

MEMBARA

DAMPAK KESEHATAN DARI
KEBAKARAN HUTAN DI INDONESIA
DAN IMPLIKASINYA BAGI
PANDEMI COVID-19

GREENPEACE

MEMBARA

**Dampak Kesehatan dari Kebakaran Hutan
di Indonesia dan Implikasinya bagi
Pandemi Covid-19**

Greenpeace Southeast Asia

9 September, 2020

Untuk korespondensi tentang laporan ini, hubungi
Igor O'Neill, ioneill@greenpeace.org

Daftar isi

Daftar isi	2
Ringkasan eksekutif	3
Pendahuluan	5
Penyebab dan dampak kebakaran hutan di Indonesia	7
Kebakaran hutan dan lahan merusak kesehatan di Indonesia	10
Dampak kebakaran hutan terhadap kesehatan dan mortalitas anak	12
Dampak lintas batas negara	14
Singapura	15
Malaysia	16
Thailand	17
Brunei	18
Penelitian Modelling	18
Mengukur dampak kesehatan secara akurat	20
Polusi udara berpotensi meningkatkan laju infeksi Covid-19	22
Polusi udara memperburuk risiko bagi sebagian penderita Covid-19	24
Alasan untuk segera bertindak	27
Perusakan hutan dan lahan gambut adalah sumber utama polusi udara	28
Sumber daya dan alat untuk melakukan perubahan	29
Kewajiban hukum	31
Gugatan warga untuk mencegah kebakaran hutan	32
Tanggung jawab lintas batas ASEAN	33
Solusi untuk krisis kesehatan kebakaran hutan Indonesia	35
Lindungi, basahi kembali dan pulihkan lahan gambut	35
Transparansi	35
Batalkan izin dan bawa kasus-kasus kebakaran ke pengadilan	35
Terapkan Hukum Lingkungan dan putusan Mahkamah Agung tentang gugatan masyarakat	36
Lindungi undang-undang lingkungan yang ada dari pelemahan lewat RUU Omnibus	36
Pemerintah ASEAN harus bertindak	36
Catatan akhir	37
Daftar pustaka	38

Ringkasan eksekutif

Saat Indonesia bersiap menghadapi musim kebakaran hutan dan lahan tahun 2020, sebuah kajian data yang tepat pada waktunya tentang dampaknya terhadap masyarakat yang terdampak asap kebakaran menunjukkan bahwa para pemegang kekuasaan saat ini ataupun sebelumnya secara konsisten dan masif terus meremehkan dampak karhutla terhadap kesehatan manusia. Kajian tersebut juga menyajikan bukti-bukti kuat dari penelitian, yang menunjukkan bahwa risiko dan tingkat keparahan infeksi dari Covid-19 dapat meningkat secara signifikan di kalangan masyarakat yang memang sudah rentan yang terpapar polusi udara tingkat tinggi.

Selama hampir empat dekade, asap beracun dan polusi udara dari kebakaran hutan dan lahan gambut tahunan telah menimbulkan kerugian yang sangat besar terhadap masyarakat, keanekaragaman hayati, lingkungan dan ekonomi Indonesia serta negara-negara tetangga.

Para pemegang kekuasaan terdahulu sampai sekarang telah sangat meremehkan skala dampaknya terhadap kesehatan manusia. Setelah musim kebakaran yang menghancurkan di tahun 2015, angka resmi untuk jumlah korban tewas hanya mencapai 24 nyawa. Sebaliknya, ahli epidemiologi memperkirakan puluhan ribu orang telah meninggal; laporan-laporan pemantauan menyatakan kebakaran-kebakaran tersebut telah menciptakan "kemungkinan kualitas udara berkelanjutan terburuk yang pernah dicatat dunia"; dan peneliti lain memperkirakan puluhan juta orang telah terpapar berbagai tingkat polusi udara, mulai dari yang 'tidak sehat' hingga 'berbahaya'.

Kesehatan masyarakat di kawasan ASEAN telah terganggu dan ribuan lainnya mengalami kematian dini, akibat paparan asap yang sebenarnya bisa dihindari. Aktivitas komersial, terutama pembukaan hutan dan pengeringan lahan gambut oleh industri kelapa sawit, bubur kayu dan kertas telah mengeringkan sebagian lanskap di Indonesia, menciptakan kondisi yang sempurna untuk kebakaran. Meskipun memiliki kewenangan untuk mencegah proses yang merusak ini, pemerintah Indonesia secara konsisten mengizinkan industri sawit, bubur kayu dan kertas untuk terus mengambil jalur yang merusak ini.

Berbagai penelitian telah menemukan bahwa kebakaran di lahan gambut Indonesia, yang mencakup hampir setengah dari lahan terbakar di area konsesi-konsesi komersial, menghasilkan polusi yang khususnya sangat merusak kesehatan. Kebakaran di lahan gambut menciptakan proporsi partikel halus (PM_{2,5}) yang lebih tinggi dibandingkan kebakaran hutan lainnya. Partikel-partikel ini, 30 kali lebih kecil dari rambut manusia, lebih mudah diserap dan merusak kesehatan manusia.

Gangguan kesehatan akibat polusi udara dari karhutla telah lama didokumentasikan. Namun, pemantauan resmi kualitas udara masih sepenuhnya belum memadai di Indonesia. Pemantauan polusi di negara-negara tetangga jauh lebih luas dan dapat diandalkan. Kombinasi data dari negara-negara lain, serta penelitian-penelitian pemodelan yang akurat, telah memberikan bukti-bukti kuat tentang dampak kesehatan berskala besar di seluruh kawasan tersebut.

Dengan meneliti data dan literatur yang tersedia, kesamaan yang jelas juga muncul antara dampak kesehatan akibat paparan polusi udara dengan kerentanan terkait pandemi Covid-19.

Selain menyebabkan masalah kesehatan yang serius seperti paru-paru kronis, peningkatan infeksi pernapasan, dan penyakit kardiovaskular, kini semakin banyak bukti yang menunjukkan bahwa polusi udara dapat meningkatkan risiko terjangkit infeksi Covid-19 dan memperburuk keparahan infeksi penyakit ini bagi mereka yang sudah positif terjangkit Covid-19.

Penelitian yang dilakukan awal tahun ini di Tiongkok menemukan bahwa paparan polusi udara secara signifikan lebih tinggi pada pasien-pasien positif Covid-19. Telah ditetapkan bahwa pasien positif Covid-19 dengan masalah penyakit bawaan, seperti diabetes, hipertensi, penyakit kardiovaskular, dan kondisi paru-paru kronis termasuk asma dan penyakit paru obstruktif kronik, berisiko lebih besar harus mendapat perawatan rumah sakit dan bahkan meninggal. Banyak orang yang memiliki masalah kesehatan yang sama disebabkan atau diperburuk oleh kebakaran hutan – termasuk polusi dari karhutla yang berulang kali terjadi di Indonesia.

Walaupun berbagai penelitian sebelumnya menyoroti para lansia sebagai kalangan yang sangat rentan, baik terhadap polusi karhutla maupun infeksi Covid-19, namun satu studi baru juga menyoroti risiko yang dihadapi generasi-generasi berikutnya akibat dari karhutla yang berulang kali terjadi. Anak-anak yang terpapar asap di usia muda selama tinggal di Sumatera atau Kalimantan selama kebakaran tahun 1997 diperiksa di tahun-tahun berikutnya dan menunjukkan angka tamat sekolah yang lebih rendah, skor yang lebih rendah dalam tes kognitif, dan pertumbuhan fisik yang lebih lambat daripada anak-anak yang tidak terpapar asap. Tinggi dan berat badan anak yang lebih rendah untuk kelompok usianya merupakan indikator kesehatan yang buruk. Data hasil penelitian ini sangat memprihatinkan, mengingat temuan Ikatan Dokter Anak Indonesia yang menyatakan kesehatan yang buruk di kalangan anak-anak miskin sebagai penyebab Indonesia tercatat sebagai negara dengan salah satu angka kematian tertinggi di dunia akibat Covid-19 – 51 kematian dilaporkan di bulan Juli dan naik dua kali lipat di bulan berikutnya.

Argumen untuk dilakukannya tindakan yang cepat dan tegas dalam rangka mengakhiri krisis kebakaran di Indonesia tidak terbantahkan lagi. Berbagai penelitian selama beberapa dekade terakhir telah mengungkap dampak kebakaran hutan dan lahan terhadap keanekaragaman hayati di Asia Tenggara. Emisi karbon mengubah pola iklim yang mempengaruhi musim kemarau di Indonesia, memperburuk kebakaran dan membuatnya lebih sering terjadi, yang selanjutnya melepaskan lebih banyak emisi dan mempercepat perubahan iklim. Biaya ekonomi yang sangat besar dari pembiaran penciptaan kondisi untuk terjadinya kebakaran-kebakaran ini mencapai miliaran dolar.

Namun, poin utama dari bukti-bukti ini dengan jelas menunjukkan bahwa kebakaran hutan dan lahan gambut juga merupakan krisis kesehatan masyarakat yang besar, krisis yang berisiko diperparah oleh pandemi global Covid-19.

Berbagai komitmen dunia industri dan regulasi pemerintah sudah ada, yang perlu diperkuat lebih lanjut, bahkan dalam bentuknya saat ini sudah dapat mengurangi terjadinya kebakaran. Sangat penting bagi pemerintah Indonesia untuk menegakkan kendali terhadap berbagai regulasi tersebut, mencegah pembukaan hutan dan pengeringan lahan gambut; meminta pertanggungjawaban industri yang terus bertindak bebas tanpa hukuman; dan memastikan agar kesehatan masyarakat lebih didahulukan daripada keuntungan perusahaan.

Pendahuluan

Selama hampir empat puluh tahun, sejak ‘Kebakaran Besar Kalimantan’ di tahun 1982-83, kebakaran¹ berulang di Sumatera dan Kalimantan telah menimbulkan kerugian yang besar, namun sebenarnya dapat dicegah masyarakat setempat dan negara-negara tetangga (Aiken 2004). Puluhan juta manusia telah terpapar polusi udara dan banyak yang kehilangan nyawa yang sebenarnya tidak perlu terjadi akibat kebakaran-kebakaran tersebut (Barber dan Schweithelm 2000; Crippa dkk. 2016).

Komunitas-komunitas ini kini berpotensi menghadapi ancaman tambahan, dengan penelitian menunjukkan bahwa asap dari kobaran api dapat meningkatkan baik kejadian maupun tingkat keparahan virus korona baru terhadap kesehatan manusia.



Kebakaran hutan di sebuah perkebunan dekat Palangkaraya, Kalimantan Tengah. | 23 Sep, 2019

Puluhan tahun kerusakan dan risiko-risiko baru sebenarnya masih dapat dihindari lewat tindakan politis yang sungguh-sungguh, namun, meskipun ada bukti-bukti kerugian mematikan dari kebakaran hutan, kebakaran terus berlanjut, dengan para pakar baru-baru ini mendokumentasikan “mungkin kualitas udara terburuk yang pernah dicatat dunia” (Wooster dkk. 2018).

Dokumen ini telah meninjau dan mengekstraksi berbagai kesimpulan dari banyak penelitian, makalah penelitian dan laporan ilmiah tentang riwayat dari dampak kesehatan kebakaran hutan Indonesia. Dokumen ini juga menyusun sebagian bukti-bukti yang semakin banyak dari korelasi antara peningkatan dampak dan risiko infeksi Covid-19 terhadap masyarakat yang terdampak oleh kebakaran hutan.

Data-data ini menyajikan alasan yang jelas dan langsung bagi intervensi pemerintah untuk menghentikan perusakan lahan gambut dan menerapkan langkah-langkah untuk melindungi hutan Indonesia dan kesehatan puluhan juta manusia di wilayah tersebut.

Penyebab dan dampak kebakaran hutan di Indonesia

Pembukaan hutan dan pengeringan lahan gambut yang cepat di Indonesia telah menciptakan kondisi bagi kebakaran hutan yang masif (Page dkk. 2009). Banyak dari perubahan penggunaan lahan ini telah dilakukan dalam skala industri untuk perkebunan kelapa sawit dan hutan tanaman industri (HTI) yang luasnya mencapai ribuan hektar.

Kebakaran dan kabut asap pada tingkat tertentu memang terjadi di musim kemarau di Indonesia setiap tahunnya (Dawud 1999). Musim kebakaran yang lebih panjang dan lebih parah tercatat di tahun-tahun di mana fase-fase positif dari El Niño - Southern Oscillation (ENSO) dan fenomena iklim Indian Ocean Dipole positif terjadi, biasanya antara bulan Agustus dan Oktober (Frankenberg, McKee, dan Thomas 2005; Crippa dkk. 2016). Selama ENSO terjadi, asap dari kebakaran hutan Indonesia seringkali terbawa melintasi negara-negara tetangga, namun ini juga dapat terjadi di tahun-tahun non-ENSO, seperti yang terjadi selama tahun 2005, 2010 dan 2013. (Koplitz dkk. 2018).

Emisi karhutla dari Indonesia berkontribusi terhadap perubahan iklim akibat ulah manusia. Selanjutnya perubahan iklim akan mempengaruhi sistem ENSO dan menghasilkan perubahan pola cuaca di Indonesia. Kemungkinan ini akan melibatkan peningkatan variabilitas ENSO (Chen dkk. 2017) atau peristiwa El Niño ekstrem yang lebih sering (Cai dkk. 2015; Bin Wang dkk. 2019). Catatan karang dari Kepulauan Mentawai menunjukkan bahwa peristiwa Indian Ocean Dipole positif telah semakin intens dalam dekade-dekade terakhir, dan bahwa peristiwa Indian Ocean Dipole positif ekstrem jarang terjadi di tahun 1960-an (Abram dkk. 2020). Frekuensi peristiwa Indian Ocean Dipole positif ekstrem diprediksi akan meningkat secara linear seiring peningkatan temperatur global, dengan tingkat yang diperkirakan meningkat dua kali lipat pada pemanasan global sebesar 1,5°C dari masa pra-industri (Cai dkk. 2018).

Selain dampaknya pada sistem-sistem iklim, karhutla di Indonesia juga menyebabkan lonjakan-lonjakan tingkat polusi yang besar. Sebuah tim yang dipimpin Martin Wooster (2018) mencatat data-data di Palangkaraya, Kalimantan Tengah selama krisis kebakaran hutan tahun 2015, dan menyatakan bahwa angka-angkanya menunjukkan “mungkin kualitas udara berkelanjutan terburuk yang pernah dicatat dunia”.

Pedoman Organisasi Kesehatan Dunia PBB (WHO) untuk polusi materi partikulat PM_{10} (PM_{10} - partikel yang lebih kecil dari 10 mikron) menyatakan rata-rata tingkat konsentrasi selama 24 jam tidak boleh melampaui $50\mu g/m^3$. Menurut data Wooster, penduduk Palangkaraya terpapar tingkat konsentrasi di atas $1000\mu g/m^3$ selama berminggu-minggu, dengan pembacaan data mencapai $3500\mu g/m^3$ (Burki 2017; Wooster dkk. 2018). Dalam musim kebakaran yang parah, orang yang mencari perawatan masalah pernafasan telah membanjiri klinik-klinik kesehatan Indonesia (Aditama 2000) dan kabut asap juga telah menyengsarakan negara-negara tetangga.

Polusi udara akibat kebakaran hutan mengandung banyak kontaminan, namun yang diperkirakan membawa dampak kesehatan terbesar adalah partikel debu, terutama yang lebih kecil dari 2,5 mikron ($PM_{2.5}$). Lahan gambut yang terbakar diperkirakan menyumbang 95% dari polusi $PM_{2.5}$ selama krisis kebakaran Indonesia tahun 2015 (Wooster dkk. 2018). Dalam sejarahnya, lahan gambut tropis berhutan

yang masih utuh jarang sekali terbakar, namun pembukaan dan pengeringan lahan gambut untuk perkebunan telah menimbulkan peningkatan kebakaran yang signifikan di kawasan gambut Indonesia selama beberapa dekade terakhir (Page dkk. 2009).

Dengan latar belakang risiko kesehatan yang telah terkonfirmasi dan terjadi berulang kali terhadap penduduk Indonesia dan negara-negara tetangga inilah di tahun 2020 datanglah ancaman baru dan berpotensi semakin meningkat.



Selama krisis kebakaran hutan, pasien membuat layanan medis di daerah yang dilanda asap di Indonesia kewalahan. Di sini pasien terlihat memakai masker karena kabut asap di RSUD Doris Sylvanus, Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah. | 24 Sep, 2019

Studi-studi awal telah menyatakan bahwa virus SARS-CoV-2, yang menyebabkan Covid-19, bisa menjadi sangat berbahaya bagi para lansia. Telah ditemukan juga bahwa sebagian besar orang yang mendapat perawatan di rumah sakit akibat Covid-19 – 89% dari pasien di AS yang dikaji Garg (2020) – memiliki penyakit bawaan. Garg mendokumentasikan proporsi pasien rumah sakit akibat Covid-19 dengan penyakit bawaan (pre-existing condition atau comorbidity), dan mendapati bahwa penyakit tersebut yang juga terkait paparan polusi udara terjadi pada tingkatan-tingkatan sebagai berikut:

- Tekanan darah tinggi/hipertensi (50%)
- Penyakit paru kronis (34%) – termasuk asma (17%) dan penyakit paru obstruktif kronis (11%)
- Penyakit kardiovaskular (28%)
- Diabetes mellitus (28%)

Kemudian, seperti yang dinyatakan Wu dkk. (2020), penyakit bawaan yang disebutkan di atas yang meningkatkan risiko untuk harus dirawat di rumah sakit, atau risiko kematian dari Covid-19, adalah penyakit yang sama yang dapat disebabkan atau diperparah oleh paparan polusi udara jangka panjang.

Lebih buruk lagi, para lansia khususnya, yang sangat rentan terhadap asap kebakaran hutan (Liu dkk. 2015) serta Covid-19.

Meskipun ada banyak penelitian tentang polusi udara dari seluruh dunia, mayoritas difokuskan pada emisi terus-menerus dari industri dan transportasi dan sangat sedikit yang meneliti polusi kebakaran hutan yang terjadi sebentar-sebentar namun berintensitas tinggi. Meskipun demikian, sejumlah penelitian telah mengkonfirmasi bahwa polusi kebakaran hutan berkaitan dengan penyakit pernafasan (paru), serebrovaskular (stroke), dan kardiovaskular (jantung) (Reid dkk. 2016; Cheong dkk. 2019; Liu dkk. 2015). Asap dari kebakaran hutan juga berkaitan dengan meningkatnya kematian; tingkat kematian tahunan global akibat kebakaran² diperkirakan mencapai 262.000 selama tahun-tahun La Niña (Johnston dkk. 2012) dan 532.000 selama El Niño.

Sayangnya yang mengejutkan, nyaris tidak ada penelitian yang menginvestigasi situasi di Indonesia yang spesifik. Temuan-temuan kunci dari penelitian-penelitian tersebut disorot di halaman-halaman berikut ini.

Kebakaran hutan dan lahan merusak kesehatan di Indonesia

Dalam ulasan berbagai makalah ilmiah mereka tentang dampak kesehatan dari asap kebakaran hutan, Reid dkk. (2016) menyatakan "ada kemungkinan bahwa asap yang berasal dari kebakaran gambut, hutan, padang rumput, dan pembakaran untuk keperluan pertanian dapat menyebabkan efek kesehatan yang berbeda karena unsur yang berbeda dalam asapnya." Ini karena polutan yang dihasilkan dari kebakaran tidak sama di semua lokasi, karena perbedaan komposisi bahan bakar dan perilaku kebakaran (Ward 1990). Ada perbedaan antara kebakaran hutan tropis dan hutan 4 musim (temperate forest), dan juga menurut jenis tanah, misalnya antara tanah mineral dan tanah gambut. Perilaku kebakaran juga bervariasi – kebakaran gambut terkenal dengan bara berkepanjangan bersuhu rendah (<400 Celcius) (Jayarathne dkk. 2018), yang meningkatkan tidak hanya pelepasan polusi partikulat tetapi juga karbon monoksida beracun, amonia, hidrogen sianida dan formaldehida (Wooster dkk. 2018).



Asap kebakaran hutan di Jekan Raya, Palangkaraya, Kalimantan Tengah, saat keadaan darurat diumumkan pada Agustus 2019. | 9 Ags, 2019

Analisis Badan Perlindungan Lingkungan AS (US EPA) di Palembang selama kebakaran tahun 1999 memastikan bahwa sekitar 85% dari massa polusi PM_{10} sebenarnya terdiri dari partikel halus dalam kategori ukuran $PM_{2.5}$ (Pinto dan Grant 1999). Pengukuran yang dilakukan di bawah kondisi dunia nyata di Kalimantan di tahun 2015 lebih jauh mengungkapkan bahwa polusi $PM_{2.5}$ dilepaskan dari kebakaran gambut bawah tanah pada tingkat yang 'jauh lebih tinggi dari yang ditunjukkan kebakaran gambut tropis dalam uji laboratorium sebelumnya' (Wooster dkk. 2018).

Frankenberg, McKee, dan Thomas (2005) menggunakan data kesehatan yang dilaporkan sendiri yang dikumpulkan sebagai bagian dari Survei Kehidupan Keluarga Indonesia, untuk meneliti dampak kesehatan dari kebakaran hutan tahun 1997 di Indonesia. Pendekatan longitudinal memungkinkan mereka untuk melihat data dari keluarga yang sama sebelum (1993) dan selama kebakaran tahun 1997, dan juga untuk membandingkan keluarga yang tinggal di daerah yang terpapar asap kebakaran hutan (di Kalimantan dan Sumatera) dengan keluarga di daerah yang tidak terkena dampak di tempat lain di Indonesia. Peserta penelitian melaporkan bahwa paparan asap kebakaran hutan mengurangi kemampuan mereka untuk melakukan aktivitas berat dan meningkatkan batuk-batuk. Mereka juga melaporkan bahwa batuk sembuh dalam satu bulan setelah paparan asap berakhir, membuat penulis penelitian menyimpulkan 'kabut asap tersebut sangat berdampak negatif terhadap kesehatan pernapasan' (Frankenberg, McKee, dan Thomas 2005).

Dalam sebuah ikhtisar tentang dampak kesehatan dari krisis kebakaran tahun 1997 di Indonesia, Aditama (2000) mengutip data Kementerian Kesehatan tentang 12,36 juta orang yang terdampak kabut asap di delapan provinsi: di pulau Sumatera – Riau, Jambi, Sumatera Barat dan Sumatera Selatan; dan di semua provinsi di Kalimantan – Kalimantan Selatan, Timur, Barat dan Tengah.³ Angka resmi, yang dicatat dari bulan September hingga November 1997, menunjukkan 298.125 kasus asma, 58.095 kasus bronkitis dan 1.446.120 kasus ISPA – total kasus 1,8 juta.⁴ Dibandingkan dengan data tahun 1995 dan 1996, kasus ISPA pada kebakaran tahun 1997-1998 dilaporkan meningkat 1,8 kali lipat di Kalimantan Selatan dan 3,8 kali lipat di Sumatera Selatan. Di delapan provinsi, angka resmi pemerintah mengaitkan 527 kematian dengan kebakaran hutan tahun 1997 (Aditama 2000).⁵

Aditama juga melaporkan bahwa Dinas Kesehatan Provinsi Jambi mengalami peningkatan penyakit saluran pernapasan sebesar 51% selama krisis asap tahun 1997, dan 'peningkatan tingkat kematian dua sampai empat kali lebih tinggi dari bulan-bulan sebelumnya' di bangsal paru (pernapasan) rumah sakit umum Jambi.

Dalam sebuah penelitian terpisah, peneliti dari Jepang mewawancarai lebih dari 500 orang di Jambi tentang gangguan kesehatan sebelum dan selama krisis asap tahun 1997, dan melakukan pemeriksaan medis terhadap seperempat kasus yang ada, yang dipilih secara acak. Sebanyak 91% mengalami gangguan pernapasan, dan separuhnya (49%) melaporkan bahwa gangguan kesehatan tersebut mengganggu kehidupan sehari-hari mereka. Di antara mereka yang mengalami gejala pernapasan, 31% mengalami demam, 46% sesak napas saat berjalan, dan 34% mengalami rasa tidak nyaman di daerah dada (Kunii dkk. 2002).⁶

Sebuah tim dokter spesialis paru dari Jakarta memeriksa 158 pasien di Palembang pada bulan Oktober 1997. Tidak satupun mengalami gejala sebelum kebakaran terjadi, namun pada saat pengobatan 81% mengalami batuk, 24% mengalami sesak napas dan 9% menderita nyeri dada (Faisal, Yunus, dan Harahap 2012).

Disertasi IPB (Novita 2008)⁷ meneliti data jumlah penderita infeksi saluran pernapasan akut, yang diambil dari empat puskesmas, di Kecamatan Indragiri Hulu, Riau selama tujuh bulan selama musim kebakaran tahun 2007. Desain penelitian tidak dapat mengambil kesimpulan tentang kausalitas (hubungan sebab akibat), dan data polusi udara setempat tidak tersedia. Namun, dengan menggunakan titik api yang diamati dari jarak jauh sebagai proksi, ditemukan korelasi positif yang kuat antara kecamatan yang mengalami titik api dengan infeksi saluran pernapasan akut.

Dua penelitian terpisah yang dilakukan di kota Pekanbaru di Provinsi Riau, satu dari tahun 2011-2015 dan yang kedua dari tahun 2015, keduanya menemukan korelasi antara asap kebakaran hutan dengan penyakit saluran pernapasan. Irawan dkk. (2017) meneliti data kesehatan bulanan⁸ selama tahun 2011-2015 bersama-sama data kualitas udara dari kota, mencatat beberapa bulan ketika asap dari kebakaran hutan mendorong tingkat polusi ke tingkat yang berbahaya.⁹ Mereka menemukan bahwa tingkat infeksi saluran pernapasan akut memiliki korelasi moderat dengan tingkat pencemaran udara partikulat PM₁₀¹⁰ satu bulan sebelumnya. Penelitian data pasien tahun 2015 yang datang ke fasilitas kesehatan umum menyimpulkan bahwa pembacaan indeks polusi udara yang tinggi memiliki pengaruh yang signifikan: korelasi yang kuat dengan infeksi saluran pernapasan bagian atas dan korelasi moderat dengan pneumonia (Hermawan, Hananto, dan Lasut 2016). Dalam kedua penelitian di atas, tidaklah mungkin untuk mengontrol faktor perancu, jadi hanya korelasi, dan bukannya kausalitas, yang dapat ditetapkan.

Peneliti di Sumatera Barat melaporkan bahwa fasilitas kesehatan umum mencatat kasus infeksi saluran pernapasan akut selama tahun 2015 mencapai 287.145, dimana otoritas kesehatan mengaitkan¹¹ 167.893 kasus dengan paparan asap kebakaran hutan (Handayuni, Amran, dan Razak 2018).

Dampak kebakaran hutan terhadap kesehatan dan mortalitas anak

Dua penelitian telah meneliti dampak kebakaran hutan di Indonesia dan bahaya asap yang dihasilkannya terhadap mortalitas dan kesejahteraan janin, bayi dan anak.



Abi Huroiro duduk di samping makam putrinya di pemakaman umum di Desa Pemulutan Ilir, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Abi kehilangan Annisa (2 bulan) yang meninggal karena sesak nafas akibat kabut asap dari kebakaran perkebunan dan hutan. | 30 Okt, 2019

Jayachandran (2008) meneliti efek polusi partikulat terhadap anak berusia di bawah 3 tahun di Indonesia selama krisis kebakaran tahun 1997. Penghitungan untuk memperkirakan jumlah anak “yang hilang” dalam data sensus mendapati bahwa “polusi udara dari kebakaran lahan yang melanda Indonesia pada akhir tahun 1997 menyebabkan lebih dari 15.600 kematian anak, bayi dan janin”.



Rafa, 50 hari, digendong ibunya saat menerima oksigen untuk mengobati kesulitan pernapasan akibat polusi udara kebakaran hutan yang tebal, di ruang ICU RSUD Doris Sylvanus, Palangkaraya, Kalimantan Tengah. | 24 Sep, 2019

Demikian pula, data dari survei multitahun pemerintah Indonesia diteliti untuk mencari perbedaan di antara anak-anak berusia 12-36 bulan selama krisis asap tahun 1997. Ketika ditindaklanjuti pada tahun 2000 dan 2007, secara rata-rata, anak-anak yang terpapar asap selama tinggal di Sumatera atau Kalimantan dalam kebakaran tahun 1997 memiliki angka tamat sekolah yang lebih rendah, skor tes kognitif yang lebih rendah, dan pertumbuhan fisik yang lebih lambat dibandingkan anak-anak yang tidak terpapar asap (Lo Bue 2019).¹²

Dampak lintas batas negara

Data pemantauan berkualitas tinggi baik mengenai polusi udara maupun metrik kesehatan masyarakat di Singapura, Malaysia dan Brunei telah memungkinkan penelitian untuk meneliti dampak kesehatan dari polusi lintas batas dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia. Tujuh dari sepuluh negara ASEAN – Brunei, Indonesia, Malaysia, Filipina,¹³ Singapura, Thailand dan Vietnam¹⁴ – dengan Kamboja sebagai negara terduga kedelapan¹⁵ – telah terkena dampak kabut asap Indonesia.

Salah satu kejadian kabut asap lintas batas terburuk terjadi pada bulan Juni 2013, saat kondisi ENSO netral, ketika Riau mengalami jumlah titik api yang sangat tinggi yang diperkirakan disebabkan oleh musim badai tropis awal dan peristiwa Osilasi Madden-Julian yang kuat (Oozeer dkk. 2020).



Polusi udara lintas batas tebal yang berasal dari kebakaran hutan di Indonesia sampai ke Robinson Road, Singapura. | 21 Jun, 2013

Berbagai penelitian telah menemukan bahwa partikel yang lebih berbahaya dan lebih halus, yang bisa berada di udara lebih lama dan melakukan perjalanan yang lebih jauh daripada partikel yang lebih besar, berdampak pada penduduk di negara tetangga. Polusi seperti itu dipandang lebih berbahaya karena partikel yang lebih halus terbawa lebih dalam ke paru-paru dan lebih mudah diserap ke dalam aliran darah (Frankenberg, McKee, dan Thomas 2005).

Analisis mikroskop elektron dari polusi udara lintas batas yang tiba di Singapura selama kebakaran tahun 1997 menunjukkan 94% dari partikel asap merupakan $PM_{2.5}$, yaitu diameter di bawah 2,5 mikrometer (Emmanuel 2000). Sebuah penelitian yang lebih baru terhadap polusi lintas batas yang timbul akibat kebakaran tahun 2013 di Indonesia menunjukkan bahwa lebih dari 90% dari polusi $PM_{2.5}$ terdiri dari partikel berukuran sub-mikrometer: PM_1 , $PM_{0.5}$ dan $PM_{0.2}$ (Betha, Behera, dan Balasubramanian 2014).

Singapura

Lebih dari dua dekade lalu, bahkan sebelum krisis kebakaran tahun 1997, jurnal medis The Lancet telah menerbitkan data yang menunjukkan bahwa asap dari kebakaran Sumatera menyebabkan jumlah anak yang biasanya membutuhkan perawatan di rumah sakit Singapura meningkat sebanyak lebih dari dua kali lipat (Chew dkk. 1995). Lebih banyak penelitian kemudian menyusul: polusi partikulat dari kebakaran tahun 1997 di Indonesia diamati oleh Emmanuel (2000) yang menyebabkan peningkatan 30% kasus terkait asap yang tercatat di fasilitas kesehatan publik Singapura selama krisis asap tahun itu. Ini termasuk 12% peningkatan kasus penyakit saluran pernapasan bagian atas dan 19% peningkatan kasus asma karena peningkatan PM_{10} dari $50 \mu g/m^3$ menjadi $150 \mu g/m^3$. Data lebih lanjut yang dikumpulkan dari stasiun pemantauan kualitas udara Singapura, sistem kesehatannya, dan satelit pemantau kebakaran selama periode 2010-2016 menemukan peningkatan polusi udara dari kebakaran di Indonesia secara langsung meningkatkan kunjungan ke poliklinik umum¹⁶ untuk perawatan infeksi saluran pernapasan bagian atas akut di negara kota tersebut (Sheldon dan Sankaran 2017).



© Ferina Natasya / Greenpeace

Chaw Sen Siang, 85 tahun (kiri, foto di toko dekorasi pernikahannya), harus tetap di dalam rumah setelah menderita masalah pernapasan akut selama krisis polusi udara tahun 2013. Sebuah penelitian di Singapura menemukan orang-orang berusia di atas 65 tahun berisiko tinggi terhadap kematian akibat kardiovaskular setelah terpapar polusi lintas batas dari kebakaran hutan Indonesia pada tahun 2013. | 23 Jun, 2014

Masih di Singapura, Ho dkk. (2018) meneliti data pada hampir 30 ribu kasus di Registri Stroke Singapura (Stroke Registry) yang komprehensif dari tahun 2010 sampai 2015. Mereka menemukan bahwa insiden stroke iskemik meningkat secara signifikan ketika asap lintas batas dari Indonesia membawa indeks

polusi udara hingga tingkat 'moderat' atau 'tidak sehat'. Selanjutnya, para peneliti menganalisis data dari Registri Serangan Jantung Singapura (Singapore Myocardial Infarction Registry) untuk periode enam tahun yang sama (Ho dkk. 2019). Mereka menemukan risiko serangan jantung juga meningkat secara signifikan seiring dengan serangan kabut asap lintas batas: peningkatan sebesar 8% setelah paparan asap pada tingkat indeks polusi udara 'moderat', dan peningkatan sebesar 9% setelah indeks berada pada tingkat 'tidak sehat'.

Secara terpisah, para peneliti melakukan penelitian yang, walau tidak ditujukan untuk meneliti asap lintas batas itu sendiri, menemukan korelasi linier yang sangat tinggi antara peningkatan polusi udara partikulat¹⁷ dengan angka kematian secara keseluruhan dan angka kematian kardiovaskular, terutama pada kelompok usia di atas 65 tahun (Yap dkk. 2019). Penelitian yang mencakup populasi Singapura dari tahun 2001 sampai 2013 ini adalah penelitian kontemporer pertama di sebuah negara yang terletak di khatulistiwa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap peningkatan sebesar $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada polusi $\text{PM}_{2.5}$ cocok dengan peningkatan risiko kematian kardiovaskular sebesar 1,073% selama 5 hari berikutnya. Selama periode penelitian ini, asap dari musim kebakaran di Indonesia tahun 2013 mendorong tingkat PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$ Singapura masing-masing setinggi $336\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $275\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Malaysia

Para peneliti meneliti data 190.000 pasien rawat inap selama periode empat tahun di wilayah Kuching di Sarawak. Dari tahun 1995 sampai 1998 tidak ada polusi industri yang signifikan dan data kualitas udara terus dipantau (Mott dkk. 2005). Analisis deret waktu mereka menunjukkan bahwa orang yang terpapar asap dari kebakaran tahun 1997 mengalami peningkatan yang signifikan dalam rawat inap karena masalah jantung dan paru-paru. Ini membuktikan peningkatan yang signifikan dalam rawat inap untuk penyakit jantung koroner (naik 54%), untuk penyakit paru obstruktif kronik (naik 50%) dan asma (naik 83%) di antara kelompok paruh baya (40-64 tahun).¹⁸



Menara Petronas Kuala Lumpur hampir tidak dapat terlihat terhalang kabut asap lintas batas dari kebakaran hutan dan lahan gambut di Indonesia, | 15 Sep, 2019

Mott dkk. juga menunjukkan bahwa orang berusia di atas 65 tahun dengan riwayat masuk rumah sakit lebih mungkin untuk kembali ke rumah sakit setelah terpapar asap kebakaran hutan tahun 1997, dibandingkan dengan mereka yang tidak pernah terpapar. Dari kelompok usia di atas 65 tahun, orang dengan masalah kardiorespirasi adalah yang paling parah terdampak paparan asap kebakaran hutan. Sastry (2002) meneliti tingkat kematian di Kuching dan Kuala Lumpur selama periode yang sama (1994-1997). Ia menemukan bahwa para lansia berpotensi meninggal, hingga dua sampai tiga kali lipat, karena penyakit pernapasan atau kardiovaskular¹⁹ setelah sehari terpapar polusi udara yang tinggi, .

Seperti dibahas di bawah, bukti-bukti telah muncul selama pengalaman pandemi Covid-19 di seluruh dunia bahwa orang dalam kelompok usia ini dan dalam kategori memiliki penyakit bawaan juga berisiko tinggi untuk masuk rumah sakit akibat coronavirus.

Thailand

Di Thailand selatan, analisis data Kementerian Kesehatan Masyarakat dapat menunjukkan jumlah kasus pernapasan tambahan yang diperkirakan disebabkan oleh paparan kebakaran tahun 1997 dengan membandingkannya dengan data dari tahun sebelumnya dan dari sebuah daerah kontrol di ujung utara Thailand (Phonboon dkk. 1999). Diperkirakan bahwa ada sekitar 45.000 kunjungan rawat jalan (klinik) tambahan untuk perawatan penyakit pernapasan di seluruh Thailand selatan dan 1.500 perawatan rawat inap tambahan. Sesuai dengan berbagai penelitian lain, penyakit yang dikaitkan dengan paparan kebakaran tahun 1997 termasuk gejala pernapasan bagian atas, pneumonia, bronkitis, PPOK, asma, konjungtivitis dan eksim²⁰ (Phonboon dkk. 1999).



Aktivis Thailand membawa jam pasir yang penuh dengan debu, menyerukan kepada pemerintah di Bangkok untuk segera mengatasi polusi udara yang disebabkan oleh partikel halus (PM2.5). | 22 Feb, 2018

Brunei

Peneliti dari Universitas Brunei Darussalam meneliti data dari fasilitas kesehatan yang melayani dua pertiga penduduk Brunei, setelah terpapar polusi udara dari kebakaran hutan di Indonesia pada tahun 1998 (Anaman dan Ibrahim 2003). Mereka menemukan jumlah kasus harian asma, bronkitis, emfisema, influenza, pneumonia, dan infeksi saluran pernapasan bagian atas akut secara signifikan berhubungan dengan tingkat polusi udara di hari sebelumnya.²¹

Penelitian Modelling

Sangat disayangkan dan memprihatinkan bahwa Indonesia masih belum memiliki jaringan stasiun pemantau kualitas udara yang memadai. Banyak daerah pedesaan yang rawan kebakaran dan yang berpenduduk padat tidak memiliki layanan pemantauan dari pemerintah, stasiun-stasiun pemantau yang ada seringkali tidak aktif dan data $PM_{2.5}$, metrik terpenting untuk kesehatan manusia, jarang tersedia (Erou dan Fadhillah 2019).

Jaringan pemantauan yang komprehensif penting untuk mengidentifikasi tingkat polusi awal awal dan polusi dari kebakaran hutan, dibandingkan dengan sumber industri dan transportasi (Grant 1999). Ketika US EPA melaporkan misi untuk memantau kebakaran di Indonesia tahun 1997, lembaga ini menyatakan 'kurangnya jaringan pemantauan udara yang beroperasi secara rutin dan mumpuni' (Pinto dan Grant 1999).

Sebagai perbandingan, pada awal tahun 1997 Singapura telah mendirikan 15 stasiun pemantauan kualitas udara ambien yang secara langsung mengukur polusi partikulat (Emmanuel 2000), dan Thailand selatan memiliki empat stasiun²² (Phonboon dkk. 1999).



Perangkat pemantau kualitas udara yang dipasang di Sekolah Kuil Nak Prok di Bangkok untuk mengukur kualitas udara dan mendidik siswa. Bagian dari jaringan yang diawasi oleh Pusat Data Perubahan Iklim Universitas Chiang Mai. | 11 Mar, 2020

Nyaris tidak ada data yang tersedia pada tahun 1999 tentang pulau Papua (saat itu Irian Jaya) meskipun terjadi kebakaran yang meluas di sana (Dawud 1999). Pada tahun 2020 di Papua, data pemerintah provinsi yang tersedia masih hanya untuk Jayapura, mengabaikan area-area di bagian selatan pulau Papua yang paling sering terpapar asap kebakaran hutan.

Dikarenakan kelangkaan data polusi di Indonesia, berbagai penelitian yang disebutkan di bagian ini bergantung sebagian pada penginderaan jarak jauh untuk memperkirakan konsentrasi polutan di permukaan tanah. Selain itu, data kesehatan sulit diperoleh dan biasanya hanya dimiliki oleh kota atau kabupaten tertentu. Oleh karena itu, penelitian pemodelan dilakukan untuk memperkirakan dampak kesehatan nasional dan regional.

Penelitian pemodelan memperkirakan dampak kesehatan dari bahaya asap berulang di wilayah yang luas di Indonesia dengan terlebih dahulu memperkirakan polusi udara di wilayah berpenduduk di Indonesia dan kemudian, setelah simulasi tingkat polusi udara tingkat permukaan telah dihitung, dampak kesehatan terkait yang diperhitungkan dimodelkan berdasarkan relasi antara konsentrasi pencemaran dan respon jumlah kematian (relasi konsentrasi-respons) (Crippa dkk. 2016).

Perlu dicatat bahwa walaupun pemodelan adalah pendekatan yang sudah mapan dalam mempelajari dampak kesehatan dari polusi udara (World Health Organization 2016), pemodelan tidak mungkin memberi 100% kepastian. Ini dikarenakan oleh situasi di Indonesia yang tidak hanya unik dalam hal hutan dan lahan gambut sebagai bahan bakar, serta perilaku kebakaran seperti yang dibahas di atas, namun juga karena penelitian epidemiologi yang khusus tentang kawasan Asia-Ekuator yang diperlukan untuk menghitung respons paparan belum tersedia (Crippa dkk. 2016). Sebaliknya, penelitian-penelitian ini didasarkan pada epidemiologi yang dilakukan di negara-negara maju di Eropa dan Amerika Utara di mana struktur masyarakat, masalah kesehatan masyarakat dan infrastruktur perawatan kesehatan sangat berbeda (Marlier dkk. 2019).

Meskipun demikian, penelitian yang cermat telah dilakukan oleh para ilmuwan yang ahli di bidang ini untuk memperkirakan situasi Indonesia. Koplitz dkk. (2016) melakukan pemodelan yang memperkirakan bahwa asap, yang sebagian besar dihasilkan hanya dalam kurun waktu dua bulan sepanjang September-Oktober 2015, telah mengakibatkan 100.300 kematian dini di atas perkiraan di seluruh Indonesia, Malaysia, dan Singapura. Penerapan terbaru dari pendekatan ini dengan relasi konsentrasi-respons yang berbeda dari yang di atas menghasilkan perkiraan yang berbeda. Penerapan baru ini kemudian menurunkan angka kematian dini menjadi 44.000 di tahun 2015 - masih tetap merupakan bencana besar untuk krisis buatan manusia yang sebagian besar sebenarnya dapat dicegah (Kiely 2020).

Makalah lain berdasarkan pemodelan dampak kesehatan dari kebakaran di Indonesia tahun 2015 menghitung jumlah penduduk ASEAN yang terpapar berbagai tingkat Indeks Standar Polutan dari polusi selama bulan September hingga bulan Oktober 2015, berdasarkan tempat tinggal mereka dan simulasi perpindahan polusi udara dari sumber kebakaran hutan di Indonesia yang diamati lewat satelit. Model tersebut menunjukkan 69 juta orang terkena polusi udara pada tingkat 'tidak sehat'; 6 juta pada tingkat 'sangat tidak sehat' dan 2 juta pada tingkat 'berbahaya' (Crippa dkk. 2016). Berdasarkan perkiraan paparan jangka pendek terhadap polusi udara selama tahun 1995, Crippa dkk. memperkirakan mungkin terjadi 6.153-17.270 kematian di atas perkiraan.

Uda dkk. (2019) menggunakan data titik api, peta gambut, peta batas desa, dan pemodelan respons keterpaparan untuk memperkirakan dampak jangka panjang kebakaran lahan gambut terhadap penduduk desa dan kota di Kalimantan Tengah selama periode 2011-2015. Mereka memperkirakan bahwa paparan asap dari kebakaran di lahan gambut menyebabkan 648 kematian dini per tahun di provinsi tersebut, akibat penyakit kardiovaskuler dan pernapasan kronis serta kanker paru-paru. Mereka memperkirakan bahwa laju ini dapat meningkat di masa depan karena konversi lahan gambut masih berlangsung di Kalimantan Tengah.

Mengukur dampak kesehatan secara akurat

Dampak kesehatan dan mortalitas akibat kebakaran di Indonesia terus-menerus diremehkan. Angka resmi pemerintah untuk korban tewas selama kebakaran tahun 2015 hanya 24 orang (Nugroho 2016) – dibandingkan dengan puluhan ribu kematian yang diperkirakan oleh model epidemiologi (Kiely 2020; Crippa dkk. 2016; Koplitz dkk. 2016). Mengingat kebakaran tahun 1997 lebih buruk daripada kebakaran tahun 2015, maka angka kematian resmi tahun 1997 sebesar 527 (Aditama 2000) kemungkinan juga merupakan perkiraan yang terlalu rendah, terutama jika memperhitungkan catatan sensus pemerintah yang menunjukkan kematian di antara anak berusia di bawah 3 tahun (anak, bayi dan janin) saja mungkin mencapai 15.600 (Jayachandran 2008).

Pemerintah Indonesia tidak sendirian dalam upaya meremehkan kerugian akibat kebakaran hutan. Di Malaysia dan Singapura juga, para pejabat pemerintah telah meremehkan dampak kesehatan dari asap lintas batas. Koplitz dkk. (2016) memperkirakan 6.500 kematian dini di Malaysia disebabkan oleh kebakaran tahun 2015, namun wakil direktur jenderal kesehatan negara tersebut Datuk S. Jeyaindran menanggapi penelitian tersebut dengan mengatakan, "Tidak ada hal seperti itu! Tidak ada kematian tahun lalu yang terkait langsung dengan kabut asap." (Straits Times 2016). Direktur Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Kementerian Kesehatan Singapura, Mr Mohamad Subuh, tidak terlalu bersikukuh mengenai perkiraan Koplitz dkk tentang 2.200 kematian di Singapura, dengan mengatakan "Saya tidak yakin angka-angka ini menggambarkan situasi yang sebenarnya. Jika itu hanya hitungan statistik, saya kira tidak tepat untuk menyimpulkan jumlah kematian sedemikian besar" (Arshad 2016). Meskipun demikian, Singapura tidak mengeluarkan angka kematian resmi sebagai tanggapan atas penelitian tersebut.

Sejumlah penelitian terkemuka secara konsisten menunjukkan dampak kesehatan manusia yang signifikan dan kematian yang dapat dihindari akibat asap dari kebakaran hutan di Indonesia. Ditambah dengan bukti baru bahwa polusi udara memperburuk risiko yang ditimbulkan oleh Covid-19, para peneliti telah menyatakan dengan jelas bahwa pemerintah perlu bertindak untuk mencegah kebakaran lebih lanjut. Ilmuwan yang meneliti dampak polusi udara pada infeksi harian di Tiongkok menyarankan pengurangan polusi udara sebagai "cara yang bermanfaat untuk mengendalikan infeksi Covid-19" (Zhu dkk. 2020). Bagi penduduk Indonesia dan negara-negara tetangga, melakukan segala upaya untuk menanggulangi Covid-19 berarti berusaha mengatasi krisis kebakaran hutan di Indonesia.

Polusi udara berpotensi meningkatkan laju infeksi Covid-19

Berbagai penelitian telah menetapkan bahwa paparan terhadap polusi udara meningkatkan kerentanan terhadap infeksi saluran pernapasan akibat virus secara umum (Domingo dan Rovira 2020). Terjadinya kabut polusi udara yang parah di Tiongkok telah dikaitkan dengan peningkatan penularan virus pernapasan syncytial (Ye dkk. 2016), influenza (Pan dkk. 2014) dan penyakit serupa influenza (Su dkk. 2019).

Dalam sebuah penelitian awal tahun ini bertajuk "Kaitan antara paparan polusi udara jangka pendek dan infeksi COVID-19: Bukti dari Tiongkok" (Zhu dkk. 2020) para peneliti mengamati kasus harian Covid-19 terkonfirmasi di 120 kota. Mereka menemukan paparan jangka pendek²³ terhadap polusi udara yang lebih tinggi (PM_{2.5}, PM₁₀, karbon monoksida, ozon dan nitrogen dioksida) berkaitan dengan peningkatan yang signifikan secara statistik dalam jumlah orang positif Covid-19. Namun, Zhu dkk. memperingatkan bahwa mereka tidak mencoba mengidentifikasi mekanisme penyebab di balik hubungan ini.

Sebuah penelitian serupa yang difokuskan hanya pada polusi udara partikulat di 72 kota di Tiongkok menemukan bahwa setiap peningkatan konsentrasi polusi udara PM_{2.5} sebesar 10µg/m³ akan meningkatkan risiko relatif infeksi Covid-19 sebesar 64% (Bo Wang dkk. 2020).

Mekanisme yang mungkin yang telah diajukan untuk menjelaskan mengapa polusi udara memperburuk infeksi virus pernapasan meliputi: stres oksidatif dari polutan, menghasilkan radikal bebas di paru-paru yang meningkatkan kerentanan terhadap infeksi virus dan memperburuk infeksi melalui peningkatan respons inflamasi; depresi makrofag di paru-paru, yang berperan penting dalam menyerang virus dan membuang sel-sel yang terinfeksi virus; dan pengurangan atau perubahan pada protein surfaktan pelindung, membuat sistem kekebalan bawaan tubuh kurang mampu mencegah infeksi (Cienciewicki dan Jaspers 2007). Mekanisme lain yang baru-baru ini diidentifikasi adalah kerusakan akibat polusi pada silia saluran napas – yaitu bulu-bulu kecil yang bergetar bersama untuk membersihkan lendir dan kontaminan (Cao dkk. 2020).

Sebuah eksperimen unik untuk meneliti dampak kabut asap kebakaran hutan Indonesia pada sel manusia memberikan wawasan tambahan tentang potensi risiko yang ditimbulkan oleh virus pernapasan. Penelitian ini memaparkan sel paru-paru epitel manusia ke asap yang berasal dari Indonesia selama peristiwa kabut asap lintas batas di Singapura, 2010. Pavagadhi dkk. (2013) menemukan bahwa sel paru-paru, yang terpapar secara in vitro selama dua hari terhadap partikel PM_{2.5} yang dihirup, mengalami 2,5 kali penurunan viabilitas sel sementara kematian sel hampir dua kali lipat dibandingkan dengan yang terjadi pada kelompok kontrol. Mekanisme yang diajukan untuk menjelaskan kerusakan ini mencakup bukti-bukti stres oksidatif tingkat tinggi.

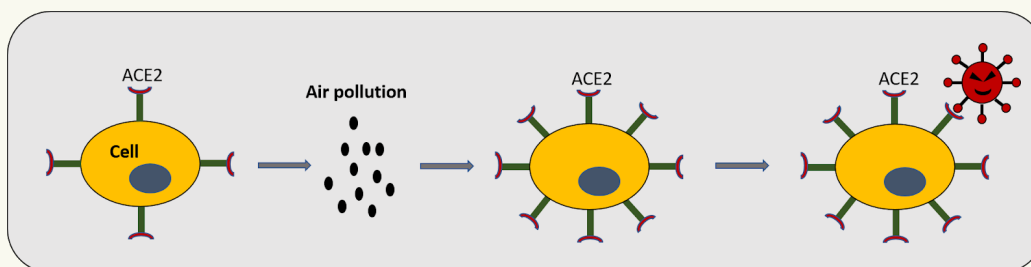
Deskripsi singkat tentang interaksi antara virus korona dan sel manusia memberi sebuah teori tambahan mengapa polusi udara mungkin menjadi salah satu faktor pada pasien Covid-19.

Virus korona, termasuk SARS-CoV-2, dinamai sesuai dengan penampakan 'kaki-kaki' glikoprotein mirip mahkota (corona) yang mengelilingi setiap partikel virus. Kaki-kaki yang dimiliki oleh SARS-CoV-1 asli (yang menyebabkan SARS) dan SARS-CoV-2 (yang menyebabkan Covid-19) memungkinkan virus ini

untuk menginfeksi inang manusia dengan mengikat reseptor yang terjadi secara alami di permukaan sel, disebut angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2). Kaki-kaki Covid-19 (SARS-CoV-2) telah terbukti memiliki afinitas pengikatan ke ACE2 yang 10-20 kali lebih besar dibandingkan dengan SARS-CoV-1 (Ni dkk. 2020).

Jadi, ACE2 sangat penting untuk masuknya SARS-CoV-2; sel-sel yang tidak memilikinya telah terbukti kebal dari infeksi (Ni dkk. 2020). Mereka ditemukan dalam jumlah yang berbeda di berbagai jaringan tubuh manusia: mereka diekspresikan dengan kuat di sel-sel alveolar jauh di dalam paru-paru, yang merupakan titik utama infeksi. Mereka juga ditemukan pada tingkat-tingkat yang berbeda di orang-orang yang berbeda. Tingkat ekspresi ACE2 secara signifikan lebih rendah pada anak-anak, meningkat dengan setiap kategori usia hingga dewasa, yang dianggap menjelaskan mengapa anak-anak memiliki risiko lebih rendah dari virus ini (UNICEF 2020).

Ini membawa kita ke mekanisme yang diajukan untuk menjelaskan tingkat infeksi yang tinggi di daerah berpolusi. Ada bukti bahwa sel paru-paru (dari manusia dan tikus) yang terpapar polusi partikulat mengekspresikan lebih banyak ACE2 (Miyashita dkk. 2020; Baoming Wang dkk. 2020). Peningkatan ekspresi ACE2 juga ditemukan di paru-paru perokok. Ironisnya, hal itu dispekulasikan sebagai respons perlindungan (Miyashita dkk. 2020), namun respons yang tampaknya menempatkan orang pada risiko lebih besar terinfeksi Covid-19 – tingkat ACE2 yang lebih tinggi berpotensi memberi peluang lebih besar bagi kaki-kaki virus untuk mengikatkan diri. Diagram di bawah menggambarkan mekanisme yang diajukan ini:



Ilustrasi milik Baoming Wang dan Brian Oliver

Para peneliti di Italia berspekulasi bahwa SARS-CoV-2, virus penyebab Covid-19, dapat menempel pada materi partikulat, membantunya bertahan lebih lama di udara luar yang berpolusi tinggi (Setti dkk. 2020). Mereka mendasarkan ini pada temuan-temuan positif materi genetik virus SARS-CoV-2 (meskipun tidak berarti tidak akan berubah di kemudian hari) saat mengambil sampel materi partikulat udara luar. Setiap partikel SARS-CoV-2 berdiameter antara 60 hingga 140 nm, kira-kira 20 kali lebih kecil dari polusi udara kategori $PM_{2.5}$. Partikel jelaga halus seukuran ini yang dihasilkan dari pembakaran hidrokarbon seringkali memiliki daya rekat yang kuat dan mampu berkumpul dengan partikel-partikel lain (Shi dkk. 2015). Para peneliti berspekulasi bahwa polusi udara partikulat dapat memberikan inti kondensasi untuk virus influenza (Wong dkk. 2009). Usulan ini tampaknya masuk akal, namun belum ada bukti langsung bahwa mekanisme khusus ini meningkatkan penularan Covid-19.

Selain faktor fisik ada juga pertimbangan lingkungan yang mungkin memiliki relevansi. Selama krisis kebakaran sebelumnya, polusi yang parah telah memaksa penduduk Kalimantan dan Sumatera untuk berlindung di tempat penampungan yang penuh sesak atau mengungsi ke kapal yang juga penuh sesak – pada tahun 2015 sebanyak 424.000 orang dievakuasi (Kantor Berita Radio 68H 2020). Orang-orang yang dievakuasi terpaksa berkumpul dalam kondisi berdekatan ini, pasti akan meningkatkan risiko penularan Covid-19.

Polusi udara memperburuk risiko bagi sebagian penderita Covid-19

Polusi udara berpotensi meningkatkan risiko manusia terinfeksi virus Covid-19, selain itu penelitian baru juga menunjukkan bahwa mereka yang sudah terinfeksi Covid-19 akan memperburuk kondisi pasien akibat terpapar polusi udara.

Sebelum munculnya Covid-19, paparan polusi udara diketahui telah memperburuk sejumlah infeksi virus pernapasan (Ciencewicki dan Jaspers 2007). Penelitian-penelitian yang dilakukan selama wabah SARS tahun 2002-2004 khususnya sangat relevan dalam hal ini.

SARS disebabkan oleh virus SARS-CoV-1, yang terkait erat dengan virus SARS-CoV-2 yang bertanggung jawab atas pandemi Covid-19 saat ini. Selama wabah SARS, para peneliti di Tiongkok menemukan bahwa polusi udara yang tinggi menggandakan risiko kematian akibat SARS dan berhipotesis bahwa efek merugikan yang diketahui dari paparan materi partikulat yang dihirup memperburuk perkembangan penyakit SARS (Cui dkk. 2003). Oleh karena itu, ada kekhawatiran bahwa paparan kabut asap dari kebakaran hutan dan lahan gambut di Indonesia dapat memperburuk risiko yang dihadapi oleh sebagian orang yang sudah terinfeksi Covid-19.

Penelitian untuk mengukur korelasi yang diamati antara paparan kronis terhadap polusi udara halus ($PM_{2.5}$) dengan risiko kematian akibat Covid-19 tengah berlangsung di Tiongkok, Eropa, dan AS.

Temuan awal tim peneliti yang diakui dunia dari Universitas Harvard menemukan bahwa di AS, sedikit peningkatan dalam polusi $PM_{2.5}$ dikaitkan dengan peningkatan terukur dalam tingkat kematian COVID-19 (Wu dkk. 2020). Penelitian ini, yang diterbitkan tanpa mengalokasikan waktu untuk tinjauan sejawat, bersama-sama dengan penelitian-penelitian lain yang dipublikasikan begitu awal dalam pandemi Covid-19, harus ditanggapi dengan kehati-hatian, karena sulitnya mengendalikan faktor-faktor kompleks termasuk dampak dari berbagai kebijakan pemerintah, kluster infeksi, dan kesulitan terkait ketersediaan dan akurasi tes-tes awal (Villeneuve dan Goldberg 2020). Namun, meskipun masih terlalu awal untuk mengukur sejauh mana polusi udara memperburuk tingkat kematian Covid-19, kaitan yang ditemukan oleh Wu dkk tampaknya dianggap kuat oleh peneliti-peneliti lain (Cole, Ozgen, dan Strobl 2020).

Sebuah penelitian yang mengukur kaitan antara kasus Covid-19 dan paparan polusi udara jangka panjang di Belanda telah memperkuat peran polusi $PM_{2.5}$ yang diidentifikasi oleh para peneliti dari Harvard. Cole dkk. (2020) menganalisis data polusi udara rata-rata selama periode 1995-2019 dari 355 kota di Belanda dan infeksi Covid-19 yang terkonfirmasi, rawat inap rumah sakit dan kematian hingga tanggal 5 Juni 2020. Pada saat itu, Belanda berada di antara sepuluh negara tertinggi tingkat kematian akibat Covid-19 per kapita, dengan sistem medisnya menyediakan sumber data yang kuat. Hubungan yang mencolok dan signifikan secara statistik ditemukan: peningkatan satu unit dalam paparan polusi $PM_{2.5}$ ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dikaitkan dengan peningkatan antara 13% dan 21,4% dalam jumlah kematian akibat Covid-19 rata-rata di seluruh kota di Belanda. Temuan ini sebanding dengan temuan para peneliti dari Universitas Harvard di atas.

Peradangan kronis akibat polusi udara juga menyebabkan apa yang digambarkan para peneliti di Italia sebagai 'hiper-aktivasi' dari sistem kekebalan bawaan, yang mereka hipotesiskan dapat berkontribusi pada respons kekebalan yang terlalu aktif dan mematikan terhadap infeksi Covid-19 (Conticini, Frediani, dan Caro 2020). Meskipun diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengkonfirmasi hipotesis ini, tingkat polusi udara industri yang tinggi di Italia Utara mungkin disalahkan sebagai 'faktor pendamping tambahan' atas tingginya tingkat kematian Covid-19 di sana.

Seperti disebutkan dalam Pendahuluan, mereka yang positif Covid-19 dengan penyakit bawaan memiliki resiko lebih besar untuk dirawat di rumah sakit atau akan kematian. Beberapa masalah kesehatan yang menonjol di antaranya adalah diabetes, hipertensi, penyakit kardiovaskular, dan kondisi paru-paru kronis termasuk asma dan penyakit paru obstruktif kronik (Garg 2020). Seperti yang telah kita lihat di bagian-bagian sebelumnya, sejumlah penyakit bawaan ini disebabkan atau diperburuk oleh polusi udara pada umumnya (Wu dkk. 2020), dan khususnya oleh kebakaran hutan (Reid dkk. 2016; Liu dkk. 2015) – termasuk karhutla yang kerap terjadi berulang kali di Indonesia (Cheong dkk. 2019; Ramakreshnan dkk. 2018).

Seperti perannya dalam infeksi awal yang dibahas sebelumnya, peningkatan kadar ACE2, kemungkinan melalui paparan polusi udara, dapat berperan dalam kasus Covid-19 yang lebih parah (Naughton dkk. 2020). Bahaya peningkatan ACE2 juga ditekankan dalam sebuah makalah baru yang melihat data pada 700 sampel paru-paru 'Produksi ACE2 Meningkat di Paru-Paru Pasien dengan Komorbiditas Terkait dengan Parahnya COVID-19 (Pinto dkk. 2020).



Anak-anak diselimuti asap tebal akibat kebakaran hutan di Desa Sei Ahass, Kabupaten Kapuas di Kalimantan Tengah. Penelitian menunjukkan anak-anak yang terpapar asap kebakaran hutan Indonesia menderita kesehatan yang buruk. Beberapa dokter Indonesia khawatir kesehatan yang buruk meningkatkan risiko yang dihadapi anak-anak dari Covid-19. | 24 Okt, 2015

Selain pasien dengan penyakit bawaan, apa pun yang berdampak pada kesehatan anak selama pandemi saat ini menjadi perhatian kita semua (UNICEF 2020). Tinggi dan berat badan untuk kelompok usianya

sering digunakan sebagai proksi untuk kesehatan umum anak-anak; Lo Bue (2019) menemukan bahwa anak-anak yang terpapar asap kebakaran hutan Indonesia mengalami penurunan pada kedua indikator tersebut. Ikatan Dokter Anak Indonesia (IDAI) menyalahkan kesehatan yang buruk di antara anak-anak miskin sebagai penyebab Indonesia termasuk di antara negara dengan angka kematian anak Covid-19 tertinggi di dunia (Yulisman 2020); pada bulan Juli, juru bicara IDAI mengumumkan bahwa 51 anak Indonesia meninggal karena Covid-19 (Wuragil 2020) dan pada bulan Agustus angka ini dilaporkan telah mencapai sekitar 100 (Arlinta 2020).

Semua pasien yang sembuh dari infeksi Covid-19, dan terutama para pasien yang pernah mengalami kerusakan paru-paru atau pembuluh darahnya, mungkin lebih rentan terhadap dampak kesehatan dari asap kebakaran hutan (CDC 2020). Dengan mencegah kebakaran, kita dapat membantu pemulihan mereka dari Covid-19. Dan sistem kesehatan Indonesia yang kekurangan sumber daya,²⁴ yang sudah berada di bawah tekanan yang belum pernah terjadi sebelumnya dari membanjirnya pasien Covid-19, tidak akan siap untuk menghadapi setiap beban tambahan pasien dengan penyakit yang berasal dari paparan asap kebakaran hutan.

Alasan untuk segera bertindak

Pejabat pemerintah dan politisi di Indonesia, secara konsisten gagal memprioritaskan memberikan sumber daya yang memadai untuk menangani dampak lingkungan dan kesehatan manusia dari kebakaran yang terjadi berulang kali. Selama musim kebakaran tahun 2015 saja, diperkirakan 11,3 juta ton karbon dioksida per hari dilepaskan ke atmosfer. Angka ini lebih tinggi dari tingkat emisi bahan bakar fosil di seluruh Uni Eropa²⁵ (Huijnen et al. 2016).

Selain dampak kesehatan manusia yang didokumentasikan sebelumnya dalam kajian ini, keanekaragaman hayati yang vital di kawasan hutan Indonesia juga terkena dampak yang sangat besar. Terutama ekosistem lahan gambut, yang telah rusak oleh kebakaran berulang kali, dengan kemungkinan yang sangat kecil untuk bisa pulih dengan cepat (Harrison, Page, dan Limin 2009; Page dkk. 2009). Berbagai spesies ikonik seperti orangutan, burung termasuk spesies yang penting bagi budaya seperti burung rangkong, dan lebih banyak lagi serangga, reptil, dan amfibi mengalami kematian yang sia-sia setiap tahunnya, akibat perusakan habitat mereka, serta paparan langsung terhadap api, asap dan abu (Syaufina 2018; Husson dkk. 2018; Barber dan Schweithelm 2000).



Otan, orangutan berusia 7 bulan yang diselamatkan dari kebakaran hutan di perkebunan kelapa sawit dekat desa Lingga, Kalimantan Barat. | 18 Sep, 2015

Selain dampak lingkungan langsung dari kebakaran di Indonesia, polusi udara lintas batas telah tercatat berdampak pada jumlah keanekaragaman hayati di Singapura (Lee, Davies, dan Struebig 2017). Munculnya virus Nipah, penyakit zoonosis baru yang mematikan, bahkan telah dikaitkan dengan krisis kebakaran di Indonesia tahun 1997-1998, ketika dampak kabut asap lintas batas diperkirakan telah

menyebabkan rubah terbang Malaysia yang membawa virus ini keluar dari hutan dan masuk ke perkebunan-perkebunan (Looi dan Chua 2007). Kecuali kita membalikkan pola konsumsi kita yang tidak berkelanjutan, perusakan lingkungan alam, dan degradasi jasa ekosistem, baru kita dapat memperkirakan banyak penyakit zoonosis yang lebih serius, seperti Covid-19, yang akan muncul di masa depan (Everard dkk. 2020).

Pembatasan jarak sosial yang diperlukan untuk memperlambat penyebaran Covid-19 diperkirakan akan menyulitkan bagi petugas pemadam kebakaran dalam mengatasi karhutla (Singapore Institute of International Affairs 2020). Ini mungkin berarti musim kebakaran tahun 2020 lebih buruk daripada yang seharusnya, dan masalah ini dapat berlanjut hingga tahun 2021 jika pandemi masih belum dapat dikendalikan.

Biaya ekonomi dari kebakaran yang berulang di Indonesia sangat besar. Kebakaran tahun 2015 diperkirakan telah merugikan Indonesia di bidang kehutanan, pertanian, pariwisata dan industri lainnya sebesar US\$16 miliar (World Bank 2016), kebakaran tahun 2019 diperkirakan menelan kerugian sebesar US\$5,2 miliar (World Bank 2019).

Perusakan hutan dan lahan gambut adalah sumber utama polusi udara

Meskipun kondisi iklim menentukan perbedaan skala antara tahun-tahun 'buruk' dan 'lebih buruk', perusakan hutan dan pengeringan lahan gambut diakui sebagai penyebab utama krisis kebakaran hutan di Indonesia (Huijnen dkk. 2016; Page dkk. 2009; Barber dan Schweithelm 2000). Para pejabat, mulai dari juru bicara Polri, Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana hingga Presiden Joko Widodo, semuanya menyatakan bahwa ulah manusia menjadi penyebab hampir setiap kebakaran hutan selama krisis kebakaran hutan tahun 2019 (Regan 2019; Prabowo 2019; Detikcom 2020).

Konsesi komersial yang diberikan kepada perusahaan penebangan dan perkebunan kelapa sawit dan HTI, masing-masing mencakup ribuan hektar. Marlier dkk. (2015) meneliti polusi udara selama musim kebakaran tahun 2006 di Indonesia dan memperkirakan bahwa asap kebakaran dari ketiga jenis konsesi perusahaan ini menyumbang 41% dari total emisi kebakaran di Sumatera, dan 27% dari kebakaran di Kalimantan.

Lahan gambut tidak mencapai 8% dari total luas daratan Indonesia, namun mencakup 40% dari semua lahan yang terbakar di dalam konsesi perusahaan kelapa sawit dan HTI selama periode 2015-2019 (535.543 ha, menurut analisis Greenpeace). Sementara itu, 71.248 hektar lahan gambut di dalam konsesi terbakar dua kali atau lebih selama periode lima tahun tersebut – beberapa area bahkan terbakar hingga lima kali. Kebakaran yang berulang kali terjadi di lahan gambut yang dikelola oleh perusahaan yang sama merupakan bukti bahwa baik industri maupun pemerintah tidak bertindak cukup untuk menghentikannya.

Dari total luas lahan gambut Indonesia yang dikonversi menjadi perkebunan industri pada tahun 2015, 73%-nya adalah untuk kelapa sawit (Miettinen, Shi, dan Liew 2016). Meskipun ada komitmen dari para 'pemimpin industri keberlanjutan' selama satu dekade terakhir, merek-merek dagang utama ditemukan masih terkait dengan ribuan titik api selama krisis kebakaran tahun 2019 di Indonesia (Greenpeace International 2019).



© Ulet Ifansasti / Greenpeace

Warga mengungsi dengan truk, melewati asap yang mengepul dari perkebunan kelapa sawit di lahan gambut yang baru saja dibuka di Rokan Hulu, Riau, Sumatera. | 23 Jun, 2013

Selain pengembangan industri kelapa sawit, pengeringan dan konversi lahan gambut yang menghancurkan juga terjadi untuk Proyek Lahan Gambut Sejuta Hektar di Kalimantan Tengah. Proyek yang dimulai pada tahun 1996 dan secara resmi ditinggalkan pada tahun 1999, tidak hanya gagal menghasilkan pangan, namun juga menimbulkan risiko kebakaran yang berkepanjangan (Barber dan Schweithelm 2000; Page dkk. 2009; Limin, Jentha, dan Yunsiska 2007). Rencana baru Presiden Joko Widodo untuk mengubah lahan gambut yang lebih rentan di Kalimantan Tengah menjadi lahan pertanian berskala besar berisiko mengulangi kesalahan yang sama dan kedepannya menyebabkan kebakaran lahan gambut lebih lanjut (Greenpeace Southeast Asia 2020).

Jika hutan dan lahan gambut terus terbakar, dan tanpa peningkatan komitmen nol deforestasi yang signifikan dari dunia industri dan pemerintah, penelitian pemodelan memprediksi asap kebakaran hutan akan menyebabkan rata-rata kematian dini tahunan sebesar 36.000 di seluruh Indonesia dan negara tetangga Singapura dan Malaysia (Marlier dkk. 2019).

Sumber daya dan alat untuk melakukan perubahan

Mencegah dampak kesehatan dari kebakaran bukanlah masalah sederhana, sekadar mengarahkan lebih banyak sumber daya publik dan swasta untuk memadamkan kebakaran. Akar penyebabnya harus diatasi: deforestasi untuk perkebunan industri harus dihentikan, lahan gambut yang dikeringkan dan rusak harus dibasahi kembali dan direstorasi dengan hutan alam yang tahan api.



Ekskavator perusahaan menggali saluran drainase di perbatasan antara sisa hutan hujan dan tunggul yang hangus akibat kebakaran di lahan gambut yang baru saja dibuka di perkebunan kelapa sawit PT Rokan Adiraya Plantation dekat desa Sontang di Rokan Hulu, Riau, Sumatera. | 24 Jun, 2013

Tanggung jawab hukum perusahaan atas kebakaran di lahan mereka sudah ditetapkan. Regulasi-regulasi perlindungan gambut, meskipun cacat, sudah ada. Badan tunjukkan pemerintah telah dibentuk untuk mengawasi proses restorasi gambut. Penelitian dan sumber daya baru sedang dikembangkan. Desakan Presiden Joko Widodo untuk mencegah kebakaran kerap diulang. Sarananya telah tersedia. Namun, pemerintah pusat, daerah dan setempat secara konsisten memilih untuk tidak menegakkan hukum atau memberdayakan Badan ini.

Badan Restorasi Gambut Indonesia (BRG) ditugaskan untuk merestorasi 2 juta hektar lahan gambut, namun tidak menerima dana sekitar \$4,6 miliar yang dibutuhkan untuk mencapai target pemulihan lahan gambut seluas 2 juta hektar (Hansson dan Dargusch 2018). Selain itu, tugas BRG akan berakhir pada akhir tahun 2020, dan dengan hanya beberapa bulan tersisa di tahun tersebut masih belum ada indikasi apakah mandatnya akan diperpanjang oleh Presiden Joko Widodo, atau apakah beliau akan melimpahkan fungsinya ke dalam kementerian yang ada, seperti yang beliau lakukan dengan Dewan Perubahan Iklim Nasional (DNPI) dan Badan Pengurangan Emisi Nasional dari Deforestasi dan Degradasi Hutan (BP REDD+) (Afiff 2020).

Strategi harus dibentuk lewat penelitian akan aspek ekonomi politik yang mendorong keputusan yang kemudian berujung pada kebakaran, termasuk kontrol regulasi dan korupsi oleh oligarki daerah (Purnomo dkk. 2017; Hergoualc'h dkk. 2018; Berenschot 2015). Strategi-strategi ini juga harus memanfaatkan pendekatan-pendekatan yang bermunculan seperti Alat Kebijakan Asap (Smoke Policy Tool)²⁶ yang diajukan Marlier dkk. (2019) untuk mengarahkan sumber daya restorasi gambut yang terbatas dan upaya lain demi kepentingan kesehatan masyarakat luas. Untuk perkebunan yang sudah

ada di lahan gambut, di mana perusahaan tidak bersedia membasahi seluruh lahan gambutnya, tinggi permukaan air tanah harus dipantau secara real time untuk meminimalkan penurunan gambut, emisi karbon dan risiko kebakaran, dengan menggunakan teknologi terbaik yang tersedia (Vernimmen dkk. 2020).

Kewajiban hukum

Indonesia memiliki sejumlah regulasi yang telah ditetapkan, yang jika diterapkan oleh pemerintah dan perusahaan dan ditegakkan melalui sanksi administratif dan hukum, akan sangat membantu dalam mengurangi kebakaran hutan. Berbagai regulasi ini termasuk undang-undang umum perlindungan lingkungan, peraturan perlindungan lahan gambut, larangan penggunaan api untuk membuka lahan, dan perintah pencegahan dan pengendalian kebakaran, termasuk aturan rinci yang menentukan peralatan pemantauan dan pemadam kebakaran yang harus dipasang oleh perusahaan perkebunan.²⁷

Landasan dari rezim hukum ini adalah tanggung jawab perusahaan yang ketat terkait dengan kebakaran hutan, yang berarti bahwa perusahaan kehutanan, perkebunan atau pertambangan secara hukum bertanggung jawab atas setiap kebakaran di lahan mereka, terlepas dari sumber penyulutnya (Saputra 2019).

Di tahun 2014, sebuah unit yang dibentuk oleh Presiden (saat itu) Susilo Bambang Yudhoyono melakukan audit kepatuhan pencegahan kebakaran bekerja sama dengan Pemerintah Provinsi Riau. Tidak satu pun dari ke-17 perusahaan kehutanan dan perkebunan yang diaudit didapati patuh, meskipun ada riwayat kebakaran di lahan mereka sebelumnya. Ketua audit menyarankan agar izin perusahaan segera dicabut jika kebakaran terjadi kembali di lahan konsesi mereka (Mongabay 2014).



Dulunya merupakan hutan gambut, kawasan di dekat Suaka Margasatwa Nyaru Menteng ini telah dibuka, dibakar, dan ditanami bibit kelapa sawit. Daerah Palangkaraya, Kalimantan Tengah. | 27 Okt, 2015

Tahun berikutnya, Indonesia mengalami salah satu musim kebakaran hutan terburuk yang pernah dicatat, dengan 2.600.000 ha lahan terbakar selama tahun 2015. Terlepas dari rekomendasi audit tahun 2014 di atas dan janji-janji baru akan tindakan tegas oleh Presiden Joko Widodo saat ini, analisis oleh Greenpeace Asia Tenggara (2019a) menemukan bahwa tidak ada perusahaan perkebunan kelapa sawit yang dicabut izinnya atas kebakaran hutan antara tahun 2015 dan 2018. Dari perusahaan kayu industri/perkebunan kayu pulp dengan kebakaran di konsesinya pada periode yang sama, hanya tiga yang izinnya dicabut.

Terlepas dari sejumlah kasus pengadilan negeri yang berhasil meminta pertanggungjawaban finansial perusahaan perkebunan atas kebakaran, analisis pada tahun 2019 menunjukkan denda dan kompensasi ratusan juta dolar masih belum dibayarkan (Wright 2019).

Kurangnya implementasi putusan hukum terkait kasus lahan dan kehutanan, termasuk karhutla, bisa diperparah oleh krisis Covid-19, dengan sumber daya penegakan hukum kehutanan dialihkan ke kegiatan merespon krisis. Anggaran tahun 2020 untuk Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, yang mengelola pasukan pemadam kebakaran Manggala Agni, telah dipotong sebesar Rp.1,5 triliun (US\$100 juta) untuk menanggapi Covid-19.²⁸

Gugatan warga untuk mencegah kebakaran hutan

Frustrasi dengan kelambanan pemerintah selama bertahun-tahun atas kebakaran hutan, pada tahun 2016 sejumlah warga Kalimantan Tengah mengajukan gugatan kepada pemerintah provinsi dan pusat, termasuk Presiden Joko Widodo. Gugatan warga adalah sebuah langkah hukum untuk memastikan hukum yang ada ditegakkan – dalam hal ini, Undang-Undang Lingkungan Hidup nasional.

Mahkamah Agung mengabulkan gugatan warga, meminta pertanggungjawaban pemerintah karena gagal mencegah kebakaran (Mahkamah Agung Indonesia 2019), dan memerintahkan Presiden untuk mengeluarkan keputusan untuk membentuk tim gabungan pemerintah pusat dan provinsi untuk mengatasi kebakaran dengan:

- Meninjau dan merevisi izin penebangan dan perkebunan sesuai dengan kapasitas ekologi dan risiko kebakaran;
- Mengambil langkah hukum – pidana, perdata dan administratif – terhadap perusahaan yang melakukan pembakaran di lahan mereka; dan
- Menyusun peta jalan untuk memastikan pencegahan dan penanganan kebakaran, serta restorasi lingkungan dan pemulihan korban.

Perintah tambahan dibuat oleh Mahkamah Agung, termasuk:

- Masyarakat Kalimantan Tengah harus mendapat layanan rumah sakit gratis untuk kasus paparan asap;
- Rumah sakit khusus didirikan untuk menangani kasus penyakit pernapasan dan penyakit lainnya akibat polusi udara dari kebakaran hutan;
- Tim pemadam kebakaran didanai, dilengkapi, dan diberikan pelatihan setidaknya tiga kali setahun;

- Rencana evakuasi polusi udara dan tempat penampungan bebas polusi disiapkan; dan
- Sebuah sistem dibangun untuk memastikan transparansi tentang perusahaan di Kalimantan Tengah yang mengalami kebakaran di lahan mereka, dan mereka harus menyiapkan alokasi untuk perlindungan lingkungan.

Selain gugatan warga ini, ada perintah lama Mahkamah Agung agar pemerintah pusat menerbitkan peta lengkap yang menunjukkan lahan yang telah diserahkan kepada perusahaan untuk konsesi kelapa sawit (Mongabay 2017).

Meskipun putusan berasal dari pengadilan tertinggi di Indonesia, dan telah banyak seruan berulang kali agar perintah tersebut diberlakukan, pemerintahan Presiden Joko Widodo terus mengabaikan putusan yang dikeluarkan bulan Maret 2017 tersebut. Harus dilihat apakah pemerintah juga akan memilih untuk mengabaikan putusan Mahkamah Agung dalam gugatan warga yang baru ini.

Tanggung jawab lintas batas ASEAN

Selain konsesi yang dimiliki oleh perusahaan-perusahaan yang berbasis di Indonesia, pada tahun 2019 Greenpeace mendokumentasikan konsesi perkebunan di mana ditemukan kebakaran yang terkait dengan perusahaan grup yang berbasis di Malaysia dan Singapura. Kelompok usaha yang memiliki kaitan ke Malaysia termasuk IOI, Genting, dan KLK, sedangkan yang terhubung ke Singapura termasuk Bumitama dan Musim Mas (Greenpeace Southeast Asia 2019b).



Aktivis Greenpeace Asia Tenggara memanjat papan reklame untuk membentangkan spanduk pada hari pertama KTT ASEAN ke-35 di Bangkok, menyerukan tindakan segera untuk mengakhiri kabut asap lintas batas. | 2 Nov, 2019

Meskipun Singapura memiliki Undang-Undang Polusi Asap Lintas Batas (Transboundary Haze Pollution Act), pemerintah negara tersebut tidak mengambil tindakan serius untuk memastikan agar produsen, pedagang, atau merek dagang konsumen yang berbasis di Singapura atau yang pemiliknya berbasis di Singapura diberi sanksi yang sesuai atas kontribusi mereka terhadap kebakaran tersebut.

Malaysia juga tidak mengambil tindakan hukum meskipun ada dampak kesehatan terhadap warganya sendiri, dan ada mekanisme hukum yang menurut para ahli dapat ditempuh.²⁹ Sayangnya, pemerintah Malaysia saat ini telah memutuskan untuk membatalkan rencana pemerintahan sebelumnya mengesahkan RUU khusus kabut asap, yang serupa dengan UU Singapura di atas.³⁰

Solusi untuk krisis kesehatan kebakaran hutan Indonesia

Sebuah tinjauan terhadap riwayat dampak masif kebakaran hutan terhadap kesehatan manusia di seluruh kawasan ASEAN, ditambah semakin banyaknya bukti-bukti baru yang menunjukkan bahwa polusi udara meningkatkan risiko dan dampak infeksi virus Covid-19, menjadi sebuah alasan tak terbantahkan untuk segera mengambil tindakan yang menghentikan kebakaran hutan di Indonesia.

Lindungi, basahi kembali dan pulihkan lahan gambut

- Lahan gambut yang dikeringkan harus dibasahi kembali dengan menutup kembali kanal-kanal pengeringan. Tingkat air tanah harus terus-menerus dipantau.
- Hentikan rencana untuk mengkonversi lahan gambut Kalimantan Tengah menjadi lahan pangan.
- Perusahaan harus memastikan mereka tidak membuka lahan gambut atau menggunduli hutan untuk membuka perkebunan. Mereka harus melakukan ini dengan mengadopsi Pendekatan Stok Karbon Tinggi dan berkomitmen terhadap NDPE (Tanpa Deforestasi, Tanpa Gambut, Tanpa Eksploitasi).

Transparansi

- Tingkatkan sistem pemantauan kualitas udara Indonesia dengan membuat lebih banyak stasiun yang memberi masyarakat luas akses ke data yang mencakup tingkat PM2,5 di daerah-daerah yang rawan polusi udara akibat kebakaran hutan.
- Terbitkan berbagai peta yang lengkap dari batas-batas perusahaan perkebunan dalam format shapefile.
- Terbitkan secara rutin audit pemerintah terhadap kepatuhan perusahaan perkebunan terhadap regulasi yang dirancang untuk mencegah kebakaran hutan. Jangan sampai ini hanya berupa tindakan di atas kertas – pelatihan dan kesiapan staf harus dikaji dan semua perlengkapan harus diuji agar berfungsi dengan benar sesuai peruntukannya.

Batalkan izin dan bawa kasus-kasus kebakaran ke pengadilan

- Pejabat pemerintah harus membantu aparat pengadilan untuk memastikan upaya peradilan dijalankan; efek jera dalam bentuk finansial hanya akan berhasil jika perusahaan diwajibkan membayar denda dan kompensasi.
- Pemerintah harus menerapkan sanksi administratif yang kuat dengan membatalkan izin perusahaan-perusahaan yang gagal mencegah kebakaran-kebakaran yang serius.

Terapkan Hukum Lingkungan dan putusan Mahkamah Agung tentang gugatan masyarakat

- Pemerintah nasional dan provinsi harus memenuhi kewajiban mereka untuk mencegah kebakaran hutan di bawah Hukum Lingkungan dan regulasi-regulasi terkait. Ini mencakup melaksanakan putusan Mahkamah Agung, tidak hanya di Kalimantan Tengah namun juga di semua provinsi di mana kebakaran hutan terjadi secara rutin.

Lindungi undang-undang lingkungan yang ada dari pelemahan lewat RUU Omnibus

- Pemerintah harus menghentikan upaya mendorong deregulasi lingkungan lewat RUU Omnibus yang dikecam oleh masyarakat luas. RUU tersebut, jika diloloskan, akan menghapus tanggung jawab perusahaan yang ketat atas kebakaran, meniadakan persyaratan untuk studi dampak lingkungan, membatasi partisipasi publik, dan memuat langkah-langkah yang membawa kemunduran lainnya. Melemahkan perlindungan akan meningkatkan risiko kebakaran hutan.



Puluhan manekin dipasang untuk mewakili para aktivis yang tidak bisa menggelar protes massal menentang RUU Cipta Kerja saat pandemi Covid-19. Protes di depan gedung DPR di Jakarta menentang pelemahan perlindungan lingkungan. | 29 Jun, 2020

Pemerintah ASEAN harus bertindak

- Pemerintah-pemerintah lain seperti pemerintah Malaysia dan Singapura harus menindak perusahaan dalam yurisdiksi mereka yang bertanggung jawab atas kebakaran hutan di Indonesia.

Catatan akhir

1. Di Indonesia dikenal sebagai karhutla – ‘kebakaran hutan dan lahan’.
2. ‘Kebakaran lanskap’ – yang dalam dokumen pengarah ini disebut sebagai ‘kebakaran hutan’ mencakup kebakaran hutan alam/liar dan hutan tetapan, kebakaran deforestasi tropis, kebakaran gambut, pembakaran untuk keperluan pertanian, dan kebakaran padang rumput.
3. Provinsi Kalimantan Utara dibentuk tahun 2012 setelah pemekaran Provinsi Kalimantan Timur.
4. Meskipun angka total ini tidak dibandingkan dengan angka total dari tahun-tahun sebelumnya, misalnya.
5. Namun, data perbandingan aktual tidak disajikan, dan masih belum sepenuhnya jelas apakah angka-angka ini terkait periode yang sama selama 1995-1996 dan 1997-1998.
6. Para penulis menyatakan bahwa mereka tidak melakukan perbandingan dengan kondisi sebelum krisis kebakaran hutan, atau dengan area-area yang tidak terdampak. Penelitian mereka oleh karenanya bukanlah bukti konklusif dari kausalitas (hubungan sebab akibat).
7. Di bawah pengawasan pakar akademik terkenal di bidang kebakaran hutan dari Institut Pertanian Bogor (IPB), Bambang Hero Saharjo.
8. Selama bulan Januari 2014 tercatat ada 22.000 kasus infeksi saluran pernapasan akut di Pekanbaru, dan selama tiga setengah bulan dari tanggal 29 Juni 2015 tercatat ada 14.208 kasus. Data ini tampaknya didapat dari dinas kesehatan kota meskipun tidak dinyatakan dengan jelas.
9. Di atas $150\mu\text{g}/\text{m}^3$.
10. Data untuk $\text{PM}_{2,5}$ tidak tersedia; standar kualitas udara Indonesia pada saat itu hanya merujuk pada polusi partikulat dalam kategori ukuran PM_{10} .
11. Metodologi dinas kesehatan masyarakat untuk mengaitkan penyebabnya tidak dijelaskan dan mungkin tidak dapat diandalkan.
12. Paparan terhadap asap kebakaran hutan berkorelasi dengan penurunan 90% standar deviasi tinggi badan untuk kelompok usia dan 70% standar deviasi berat badan untuk kelompok usianya.
13. [https://rappler.com/nation/philippines-suspects-haze-indonesia-fires and](https://rappler.com/nation/philippines-suspects-haze-indonesia-fires-and)
<https://cnnphilippines.com/news/2019/9/18/Cebu-Indonesia-haze.html>
14. <https://tuoitrenews.vn/society/30851/indonesia-forest-fires-to-blame-for-foggy-ho-chi-minh-city-expert>
15. <https://thediplomat.com/2019/09/southeast-asias-deadly-annual-haze-is-back/> dan <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:vbsHs-OGjToJ:https://www.khmertimeskh.com/32140/indonesian-haze-may-be-choking-cambodia/+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=au>
16. Satu peningkatan standar deviasi dalam indeks polusi udara menyebabkan peningkatan standar deviasi sebesar 0,35 dalam kunjungan mingguan ke poliklinik untuk perawatan infeksi saluran pernapasan bagian atas akut, yang secara statistik penting di tingkat satu persen.
17. $\text{PM}_{2,5}$ dan PM_{10} .
18. Penelitian ini menggunakan kelompok usia 0-18, 19-39, 40-64, dan 65+.
19. Di kalangan usia di atas 75 tahun di Kuching, risiko relatif mortalitas kardiovaskular adalah sebesar 3,121 dan sebesar 2,363 untuk mortalitas pernapasan, setelah seharian terpapar polusi udara tinggi. Di Kuala Lumpur, di kalangan usia di atas 65 tahun risiko relatif mortalitas kardiovaskular adalah sebesar 2,020 dan sebesar 1,946 untuk mortalitas pernapasan setelah seharian terpapar polusi udara tinggi.
20. Eksim semakin dikaitkan dengan polusi udara dalam penelitian-penelitian di tempat lain; lihat misalnya (Li dkk. 2016).
21. Tingkat PSI yang diukur di ibukota oleh Kementerian Kesehatan Brunei.
22. Di kota Phuket dan Surat Thani, serta dua di Hatyai, yang melayani 8,6 juta penduduk Thailand selatan di tahun 1999.
23. Korelasinya paling kuat selewat 14 hari. Gejala SARS-CoV-2 baru muncul beberapa hari setelah infeksi terjadi.
24. Dengan 3,7 dokter per 1000 penduduk
https://www.who.int/gho/health_workforce/physicians_density/en/
25. Rata-rata hitung (mean) tingkat emisi CO₂ sebesar 11,3 Tg per hari untuk kebakaran tahun 2015 di Indonesia melampaui tingkat emisi CO₂ dari bahan bakar fosil di seluruh Uni Eropa (8,9 Tg CO₂ per hari).

26. Lihat <https://smokepolicytool.users.earthengine.app/view/smoke-policy-tool>
27. UU 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Pasal 88); UU 39 tahun 2014 tentang Perkebunan (Pasal 56); UU 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan (Pasal 49); Permentan No 5 tahun 2018 tentang Pembukaan dan/atau Pengolahan Lahan Perkebunan tanpa Membakar; Permen LH No. 10 Tahun 2010 tentang Mekanisme Pencegahan Pencemaran dan/atau Kerusakan Lingkungan Hidup yang Berkaitan dengan Kebakaran Hutan dan/atau Lahan; Inpres No 3 Tahun 2020 tentang Penanggulangan Kebakaran Hutan dan Lahan; Permen LHK No. 32 Tahun 2016 tentang Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan.
28. <https://www.merdeka.com/uang/antisipasi-dampak-corona-klhk-sunat-anggaran-hingga-rp-15-triliun.html>
29. <https://www.malaymail.com/news/malaysia/2019/09/17/can-and-should-malaysia-sue-indonesia-over-transboundary-haze/1791227>
30. <https://www.malaysiakini.com/news/537188>

Daftar pustaka

- Abram, Nerilie J., Nicky M. Wright, Bethany Ellis, Bronwyn C. Dixon, Jennifer B. Wurtzel, Matthew H. England, Caroline C. Ummenhofer, et al. 2020. 'Coupling of Indo-Pacific Climate Variability over the Last Millennium'. *Nature* 579 (7799): 385–92. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2084-4>.
- Aditama, Tjandra Yoga. 2000. 'Impact of Haze from Forest Fire to Respiratory Health: Indonesian Experience'. *Respirology* 5 (2): 169–74. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1843.2000.00246.x>.
- Afiff, Suraya A. 2020. 'Badan Restorasi Gambut: Dibubarkan Atau Perlu Diperkuat?' *Tempo*. 27 July 2020. <https://kolom.tempo.co/read/1369613/badan-restorasi-gambut-dibubarkan-atau-perlu-diperkuat>.
- Aiken, S. Robert. 2004. 'Runaway Fires, Smoke-Haze Pollution, and Unnatural Disasters in Indonesia'. *Geographical Review* 94 (1): 55–79.
- Anaman, K.A., and N. Ibrahim. 2003. 'Statistical Estimation of Dose-Response Functions of Respiratory Diseases and Societal Costs of Haze-Related Air Pollution in Brunei Darussalam'. *Pure and Applied Geophysics* 160 (1): 279–93. <https://doi.org/10.1007/s00024-003-8778-3>.
- Arlinta, Deonisia. 2020. 'Kematian Covid-19 Masih Lebih Tinggi Dari Global, Lindungi Kaum Rentan'. *Kompas.Id*. 3 August 2020. <https://www.kompas.id/baca/kesehatan/2020/08/03/angka-kematian-akibat-covid-19-di-indonesia-masih-tinggi-dari-global-lindungi-kaum-rentan/>.
- Arshad, Arlina. 2016. 'Health Authorities Refute 100,000 Haze Death Estimate by US-Led Study'. *Text. The Straits Times*. 20 September 2016. <https://www.straitstimes.com/asia/se-asia/100000-haze-death-estimate-rejected>.
- Barber, Charles Victor, and James Schweithelm. 2000. *Trial by Fire : Forest Fires and Forestry Policy in Indonesia's Era of Crisis and Reform*. <https://portals.iucn.org/library/node/24313>.
- Berenschot, Ward. 2015. 'Haze of Democracy'. *Inside Indonesia*. 20 December 2015. <https://www.insideindonesia.org/haze-of-democracy>.

Betha, Raghu, Sailesh N. Behera, and Rajasekhar Balasubramanian. 2014. '2013 Southeast Asian Smoke Haze: Fractionation of Particulate-Bound Elements and Associated Health Risk'. *Environmental Science & Technology* 48 (8): 4327–35. <https://doi.org/10.1021/es405533d>.

Burki, Talha Khan. 2017. 'The Pressing Problem of Indonesia's Forest Fires'. *The Lancet. Respiratory Medicine* 5 (9): 685–86. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(17\)30301-6](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(17)30301-6).

Cai, Wenju, Agus Santoso, Guojian Wang, Sang-Wook Yeh, Soon-Il An, Kim M. Cobb, Mat Collins, et al. 2015. 'ENSO and Greenhouse Warming'. *Nature Climate Change* 5 (9): 849–59. <https://doi.org/10.1038/nclimate2743>.

Cai, Wenju, Guojian Wang, Bolan Gan, Lixin Wu, Agus Santoso, Xiaopei Lin, Zhaohui Chen, Fan Jia, and Toshio Yamagata. 2018. 'Stabilised Frequency of Extreme Positive Indian Ocean Dipole under 1.5 °C Warming'. *Nature Communications* 9 (1): 1419. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03789-6>.

Cao, Yu, Miao Chen, Dan Dong, Songbo Xie, and Min Liu. 2020. 'Environmental Pollutants Damage Airway Epithelial Cell Cilia: Implications for the Prevention of Obstructive Lung Diseases'. *Thoracic Cancer* 11 (3): 505–10. <https://doi.org/10.1111/1759-7714.13323>.

CDC, Centers for Disease Control and Prevention - National Center for Immunization and Respiratory Diseases (NCIRD), Division of Viral Diseases. 2020. 'Wildfire Smoke and COVID-19: Frequently Asked Questions and Resources for Air Resource Advisors and Other Environmental Health Professionals'. Centers for Disease Control and Prevention. 5 June 2020. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/php/smoke-faq.html>.

Chen, Lin, Tim Li, Yongqiang Yu, and Swadhin K. Behera. 2017. 'A Possible Explanation for the Divergent Projection of ENSO Amplitude Change under Global Warming'. *Climate Dynamics* 49 (11): 3799–3811. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3544-x>.

Cheong, Kang Hao, Nicholas Jinghao Ngiam, Geoffrey G. Morgan, Pin Pin Pek, Benjamin Yong-Qiang Tan, Joel Weijia Lai, Jin Ming Koh, Marcus Eng Hock Ong, and Andrew Fu Wah Ho. 2019. 'Acute Health Impacts of the Southeast Asian Transboundary Haze Problem-A Review'. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (18). <https://doi.org/10.3390/ijerph16183286>.

Chew, F. T., B. C. Ooi, J. K. S. Hui, R. Saharom, D. Y. T. Goh, and B. W. Lee. 1995. 'Singapore's Haze and Acute Asthma in Children'. *The Lancet* 346 (8987): 1427. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(95\)92443-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(95)92443-4).

Ciencewicki, Jonathan, and Ilona Jaspers. 2007. 'Air Pollution and Respiratory Viral Infection'. *Inhalation Toxicology* 19 (14): 1135–46. <https://doi.org/10.1080/08958370701665434>.

Cole, Matthew A., Ceren Ozgen, and Eric Strobl. 2020. 'Air Pollution Exposure and Covid-19'. 20–13. Discussion Papers. Discussion Papers. Department of Economics, University of Birmingham. <https://ideas.repec.org/p/bir/birmec/20-13.html>.

Conticini, Edoardo, Bruno Frediani, and Dario Caro. 2020. 'Can Atmospheric Pollution Be Considered a Co-Factor in Extremely High Level of SARS-CoV-2 Lethality in Northern Italy?' *Environmental Pollution* 261 (June): 114465. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114465>.

Crippa, P., S. Castruccio, S. Archer-Nicholls, G. B. Lebron, M. Kuwata, A. Thota, S. Sumin, E. Butt, C. Wiedinmyer, and D. V. Spracklen. 2016. 'Population Exposure to Hazardous Air Quality Due to the 2015 Fires in Equatorial Asia'. *Scientific Reports* 6 (1): 37074. <https://doi.org/10.1038/srep37074>.

Cui, Yan, Zuo-Feng Zhang, John Froines, Jinkou Zhao, Hua Wang, Shun-Zhang Yu, and Roger Detels. 2003. 'Air Pollution and Case Fatality of SARS in the People's Republic of China: An Ecologic Study'. *Environmental Health* 2 (1): 15. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-2-15>.

Dawud, Y. 1999. 'Smoke Episodes and Assessment of Health Impacts Related to Haze from Forest Fires: Indonesian Experience'. *Health Guidelines For Vegetation Fire Events*, World Health Organization, 481.

Detikcom. 2020. 'Jokowi: 99% Karhutla karena Manusia, Penegakan Hukum Harus Tanpa Kompromi'. *detiknews*. 23 June 2020. <https://news.detik.com/berita/d-5064497/jokowi-99-karhutla-karena-manusia-penegakan-hukum-harus-tanpa-kompromi>.

Domingo, José L., and Joaquim Rovira. 2020. 'Effects of Air Pollutants on the Transmission and Severity of Respiratory Viral Infections'. *Environmental Research* 187 (August): 109650. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109650>.

Emmanuel, Shanta Christina. 2000. 'Impact to Lung Health of Haze from Forest Fires: The Singapore Experience'. *Respirology* 5 (2): 175–82. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1843.2000.00247.x>.

Erou, Annisa, and Fajri Fadhillah. 2019. 'Inventarisasi & Status Mutu Udara Ambient'. Indonesian Centre for Environmental Law. 2019. <https://icel.or.id/wp-content/uploads/Revisi-Brief-ICEL-Inventarisasi-dan-status-mutu-udara-ambient-1.pdf>.

Everard, Mark, Paul Johnston, David Santillo, and Chad Staddon. 2020. 'The Role of Ecosystems in Mitigation and Management of Covid-19 and Other Zoonoses'. *Environmental Science & Policy* 111 (September): 7–17. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.05.017>.

Faisal, Fikri, Faisal Yunus, and Fachrial Harahap. 2012. 'Dampak Asap Kebakaran Hutan Pada Pernapasan'. *CDK-189/ Vol. 39 No. 1, Th. 2012*.

Frankenberg, Elizabeth, Douglas McKee, and Duncan Thomas. 2005. 'Health Consequences of Forest Fires in Indonesia'. *Demography* 42 (1): 109–29. <https://doi.org/10.1353/dem.2005.0004>.

Garg, Shikha. 2020. 'Hospitalization Rates and Characteristics of Patients Hospitalized with Laboratory-Confirmed Coronavirus Disease 2019 – COVID-NET, 14 States, March 1–30, 2020'. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report* 69. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6915e3>.

Grant, W B. 1999. 'Analytical Methods for Monitoring Smokes and Aerosols from Forest Fires: Review, Summary and Interpretation of Use of Data by Health Agencies in Emergency Response Planning'. *Health Guidelines For Vegetation Fire Events*, World Health Organization, 481.

Greenpeace International. 2019. 'Burning down the House: How Unilever and Other Global Brands Continue to Fuel Indonesia's Fires'. *Greenpeace Malaysia*. 12 November 2019. <https://www.greenpeace.org/malaysia/publication/2620/burning-down-the-house-how-unilever-and-other-global-brands-continue-to-fuel-indonesias-fires>.

- Greenpeace Southeast Asia. 2019a. 'Indonesian Forest Fires Crisis: Palm Oil and Pulp Companies with Largest Burned Land Areas Are Going Unpunished'. Greenpeace Southeast Asia. 24 September 2019. <https://www.greenpeace.org/southeastasia/publication/3106/3106>.
- . 2019b. 'Asean Haze 2019: The Battle Of Liability'. Greenpeace Southeast Asia. 1 November 2019. <https://www.greenpeace.org/southeastasia/press/3221/asean-haze-2019-the-battle-of-liability>.
- . 2020. 'Global Health Crisis, an Additional Reason to Protect and Restore Carbon-Rich Peatlands--Greenpeace'. Greenpeace Southeast Asia. 6 May 2020. <https://www.greenpeace.org/southeastasia/press/4017/greenpeace-global-health-crisis-an-additional-reason-to-protect-and-restore-carbon-rich-peatlands>.
- Handayuni, Linda, Ali Amran, and Abdul Razak. 2018. 'Kajian Dampak Kebakaran Hutan Dan Lahan Provinsi Riau Terhadap Biaya Pelayanan Kesehatan Pada Penyakit Ispa Di Kota Payakumbuh Sumatera Barat', 6.
- Hansson, Amanda, and Paul Dargusch. 2018. 'An Estimate of the Financial Cost of Peatland Restoration in Indonesia'. *Case Studies in the Environment* 2 (1): 1–8. <https://doi.org/10.1525/cse.2017.000695>.
- Harrison, Mark E, Susan E Page, and Suwido H Limin. 2009. 'Uncontrolled Fires across Indonesia Burn Large Areas of Peatland and Create Vast Palls of Smoke on an Almost Annual Basis. This Has Devastating Effects on Wildlife, Human Health, the Economy and Climate. Yet, More than 10 Years after the Massive Fires of 1997-98 Grabbed International Headlines, the Problem Is Still Far from Solved.' *Forest Fires* 56 (3): 8.
- Hergoualc'h, K, R Carmenta, S Atmadja, C Martius, D Murdiyarto, and H. Purnomo. 2018. *Managing Peatlands in Indonesia: Challenges and Opportunities for Local and Global Communities*. Center for International Forestry Research (CIFOR). <https://doi.org/10.17528/cifor/006449>.
- Hermawan, Asep, Miko Hananto, and Doni Lasut. 2016. 'Peningkatan Indeks Standar Pencemaran Udara (Ispu) Dan Kejadian Gangguan Saluran Pernapasan Di Kota Pekanbaru'. *Jurnal Ekologi Kesehatan* 15 (October). <https://doi.org/10.22435/jek.v15i2.4618.76-86>.
- Ho, Andrew F. W., Huili Zheng, Deidre A. De Silva, Win Wah, Arul Earnest, Yee H. Pang, Zhenjia Xie, et al. 2018. 'The Relationship Between Ambient Air Pollution and Acute Ischemic Stroke: A Time-Stratified Case-Crossover Study in a City-State With Seasonal Exposure to the Southeast Asian Haze Problem'. *Annals of Emergency Medicine* 72 (5): 591–601. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2018.06.037>.
- Ho Andrew Fu Wah, Zheng Huili, Earnest Arul, Cheong Kang Hao, Pek Pin Pin, Seok Jeon Young, Liu Nan, et al. 2019. 'Time-Stratified Case Crossover Study of the Association of Outdoor Ambient Air Pollution With the Risk of Acute Myocardial Infarction in the Context of Seasonal Exposure to the Southeast Asian Haze Problem'. *Journal of the American Heart Association* 8 (6): e011272. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.011272>.
- Huijnen, V., M. J. Wooster, J. W. Kaiser, D. L. A. Gaveau, J. Flemming, M. Parrington, A. Inness, D. Murdiyarto, B. Main, and M. van Weele. 2016. 'Fire Carbon Emissions over Maritime Southeast Asia in 2015 Largest since 1997'. *Scientific Reports* 6 (1): 26886. <https://doi.org/10.1038/srep26886>.

Husson, S.J., Limin, S.H., Adul, Boyd, N.S., Brousseau, J.J., Collier, S., Cheyne, S.M., Arcy, D' L.J., Dow, R.A., and Schreven, Stijn. 2018. 'Biodiversity of the Sebangau Tropical Peat Swamp Forest, Indonesian Borneo'. *Mires and Peat* 22: 1–50. <https://doi.org/10.19189/map.2018.omb.352>.

Irawan, Angki, Adi Heru Sutomo, and Sukandarrumidi Sukandarrumidi. 2017. 'Indeks Standar Pencemaran Udara, Faktor Meteorologi Dan Infeksi Saluran Pernapasan Akut Di Pekanbaru'. *Berita Kedokteran Masyarakat* 33 (5): 225–32. <https://doi.org/10.22146/bkm.12669>.

Jayachandran, Seema. 2008. 'Air Quality and Early-Life Mortality: Evidence from Indonesia's Wildfires'. Working Paper 14011. Working Paper Series. National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w14011>.

Jayarathne, Thilina, Chelsea E. Stockwell, Ashley A. Gilbert, Kaitlyn Daugherty, Mark A. Cochrane, Kevin C. Ryan, Erianto I. Putra, et al. 2018. 'Chemical Characterization of Fine Particulate Matter Emitted by Peat Fires in Central Kalimantan, Indonesia, during the 2015 El Niño'. *Atmospheric Chemistry and Physics* 18 (4): 2585–2600. <https://doi.org/10.5194/acp-18-2585-2018>.

Johnston, Fay, Henderson Sarah B., Chen Yang, Randerson James T., Marlier Miriam, DeFries Ruth S., Kinney Patrick, Bowman David M.J.S., and Brauer Michael. 2012. 'Estimated Global Mortality Attributable to Smoke from Landscape Fires'. *Environmental Health Perspectives* 120 (5): 695–701. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104422>.

Kantor Berita Radio 68H. 2020. 'Waspada, Ancaman Karhutla di Tengah Pandemi Covid-19'. kbr.id. 2020. https://kbr.id/nasional/06-2020/waspada__ancaman_karhutla_di_tengah_pandemi_covid_19/103256.html.

Kiely, Laura, Dominick V. Spracklen, Christine Wiedinmyer, Luke A. Conibear, Carly L. Reddington, Stephen R. Arnold, Christoph Knote, et al. 2020. 'Air Quality and Health Impacts of Vegetation and Peat Fires in Equatorial Asia during 2004 – 2015'. *Environmental Research Letters*. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9a6c>.

Koplitz, S. N., L. J. Mickley, D. J. Jacob, M. E. Marlier, R. S. DeFries, D. L. A. Gaveau, B. Locatelli, J. S. Reid, P. Xian, and S. S. Myers. 2018. 'Role of the Madden-Julian Oscillation in the Transport of Smoke From Sumatra to the Malay Peninsula During Severe Non-El Niño Haze Events'. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 123 (11): 6282–94. <https://doi.org/10.1029/2018JD028533>.

Koplitz, S. N., Loretta J. Mickley, Miriam E. Marlier, Jonathan J. Buonocore, Patrick S. Kim, Tianjia Liu, Melissa P. Sulprizio, et al. 2016. 'Public Health Impacts of the Severe Haze in Equatorial Asia in September–October 2015: Demonstration of a New Framework for Informing Fire Management Strategies to Reduce Downwind Smoke Exposure'. *Environmental Research Letters* 11 (9): 094023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/9/094023>.

Kunii, Osamu, Shuzo Kobayashi, Iwao Yajima, Yoshiharu Hisamatsu, Sombo Yamamura, Takashi Amagai, and Ir Ismail. 2002. 'The 1997 Haze Disaster in Indonesia: Its Air Quality and Health Effects'. *Archives of Environmental Health* 57 (January): 16–22. <https://doi.org/10.1080/00039890209602912>.

- Lee, Benjamin P. Y.-H., Zoe G. Davies, and Matthew J. Struebig. 2017. 'Smoke Pollution Disrupted Biodiversity during the 2015 El Niño Fires in Southeast Asia'. *Environmental Research Letters* 12 (9): 094022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa87ed>.
- Li, Qiao, Yingying Yang, Renjie Chen, Haidong Kan, Weimin Song, Jianguo Tan, Feng Xu, and Jinhua Xu. 2016. 'Ambient Air Pollution, Meteorological Factors and Outpatient Visits for Eczema in Shanghai, China: A Time-Series Analysis'. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13 (11). <https://doi.org/10.3390/ijerph13111106>.
- Limin Suwido, Jentha, and Yunsiska Ermiasi. 2007. 'History of the Development of Tropical Peatland in Central Kalimantan, Indonesia'. *Tropics* 16 (3): 291–301. <https://doi.org/10.3759/tropics.16.291>.
- Liu, Jia C., Gavin Pereira, Sarah A. Uhl, Mercedes A. Bravo, and Michelle L. Bell. 2015. 'A Systematic Review of the Physical Health Impacts from Non-Occupational Exposure to Wildfire Smoke'. *Environmental Research* 136 (January): 120–32. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.10.015>.
- Lo Bue, Maria C. 2019. 'Early Childhood during Indonesia's Wildfires: Health Outcomes and Long-Run Schooling Achievements'. *Economic Development and Cultural Change* 67 (4): 969–1003. <https://doi.org/10.1086/700099>.
- Looi, Lai-Meng, and Kaw-Bing Chua. 2007. 'Lessons from the Nipah Virus Outbreak in Malaysia'. *The Malaysian Journal of Pathology* 29 (2): 63–67.
- Mahkamah Agung Indonesia. 2019. 'No. 3555 K/Pdt/2018 Negara Republik Indonesia Cq Presiden Republik Indonesia Cq Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Cq Gubernur Kalimantan Tengah, Dkk Vs Arie Rompas, Dkk'. 16 July 2019. <https://putusan3.mahkamahagung.go.id/direktori/putusan/027e136de41f0f46271a286d2e88db33.html>.
- Marlier, Miriam E., Ruth S. DeFries, Patrick S. Kim, Shannon N. Koplitz, Daniel J. Jacob, Loretta J. Mickley, and Samuel S. Myers. 2015. 'Fire Emissions and Regional Air Quality Impacts from Fires in Oil Palm, Timber, and Logging Concessions in Indonesia'. *Environmental Research Letters* 10 (8): 085005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/8/085005>.
- Marlier, Miriam E., Tianjia Liu, Karen Yu, Jonathan J. Buonocore, Shannon N. Koplitz, Ruth S. DeFries, Loretta J. Mickley, et al. 2019. 'Fires, Smoke Exposure, and Public Health: An Integrative Framework to Maximize Health Benefits From Peatland Restoration'. *GeoHealth* 3 (7): 178–89. <https://doi.org/10.1029/2019GH000191>.
- Miettinen, Jukka, Chenghua Shi, and Soo Chin Liew. 2016. 'Land Cover Distribution in the Peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatra and Borneo in 2015 with Changes since 1990'. *Global Ecology and Conservation* 6 (April): 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.02.004>.
- Miyashita, L, G Foley, S Semple, and J Grigg. 2020. 'Traffic-Derived Particulate Matter and Angiotensin-Converting Enzyme 2 Expression in Human Airway Epithelial Cells'. Preprint. *Pharmacology and Toxicology*. <https://doi.org/10.1101/2020.05.15.097501>.
- Mongabay. 2014. 'Duh! Penanganan Karhutla, Hasil Audit 17 Perusahaan Di Riau Buruk'. *Mongabay Environmental News*. 10 October 2014.

<https://www.mongabay.co.id/2014/10/10/duh-penanganan-karhutla-hasil-audit-17-perusahaan-di-riau-buruk/>.

— — —. 2017. 'Indonesian Supreme Court Orders Jokowi Administration to Hand over Palm Oil Permit Data'. *Mongabay Environmental News*. 10 March 2017.

<https://news.mongabay.com/2017/03/indonesian-supreme-court-orders-jokowi-administration-to-hand-over-palm-oil-permit-data/>.

Mott, Joshua A., David M. Mannino, Clinton J. Alverson, Andrew Kiyu, Jamilah Hashim, Tzesan Lee, Kenneth Falter, and Stephen C. Redd. 2005. 'Cardiorespiratory Hospitalizations Associated with Smoke Exposure during the 1997 Southeast Asian Forest Fires'. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 208 (1): 75–85. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2005.01.018>.

Naughton, Sean X., Urdhva Raval, Joyce M. Harary, and Giulio M. Pasinetti. 2020. 'The Role of the Exposome in Promoting Resilience or Susceptibility after SARS-CoV-2 Infection'. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* 30 (5): 776–77. <https://doi.org/10.1038/s41370-020-0232-4>.

Ni, Wentao, Xiuwen Yang, Deqing Yang, Jing Bao, Ran Li, Yongjiu Xiao, Chang Hou, et al. 2020. 'Role of Angiotensin-Converting Enzyme 2 (ACE2) in COVID-19'. *Critical Care* 24 (1): 422. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03120-0>.

Novita, Nisa. 2008. 'Correlation Between Hotspot and Acute Respiratory Infection Because of Forest and Land Fire in Indragiri Hulu Regency, Riau.' https://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/10999/2/Nisa%20Novita_E2008.pdf.

Nugroho, Sutopo Purwo. 2016. 'Evaluasi Penanggulangan Bencana 2015 Dan Prediksi Bencana 2016'. *BADAN NASIONAL PENANGGULANGAN BENCANA*. 2016. https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/disaster_evaluation_2015_prediction_2016_bnpb.pdf.

Oozeer, Yaasiin, Andy Chan, Jun Wang, Jeffrey S. Reid, Santo V. Salinas, Maggie C. G. Ooi, and Kenobi I. Morris. 2020. 'The Uncharacteristic Occurrence of the June 2013 Biomass-Burning Haze Event in Southeast Asia: Effects of the Madden-Julian Oscillation and Tropical Cyclone Activity'. *Atmosphere* 11 (1): 55. <https://doi.org/10.3390/atmos11010055>.

Page, Susan, Agata Hoscilo, Andreas Langner, Kevin Tansey, Florian Siegert, Suwido Limin, and Jack Rieley. 2009. 'Tropical Peatland Fires in Southeast Asia'. In *Tropical Fire Ecology*, by Mark A. Cochrane, 263–87. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8_9.

Pavagadhi, Shruti, Raghu Betha, Shriram Venkatesan, Rajasekhar Balasubramanian, and Manoor Prakash Hande. 2013. 'Physicochemical and Toxicological Characteristics of Urban Aerosols during a Recent Indonesian Biomass Burning Episode'. *Environmental Science and Pollution Research* 20 (4): 2569–78. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1157-9>.

Phonboon, K, O Paisarn-uchapong, P Kanatharana, and S Agorn. 1999. 'Smoke Episodes Emissions Characterization and Assessment of Health Risks Related to Downwind Air Quality - Case Study, Thailand'. *Health Guidelines For Vegetation Fire Events*, World Health Organization, 481.

Pinto, Bruna G. G., Antonio E. R. Oliveira, Youvika Singh, Leandro Jimenez, Andre N. A. Gonçalves, Rodrigo L. T. Ogava, Rachel Creighton, Jean Pierre Schatzmann Peron, and Helder I. Nakaya. 2020. 'ACE2 Expression Is Increased in the Lungs of Patients With Comorbidities Associated With Severe COVID-19'. *The Journal of Infectious Diseases* 222 (4): 556–63. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa332>.

Pinto, J P, and L D Grant. 1999. 'Approaches to Monitoring of Air Pollutants and Evaluation of Health Impacts Produced by Biomass Burning'. *Health Guidelines For Vegetation Fire Events*, World Health Organization, 481.

Prabowo, Dani. 2019. 'Kepala BNPB Sebut Ada 2 Penyebab Kasus Kebakaran Hutan dan Lahan'. *KOMPAS.com*. 19 November 2019. <https://nasional.kompas.com/read/2019/11/19/17452071/kepala-bnpb-sebut-ada-2-penyebab-kasus-kebakaran-hutan-dan-lahan>.

Purnomo, H., B. Shantiko, S. Sitorus, H. Gunawan, R. Achdiawan, H. Kartodihardjo, and A. A. Dewayani. 2017. 'Fire Economy and Actor Network of Forest and Land Fires in Indonesia'. CIFOR. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.01.001>.

Ramakreshnan, Logaraj, Nasrin Aghamohammadi, Chng Saun Fong, Awang Bulgiba, Rafdzah Ahmad Zaki, Li Ping Wong, and Nik Meriam Sulaiman. 2018. 'Haze and Health Impacts in ASEAN Countries: A Systematic Review'. *Environmental Science and Pollution Research* 25 (3): 2096–2111. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0860-y>.

Regan, Helen. 2019. 'Indonesia Arrests around 200 as Thick Smog from Forest Fires Reaches Hazardous Levels'. *CNN*. 18 September 2019. <https://www.cnn.com/2019/09/18/asia/indonesia-malaysia-haze-arrests-intl-hnk/index.html>.

Reid, Colleen, Brauer Michael, Johnston Fay H., Jerrett Michael, Balmes John R., and Elliott Catherine T. 2016. 'Critical Review of Health Impacts of Wildfire Smoke Exposure'. *Environmental Health Perspectives* 124 (9): 1334–43. <https://doi.org/10.1289/ehp.1409277>.

Saputra, Andi. 2019. 'Tok! MA Menangkan KLHK Vs Pembakar Hutan di Gugatan Rp 1 Triliun'. *detiknews*. 2 Januari 2019. <https://news.detik.com/berita/d-4367535/tok-ma-menangkan-klhk-vs-pembakar-hutan-di-gugatan-rp-1-triliun>.

Sastry, Narayan. 2002. 'Forest Fires, Air Pollution, and Mortality in Southeast Asia'. *Demography* 39 (1): 1–23. <https://doi.org/10.1353/dem.2002.0009>.

Setti, Leonardo, Fabrizio Passarini, Gianluigi De Gennaro, Pierluigi Baribieri, Maria Grazia Perrone, Massimo Borelli, Jolanda Palmisani, et al. 2020. 'SARS-Cov-2 RNA Found on Particulate Matter of Bergamo in Northern Italy: First Preliminary Evidence'. *MedRxiv*, April, 2020.04.15.20065995. <https://doi.org/10.1101/2020.04.15.20065995>.

Sheldon, Tamara L., and Chandini Sankaran. 2017. 'The Impact of Indonesian Forest Fires on Singaporean Pollution and Health'. *American Economic Review* 107 (5): 526–29. <https://doi.org/10.1257/aer.p20171134>.

Shi, Yuanyuan, Yanfeng Ji, Hui Sun, Fei Hui, Jianchen Hu, Yaxi Wu, Jianlong Fang, et al. 2015. 'Nanoscale Characterization of PM 2.5 Airborne Pollutants Reveals High Adhesiveness and Aggregation Capability of Soot Particles'. *Scientific Reports* 5 (1): 11232. <https://doi.org/10.1038/srep11232>.

Singapore Institute of International Affairs. 2020. 'SIIA Haze Outlook 2020'. Singapore Institute of International Affairs.

<http://www.siiainline.org/wp-content/uploads/2020/06/SIIA-Haze-Outlook-2020.pdf>.

Straits Times. 2016. 'Malaysia Refutes Study's Claim That 6,500 Deaths in Country Were Due to Haze'. Text. *The Straits Times*. 19 September 2016.

<https://www.straitstimes.com/asia/se-asia/malaysia-refutes-studys-claim-that-6500-deaths-in-country-were-due-to-haze>.

Su, Wei, Xiuguo Wu, Xingyi Geng, Xiaodong Zhao, Qiang Liu, and Ti Liu. 2019. 'The Short-Term Effects of Air Pollutants on Influenza-like Illness in Jinan, China'. *BMC Public Health* 19 (October).

<https://doi.org/10.1186/s12889-019-7607-2>.

Syaufina, Lailan. 2018. 'Chapter 8 - Forest and Land Fires in Indonesia: Assessment and Mitigation'. In *Integrating Disaster Science and Management*, edited by Pijush Samui, Dookie Kim, and Chandan Ghosh, 109–21. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812056-9.00008-7>.

Uda, Saritha Kittie, Lars Hein, and Dwi Atmoko. 2019. 'Assessing the Health Impacts of Peatland Fires: A Case Study for Central Kalimantan, Indonesia'. *Environmental Science and Pollution Research International* 26 (30): 31315–27. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06264-x>.

UNICEF. 2020. 'The Evolving Epidemiologic and Clinical Picture of SARS-CoV-2 and COVID-19 Disease in Children and Young People'. UNICEF-IRC. 2020.

<https://www.unicef-irc.org/publications/1107-the-evolving-epidemiologic-and-clinical-picture-of-sars-cov-2-and-covid-19-disease.html>.

Vernimmen, Ronald, Aljosja Hooijer, Dedi Mulyadi, Iwan Setiawan, Maarten Pronk, and Angga T. Yuherdha. 2020. 'A New Method for Rapid Measurement of Canal Water Table Depth Using Airborne LiDAR, with Application to Drained Peatlands in Indonesia'. *Water* 12 (5): 1486.

<https://doi.org/10.3390/w12051486>.

Villeneuve, Paul, and Mark Goldberg. 2020. 'Air Pollution, COVID-19 and Death: The Perils of Bypassing Peer Review'. *Air Quality News* (blog). 23 April 2020.

<https://airqualitynews.com/2020/04/23/air-pollution-covid-19-and-death-the-perils-of-bypassing-peer-review/>.

Wang, Baoming, Hui Chen, Yik Lung Chan, and Brian G. Oliver. 2020. 'Is There an Association between the Level of Ambient Air Pollution and COVID-19?'. *American Journal of Physiology. Lung Cellular and Molecular Physiology*, July. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00244.2020>.

Wang, Bin, Xiao Luo, Young-Min Yang, Weiyi Sun, Mark A. Cane, Wenju Cai, Sang-Wook Yeh, and Jian Liu. 2019. 'Historical Change of El Niño Properties Sheds Light on Future Changes of Extreme El Niño'. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116 (45): 22512–17.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1911130116>.

Wang, Bo, Jiangtao Liu, Shihua Fu, Xiaocheng Xu, Lanyu Li, Yueling Ma, Ji Zhou, et al. 2020. 'An Effect Assessment of Airborne Particulate Matter Pollution on COVID-19: A Multi-City Study in China'. MedRxiv, April, 2020.04.09.20060137. <https://doi.org/10.1101/2020.04.09.20060137>.

Ward, D. E. 1990. 'Factors Influencing the Emissions of Gases and Particulate Matter from Biomass Burning'. In *Fire in the Tropical Biota: Ecosystem Processes and Global Challenges*, edited by Johann Georg Goldammer, 418–36. Ecological Studies. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-75395-4_18.

Wong, Chit Ming, Lin Yang, Thuan Quoc Thach, Patsy Yuen Kwan Chau, King Pan Chan, G. Neil Thomas, Tai Hing Lam, Tze Wai Wong, Anthony J. Hedley, and J.S. Malik Peiris. 2009. 'Modification by Influenza on Health Effects of Air Pollution in Hong Kong'. *Environmental Health Perspectives* 117 (2): 248–53. <https://doi.org/10.1289/ehp.11605>.

Wooster, Martin J., David L. A. Gaveau, Mohammad A. Salim, Tianran Zhang, Weidong Xu, David C. Green, Vincent Huijnen, et al. 2018. 'New Tropical Peatland Gas and Particulate Emissions Factors Indicate 2015 Indonesian Fires Released Far More Particulate Matter (but Less Methane) than Current Inventories Imply'. *Remote Sensing* 10 (4): 495. <https://doi.org/10.3390/rs10040495>.

World Bank. 2016. 'The Cost of Fire : An Economic Analysis of Indonesia's 2015 Fire Crisis'. Text/HTML. World Bank. 2016.

<https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail>.

— — —. 2019. 'Indonesia Economic Quarterly - Investing in People'. December 2019.

<http://documents1.worldbank.org/curated/en/622281575920970133/pdf/Indonesia-Economic-Quarterly-Investing-in-People.pdf>.

World Health Organization. 2016. 'Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease'. WHO. World Health Organization. 2016.

<http://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>.

Wright, Stephen. 2019. 'Indonesia Land-Burning Fines Unpaid Years after Fires'. AP NEWS. 15 February 2019. <https://apnews.com/bcfe710c0ec94fcd9da3d0d40d8448>.

Wu, Xiao, Rachel C. Nethery, Benjamin M. Sabath, Danielle Braun, and Francesca Dominici. 2020. 'Exposure to Air Pollution and COVID-19 Mortality in the United States: A Nationwide Cross-Sectional Study'. MedRxiv, April, 2020.04.05.20054502. <https://doi.org/10.1101/2020.04.05.20054502>.

Wuragil, Zacharias. 2020. 'Data IDAI: 2.712 Anak Di Indonesia Positif Corona, 51 Meninggal'. Tempo. 24 2020.

<https://tekno.tempo.co/read/1368672/data-idai-2-712-anak-di-indonesia-positif-corona-51-meninggal>.

Yap, Jonathan, Yixiang Ng, Khung Keong Yeo, Anders Sahlén, Carolyn Su Ping Lam, Vernon Lee, and Stefan Ma. 2019. 'Particulate Air Pollution on Cardiovascular Mortality in the Tropics: Impact on the Elderly'. *Environmental Health* 18 (1): 34. <https://doi.org/10.1186/s12940-019-0476-4>.

Ye, Qing, Jun-fen Fu, Jian-hua Mao, and Shi-qiang Shang. 2016. 'Haze Is a Risk Factor Contributing to the Rapid Spread of Respiratory Syncytial Virus in Children'. *Environmental Science and Pollution Research* 23 (20): 20178–85. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7228-6>.

Yulisman, Linda. 2020. 'Indonesia Set to Have World's Highest Rate of Child Deaths from Covid-19'. Text. *The Straits Times*. 24 July 2020. <https://www.straitstimes.com/asia/se-asia/indonesia-set-to-have-worlds-highest-rate-of-child-deaths-from-covid-19>.

Zhu, Yongjian, Jingui Xie, Fengming Huang, and Liqing Cao. 2020. 'Association between Short-Term Exposure to Air Pollution and COVID-19 Infection: Evidence from China'. *Science of The Total Environment* 727 (July): 138704. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138704>.