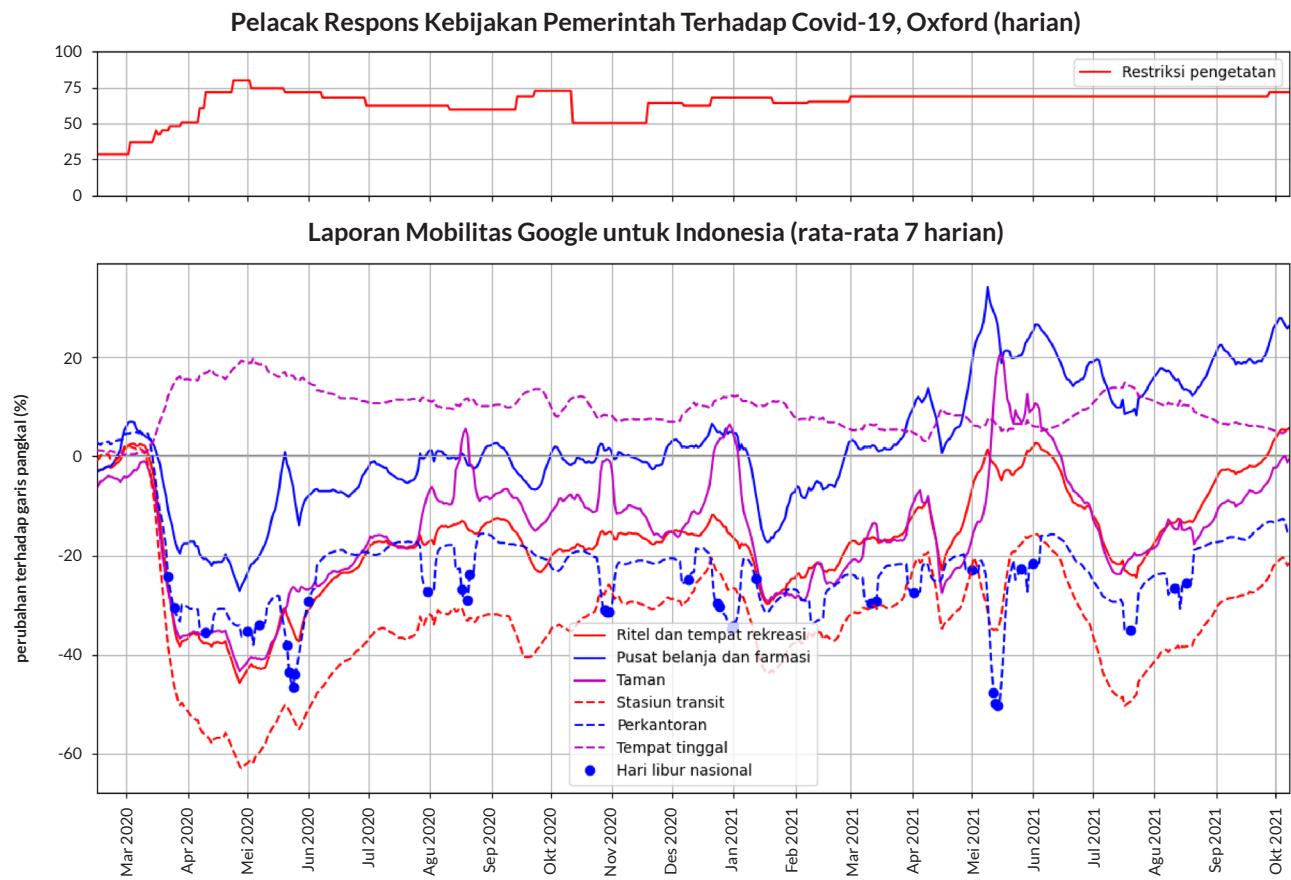
Di Indonesia, pembatasan sosial pertama terhadap pergerakan masyarakat diberlakukan oleh pemerintah pada Maret 2020 dan mencapai tingkat yang parah pada April 2020. Gambar 1 menunjukkan indeks

keketatan Government Response Tracker Oxford Covid-19 (Hale et al., 2021), yang merupakan ukuran keparahan pembatasan pergerakan. Indeks berjalan antara 0 dan 100 dengan nilai yang lebih rendah menunjukkan pembatasan yang lebih sedikit. Di Indonesia, indeks mencapai nilai 50 pada April 2020 dan terus berada di level tinggi hingga sekitar akhir Juni 2020.

Periode pembatasan sosial ini awalnya memiliki efek yang jelas pada perilaku masyarakat. Gambar 1 menunjukkan laporan mobilitas Google untuk Indonesia yang mengukur kehadiran orang di berbagai kategori tempat. Di tempat-tempat yang diklasifikasikan sebagai stasiun transit, tempat kerja, ritel dan rekreasi, taman dan tempat belanja dan apotek oleh Google, volume berkunjung menurun dari rentang 20% (tempat belanja dan apotek) hingga 60% (stasiun transit) pada April 2020 dan terus rendah hingga sekitar Juni 2020. Selama periode yang sama, keberadaan masyarakat di tempat tinggal meningkat sebesar 20%.

Menariknya, selama periode-periode berikutnya yang mendapat skor tinggi pada indeks keketatan Oxford (menunjukkan pembatasan ketat), seperti akhir September 2020, pengaruhnya terhadap perilaku orang, jauh lebih sedikit jika terlihat. Analisis fenomena ini tidak termasuk di dalam ruang lingkup laporan.

Dalam studi kali ini, kami membandingkan periode April hingga Juni 2020 dengan periode yang sama di tahun-tahun sebelumnya dan tahun-tahun berikutnya untuk menangkap efek pembatasan sosial pertama di Indonesia. Seperti terlihat pada Gambar 12, di lima kota yang diteliti, penurunan aktivitas di tempat kerja dan penurunan mobilitas disertai dengan peningkatan kualitas udara pada April-Juni 2020 dibandingkan periode yang sama pada tahun-tahun sebelumnya dan tahun-tahun berikutnya. Sebaliknya, hal ini tidak terjadi di sekitar dua pembangkit listrik tenaga batu bara (PLTU) yang kami pelajari. Hal ini menunjukkan bahwa polusi udara di lokasi tersebut terutama disebabkan oleh pembangkit listrik yang terus beroperasi selama kebijakan pembatasan sosial berlangsung.



Gambar 1: Atas: Indeks keketatan Government Response Tracker Oxford Covid-19 untuk Indonesia (Hale et al., 2021).

Bawah: Aktivitas di berbagai sektor kehidupan masyarakat di Indonesia menurut Google Mobility Reports (2021).

Rata-rata berjalan 7 hari diterapkan pada data mentah. Durasi jangka pendek minimal di tempat kerja dan stasiun transit sesuai dengan maksimal di taman dan dapat dijelaskan dengan hari libur nasional (titik biru).¹

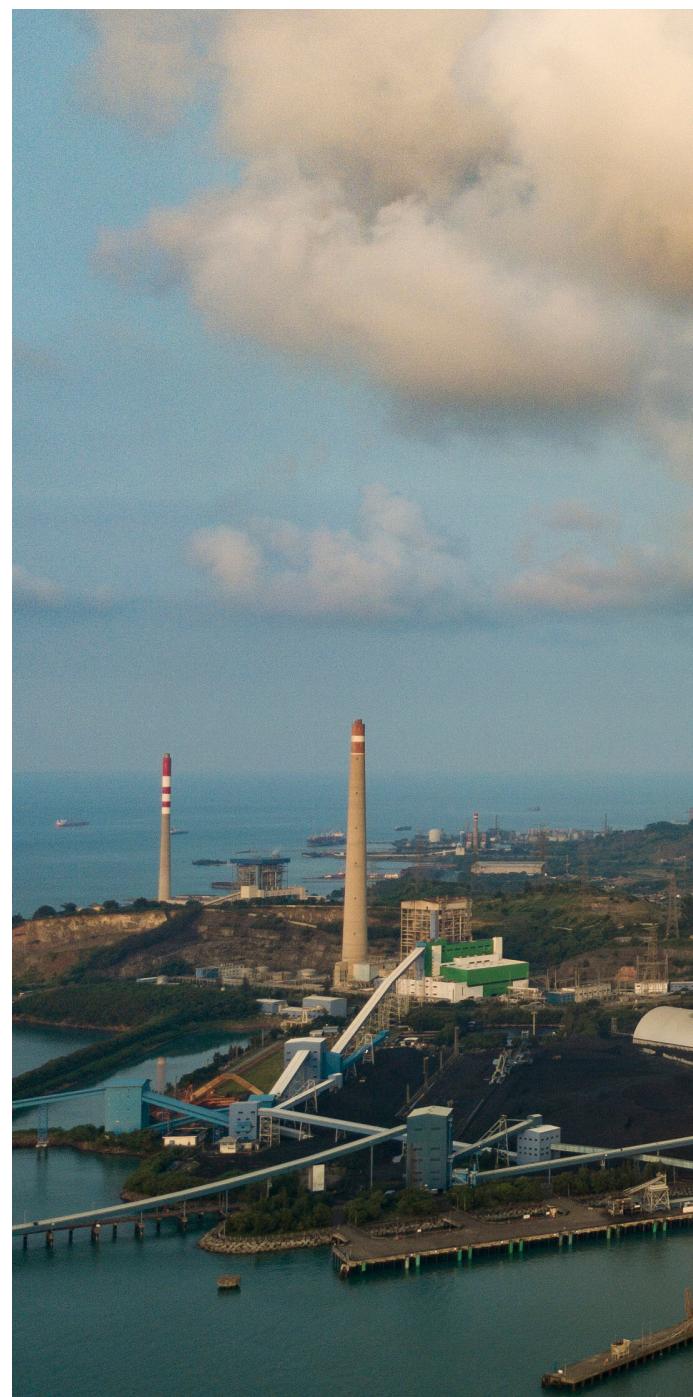
Perbandingan Antartahun

Kami menyajikan data rata-rata sementara dan perubahan tahunan relatif terhadap periode yang sama di tahun sebelumnya.

1 Libur nasional Indonesia dicari di <https://www.officeholidays.com/countries/indonesia/2020> dan <https://www.officeholidays.com/countries/indonesia/2021> diakses pada 14-07-2021.

Ringkasan Hasil Pengamatan

- Pada April-Juni 2020, jumlah kolom atmosfer NO₂ menurun dibandingkan tahun sebelumnya di 5 kota di Indonesia yang diteliti: **Jakarta -35%, Bandung -20%, Surabaya -11%, Medan -26%, Semarang -24%**.
- Sebaliknya, kadar NO₂ di sekitar PLTU Cilegon PTIP meningkat sebesar 9% pada periode yang sama. Sedangkan level NO₂ di sekitar PLTU Suralaya lebih rendah 12% di 2020 dibandingkan tahun 2019, akan tetapi kadarnya masih di atas kadar 2018. Kadar polusi udara NO₂ di sekitar dua pembangkit listrik saling melengkapi, maksudnya ketika level polusi dari satu PLTU rendah, maka polusi dari PLTU lainnya tinggi.
- Selama April-Juni 2021, jumlah kolom atmosfer NO₂ meningkat di semua lokasi ini dibandingkan tahun 2020: **Jakarta +54%, Bandung +34%, Surabaya +20%, Medan +9%, Semarang +31%, PLTU Cilegon PTIP +31%, dan PLTU Suralaya +39%**.



**PLTU di Suralaya,
Indonesia**
© Kasan Kurdi /
Greenpeace

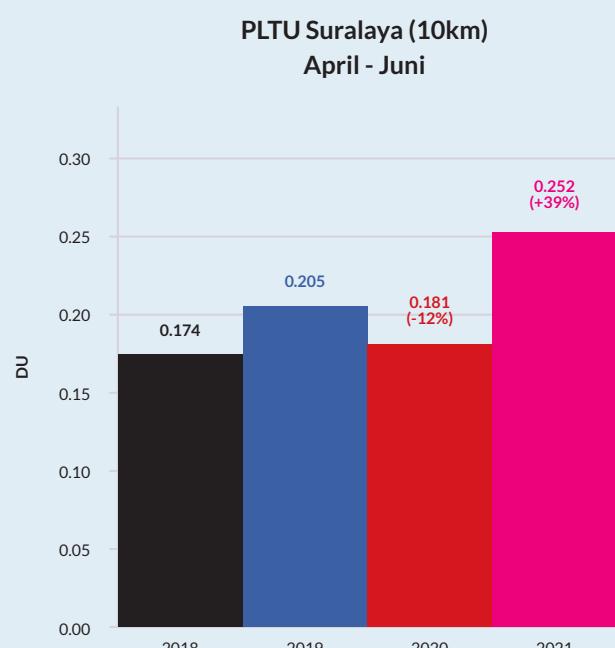
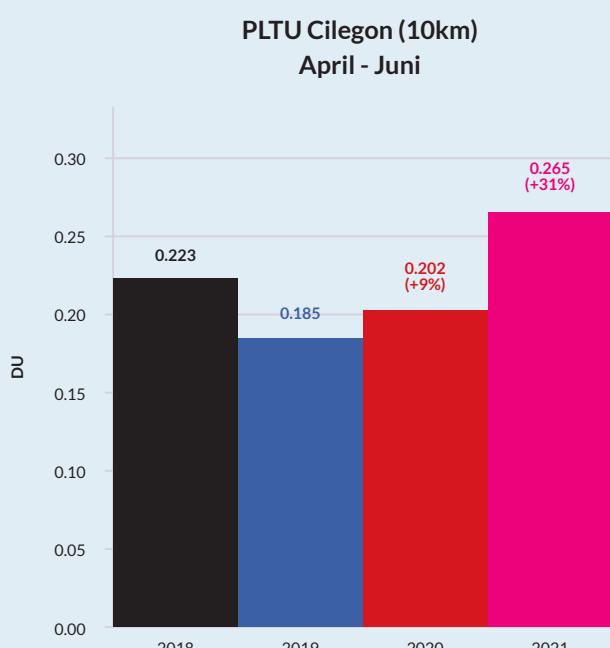
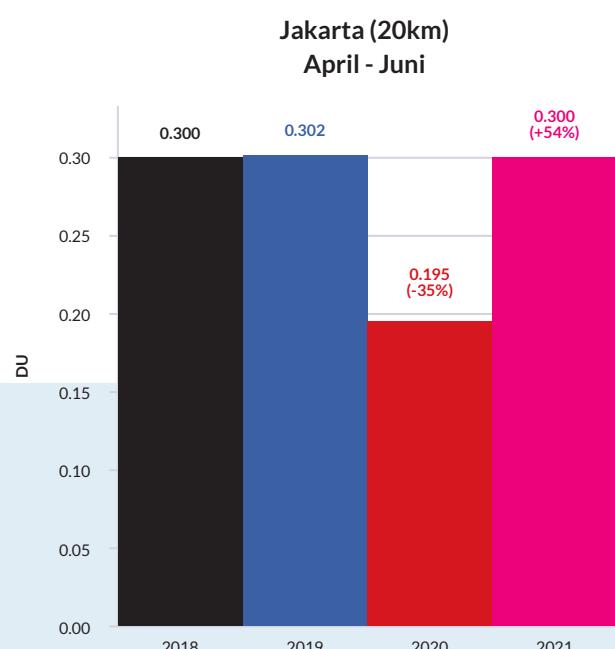
Pengamatan Berdasarkan Lokasi



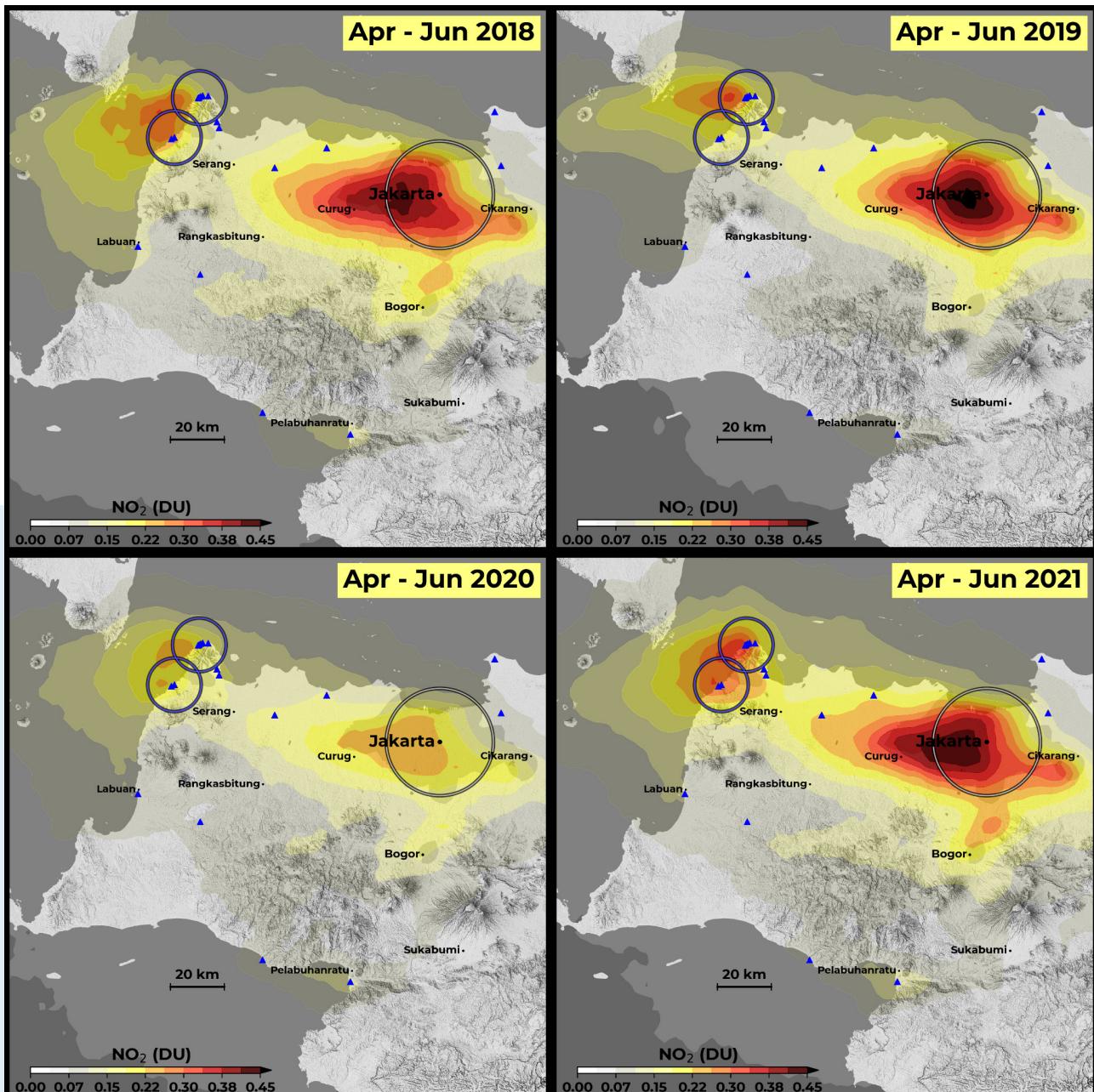
Jakarta, PLTU Cilegon PTIP dan PLTU Suralaya

Di Jakarta, jumlah kolom atmosfer NO_2 sepanjang April-Juni turun sebanyak 35% dari 2019 hingga 2020, dan pulih kembali mendekati level sebelum pandemi pada 2021. Sebaliknya, jumlah kolom atmosfer NO_2 pada April-Juni di area sekitar PLTU Cilegon PTIP tidak mengalami penurunan pada tahun 2020, dan meningkat sebesar 31% pada tahun 2021.

Lewat pengamatan satelit ditemukan bahwa polusi NO_2 di sekitar PLTU Suralaya turun sedikit pada tahun 2020 dibandingkan dengan tahun sebelumnya, tetapi kemudian mengalami peningkatan besar pada tahun 2021. Pada tahun 2021, polusi NO_2 di sekitar kedua pembangkit listrik telah meningkat secara signifikan dibandingkan periode yang sama tahun 2018, 2019 dan 2020. Hal ini menunjukkan bahwa permintaan energi di kedua pembangkit lebih tinggi pada tahun 2021, dengan konsekuensi emisi polutan udara juga meningkat (Gambar 2 & 3).



Gambar 2: Jumlah kolom atmosfer NO_2 pada April-Juni dalam radius 20 kilometer di sekitar Jakarta (atas) dan radius 10 kilometer di sekitar PLTU Cilegon PTIP dan PLTU Suralaya (kiri dan kanan). Sumber data: Tropomi.

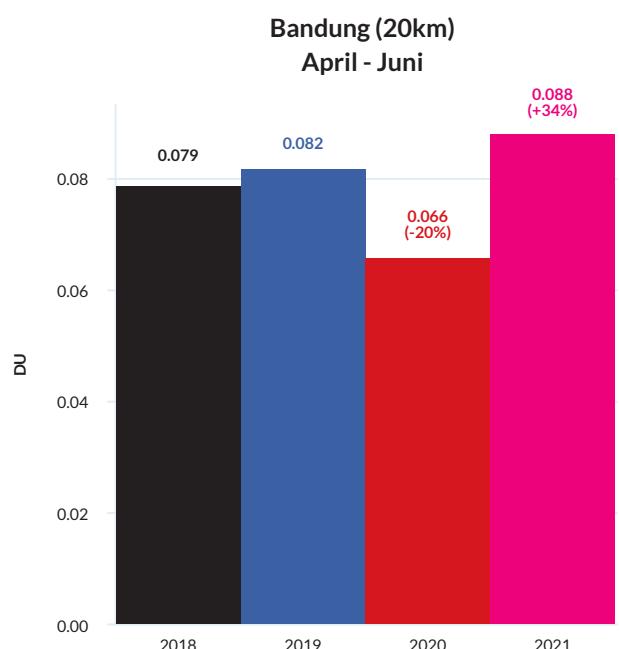


Gambar 3: Jumlah kolom atmosfer NO₂ pada April-Juni di sekitar Jakarta (lingkaran abu-abu besar, radius 20 kilometer) dan dua PLTU (lingkaran biru kecil, radius 10 kilometer): Cilegon (lingkaran biru di bagian selatan/bawah) dan Suralaya (lingkaran biru di bagian utara/atas). Lokasi pembangkit listrik tenaga batu bara lainnya ditunjukkan oleh segitiga biru. Sumber data: Jumlah kolom NO₂: Tropomi. Data batas dan garis pantai: GADM versi 3.6. Data medan: SRTM1. Data perairan: Bagan Digital Dunia.² Kota dan kabupaten: kota 15000. Lokasi pembangkit listrik: Pelacak Pembangkit Batu Bara Global (Global Coal Plant Tracker). Detail lihat informasi peta.

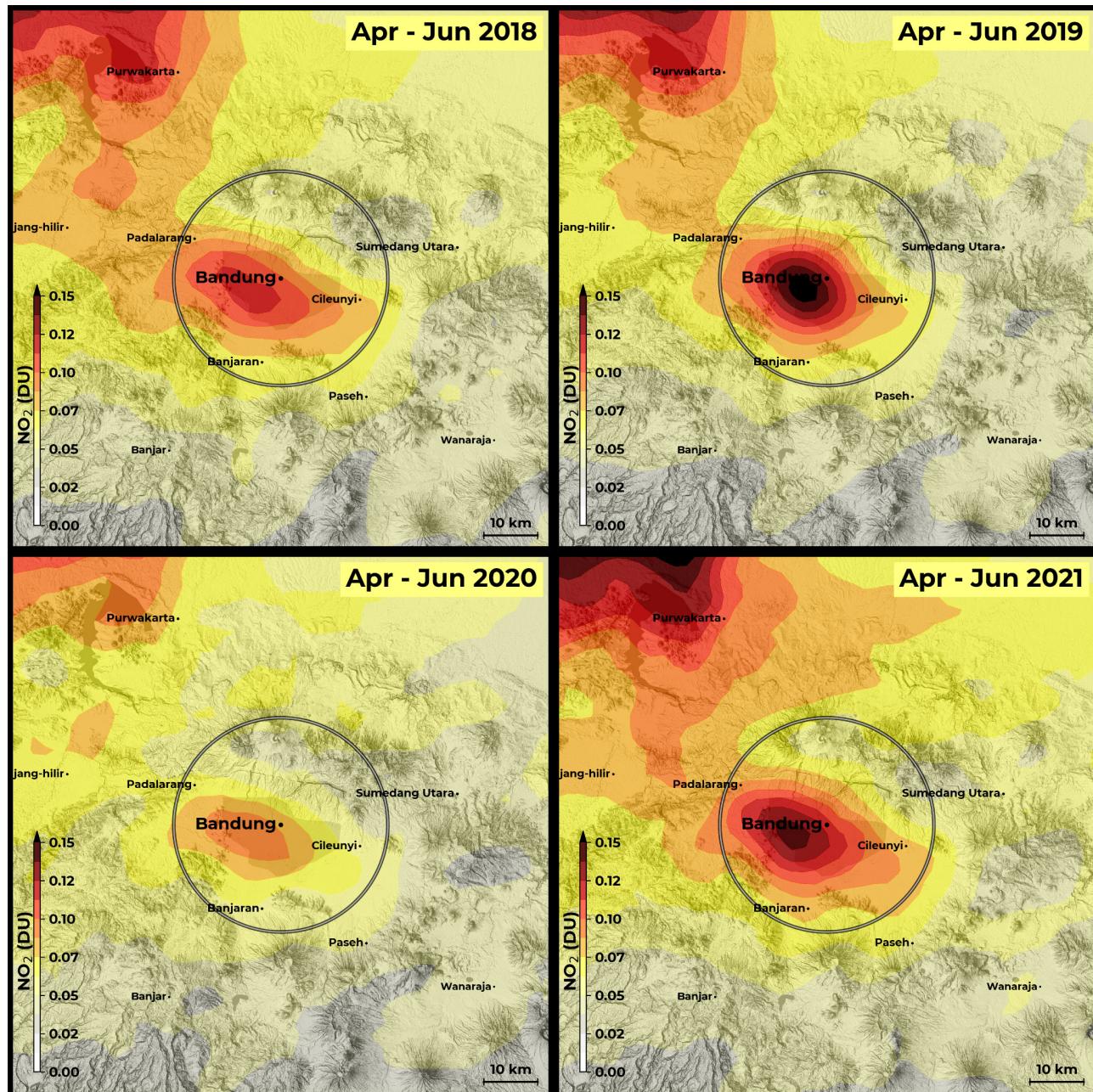
2 Danko, David M. "The digital chart of the world project." *Proceedings of the Eleventh Annual ESRI User Conference*. Vol. 1. Environmental Systems Research Institute, 1991. Diakses di <http://www.diva-gis.org/gdata> pada 12-05-2021.

Bandung

Di Bandung, jumlah kolom atmosfer NO_2 selama April-Juni turun 20% pada tahun 2020 (dibandingkan tahun sebelumnya) dan kemudian naik sebesar 34% ke atas level pra-pandemi pada tahun 2021 (Gambar 4 dan 5).



Gambar 4: Jumlah kolom atmosfer NO_2 pada April-Juni dalam radius 20 kilometer di sekitar Bandung. Perhatikan bahwa perbedaan antara 2018 dan 2019 terlihat jauh lebih besar di peta karena titik pusat yang paling tercemar memiliki nilai yang jauh lebih tinggi pada 2019. Namun, ini sebagian dikompensasi oleh tingkat semburan yang lebih besar pada 2018. *Sumber data: Tropomi.*

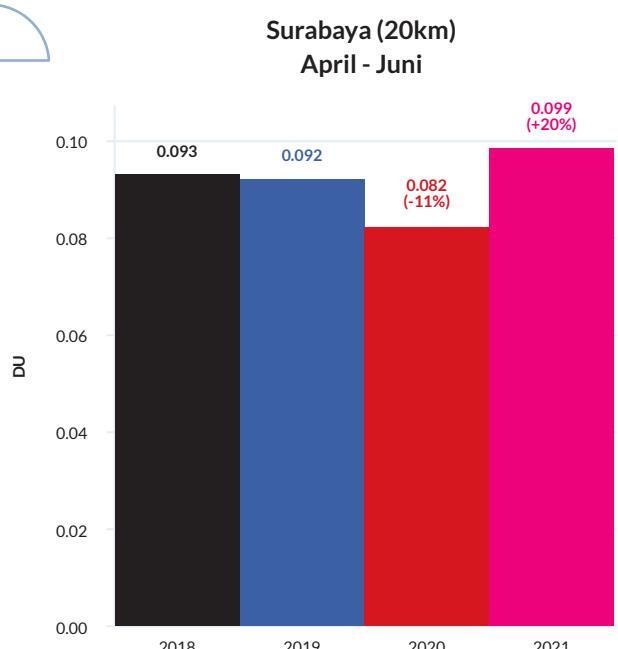


Gambar 5: Jumlah kolom atmosfer NO₂ pada April-Juni di sekitar Bandung (lingkaran abu-abu, radius 20 kilometer). Sumber data: Jumlah kolom NO₂: Tropomi. Data batas dan garis pantai: GADM versi 3.6. Data medan: SRTM1. Data perairan: Bagan Digital Dunia.³ Kota dan kabupaten: kota 15000. Detail lihat informasi peta.

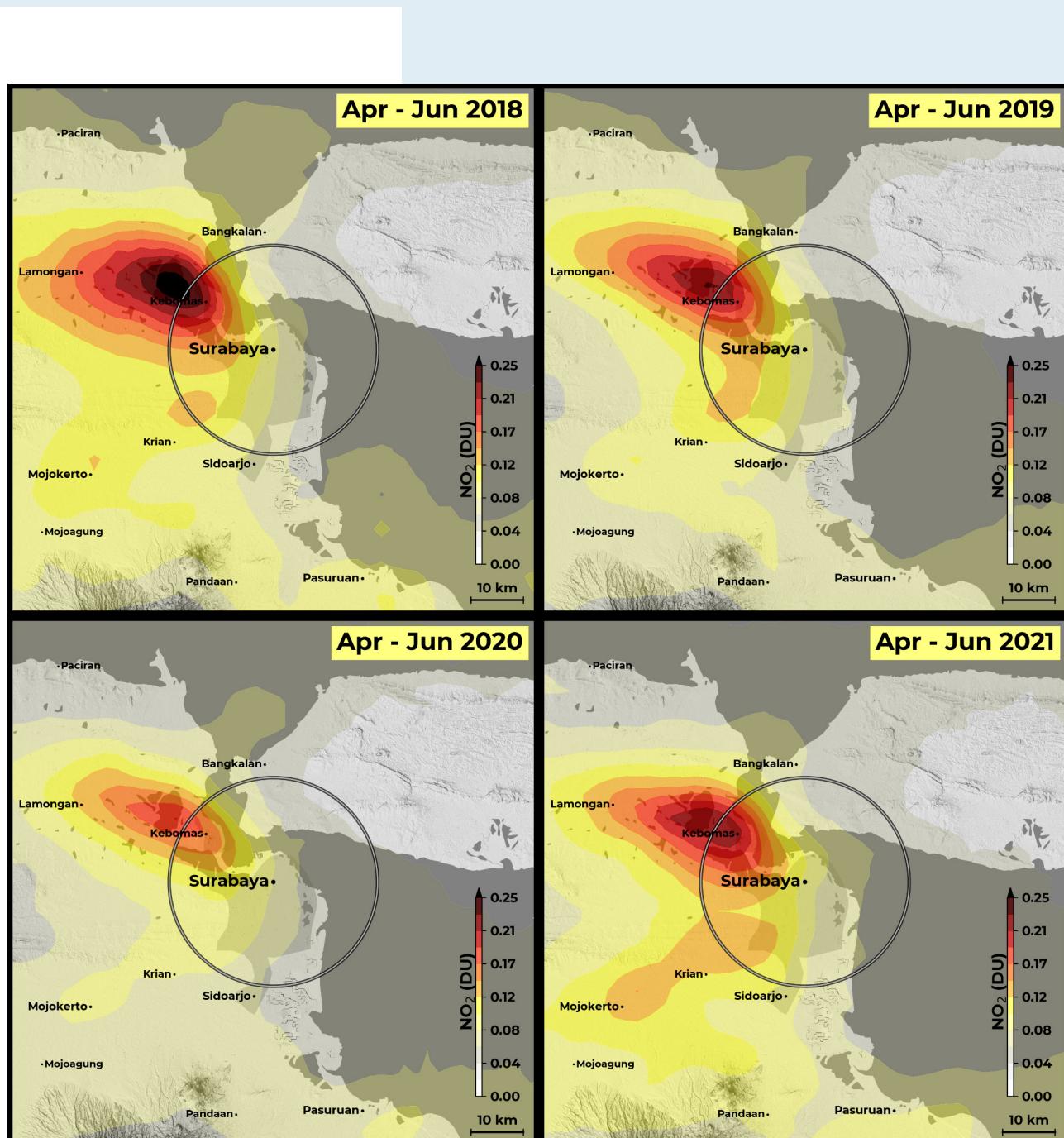
3 Danko, David M. "The digital chart of the world project." *Proceedings of the Eleventh Annual ESRI User Conference*. Vol. 1. Environmental Systems Research Institute, 1991. Diakses di <http://www.diva-gis.org/gdata> pada 12-05-2021.

Surabaya

Di Surabaya, jumlah kolom atmosfer NO₂ pada April-Juni turun 11% pada 2020 dan kemudian kembali naik sebesar 20% hingga di atas level 2019 pada tahun 2021 (Gambar 6 dan 7).



Gambar 6: Jumlah kolom atmosfer NO₂ pada April-Juni dalam radius 20 kilometer di sekitar Surabaya. Sumber data: Tropomi.

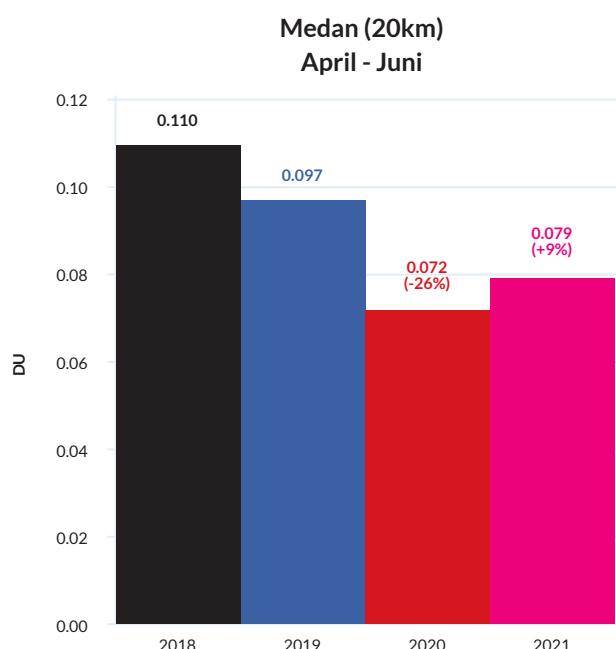


Gambar 7: Jumlah kolom atmosfer NO₂ pada April-Juni di sekitar Surabaya (lingkaran abu-abu, radius 20 kilometer). *Sumber data:* Jumlah kolom NO₂: Tropomi. Data batas dan garis pantai: GADM versi 3.6. Data medan: SRTM1. Data perairan: Bagan Dunia.⁴ Kota dan kabupaten: kota 15000. Detail lihat informasi peta.

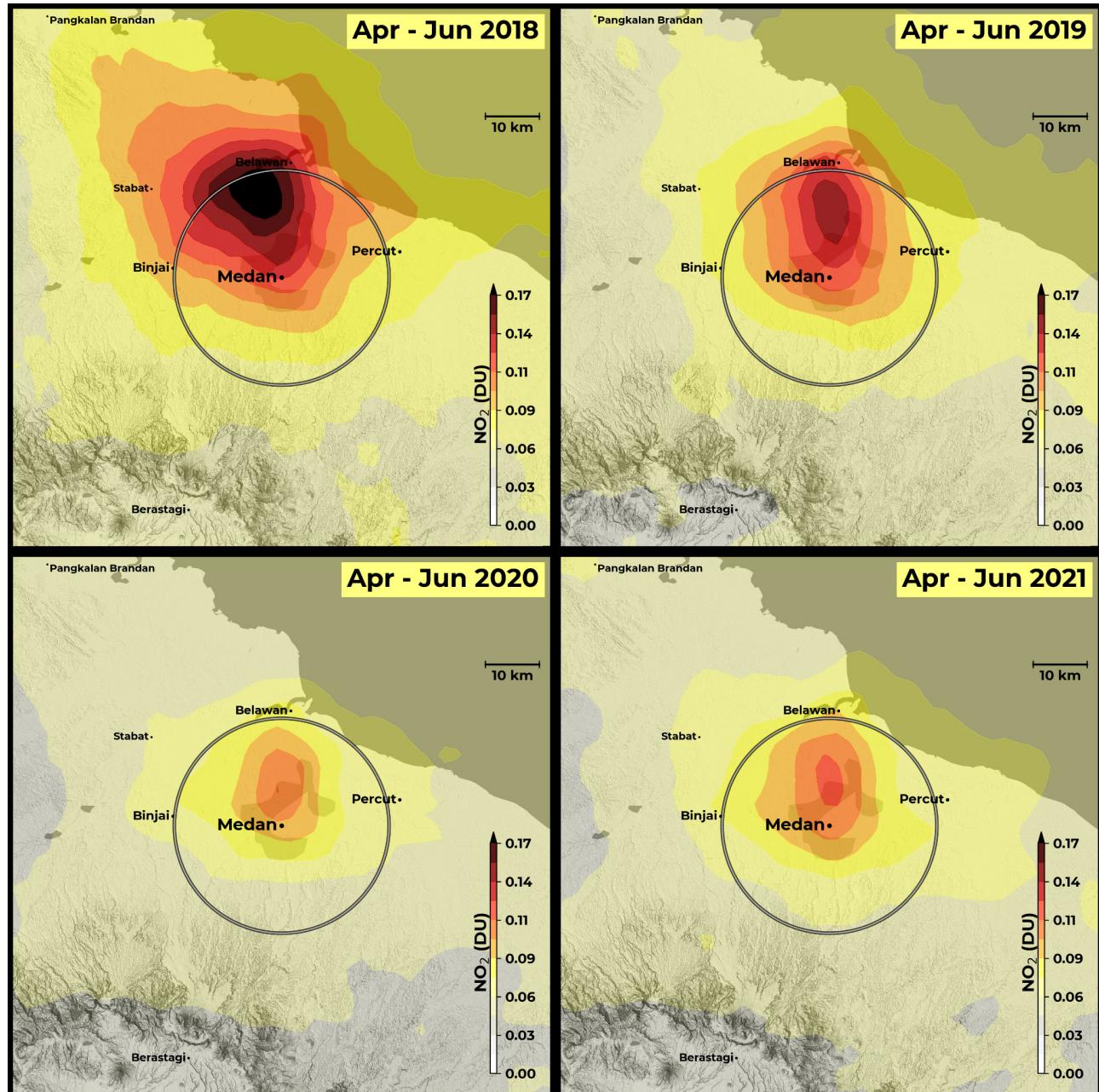
4 Danko, David M. "The digital chart of the world project." *Proceedings of the Eleventh Annual ESRI User Conference*. Vol. 1. Environmental Systems Research Institute, 1991. Diakses di <http://www.diva-gis.org/gdata> pada 12-05-2021.

Medan

Di Medan, jumlah kolom atmosfer NO_2 selama April-Juni turun 26% pada tahun 2020, dibandingkan tahun 2019. Hal ini melanjutkan tren penurunan tahun sebelumnya tetapi berakhir pada tahun 2021, ketika kadar NO_2 meningkat sebesar 9%, dibandingkan dengan tahun 2020 (Gambar 8 dan 9).



Gambar 8: Jumlah kolom atmosfer NO_2 selama April-Juni dalam radius 20 kilometer di sekitar Medan. *Sumber data: Tropomi.*



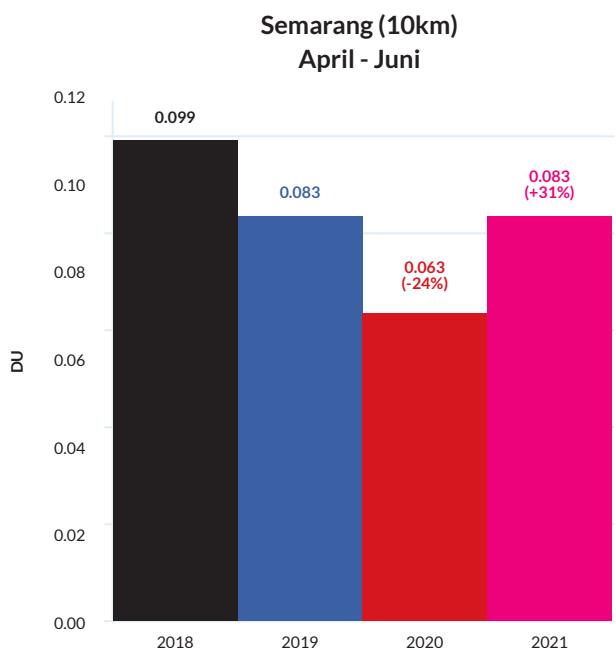
Gambar 9: Jumlah kolom atmosfer NO₂ pada April-Juni di sekitar Medan (lingkaran abu-abu, radius 20 kilometer).

Sumber data: Jumlah kolom NO₂; Tropomi. Data batas dan garis pantai: GADM versi 3.6. Data medan: SRTM1. Data perairan: Bagan Digital Dunia.⁵ Kota dan kabupaten: kota 15000. Detail lihat informasi peta.

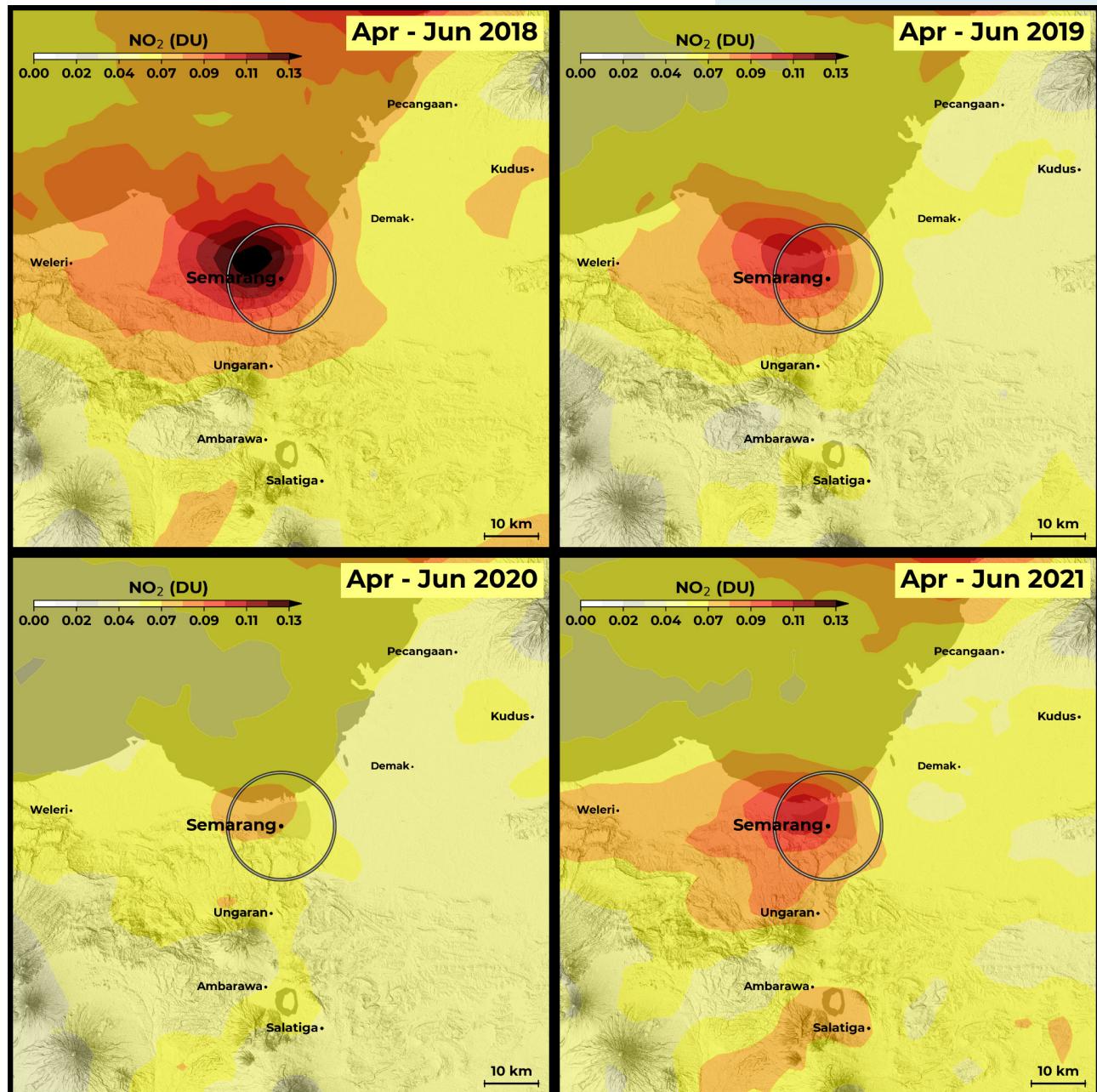
5 Danko, David M. "The digital chart of the world project." *Proceedings of the Eleventh Annual ESRI User Conference*. Vol. 1. Environmental Systems Research Institute, 1991. Diakses di <http://www.diva-gis.org/gdata> pada 12-05-2021.

Semarang

Di Semarang, jumlah kolom atmosfer NO₂ sepanjang April-Juni turun 30% pada tahun 2020 (dibandingkan dengan 2019) dan meningkat kembali ke sekitar level 2019 pada tahun 2021 (Gambar 10 dan 11).



Gambar 10: Jumlah kolom atmosfer NO₂ selama April-Juni dalam radius 10 kilometer di sekitar Semarang.
Sumber data: Tropomi.



Gambar 11: Jumlah kolom atmosfer NO₂ selama April-Juni di sekitar Semarang (lingkaran abu-abu, radius 10 kilometer). Sumber data: Jumlah kolom NO₂: Tropomi. Data batas dan garis pantai: GADM versi 3.6. Data medan: SRTM1. Data perairan: Bagan Digital Dunia.⁶ Kota dan kabupaten: kota 15000. Detail lihat informasi peta.

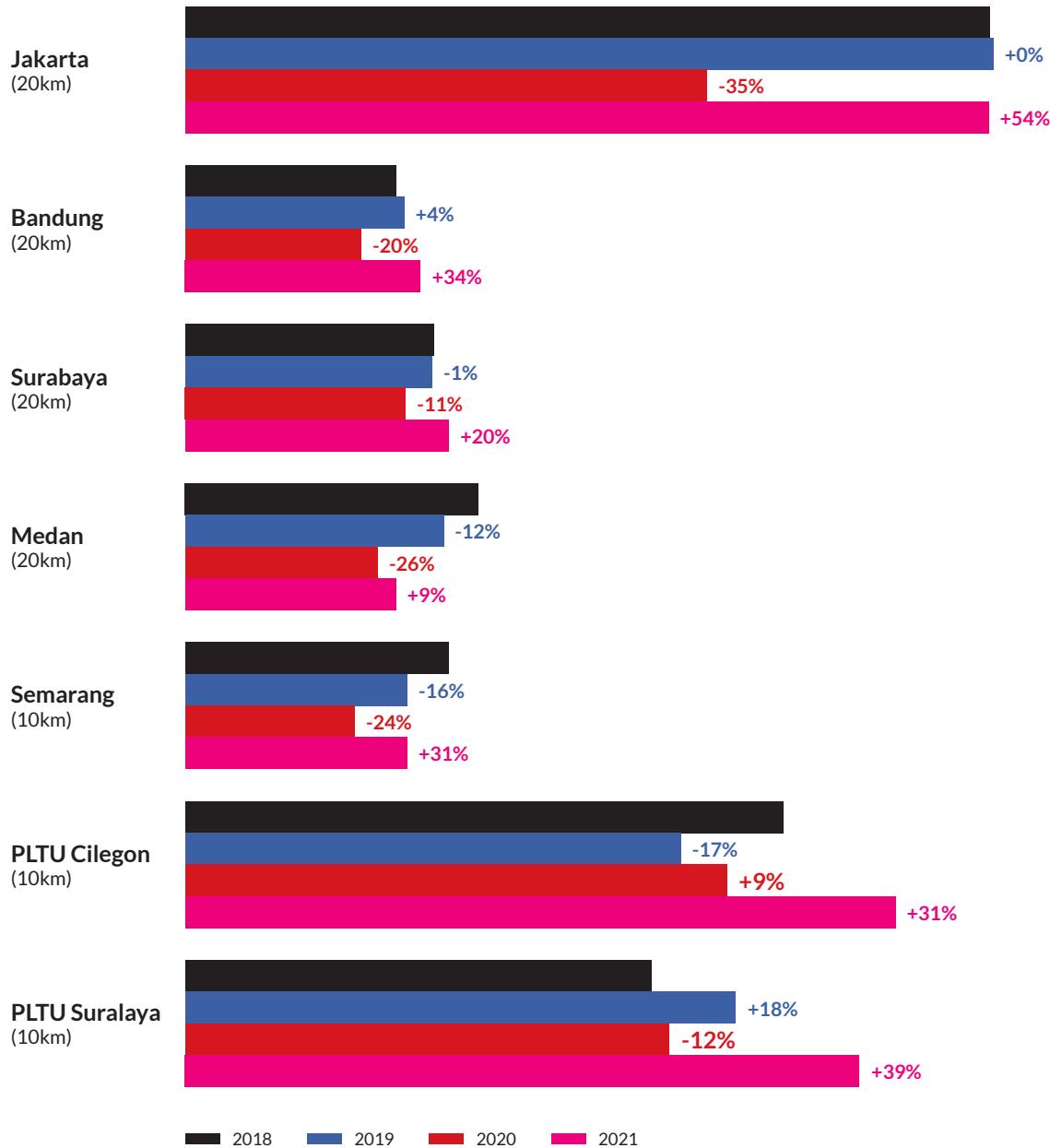
6 Danko, David M. "The digital chart of the world project." *Proceedings of the Eleventh Annual ESRI User Conference*. Vol. 1. Environmental Systems Research Institute, 1991. Diakses di <http://www.diva-gis.org/gdata> pada 12-05-2021.

Kesimpulan

- Polusi udara dari NO₂ (nitrogen dioksida) merupakan faktor risiko utama untuk kondisi kesehatan yang buruk, termasuk kematian dini. NO₂ dihasilkan saat membakar bahan bakar apa pun di udara. Sumber penting polusi NO₂ adalah pembangkit listrik tenaga batu bara, industri yang menggunakan bahan bakar fosil, kendaraan bermotor, dan pemanas rumah tangga yang memakai minyak, gas, atau bahan bakar padat.
- Jumlah kolom atmosfer NO₂ lebih rendah pada periode April-Juni 2020 dibandingkan tahun sebelumnya di lima (5) kota besar di Indonesia yang diteliti: Jakarta -35%, Bandung -20%, Surabaya -11%, Medan -26%, Semarang -24% (Gambar 12).
- Sementara itu, kadar NO₂ di sekitar PLTU Cilegon PTIP (PT Indorama Petrochemicals) lebih tinggi 9% pada periode April-Juni 2020 dibandingkan periode sama tahun sebelumnya. Kadar NO₂ di sekitar PLTU Suralaya lebih rendah 12% pada April-Juni 2020 dibandingkan periode sama tahun 2019, tetapi tetap di atas level tahun 2018 (Gambar 12).
- Sepanjang April-Juni 2021, jumlah NO₂ terukur lebih tinggi di semua lokasi ini dibandingkan periode yang sama di tahun 2020: **Jakarta +54%, Bandung +34%, Surabaya +20%, Medan +9%, Semarang +31%, PLTU Cilegon PTIP +31% dan PLTU Suralaya +39%** (Gambar 12).
- Untuk mencegah dampak buruk bagi kesehatan manusia di masa depan, Indonesia harus menghentikan penggunaan bahan bakar fosil sesegera mungkin dan mendukung pengembangan transportasi publik massal berorientasi emisi rendah hingga nol emisi.



Polusi Udara NO₂ Selama April - Juni



Data: Pembacaan jumlah kolom atmosfer NO₂ yang diukur oleh sensor Tropomi.
Data rata-rata di lingkaran pusat kota atau pembangkit listrik.

Gambar 12: Jumlah kolom atmosfer NO₂ selama April-Juni di 5 kota di Indonesia dan dua PLTU, yakni Cilegon PTIP dan Suralaya. Data adalah rata-rata dengan cakupan wilayah yang diukur yakni lingkaran di sekitar pusat kota dan pembangkit listrik, di mana radius lingkaran dalam tanda kurung.

Informasi Peta

Peta yang disajikan dalam laporan ini menggunakan data dari sumber berikut. Data batas dan garis pantai: GADM versi 3.6.⁷ Data medan: SRTM1.⁸ Data perairan: Bagan Digital Dunia.⁹ Kota dan kabupaten: kota 15000.¹⁰ Lokasi pembangkit listrik tenaga batu bara: Pelacak Pembangkit Batu Bara Global (*Global Coal Plant Tracker*).¹¹

7 GADM versi 3.6, diakses di <https://gadm.org/> pada 12-05-2021.

8 USGS. "Shuttle radar topography mission (SRTM) 1 Arc-Second global." US Geological Survey (2015).

9 Danko, David M. "The digital chart of the world project." *Proceedings of the Eleventh Annual ESRI User Conference*. Vol. 1. Environmental Systems Research Institute, 1991. Diakses di <http://www.diva-gis.org/gdata> pada 12-05- 2021.

10 cities15000, diakses di <https://github.com/river-jade/cities15000> pada 11-11-2018.

11 End Coal, *Global Coal Plant Tracker*, diakses di <https://endcoal.org/global-coal-plant-tracker/> pada 13-07-2021.

Referensi

Beloconi, Anton, Nicole M. Probst-Hensch, and Penelope Vounatsou. "Spatio-temporal modelling of changes in air pollution exposure associated to the Covid-19 lockdown measures across Europe." *Science of The Total Environment* (2021): 147607. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147607>

Braithwaite, I., Shuo Zhang, James B. Kirkbride, David P. J. Osborn, and Joseph F. Hayes 2019, "Air Pollution (Particulate Matter) Exposure and Associations with Depression, Anxiety, Bipolar, Psychosis and Suicide Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis", *Environmental Health Perspectives* 127:12 CID: 126002 <https://doi.org/10.1289/EHP4595>

Census of India. Office of the Registrar General & Census Commissioner, India. India, 2011.

Copernicus Sentinel-5P (processed by ESA), TROPOMI Level 2 Nitrogen Dioxide total column products. Version 01. European Space Agency. (2018) <https://doi.org/10.5270/S5P-s4ljg54>

Farrow, Aidan., Kathryn. A. Miller, and Lauri Myllyvirta. "Toxic air: the price of fossil fuels." *Greenpeace Southeast Asia* 44 (2020).

Faustini, Annunziata, Regula Rapp, and Francesco Forastiere, "Nitrogen dioxide and mortality: review and meta-analysis of long-term studies", *European Respiratory Journal* 2014 44: 744-753; DOI: [10.1183/09031936.00114713](https://doi.org/10.1183/09031936.00114713) (2014).

Google Mobility Reports (2021), retrieved from <https://www.google.com/covid19/mobility/> on 2021-07-10.

Guardian, The, "Air pollution is slashing years off the lives of billions, report finds", The Guardian, 1 Sep 2021, retrieved from <https://www.theguardian.com/environment/2021/sep/01/air-pollution-is-slashing-years-off-the-lives-of-billions-report-finds> on 2021-09-02. Citation adopted from that article.

Guttikunda, Sarath and Giuseppe Calori. "A GIS based emissions inventory at 1 km × 1 km spatial resolution for air pollution analysis in Delhi, India", *Atmospheric Environment*, 67, (2013). <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.10.040>

Hale, Thomas, et al. "A global panel database of pandemic policies (Oxford Covid-19 Government Response Tracker)." *Nature Human Behaviour* 5.4 (2021): 529-538.

Hu, Jiabao, et al. "Changes in air pollutants during the Covid-19 lockdown in Beijing: Insights from a machine-learning technique and implications for future control policy." *Atmospheric and Oceanic Science Letters* (2021): 100060. <https://doi.org/10.1016/j.aosl.2021.100060>

India census 2011. "Provisional Population Totals, Census of India 2011; Cities having population 1 lakh and above" (PDF). Office of the Registrar General & Census Commissioner, India. Retrieved on 2021-06-21.

Lee, Han and Greenstone, Michael. Air Quality of Life Index. "2021 Annual Update." Figure 11. Retrieved from <https://aqli.epic.uchicago.edu/reports/> on 2021-09-02.

Myllyvirta, Lauri, and Hubert Thieriot. Centre for Research on Energy and Clean Air: 38,000 air pollution-related deaths avoided in Europe in 2020, as fossil fuel burning dropped. Centre for Energy and Clean Air. (2020) Retrieved from <https://energyandcleanair.org/wp/wp-content/uploads/2021/03/CREA-Europe-2020-Covid-impacts.pdf> on 21-05-2021

Newbury, Joanne & Stewart, Robert & Fisher, Helen & Beevers, Sean & Dajnak, David & Broadbent, Matthew & Pritchard, Megan & Shiode, Narushige & Heslin, Margaret & Hammoud, Ryan & Hotopf, Matthew & Hatch, Stephani & Mudway, Ian & Bakolis, Ioannis. (2021). "Association between air pollution exposure and mental health service use among individuals with first presentations of psychotic and mood disorders: retrospective cohort study." *The British Journal of Psychiatry*. 1-8. DOI:[10.1192/bjp.2021.119](https://doi.org/10.1192/bjp.2021.119)

NOAA National Centers for Environmental Information. Global Surface Hourly Integrated Surface Dataset. NOAA National Centers for Environmental Information. (2001)

Rao, Menaka "India's COVID-19 Cases Rise – Along With Air Pollution". 10 December 2020. Retrieved from <https://healthpolicy-watch.news/india-covid-increase-pollution/> on 2021-06-21.

Saha, Suranjana, et al. "The NCEP climate forecast system version 2." *Journal of climate* 27.6 (2014): 2185-2208.

Saha, Suranjana, et al. "The NCEP climate forecast system reanalysis." *Bulletin of the American Meteorological Society* 91.8 (2010): 1015-1058.

Shi, Zongbo, et al. "Abrupt but smaller than expected changes in surface air quality attributable to Covid-19 lockdowns." *Science Advances* 7.3 (2021). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd6696>.

Thieriot, Hubert. Centre for Research on Energy and Clean Air: Weather-correction of air pollution – Application to Covid-19. (2021) Retrieved from <https://energyandcleanair.org/weather-correction-of-air-pollution-application-to-Covid-19/> on 2021-05-21.

Willmott, Cort J., Scott M. Robeson, and Kenji Matsuura. "A refined index of model performance." *International Journal of climatology* 32.13 (2012): 2088-2094, <https://doi.org/10.1002/joc.2419>.



Kehidupan masyarakat di sekitar
PLTU Suralaya, Indonesia.
© Ulet Ifansasti / Greenpeace



GREENPEACE

Southeast Asia-Indonesia

Mega Plaza Building Lt. 5,
Jl. HR. Rasuna Said Kav. C3
Kuningan, Jakarta Selatan 12920
Indonesia
Tel : +62 21 521 2552
Fax : +62 21 521 2553
Email : info.id@greenpeace.org

