

03.2021

EDISI KHUSUS SETAHUN PAGEBLUK

FAKTA SAINS
TRAGEDI VAKSIN
ROMUSHA

KUTUKAN
WEWANGIAN
SURGAWI

NATIONAL GEOGRAPHIC INDONESIA

MUKJIZAT

VIRUS

Jutaan orang tewas akibat virus.
Namun tanpanya, hidup adalah mustahil.

RP60.000

NGIM 210225



201351541 PR-2C

Planet adalah pilihan kita.

Apapun tindakan kita akan bermanfaat.

| BUMI ATAU PLASTIK?

 @sayapilihbumi

 Saya Pilih Bumi

 Saya Pilih Bumi

ISI

SETAHUN PANDEMI



8

Setahun Pagebluk
 COVID-19 telah resmi berada di Indonesia selama satu tahun. Bagaimana pemerintah dan masyarakat mengambil pelajaran dari kasus penularan yang terus meningkat?
 ESAI OLEH IWAN ARIAWAN

JELAJAH

23

Evolusi Gegara Pandemi
 Perang kode genetik terjadi antara manusia dan virus. Manusia hanya mampu menciptakan penangkisnya, sedangkan virus menciptakan senjata perang berupa mutan-mutan baru.
 OLEH DHANANG PUSPITA

Pandemi Memicu Teknologi
 Perjuangan panjang mewarnai pengembangan alat pendeteksi Covid-19 karya anak bangsa ini. Bagaimanakah tingkat efektivitasnya?
 OLEH FIKRI MUHAMMAD

JUGA
 Linimasa Pengembangan Vaksinasi

Sampul

Mimivirus adalah salah satu virus terbesar dan paling kompleks yang diketahui. Ilmuwan berharap, mempelajarinya akan menjelaskan asal-usul dan perkembangbiakan virus.

ILUSTRASI OLEH MARKOS KAY



28

Mencuci Tangan Menyintas Nyawa
 Bagaimana sabun mendobrak pertahanan virus bermahkota yang merajai dunia?
 OLEH TITANIA FEBRIANTI

Kutukan Wewangian Surgawi
 Di balik daya pikat rempah yang menjalar ke sepenjuru dunia, sang bencana selalu mengekorinya.
 OLEH MAHANDIS YOANATA THAMRIN



**S A J I A N
U T A M A**

Kebenaran Sains dalam Tragedi Vaksin Romusha

Ketidakadilan yang kejam terjadi pada zaman pendudukan Jepang. Kala itu, lebih dari seribu romusha tewas. Prasangka pun menyeruak. Kini, Sains menolak politisasi sejarah demi pemahaman hakikat kebenaran.

OLEH FIKRI MUHAMMAD HLM. 38

Seni Memorial Pagebluk

Memorial wabah menjadi pekerjaan rumah bagi Indonesia. OLEH FX DOMINI BB HERA HLM. 44

Mukjizat Virus

Virus corona mencabut banyak nyawa. Namun tanpanya, kehidupan akan menjadi mustahil. OLEH DAVID QUAMMEN FOTO OLEH CRAIG CUTLER HLM. 50

Kapankah Indonesia Luput dari Pagebluk?

Mengejar keadaan wabah terkendali tidaklah mudah. Selain dipengaruhi oleh kepercayaan terhadap vaksin, pemerintah dihadapkan antara lain pada jumlah penduduk serta kondisi geografis. Lantas, kapankah pandemi akan pergi? OLEH IWAN ARIAWAN FOTO OLEH STENLY PONTOLAWOKANG HLM. 78

SETAHUN
PAGEBLUK

Sepanjang Masa Bersama Virus

OLEH MAHANDIS YOANATA THAMRIN



Sementara warga yang terjangkit Covid-19 kian meningkat, warga lainnya mengikuti Car Free Day perdana dalam masa pembatasan aktivitas. Tampak suasana Jalan M.H. Thamrin di Jakarta Pusat pada 21 Juni 2020. Lebih dari 21.000 pejalan kaki dan 18.000 pesepeda tumpah ruah di episentrum pagebluk. Namun, sebagian peserta tampaknya abai menjalankan protokol kesehatan: menciptakan kerumunan dan masker yang kurang memadai. Apakah kegiatan ini menunjukkan itikad keseriusan kita dalam melawan pagebluk?

BULAN INI SETAHUN SILAM. Pada 11 Maret 2020, World Health Organization mengumumkan bahwa dunia tengah dijangkiti pagebluk Covid-19. Pada pertengahan bulan, pemerintah Indonesia merespons dengan imbauan bekerja dan bersekolah dari rumah.

Saat itu hari terakhir kami di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. Saya segera meminta awak redaksi di Jakarta untuk bekerja dari rumah, terhitung semenjak hari itu.

Seiring memburuknya indikator penyebaran si virus, Jakarta menjadi episentrum pagebluk di Indonesia. Pada kenyataannya, kebijakan redaksi untuk bekerja dari rumah berlanjut sampai hari ini.

Hari ini kita hidup bersama pagebluk. Viruslah yang menyebabkan kita rela mengubah perilaku. Namun, tidak semua pagebluk memiliki muatan yang benar-benar baru. Setidaknya, laman Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia sudah mewanti-wanti soal

virus baru Corona dan penyakit SARS sejak 2003.

Peristiwa sejarah pun kembali datang menjumpai kita saat pagebluk. Seabad silam, pada awalnya, pemerintah Hindia Belanda juga meremehkan datangnya pagebluk pes dan flu spanyol. Akibatnya, mereka terlena dalam mitigasinya. Ketika mereka menyadarinya, pagebluk itu sudah jauh merasuk.

Sosialisasi pagebluk yang tidak efektif muncul di zaman Hindia Belanda dan zaman kita. Mengapa kita menyukai jargon-jargon berbahasa Inggris untuk sosialisasi kondisi darurat?

Sejarah pagebluk di Indonesia kerap dikaitkan dengan aspek mesianik. Setiap pagebluk biasanya akan melahirkan keadaan baru. Peristiwa itu belum terbukti saat ini, namun sudah terbukti pascapagebluk pada masa silam: Lahirnya para pemikir baru atau tatanan baru yang mengguncang negeri. Setelah pagebluk COVID-19, apakah benar akan lahir pemikir dan ideologi baru? Apabila terjadi, apakah membuat keadaan lebih baik?

Apakah kita sudah berguru pada pengalaman, atau justru melupakannya? Saya pikir monumen pagebluk menjadi hal penting demi menghormati korban, dan demi pesan mitigasi bagi generasi depan.

Edisi Khusus Setahun Pagebluk membawa kabar buruk dan kabar baik. Kabar buruknya, hari ini pagebluk belum berakhir dan virus bermutasi. Kabar baiknya, kita hidup bersama virus sejak leluhur kita menghuni Bumi. Mutasi virus bisa membuat virus semakin kuat, tetapi bisa juga membuatnya sulit mereplikasi diri. Semoga vaksinasi menuntaskannya. □

EDITOR IN CHIEF Susan Goldberg

EXECUTIVE EDITOR: Debra Adams Simmons
MANAGING EDITOR, MAGAZINES: David Brindley
SENIOR DIRECTOR, SHORT FORM: Patty Edmonds
DIRECTOR OF VISUAL AND IMMERSIVE EXPERIENCES: Whitney Johnson
SENIOR EXECUTIVE EDITOR: Indira Lakshmanan
EXECUTIVE EDITOR, LONG FORM: David Lindsey
CREATIVE DIRECTOR: Emmet Smith
MANAGING EDITOR, DIGITAL: Alissa Swango
MANAGING EDITOR, INTEGRATED STORYTELLING: Michael Tribble

INTERNATIONAL EDITIONS

EDITORIAL DIRECTOR: Amy Kolczak
DEPUTY EDITORIAL DIRECTOR: Darren Smith
TRANSLATION MANAGER: Beata Kovacs Nas
INTERNATIONAL EDITOR: Leigh Mitnick
EDITORS: ARABIA: Alsaad Omar Almenhaly. BULGARIA: Krassimir Drumev. TIONGGOK: Tianrang Mai.
 KROASIA: Hrvoje Prčić. CEKO: Tomáš Tureček. ESTONIA: Erkki Peetsalu. PRANCIS: Gabriel Joseph-Dezaize.
 GEORGIA: Natia Khuluzauri. JERMAN: Werner Siefer. HUNGARIA: Tamás Vitray. INDIA: Lakshmi Sankaran.
 INDONESIA: Didi Kaspi Kasim. ISRAEL: Idit Elnatan. ITALIA: Marco Cattaneo. JEPANG: Shigeo Otsuka.
 KAZAKHSTAN: Yerkin Zhakipov. KOREA: Junemo Kim. AMERIKA LATIN: Claudia Muzzi Turullols.
 LITUANIA: Frederikas Jansonas. BELANDA/BELGIA: Arno Kantelberg.
 NEGARA-NEGARA NORDIC: Hanne-Luise Danielsen. POLANDIA: Agnieszka Franus. PORTUGAL: Gonçalo Pereira.
 RUMANIA: Catalin Gruia. RUSIA: Andrei Palamarchuk. SERBIA: Igor Rill. SLOVENIA: Marija Javornik.
 SPANYOL: Ismael Nafria. TAIWAN: Yungshih Lee. THAILAND: Kowit Phadungruangkij. TURKI: Nesibe Bat

“KAMI MEYAKINI KEKUATAN ILMU
 PENGETAHUAN, PENJELAJAHAN,
 DAN CARA BERTUTUR YANG
 MENGUBAH DUNIA.”

NATIONAL GEOGRAPHIC INDONESIA

EDITOR IN CHIEF Didi Kaspi Kasim **MANAGING EDITOR** Mahandis Yoanata Thamrin **EDITOR & CARTOGRAPHER** Warsono **CONTRIBUTING EDITOR** Titania Febrianti **REPORTER** Fikri Muhammad **VISUAL EDITOR** Heri Cahyadi **PHOTOGRAPHER** Donny Fernando **WEB WRITER** Utomo Priyambodo **SOCIAL MEDIA OFFICER** Lastboy Tahara Sinaga **EDITORIAL SECRETARY** Elli Sihotang

BOARD OF EXPERTS Prof. Dr. Bambang Hidayat, Dr. Jatna Supriatna, Prof. Dr. Mundardjito, Prof. Sardono W. Kusumo, Prof. Dr. Yohanes Surya

PUBLISHING

PUBLISHER Lilik Oetama **GROUP DIRECTOR** Dahlan Dahi **GROUP EDITORIAL DIRECTOR** Didi Kaspi Kasim

BUSINESS

BRAND DIRECTOR Agung Wibawanto **VIDEO BUSINESS DEVELOPMENT & PARTNERSHIP DIRECTOR** & Fitriana S. Pangaribuan **STRATEGIC AUDIENCE ANALYSIS DIRECTOR** Asti Krismardiyanti

GROUP ADVERTISING & SALES DIRECTOR Hendra Mulia **ACCOUNT DIRECTOR** Kurnyawati **ACCOUNT MANAGER** Hasan Kholilurrahman **ACCOUNT EXECUTIVE** Rieka Maulida, Sherrica Priscyla, Muhammad Arif

MARKETING DIRECTOR Tari Khairani **MARKETING MANAGER** Benardi Mardatu **MARKETING COMMUNICATION DIRECTOR** Amarendra Adhipangestu **MARKETING EXECUTIVE** Mohammad Essa Luthfani Cendikia, Hestia Melani Malano **MARKETING COMMUNICATION MANAGER** Marti Karina P.S. **MARKETING COMMUNICATION EXECUTIVE** Arif Pribadi **CIRCULATION & DISTRIBUTION** Dwi Susila Wardana **INTERNATIONAL RIGHTS & LICENSING DIRECTOR** Agung Wibawanto

TRANSLATORS Femmy Syahrani, Sofia Fifi Mansoor, Herman Ardyanto, Berlianti M. Nugrahani, Nadya Andwiani, Dyah Ruci B.R.M.

ADDRESS Gedung GRID NETWORK, Perkantoran Kompas Gramedia Jl. Gelora VII RT.2/RW.2 Kel. Gelora, Kec. Tanah Abang Jakarta Pusat, DKI Jakarta 10270, Indonesia
EDITORIAL +6221 5309699 Email: editor@nationalgeographic.co.id

ADVERTISING Telp: (021) 5330150/70 ext. 32146, 32151, 32152 Faks: (021) 5330188 Email: iklan@gramedia-majalah.com

SUBSCRIPTION Gedung Kompas Gramedia Unit 2 Lt. 1 Jl. Palmerah Selatan No.22-28 Jakarta 10270
 Telp: (021) 5306263, Faks: (021) 53699096 Email: subscribe@cc.kompasgramedia.com



PUBLISHER Lilik Oetama **DEPUTY GROUP DIRECTOR** Harry Kristianto **GROUP ADVERTISING SALES & MARKETING DIRECTOR** Elly Handoyo A.M. **GROUP BUSINESS DEVELOPMENT DIRECTOR** Ign. Gatot Widhiyanto

DICETAK OLEH: PT Gramedia Percetakan.
 Jalan Palmerah Selatan No. 22-26 Jakarta Pusat 10270
 Telepon (021) 5483008 (hunting) ext. 3465, 3429 5360442 (direct) Fax. (021) 548134

Seluruh isi dan materi dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau menggunakan tanpa seizin National Geographic Indonesia.

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY

Sebuah organisasi nonprofit dengan keanggotaan global. Kami menginspirasi melalui penjelajahan, mencerahkan lewat beragam kisah, dan mengedukasi, seperti yang kami lakukan selama ini.

CHIEF EXECUTIVE OFFICER

Dr. Jill Tiefenthaler

SENIOR MANAGEMENT

PRESIDENT AND CHIEF OPERATING OFFICER: Michael L. Ulica
CHIEF BUSINESS OPERATIONS OFFICER: Tara Bunch
INTERIM CHIEF SCIENCE AND INNOVATION OFFICER: Valerie Craig
CHIEF HUMAN RESOURCES OFFICER: Mara Dell
CHIEF COMMUNICATIONS OFFICER: Kalee Kreider
CHIEF EXPLORER ENGAGEMENT OFFICER: Alexander Moen
CHIEF EDUCATION OFFICER: Vicki Phillips
CHIEF STORYTELLING OFFICER: Kaitlin Yarnall

BOARD OF TRUSTEES

CHAIRMAN: Jean M. Case
VICE CHAIRMAN: Katherine Bradley
 Brendan P. Bechtel, Afsaneh Beschloss, Ángel Cabrera, Elizabeth (Beth) Comstock, Jack Dangermond, Joseph M. DeSimone, Alexandra Grosvenor Eller, Jane Lubchenco, Kevin J. Maroni, Strive Masiyiwa, Mark C. Moore, George Muñoz, Nancy E. Pfund, Lyndon Rive, Edward P. Roski, Jr., Frederick J. Ryan, Jr., Rajiv Shah, Ellen R. Stofan, Anthony A. Williams, Tracy R. Wolstencroft

EXPLORERS-IN-RESIDENCE

Sylvia Earle, Enric Sala

EXPLORERS-AT-LARGE

Robert Ballard, Lee R. Berger, James Cameron, J. Michael Fay, Beverly Joubert, Dereck Joubert, Louise Leakey, Meave Leakey

NATIONAL GEOGRAPHIC PARTNERS

CHAIRMAN Gary E. Knell

SENIOR MANAGEMENT

EDITORIAL DIRECTOR: Susan Goldberg
GENERAL MANAGER NG MEDIA: David E. Miller
DEPUTY CHIEF COUNSEL: Evelyn Miller
GLOBAL NETWORKS CEO: Courtney Monroe
HEAD OF TRAVEL AND TOUR OPERATIONS: Nancy Schumacher
CHIEF FINANCIAL OFFICER: Akilesh Sridharan

BOARD OF DIRECTORS

Ravi Ahuja, Jean M. Case, Bob Chapek, Nancy Lee, Kevin J. Maroni, Kevin Mayer, Peter Rice, Frederick J. Ryan, Jr., Jill Tiefenthaler, Michael L. Ulica

INTERNATIONAL PUBLISHING

SENIOR VICE PRESIDENT: Yulia Petrossian Boyle
 Allison Bradshaw, Ariel Deiacco-Lohr, Kelly Hoover, Diana Jaksic, Jennifer Jones, Leanna Lakeram, Jennifer Liu, Rossana Stella





EDISI KHUSUS

SETAHUN PAGEBLUK

**BAGAIMANA MASYARAKAT INDONESIA
MENGAMBIL PELAJARAN DARI KASUS
PENULARAN YANG TERUS MENINGKAT?**

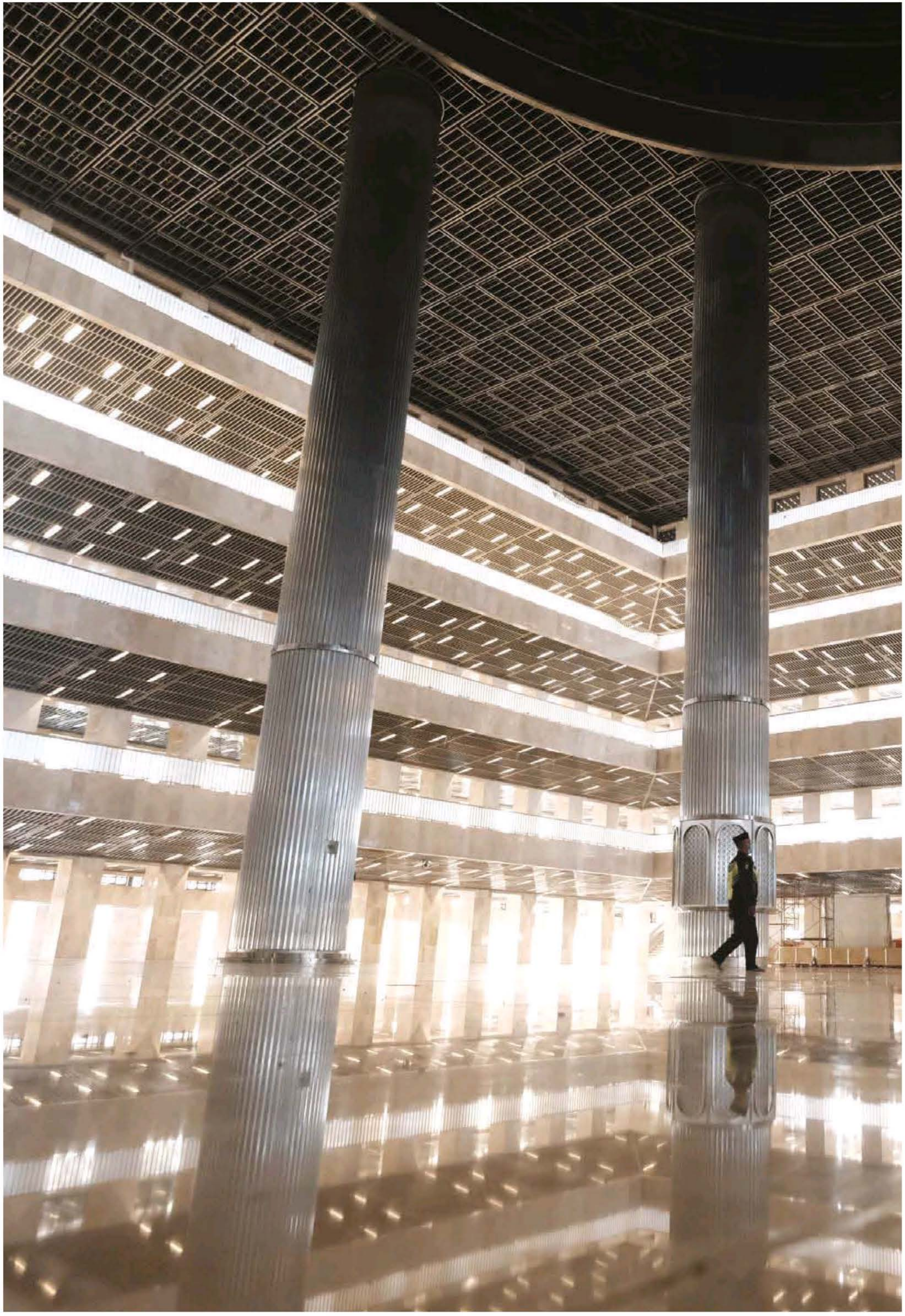
COVID-19

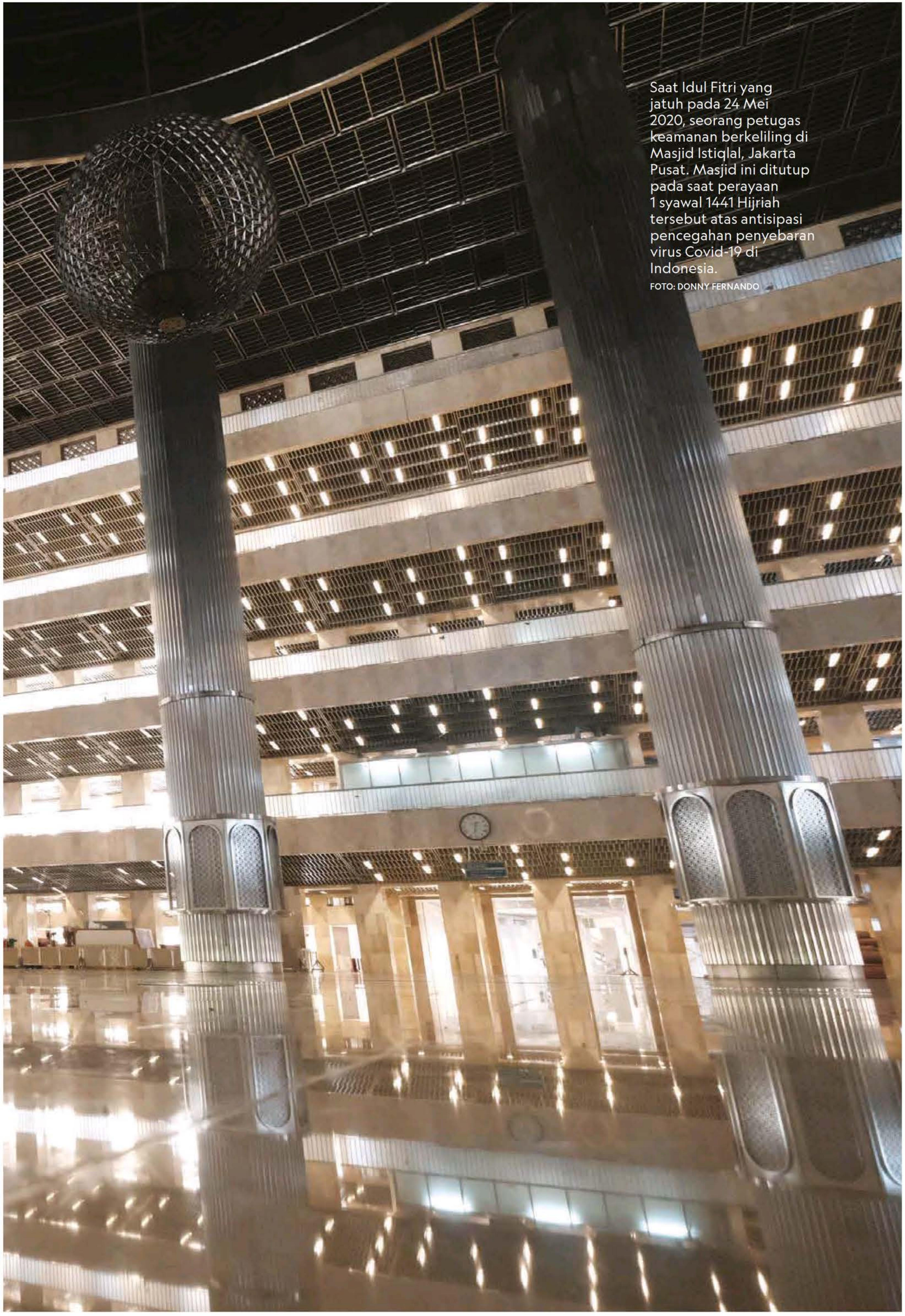
Pada 17 April 2020, tenaga kesehatan di Kepulauan Sangihe, Sulawesi Utara, memulihkan tenaga sebelum memindahkan jenazah akibat Covid-19. Kacamata penuh embun adalah salah satu situasi yang sering dihadapi pula oleh mereka, di balik alat pelindung diri yang mereka kenakan.

FOTO: STENLY PONTOLAWOKANG



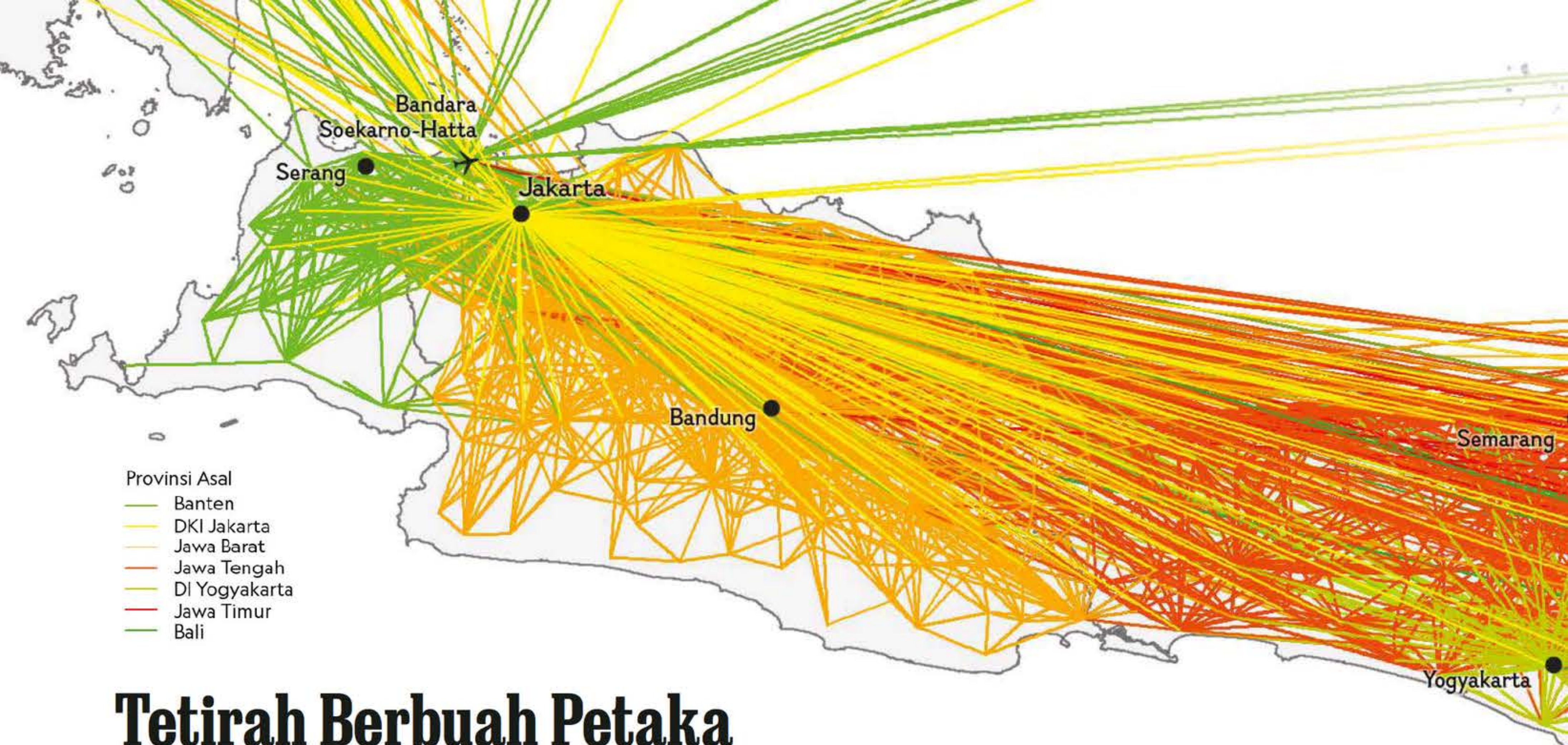






Saat Idul Fitri yang jatuh pada 24 Mei 2020, seorang petugas keamanan berkeliling di Masjid Istiqlal, Jakarta Pusat. Masjid ini ditutup pada saat perayaan 1 syawal 1441 Hijriah tersebut atas antisipasi pencegahan penyebaran virus Covid-19 di Indonesia.

FOTO: DONNY FERNANDO



Tetirah Berbuah Petaka

Dalam setahun rentang pandemi, masyarakat kadang abai dengan anjuran pemerintah untuk tidak bepergian ke luar kota. Pergerakan penduduk di kota-kota besar menyumbang angka yang tinggi bagi bertambahnya kasus positif nasional, khususnya kasus di Jawa dan Bali.

S

EKITAR 11 BULAN SETELAH virus corona hadir di Indonesia, kasus positif menembus angka sejuta. Pada 2 Februari 2021, Indonesia menjadi negara dengan kasus aktif tertinggi di kawasan Asia, diikuti oleh India, Iran, Libanon, Turki, dan Israel. Data dari Satuan Tugas (Satgas) Penanganan Covid-19 menunjukkan tren nasional yang konsisten meningkat dari waktu ke waktu. Pulau Jawa dan Bali berkontribusi signifikan pada jumlah kasus kumulatif Indonesia. Tepat pada akhir 2020, dari 743 ribu kasus kumulatif nasional yang dilaporkan, setidaknya 480 ribu di antaranya berasal dari Jawa-Bali. Pemerintahpun menetapkan Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) di awal 2021.

Pada dasarnya, pengendalian penyakit menular bertumpu pada dua sisi, yakni kapasitas sistem kesehatan dan kepatuhan masyarakat dalam mematuhi protokol kesehatan. Kapasitas sistem kesehatan menjadi kunci utama dalam tes dan lacak—dua upaya penting untuk mendeteksi kasus positif secepat mungkin untuk kemudian diisolasi untuk menekan penularan. Di sisi lain, masyarakat berperan dalam pengendalian penyakit dengan mempraktikkan perilaku pencegahan. Pemerintah memopulerkan

istilah 3M: Masyarakat dihimbau untuk disiplin dalam mencuci tangan, menjaga jarak, dan menggunakan masker dengan benar. Penting sekali bagi kedua sisi tersebut untuk berjalan dengan baik, agar upaya pengendalian ini berhasil. Namun, jumlah kasus yang terus meningkat menunjukkan upaya Indonesia masih jauh dari maksimal.

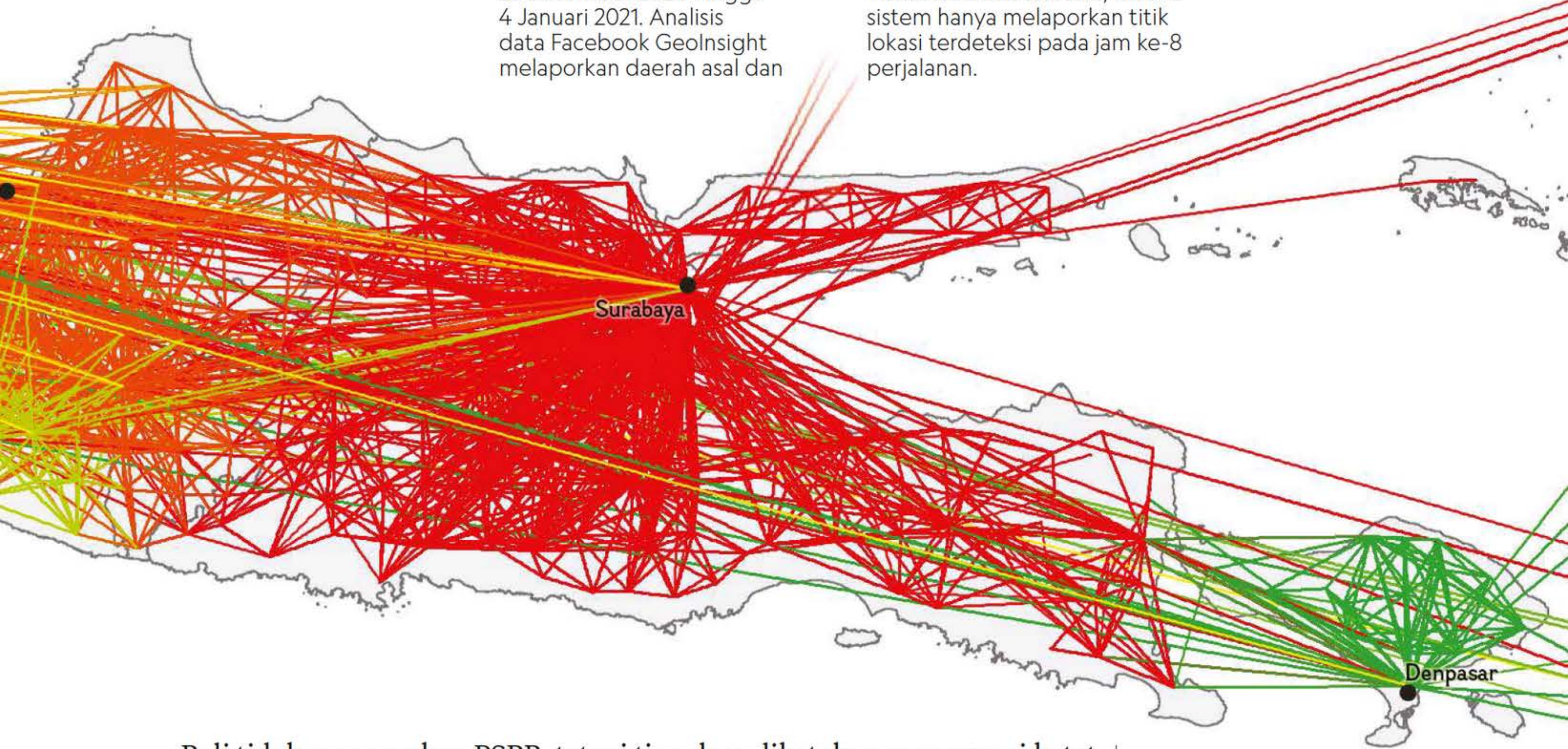
Walau banyak dikritik karena terlambat, pemerintah Indonesia di awal pandemi telah mengeluarkan kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). PSBB dilaksanakan atas permohonan pemerintah daerah dengan persetujuan Menteri Kesehatan. Provinsi Banten dan DKI Jakarta menerapkan PSBB provinsi, sedangkan Provinsi Jawa Barat dan Jawa Timur memberlakukan PSBB proporsional di kabupaten-kota terpilih. Daerah lain menerapkan upaya pengendalian sendiri. Contohnya Provinsi

Iwan Ariawan bersama tim Fakultas Kesehatan Masyarakat UI melakukan pemodelan data terkait pandemi.

Rumitnya garis dalam peta menunjukkan gambaran pergerakan masyarakat sejak 23 Desember 2020 hingga 4 Januari 2021. Analisis data Facebook GeoInsight melaporkan daerah asal dan

tujuan dalam rentang waktu delapan jam. Tujuan akhir perjalanan di luar rentang waktu itu tidak tercatat, karena sistem hanya melaporkan titik lokasi terdeteksi pada jam ke-8 perjalanan.

30km

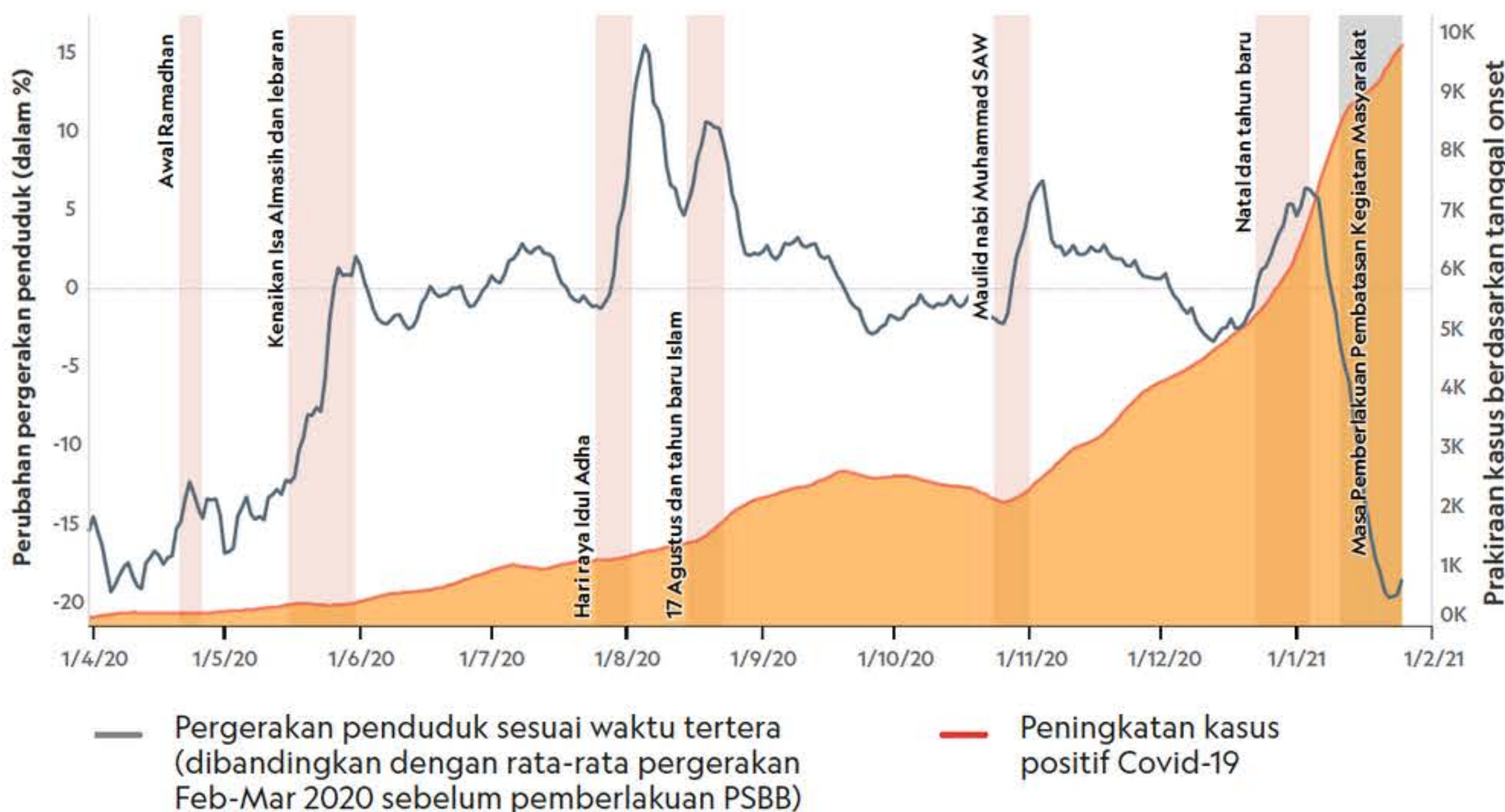


Bali tidak menerapkan PSBB, tetapi tiap desa dikatakan mengawasi ketat pergerakan masyarakat. Sampai saat ini, belum diketahui jelas bagaimana implementasi PSBB serta dampaknya pada penularan kasus di Jawa dan Bali. Semua provinsi ini melaporkan jumlah kasus dan tren penyebaran yang berbeda-beda dan wabah COVID-19 masih jauh dari kata terkendali.

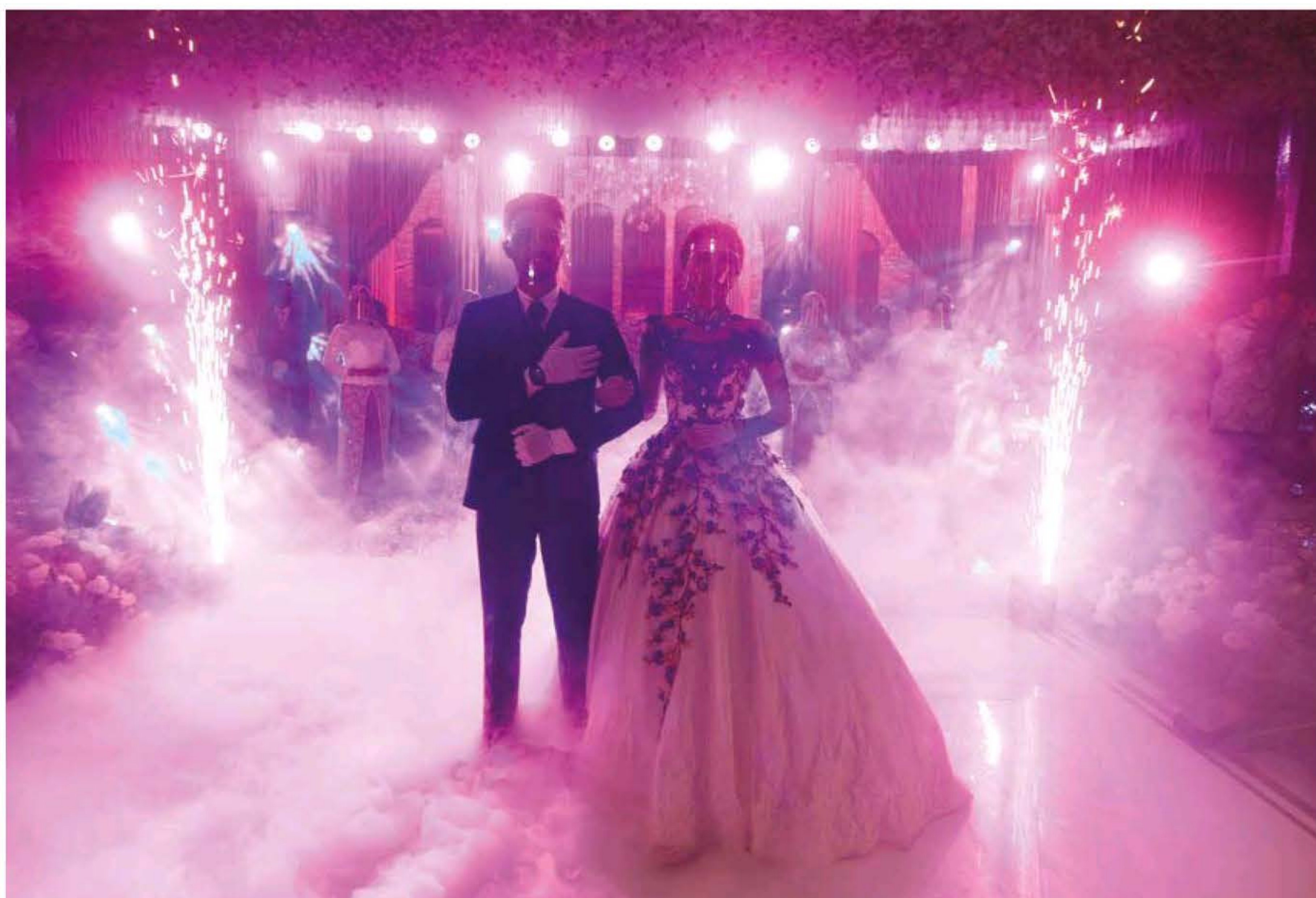
PSBB Indonesia dihadapkan dengan masalah klasik dalam tatanan kebijakan, yakni implementasi kebijakan itu sendiri. Baik Peraturan Pemerintah maupun Permenkes PSBB mengharuskan adanya pencatatan dan pelaporan untuk menilai keberhasilannya. Akan tetapi, hingga saat ini belum ada satu *gold standard* (baku emas) acuan keberhasilan PSBB. Setiap harinya Satgas COVID-19 melaporkan angka kasus kematian, sembuh, dan jumlah tes. Masalahnya, sulit untuk merekam kepatuhan masyarakat terhadap 3M, mengingat belum adanya sistem informasi yang kuat dan beragamnya profil masyarakat Indonesia. Bisa jadi, cara lain untuk melihat pengendalian COVID-19 adalah menganalisis pergerakan masyarakat Indonesia.

Kenaikan tajam penularan di Jawa-Bali terlihat pada libur-libur besar yang diwarnai oleh pergerakan penduduk. Data Facebook GeoInsight memotret banyaknya pergerakan pada libur besar (kiri, garis abu-abu). Persentase ini merupakan perbandingan dari data pergerakan rata-rata rentang waktu Februari-Maret 2020, sebelum PSBB diberlakukan. Dari data tersebut, libur panjang natal dan tahun baru menghasilkan lonjakan kasus tertinggi di Jawa-Bali; yakni rata-rata pertambahan menjadi 162 kasus lebih banyak dari hari sebelumnya. Grafik di dasar dengan warna jingga menunjukkan angka peningkatan kasus yang dihitung sejak seseorang diperkirakan mulai terinfeksi.

Kasus baru Covid-19 di Jawa-Bali



SENI: HERI CAHYADI, KARTOGRAFI: WARSONO. SUMBER DATA PETA: FACEBOOK GEOINSIGHT, TIM MAHADATA UNIVERSITAS INDONESIA. SUMBER DATA: IWAN ARIAWAN, PANDU RIONO, MUHAMMAD N. FARID, HAFIZAH JURIL, TIOPAN SIPAHUTAR, WIJI WAHYUNINGISH, FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT UNIVERSITAS INDONESIA





**SEARAH JARUM JAM
DARI KIRI ATAS**

**14 JULI 2020
PONTIANAK,
KALIMANTAN BARAT**

Pengantin mengenakan pelindung wajah saat menjalani simulasi resepsi pernikahan dengan aturan tatanan normal baru, mengedukasi masyarakat dalam menjalankan protokol kesehatan.

FOTO: JESSICA WUYSANG

**14 JUNI 2020.
KELENTENG PONCOWI-
NATAN, YOGYAKARTA**

Petugas Palang Merah Indonesia kota Yogyakarta menyemprotkan disinfektan di kelenteng di utara Pasar Kranggan, tempat sehari sebelumnya beberapa pedagang pasar dinyatakan positif Covid-19.

FOTO: DWI OBLO

**5 JULI 2020
PASAR BARU,
JAKARTA PUSAT**

Toko pakaian memberi potongan harga untuk memancing kunjungan pembeli saat PSBB diberlakukan. Pandemi membuat banyak orang menghindari keramaian seperti pusat-pusat perbelanjaan.

FOTO: FERI LATIEF/ILO

**5 JULI 2020
PONTIANAK,
KALIMANTAN BARAT**

Theresia memeriksa sayuran hidroponik di perkarangannya. Ini merupakan solusi baginya untuk menjaga ketahanan pangan, serta mengurangi aktivitas berbelanja di pasar yang padat pengunjung.

FOTO: JESSICA WUYSANG



Menggunakan alat pelindung diri lengkap, pada pukul 00.50 petugas Tim Kubur Cepat dari TRC (Tim Reaksi Cepat) BPBD Yogyakarta mengubur jenazah korban Covid-19 di Tempat Pemakaman Umum Kerkoff THR di kota Yogyakarta. Jenazah wanita dari Rumah Sakit Sarjito Yogyakarta ini dikabarkan wafat pada pukul 23.00. Karena protap mengharuskan penguburan segera—maksimal 2 jam—setelah diketahui jenazah dinyatakan positif covid-19, para petugas pun secara profesional mengikuti aturan. Termasuk menyemprotkan disinfektan sebelum dan sesudah penguburan.

FOTO: DWI OBLO





LAUT DAY
SAR
DIY
AJAK
Ahmad
Zaini

Hanna
Laila



ATAS

**12 SEPTEMBER, 2020.
DESA RANTE KAMASE,
KABUPATEN MAMASA,
SULAWESI BARAT**

Keluarga yang memakai pakaian adat mengantarkan tamu memasuki tempat upacara Rambu Solo' pemakaman Sombo, di Ratteappalla'. Setiap rombongan tamu yang masuk, dijemput oleh keluarga di depan gerbang kemudian diantar, diiringi oleh kerbau.

BAWAH

**18 DESEMBER 2020.
DESA MANIPI,
KABUPATEN MAMASA,
SULAWESI BARAT**

Nimrod Pasau (kiri) anak pertama dari almarhum Padangnga Pasau, duduk di Alang saat upacara Rambu Solo'.

FOTO: YUSUF WAHIL (KEDUANYA)

Salah satu kunci utama PSBB adalah pergerakan masyarakat. Namun, patuh untuk di rumah saja seringkali terhambat, terutama pada libur besar. Sejak kasus Covid-19 pertama terkonfirmasi di awal Maret 2020, analisis kami mengidentifikasi pergerakan masyarakat di Jawa-Bali pada lima peristiwa libur besar, dan empat di antaranya diikuti pola kenaikan kasus. Di awal pandemi 2020, diestimasikan kecepatan pertambahan kasus nasional sekitar 5 hingga 6 kasus perhari. Angka di Jawa-Bali tidak berbeda jauh. Rata-rata ditemukan sekitar 3 hingga 4 kasus baru per hari di periode Maret hingga Mei 2020. Namun, pertambahan kasus ini berbeda dari waktu ke waktu.

Setelah lebaran, rata-rata pertambahan kasus nasional per hari diestimasikan menjadi 19 kasus lebih banyak dari hari sebelumnya pada bulan Juni hingga tengah Agustus. Setelah hari libur kemerdekaan (17 Agustus) dan tahun baru Islam (20 Agustus), rata-rata pertambahan kasus nasional per hari menjadi 53 kasus lebih banyak dari pertambahan per hari pada periode sebelumnya. Di awal Januari 2021 setelah libur Natal dan tahun baru, diperkirakan terdapat 204 kasus baru perhari lebih banyak dari hari sebelumnya. Angka ini menurun di tengah Januari 2021, saat PPKM mulai diterapkan, yakni menjadi rata-rata 51 kasus baru perhari lebih banyak.

Ilmu epidemiologi selalu mewanti-wanti sulitnya menentukan hubungan sebab akibat pada penyebaran penyakit. Namun, besarnya pergerakan masyarakat antarprovinsi pada periode natal dan tahun baru yang diikuti dengan lonjakan kasus, menyokong peran penting kebijakan pembatasan pergerakan penduduk dalam pengendalian COVID-19 di Indonesia.

Sejak awal pandemi, pengendalian COVID-19 menghadirkan pilihan kebijakan yang perlu mempertimbangkan aspek kesehatan dan ekonomi. Di satu sisi, mengurangi kontak merupakan salah satu poin kunci dalam menekan penularan. Di sisi lain, tidak dimungkiri ekonomi bergantung pada aktivitas penduduk. Dilema ini hendaknya tidak kompromi atau merugikan satu sama lain. PPKM mungkin bisa berperan efektif dalam mengendalikan penularan dan menyelamatkan sistem kesehatan Indonesia yang dari hari ke hari memikul beban yang semakin berat. Namun, kebijakan ini hendaknya diimplementasikan dengan ketat; serta implementasi tentunya perlu didukung oleh mekanisme (dan indikator) pengawasan dan evaluasi yang jelas dan terukur.

COVID-19 telah resmi setahun di Indonesia. Banyak pendapat yang menyuarakan kekecewaan pada upaya pemerintah dan membandingkan Indonesia dengan negara lain. Namun, juga banyak pihak yang melihat masyarakat semakin tidak peduli dan tidak mematuhi protokol kesehatan. Pemerintah tentu saja wajib memperbaiki sistem yang ada dan melindungi masyarakat dan negara. Namun, yang perlu digarisbawahi, masyarakat tetap perlu bekerja sama dan berkontribusi dengan disiplin mematuhi protokol kesehatan. Peran kedua belah pihak ini semakin penting dengan adanya upaya vaksinasi di Indonesia. Vaksinasi akan sangat membantu pengendalian wabah COVID-19 di Indonesia. Namun, vaksinasi bukanlah jalan pintas; Indonesia memerlukan waktu panjang dan sumber daya besar untuk mencapai kekebalan populasi (*herd immunity*). Untuk itu, baik pemerintah maupun masyarakat hendaknya tetap bekerja sama dan berkontribusi maksimal dalam pengendalian COVID-19. Pemerintah memperkuat sistem, dan masyarakat patuh pada protokol COVID-19. □



Seorang pengunjung melakukan swafoto di Waterfront City Sungai Kapuas, Pontianak, Kalimantan Barat, pada 3 Januari 2021. Tempat wisata di tepian sungai tersebut menjadi salah satu destinasi bagi pengunjung untuk menghabiskan libur tahun baru di tengah pandemi.

FOTO: JESSICA WUYSANG



KITA BANGKIT

Telah hadir jawaban untuk mengakhiri pandemi!
Tunggu dulu, ini bukan janji-janji
Atau angan-angan
Ini adalah sebuah keyakinan
Jawaban dari semua keraguan

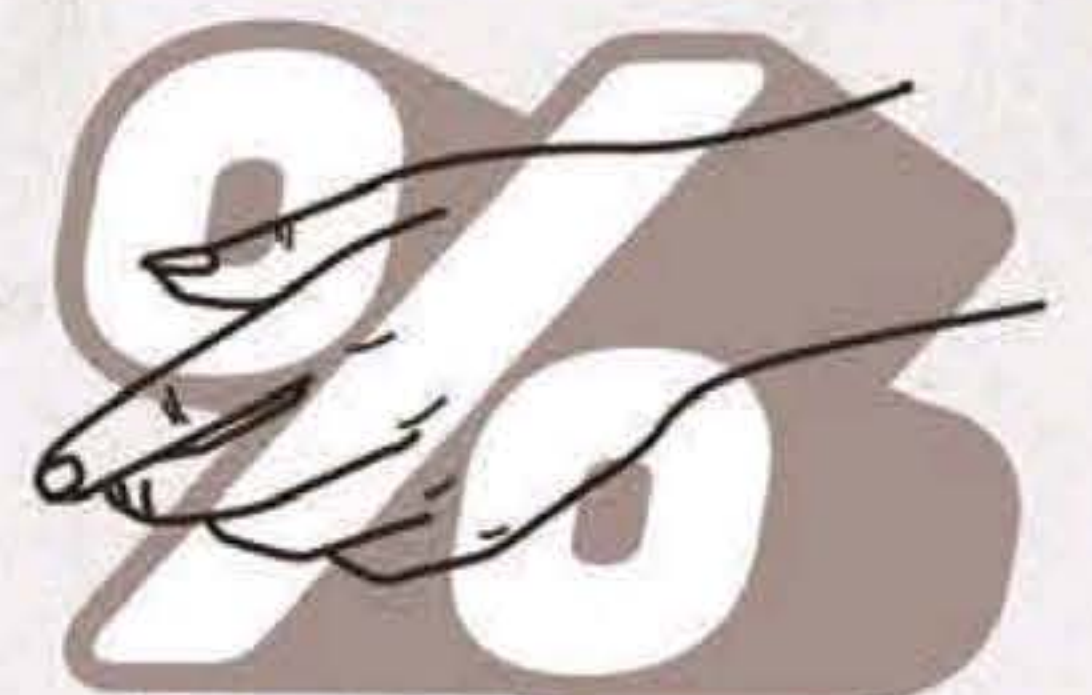
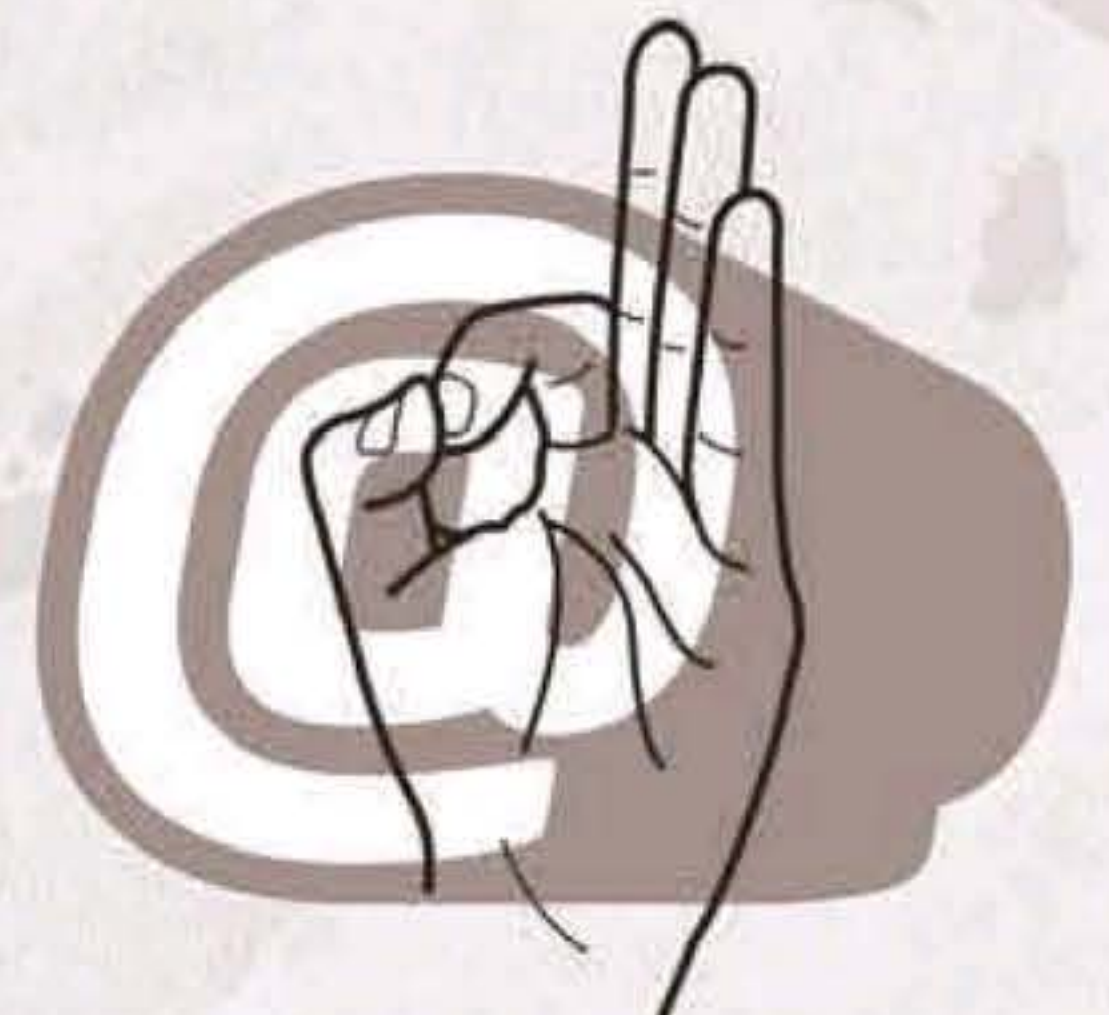
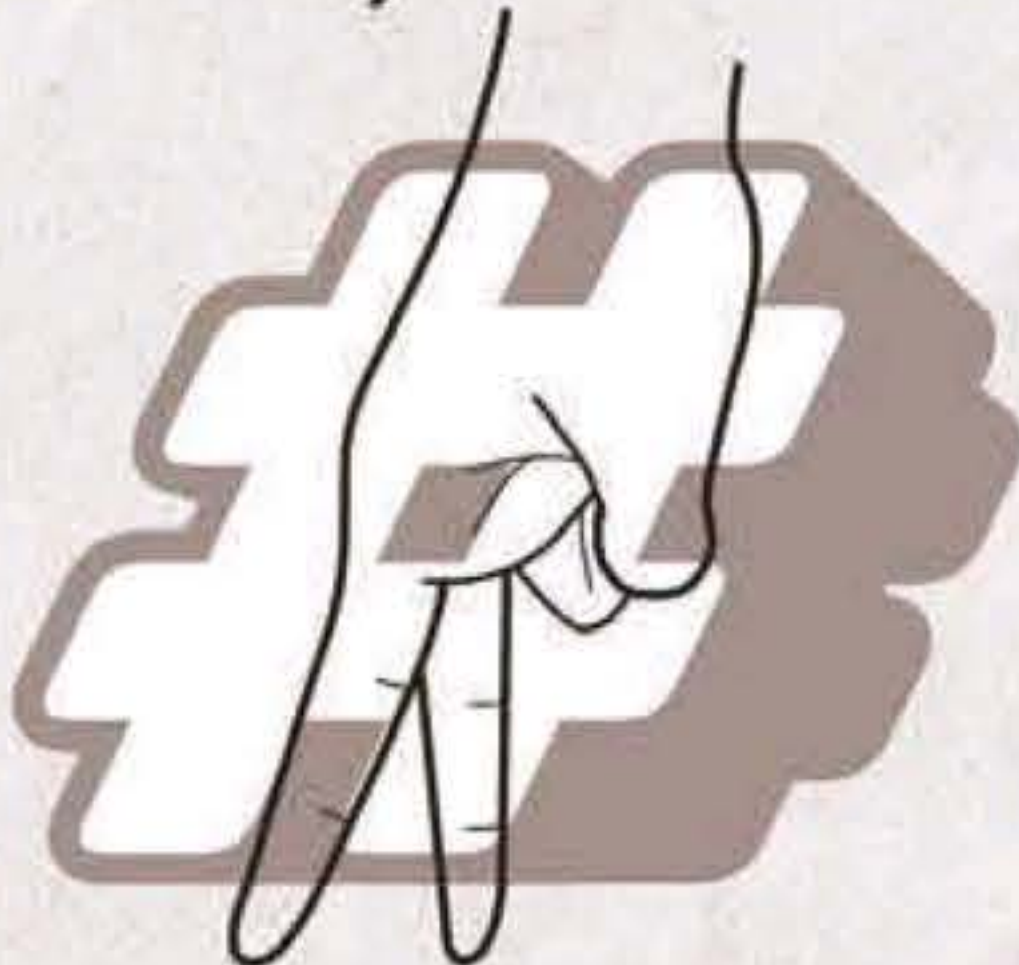
Kita sudah punya solusinya
Dari protokol kesehatan
Sampai vaksin Covid-19

Yang belum kita punya
Hanya kemauan untuk melakukan

Kalau bisa vaksin sekarang, kenapa harus menunda?
Kalau ada protokol kesehatan, kenapa harus melanggar?
Kalau bisa beli produk lokal, kenapa harus beli dari negara tetangga?

Lakukan apa yang benar
Dan lakukan sekarang
Ayo ikut dalam misi menyelamatkan Indonesia!

Kitabangkit.id





Evolusi Gegara Pandemi

SAINS PANDEMI MENGAJARKAN KITA UNTUK MEMAHAMI PERILAKU VIRUS DAN UPAYA KITA HIDUP BERDAMPINGAN DENGANNYA.

OLEH DHANANG PUSPITA

J

APA YANG TERJADI pada kehidupan antara 2,5 miliar tahun hingga 550 juta tahun yang lalu? Saat itu di Bumi sudah muncul kehidupan yang pertama yakni mikroorganisme, mikroalga, dan ubur-ubur pada jaman proterozoic. Manusia hadir di Bumi ini diperkirakan 1,8 juta tahun yang lalu.

Profesor mikrobiologi dari IPB, Antonius Suwanto, pernah menganalogikan umur Bumi 4,5 miliar tahun dalam 24 jam. Hasilnya: mikroorganisme lahir pada pukul 08.00, tumbuhan darat pukul 22.00, dinosaurus pada pukul 23.41, dan manusia muncul pada pukul 23.59.

Begitu muda sekali manusia dibandingkan dengan mikroorganisme, termasuk virus yang saat ini sedang mewabah, yakni SARS-CoV-2.

Umur manusia di Bumi baru semenit. Namun manusia telah menghasilkan sekitar lima spesies manusia, yakni; *Australopithecus afarensis*, *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis*, dan

INILAH PERANG KODE GENETIK
ANTARA MANUSIA DAN VIRUS.
MANUSIA HANYA MAMPU MEN-
CIPTAKAN PENANGKISNYA,
SEDANGKAN VIRUS MENCIP-
TAKAN SENJATA PERANGNYA
BERUPA MUTAN-MUTAN BARU.

Homo sapiens. Saat ini hanya *Homo sapiens* yang yang masih eksis, sedangkan mikroorganisme memiliki banyak spesies—dan lestari hingga saat ini.

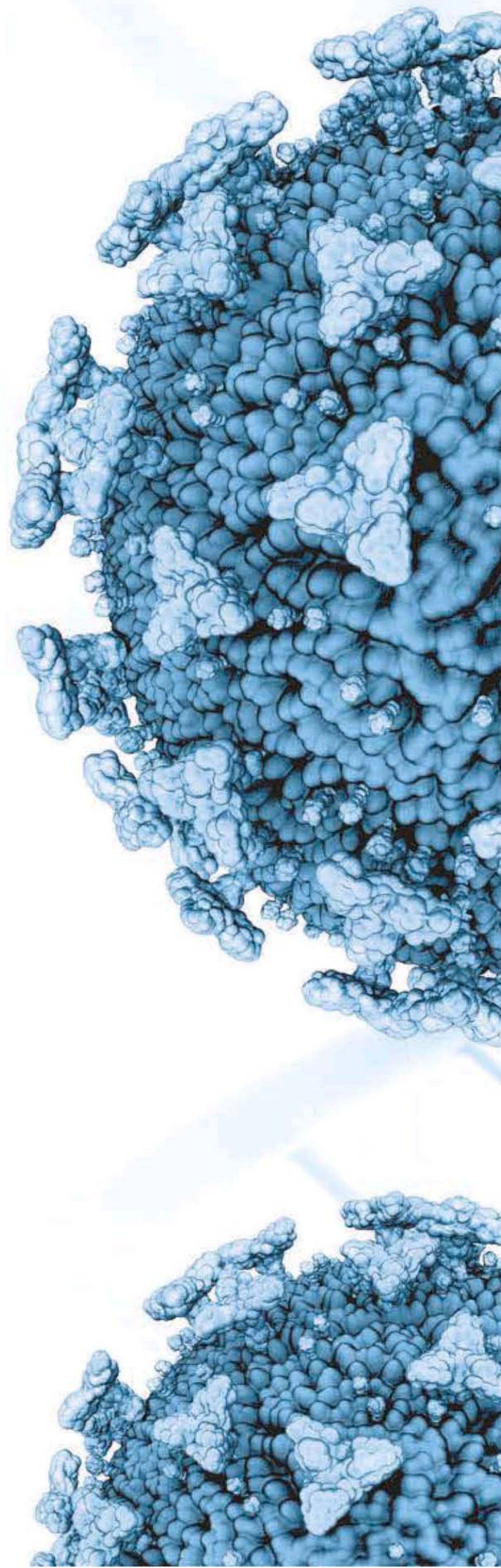
Berkaca dari masa lalu, manusia adalah sosok yang lemah dan rentan. Jika berlomba dengan evolusi, manusialah mungkin yang paling lambat berjalannya, dibandingkan virus yang mampu melesat bak gundala putra petir. Di dunia ini, tidak ada makhluk hidup yang ingin mati konyol, termasuk virus tentunya. Tubuh manusia memiliki sistem kekebalan tubuh dan bisa mendeteksi virus yang datang dan membuat penangkalnya. Virus menyiasati dengan memodifikasi dirinya melalui mutasi untuk menciptakan varian barunya—supaya tetap lestari tentunya.

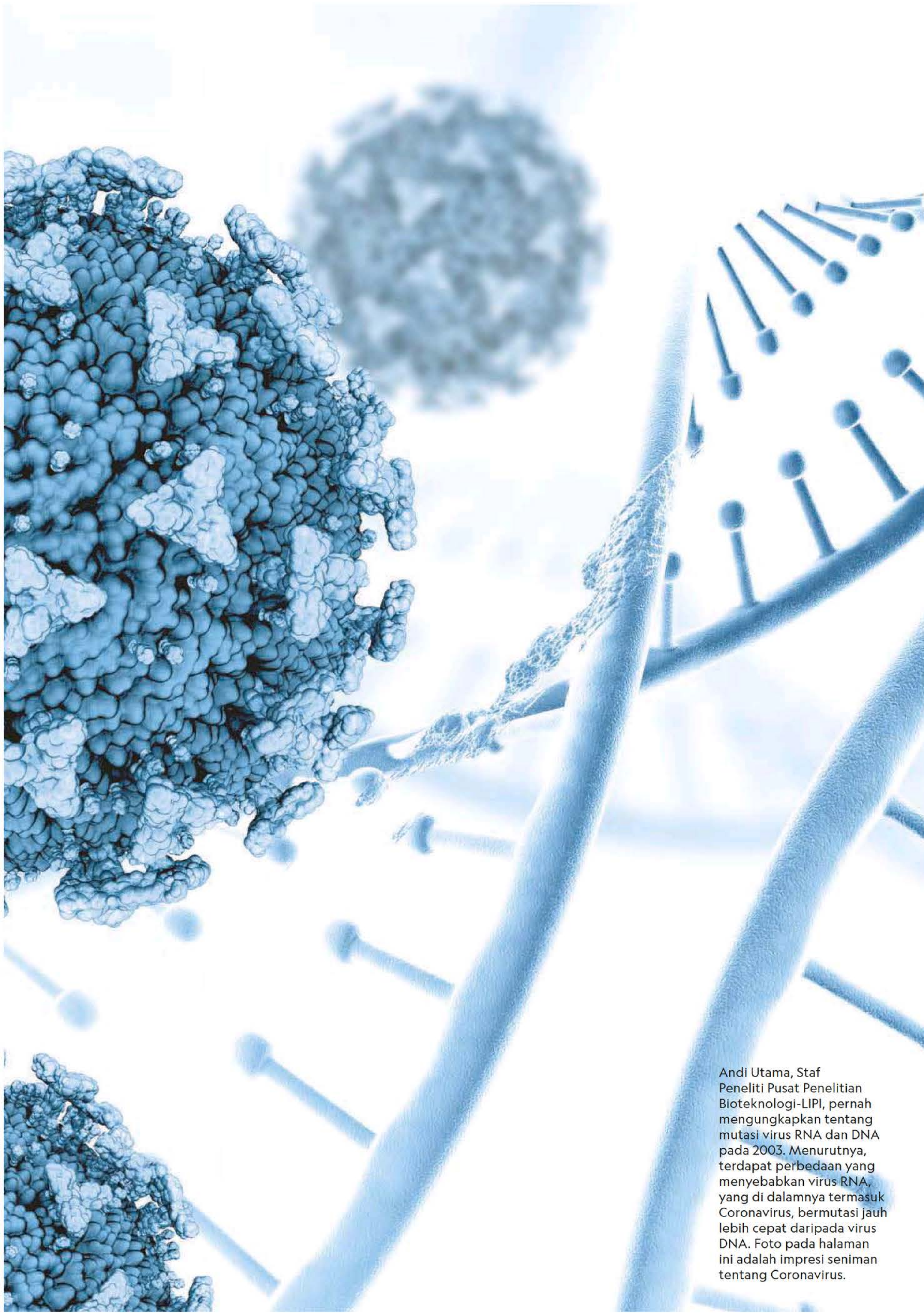
Pandu Riono, selaku pakar epidemiologi dari Universitas Indonesia, pernah mengatakan bahwa semakin banyak manusia yang terinfeksi virus, maka mutasi virus akan berlangsung lebih cepat. Virus tidak akan bermutasi jika tidak menginfeksi manusia. Inilah perang kode genetik antara manusia dan virus. Manusia hanya mampu menciptakan penangkisnya, sedangkan virus menciptakan senjata perangnya berupa mutan-mutan baru.

Lantas manusia berupaya menciptakan penangkis instannya yang diberi nama vaksin. Perlu waktu berbulan-bulan hingga tahunan untuk membuat vaksin sekaligus uji klinisnya. Mungkin virus akan tertawa, dan berkata saya bisa buat varian yang baru. Mungkin hal inilah yang bisa mengancam kesuksesan vaksin yang baru saja lolos uji klinis.

Dari sudut pandang lain, virus bukanlah sosok yang mengerikan dan jahat dan tidak memiliki niat untuk membunuh manusia. Mereka hanya ingin hidup. Dari ribuan mutasi hanya satu dua yang berdampak buruk bagi kesehatan manusia saat terinfeksi. Dampak ini merupakan respon alami karena ada makhluk asing masuk dalam tubuhnya. Sudut pandang manusia, virus adalah musuh dan harus segera dimusnahkan, padahal dalam keseharian manusia tanpa sadar bermasyarakat dengan virus.

Penyebaran penyakit secara meluas menjadi wabah bukan saat ini saja. Sejak manusia ada, sudah berkawan dengan penyakit. Saat ini, setahun sudah Covid-19 menjadi momok yang telah meluluhlantakkan persendian kehidupan manusia. Kehadirannya membuat evolusi yang sebelumnya berjalan di tempat menjadi berjalan lebih cepat.





Andi Utama, Staf Peneliti Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, pernah mengungkapkan tentang mutasi virus RNA dan DNA pada 2003. Menurutnya, terdapat perbedaan yang menyebabkan virus RNA, yang di dalamnya termasuk Coronavirus, bermutasi jauh lebih cepat daripada virus DNA. Foto pada halaman ini adalah impresi seniman tentang Coronavirus.

Manusia segera berubah dan berbenah dengan istilah kehidupan normal baru. Segala daya dan upaya dilakukan untuk melewati pandemi supaya kita tidak mati konyol.

Dalam sebuah buku yang berjudul *The History of Java*, dengan congkaknya Thomas Standford Raffles mengatakan “saya yakin tidak ada orang yang memiliki informasi mengenai Jawa sebanyak yang saya miliki”. Buku setebal 904 halaman ini saya bolak-balik, untuk mencari beberapa informasi mengenai pagebluk di masa lalu. Benar saja, di beberapa halaman Raffles menulis beberapa jenis tumbuhan obat dan manfaatnya, sekaligus beragam jenis penyakit yang pada masa masa lalu. Ada pernyataan yang menarik dalam buku tersebut: “Ada banyak tanaman obat di Jawa yang belum terekplorasi dan ini sangat penting dalam dunia kedokteran.”

Kembali saya mencari benang merah apa yang telah ditulis Raffles, seorang administrator yang tiba-tiba menjadi ahli botani. Dia bercerita tentang ragam penyakit yang dapat disembuhkan dengan obat tradisional berbahan dasar dari tumbuhan, hewan, mineral, dan sediaan sarian (galenik).

Seiring waktu, obat tradisional yang digunakan secara turun-temurun berdasar pengalaman, mulai tergeser dengan pengobatan modern yang berasal dari Barat. Generasi berikutnya, semakin hari semakin kehilangan informasi tentang obat dari leluhurnya. Mereka larut dalam obat-obatan industri.

Pagebluk Covid-19 telah memunculkan swadaya masyarakat untuk mengatisipasinya. Mereka mengingat-ingat apa yang telah diajarkan leluhurnya saat pagebluk itu datang. Kualiti tanah liat yang sudah berlapis debu kini dipakai lagi untuk menjerang air untuk merebus ramuan herbal.

Minuman khas Yogyakarta - Solo, yakni wedang uwuh tetiba naik daun gegara virus corona. Wedang ini berisi kayu secang, cengkih, kayu manis, kapulaga, bunga lawang, jahe, dan gula batu. Wedang ini menjadi minuman herbal di kala pandemi. Mereka percaya wedang uwuh bisa menjaga dan meningkatkan imunitas tubuh, sehingga buat berjaga dari serangan virus maut ini.

Sebelumnya, wedang uwuh hanya cerita dan sajian di warung dan kedai yang tidak banyak dilirik. Kini, wedang uwuh seolah menjadi tren baru lengkap dengan cara penyajiannya yang direbus dalam kualiti tembikar dan disajikan dalam cangkir tembikar pula.

RAFFLES MENULIS DALAM HISTORY OF JAVA, “ADA BANYAK TANAMAN OBAT DI JAWA YANG BELUM TEREKSPLORASI DAN INI SANGAT PENTING DALAM DUNIA KEDOKTERAN.”

Cerita lain adalah bagaimana ramuan herbal dari daun miana (*Coleus scutellarioides*) kembali digunakan oleh suku Toraja sebagai obat batuk. Sebelumnya daun miana digunakan sebagai bumbu masak papiong. Di Tana Toraja daun miana digunakan sebagai obat untuk mengobati batuk dan TBC.

Dari beberapa jurnal ilmiah, ekstrak daun miana mengandung alkaloid, saponin, flavonoid, polifenol, kuersetin dan minyak atsiri. Ekstrak miana memiliki aktivitas antimikroba dan antibakterial yang dapat menghambat pertumbuhan virus dan bakteri.

Kandungan flavanoid bekerja dengan cara menghambat sintesa asam nukleat, menghambat fungsi membran sitoplasma, dan menghambat metabolisme energi. Saponin akan bekerja dengan cara mengganggu dan menghambat permeabilitas membran sel. Tanin akan mengkoagulasi protoplasma sel bakteri di mana sebelumnya dinding sel telah lisis akibat senyawa saponin dan flavonoid. Akibatnya, senyawa tanin dapat mudah masuk ke dalam sel.

Gejala Covid-19 yang ditandai dengan batuk, yakni sebagai respons tubuh terhadap benda asing yang masuk dalam tubuh mirip dengan TBC dan penyakit batuk pada umumnya. Dengan demikian, daun miana kembali dipakai sebagai obat alternatif dari warisan nenek moyang.

Pandemi adalah ajang perlombaan evolusi antara virus dan manusia. Mereka beradu agar tetap eksis, dengan caranya masing-masing. Pandemi menjadi pelajaran, evolusi memaksa manusia untuk beradaptasi, meskipun kita harus bersanding dengan hantu virus yang selalu bermutasi. Inilah sains pandemi! □

Dhanang Puspita Peneliti dan pengajar biologi-mikrobiologi di Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Satya Wacana, Salatiga.

Pelajaran dari Alam

Dhanang dan timnya meracik tanaman rempah sebagai pembunuh mikroorganisme. “Senyawa-senyawa rempah dapat dikombinasikan sebagai penyanitasi tangan dan disinfektan yang murah dan dapat dengan mudah diperoleh di sekitar rumah”.



PANDEMI MEMICU TEKNOLOGI

OLEH FIKRI MUHAMMAD

SAAT DUDUK di bangku magister jurusan Fisika Institut Teknologi Bandung pada 1995, Kuwat Triyana mendigitalisasi grafik makalah ilmiah untuk mendapatkan data berpola, cikal bakal teknologi sensor deteksi bau (E-Nose). Dengan gelar doktoral Universitas Kyushu, Jepang, ia membuat prototipe sederhana, mendeteksi obat terlarang hingga TBC.

Pada akhir April silam, setelah uji *profiling*, E-Nose hadir di ruang isolasi RS Bhayangkara, guna mendeteksi COVID-19, menyusul RS Bambanglipuro di Bantul. Keduanya menghasilkan 623 data sampel uji *profiling* dengan tingkat akurasi yang diklaim 97%. Setelah selesai uji diagnostik pada Oktober, E-Nose menjadi GeNose C19 (Gajah Mada Electronic Nose COVID-19), dan mendapatkan izin edar dari Kementerian Kesehatan pada 24 September 2020 dengan produksi 500 unit. Saat laporan uji edar, GeNose C19 memiliki tingkat akurasi 95%, dengan sensitivitas 98-92% dan resistivitas 95-97%. Konsep E-Nose untuk TBC dan GeNose C19 sejatinya nyaris serupa: mencoba melihat aktivitas bakteri atau virus dengan senyawa berbeda. Pelatihan GeNose C19 membutuhkan waktu dua hari pada satu sampel.

Pada 5 Februari 2021, GeNose C19 menjadi syarat tes COVID-19 di Stasiun Pasar Senen dan Stasiun Yogyakarta untuk perjalanan kereta jarak jauh. Menurut Dicky Budiman, ahli epidemiologi Griffith University, Australia, manusia mengandung seribu lebih *volatile organic compounds* (VOCs), terutama di negara yang mengandung banyak polusi. Jumlah VOCs yang merupakan pecahan dari gas, terlalu kecil untuk terdeteksi. Ditambah lagi kelembaban, kualitas udara, dan berbagai hal lainnya. Ia berkata, sepatutnya ada kotak lab khusus jika alat uji napas ditempatkan di tempat umum. "Seperti ruangan yang bertekanan khusus. Sehingga udara yang dikeluarkan tidak merembes keluar. Menciptakan kondisi yang mendekati ideal dengan lingkungannya," ucap Dicky.

Dari berbagai kritik yang ada, Kuwat mengakui ada dua kekurangan dari GeNose C19. Pertama adalah aspek yang menyebabkan intervensi, memastikan deteksi tidak tertukar dengan penyakit lain. Kedua adalah masalah operator. Jika diterapkan dengan SOP yang tepat—yaitu sirkulasi udara yang bagus—maka alat ini akan berfungsi dengan baik. Kuwat menegaskan GeNose C19 memang belum sempurna, "Alat GeNose C19 ini ibaratnya bayi baru lahir yang langsung berlari," ungkapnya.



CARA KERJA GENOSE C19

1

Pengambilan sampel

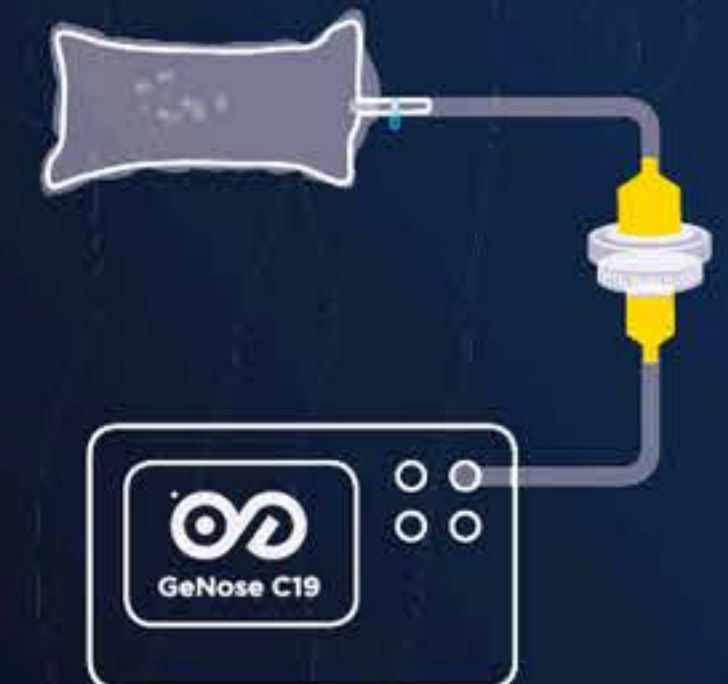
Sampel napas seseorang diambil, kemudian ditampung dalam plastik khusus. Sampel yang digunakan adalah sampel napas ketiga, karena yang pertama dan kedua hanya digunakan untuk membersihkan gas di permukaan mulut.



2

Hepa filter

Filter akan mempelajari senyawa dan virus, sebelum masuk ke ruang sensor untuk dideteksi. Sensor itu akan mengubah hambatan listrik, setiap bertemu dengan gas yang menghampirinya.



3

Ekstraksi

Sensor dilatih untuk mengetahui ciri hasil ekstraksi pasien positif dan negatif. Kuwat mengklaim hanya butuh 45 detik dari proses awal hingga hasilnya muncul.



4

Membersihkan ruang sensor

Untuk membersihkan ruang sensor dari gas pasien, GeNose C19 membutuhkan waktu 90 detik. Sehingga rata-rata penggunaan untuk satu orang membutuhkan waktu tiga menit. "Gas itu diganti, dibersihkan menggunakan udara sekitar, yang dimasukkan ke situ berkali-kali," kata Kuwat.



SENI: HERI CAHYADI

SAINS BERPACU DALAM PANDEMI

OLEH
TITANIA FEBRIANTI

KALA KEMATIAN MENGHANTUI sepanjang pandemi, imunitas tubuh menjadi perisai pemungkas. Selain menggantungkan harapan pada kekebalan alamiah setelah seseorang selamat dari infeksi, kekebalan tubuh juga bisa didapatkan dari vaksinasi.

“Ketika sebagian besar orang dalam komunitas sudah berhasil divaksinasi, maka tercapailah apa yang kita sebut sebagai kekebalan komunitas,” ungkap Amin Soebandrio, Direktur Lembaga Biologi Molekuler Eijkman. Pada gilirannya, populasi ini bisa melindungi orang yang mungkin karena satu sebab tidak bisa divaksinasi, entah karena usianya entah kondisi kesehatannya, paparnya.

Dari masa ke masa, saat pagebluk merenggut semakin banyak nyawa, para ahli berpacu dengan waktu untuk menghasilkan vaksin. Namun nyatanya, mendapatkan vaksin tak semudah membalikkan telapak tangan.

Ada banyak penelitian dan pengujian yang harus dilalui. Bahkan kasus Ebola membutuhkan waktu 43 tahun sejak pertama kali sang virus ditemukan, hingga akhirnya bisa tercipta vaksin yang diakui aman untuk menyelamatkan jiwa.

Vaksin sendiri bekerja dengan berbagai cara. Vaksin Covid-19 seperti Sinopharm dan Sinovac misalnya, menggunakan metode *inactivated vaccine*, metode vaksin tradisional yang juga digunakan untuk melawan rabies. Dalam metode ini, materi genetik SARS-CoV-2 dihancurkan sehingga tak lagi bisa menginfeksi sel manusia, menyisakan selubung proteinnya. Saat sistem imun seseorang mendeteksi selubung protein ini sebagai benda asing yang masuk dari vaksinasi, tubuh akan dilatih membentuk zat antigen. Saat tubuh terpajan virus SARS-CoV-2 sejati, orang tersebut sudah memiliki antibodi untuk melawannya.

Seiring perkembangan teknologi khususnya dalam menghadapi SARS-CoV-2, beberapa *platform* pun dikembangkan. Vaksin DNA misalnya bekerja dengan cara, “DNA virus dimasukkan ke dalam tubuh, disisipkan di dalam suatu plasmid, kemudian disuntikkan ke dalam otot,” papar Amin. Plasmid akan mengantarkannya ke dalam inti sel. Kemudian sel akan memproduksi protein virus, meniru infeksi. “Vaksin DNA dan juga Vaksin mRNA, pembentukan antigen dilakukan di dalam tubuh kita,” lanjutnya. Hal ini berbeda dengan vaksin lainnya, yang proses untuk mendapatkan antigennya dikembangkan di luar tubuh, baru setelahnya disuntikkan.



Linimasa Perkembangan Vaksinasi

Vaksinasi bisa menolong banyak nyawa. Namun untuk tiba di titik tersebut, penelitian untuk mendapatkan vaksin yang tepat membutuhkan waktu mulai dari beberapa bulan, hingga puluhan tahun. Menurut WHO, dalam rentang waktu 2010 hingga 2015 saja, terdapat sepuluh juta kematian yang terselamatkan oleh vaksinasi.





Kristiari Nebath, seorang dokter di Rumah Sakit Liun Kendage Tahuna, Kabupaten Kepulauan Sangihe, Sulawesi Utara, menyiapkan vaksin Sinovac untuk disuntikan kepada tenaga kesehatan. FOTO: STENLY PONTOLAWOKANG

Demikian pula metode vaksin berbasis RNA, yang mengantarkan materi genetik virus. Alih-alih masuk ke dalam inti sel, materi ini “akan diproses dalam satu organel, ribosom—pabrik protein di dalam sel kita, yang menerima informasi tentang RNA dari virus.” Maka akan terbentuklah protein-protein yang akan digunakan untuk “membentuk partikel virus baru atau membentuk antigen,” lanjut Amin.

Lembaga Biologi Molekuler Eijkman menggunakan platform Sub-Unit Vaccine dalam mengembangkan vaksin Covid-19. Vaksin ini berbasis protein, protein spike dan protein nukleokapsid Covid-19—yang bersirkulasi di Indonesia—untuk membentuk antibodi.

FASE PENGEMBANGAN VAKSIN



TAHAP EKSPLORASI
Riset lab dasar, 2 hingga 4 tahun.



TAHAP PRAKLINIS
Untuk mendapatkan gambaran respons imun, calon vaksin diuji coba pada sistem kultur jaringan atau sel, dan juga hewan.



PERKEMBANGAN KLINIS
UJI KLINIS I (diberikan pada 20-80 orang sukarelawan). Penilaian terkait keamanan, manfaat, kaitan antara dosis dan efek samping.

UJI KLINIS II (pada ratusan orang) Menilik efek samping jangka pendek serta rangsangan sistem kekebalan.

UJI KLINIS III (pada ribuan orang) Menilik pula perbandingan kelompok yang mendapatkan vaksin dan tidak.

UJI KLINIS IV
Lanjutan penelitian setelah vaksin disetujui, jika diperlukan.



PENINJAUAN PERATURAN DAN PERSETUJUAN VAKSIN

Badan tertentu meninjau proses uji coba, mempertimbangkan persetujuan vaksin, kemudian memantaunya.



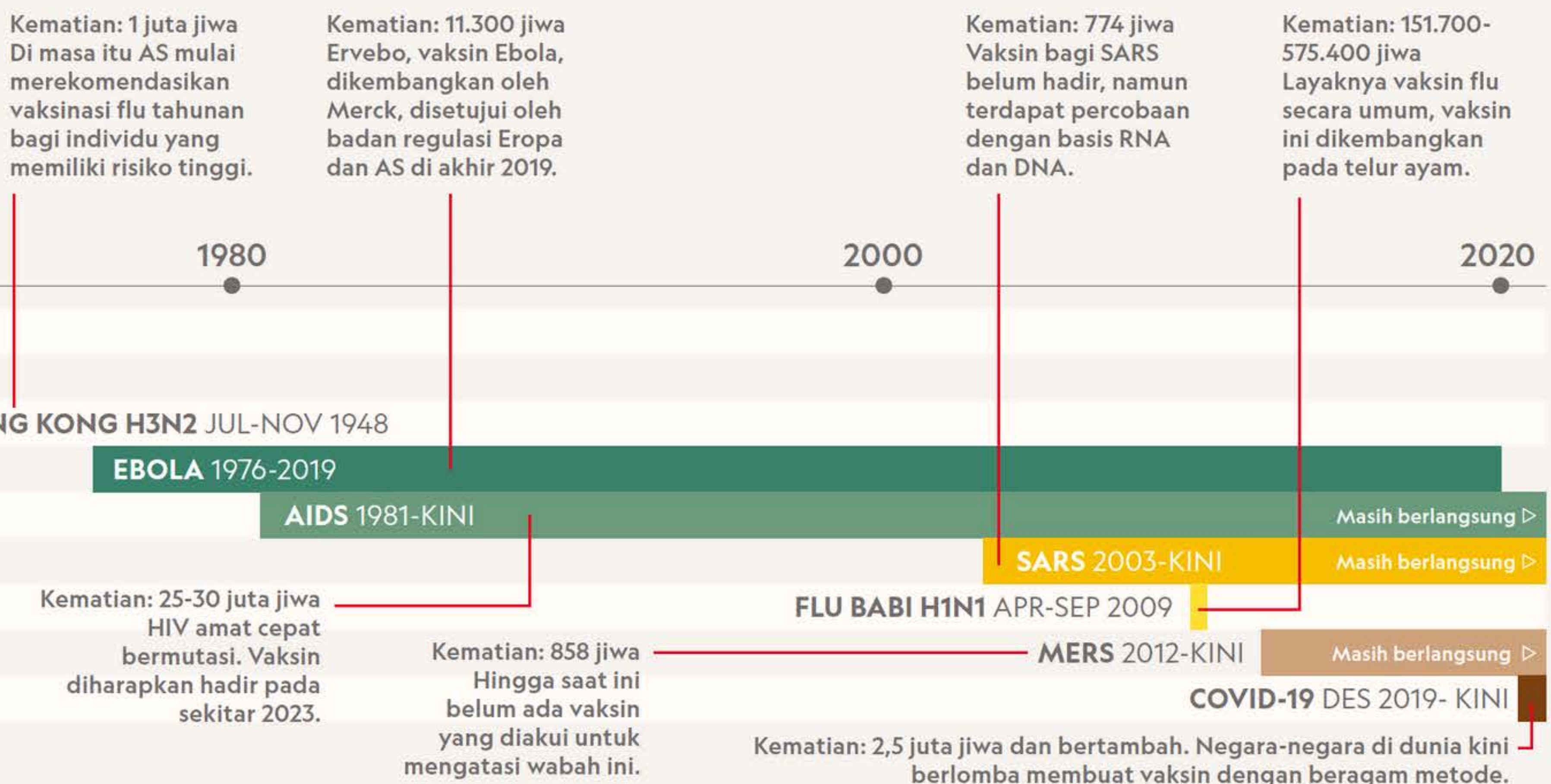
PRODUKSI

Biasanya membutuhkan waktu 6-36 bulan untuk memproduksi, mengemas, dan mengirimkan vaksin.



PENGENDALIAN MUTU

Vaksin yang diproduksi terus-menerus dites oleh berbagai lembaga di dunia, untuk menjamin keamanannya.



MENCUCI TANGAN MENYINTAS NYAWA

Bagaimana sabun mendobrak pertahanan virus bermahkota yang merajai dunia?

SELAIN MENGENAKAN MASKER dan menjaga jarak, cara yang digaungkan di seantero bumi agar terhindar dari penyakit pernapasan akibat SARS-CoV-2 di masa pandemi ini ialah mencuci tangan dengan saksama.

Virus SARS-CoV-2 mengandung RNA di bagian dalam, yang diselubungi oleh protein. Protein selubung ini dirakit membentuk kapsid, “untuk melindungi RNA dari bahan-bahan yang bisa merusaknya. Di bagian luar, zat lemak berlapis ganda merupakan tempat bercokolnya protein permukaan *spike* yang berfungsi untuk melakukan pelekatan pada sel,” jelas Joko Pamungkas, ahli virologi dari Institut Pertanian Bogor. Setelah itu virus pun masuk ke dalam sel dan mereplikasi diri.

Molekul penyusun zat lemak berlapis ganda ini—*lipid bilayer*, diilustrasikan di kanan—terdiri dari bagian kepala yang bersifat hidrofilik (yang mudah melarut, menyerap, atau bercampur dengan air) dan bagian ekor yang bersifat hidrofobik (menolak massa air). Lapisan ini berfungsi sebagai pelindung virus.

Sabun sendiri memiliki senyawa kimia dengan susunan molekul yang mirip dengan lapisan pelindung virus, yang terdiri dari kepala hidrofilik dan ekor hidrofobik. Ekor ini akan mengikat lipid virus, sedangkan kepalanya akan terikat dengan air pembilas, memecahkan struktur lapisan pelindung virus.

Anda mungkin berpikir bahwa Anda jarang menyentuh muka. Namun penelitian di University of New South Wales, Australia menunjukkan, seseorang rata-rata tanpa sadar bisa menyentuh mulutnya sebanyak empat kali, dan hidungnya sebanyak tiga kali dalam satu jam. Belum lagi bagian lain dari muka seperti pipi atau dahi. Oleh karena itu, mencuci tangan dengan menggunakan sabun adalah salah satu cara penting untuk menghindari virus ini berpindah. Bukan hanya agar seseorang tidak terinfeksi, namun lebih jauh lagi, agar virus berhenti menyebar dan pandemi teratasi.

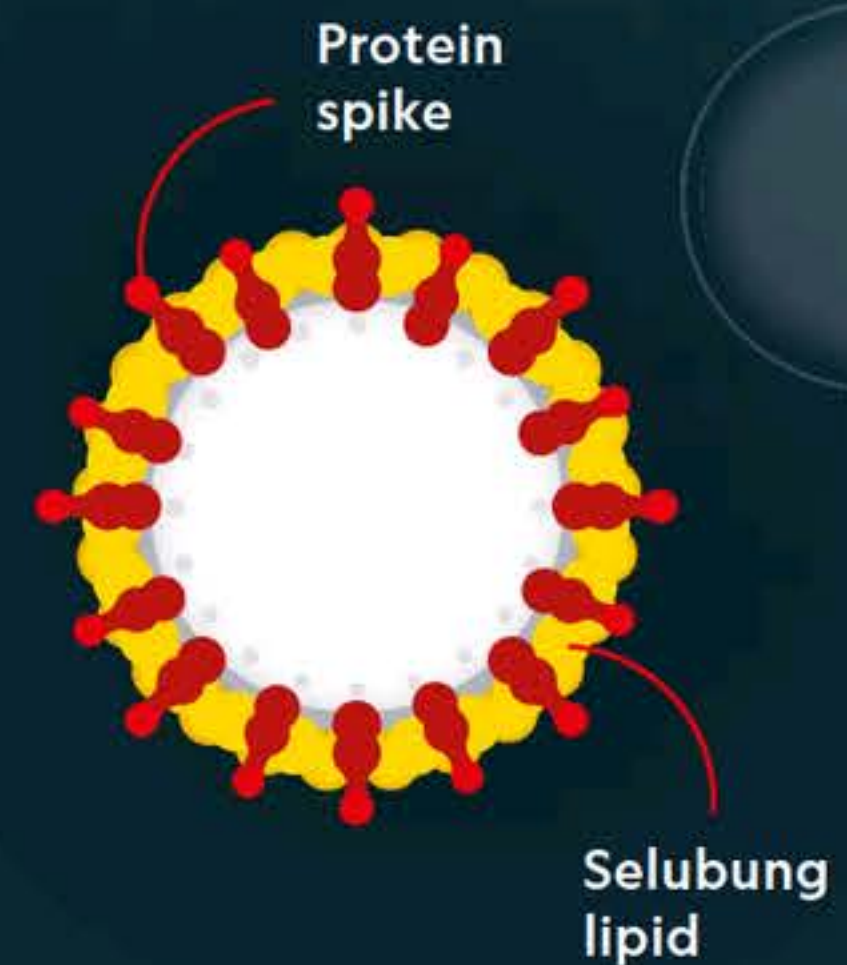
Molekul penyusun zat lemak berlapis ganda terdiri dari bagian kepala bersifat hidrofilik yang amat lengket, efektif menempel di permukaan kulit seperti telapak tangan.

CARA SABUN MENGHANCURKAN PERISAI VIRUS

1

SARS-CoV-2

Virus mengandung RNA di bagian dalam, yang diselubungi protein guna melindungi RNA dari bahan-bahan yang bisa merusaknya. Di luarnya, zat lemak berlapis ganda menjadi tempat bagi protein permukaan “spike”, yang berfungsi melakukan pelekatan pada sel, agar virus bisa menyusup dan mereplikasi diri.



EFEKTIFKAH MENCUCI TANGAN DENGAN SABUN?

Menurut WHO, jika seseorang melakukan hal tersebut, kematian akibat penyakit terkait diare diperkirakan berkurang 50 persen. Penelitian London School of Hygiene and Tropical Medicine memaparkan, infeksi pernapasan seperti pilek dan flu bisa berkurang 21 persen, dan infeksi pernapasan akut sebanyak 25 persen.

OLEH TITANIA FEBRIANTI

SEBERAPA SERING KITA MENYENTUH WAJAH?

Rambut

Rata-rata disentuh 4 kali per jam
Rata-rata durasi 3 (1-10) detik

Telinga

Rata-rata disentuh 1 kali per jam
Rata-rata durasi 3 (1-20) detik

Mata

Rata-rata disentuh 3 kali per jam
Rata-rata durasi 1 (1-53) detik

Hidung

Rata-rata disentuh 3 kali per jam
Rata-rata durasi 1 (1-10) detik

Pipi

Rata-rata disentuh 4 kali per jam
Rata-rata durasi 5 (1-12) detik



Dagu

Rata-rata disentuh 4 kali per jam
Rata-rata durasi 4 (1-10) detik

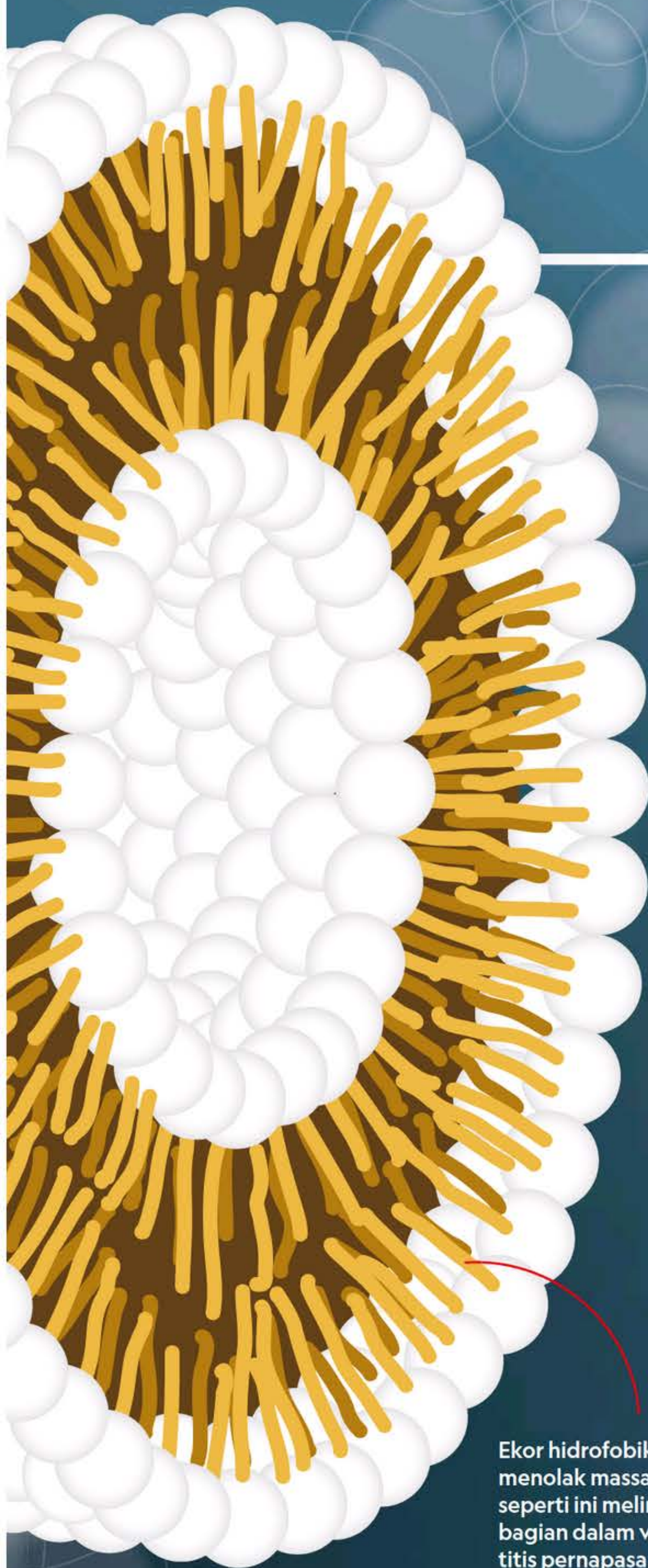
Leher

Rata-rata disentuh 1 kali per jam
Rata-rata durasi 5 (1-23) detik

Mulut

Rata-rata disentuh 4 kali per jam
Rata-rata durasi 3 (1-12) detik

Penelitian yang dilakukan oleh Yen Lee Angela Kwok dan rekan-rekannya dari School of Public Health And Community Medicine, University of New South Wales Australia menunjukkan, bahwa tanpa disadari, kita bisa jadi menyentuh muka sebanyak 23 kali dalam satu jam.

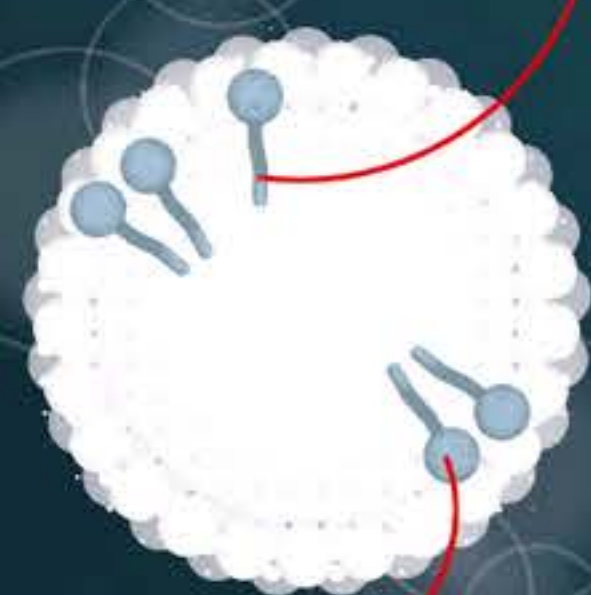


Ekor hidrofobik menolak massa air, ekor seperti ini melindungi bagian dalam virus dari titis pernapasan saat seseorang batuk atau bersin.

2

MOLEKUL SABUN

Molekul penyusun sabun sangat mirip dengan molekul yang menyusun pelindung luar virus SARS-CoV-2, terdiri dari ekor hidrofobik dan kepala hidrofilik.



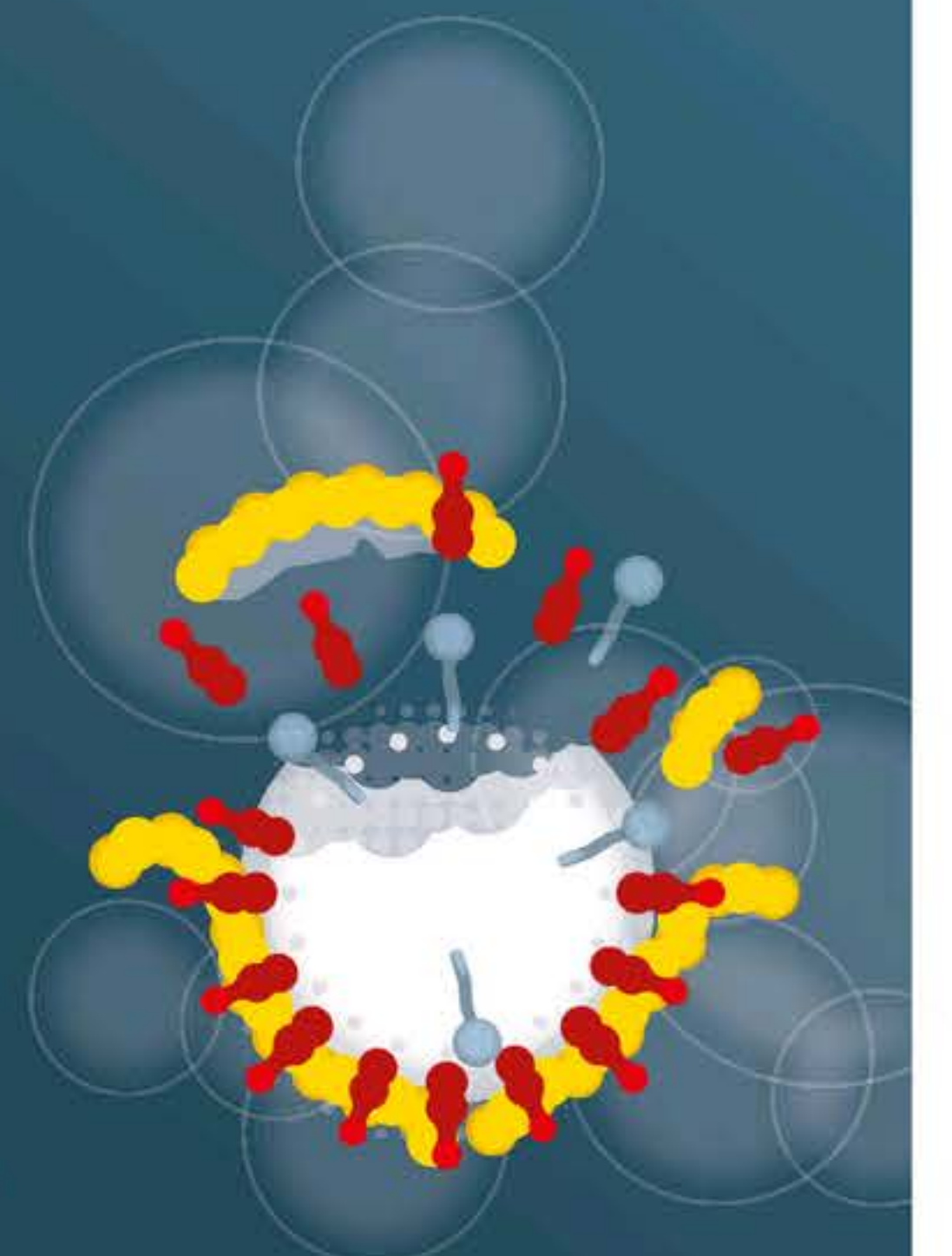
Ekor hidrofobik, mengikat lemak

Kepala hidrofilik, mengikat air

3

HANCURNYA VIRUS

Saat sabun menempel pada virus, kepala hidrofilik sabun akan terikat pada air pembilas, sedangkan ekor hidrofobik sabun akan terikat pada zat lemak yang dimiliki oleh permukaan virus. Hal ini melarutkan lemak ke dalam air yang mengalir, menghancurkan virus.



Kutukan Wewangian Surgawi

KETIKA REMPAH-REMPAH
MENYIMPAN BALA MAUT
DALAM KEKUATAN DAYA
PIKATNYA.

OLEH
MAHANDIS YOANATA THAMRIN

“PENYAKIT INI SELALU BERMULA dari pesisir dan dari sana masuk ke bagian dalam,” demikian catat Procopius. Dia merupakan sejarawan Bizantium abad keenam, yang melaporkan tentang pagebluk di Konstantinopel, Turki. Kelak, pagebluk ini dikenal sebagai “*Plague of Justinian*” atau Wabah Yustinianus—karena terjadi pada masa Kaisar Yustinianus, penguasa Romawi Timur.

Menurut catatan sang sejarawan, pagebluk hebat itu bermula di selatan Alexandria, Mesir, pada 540. Kemudian berjangkit ke Palestina dan menjalar hingga ke Konstantinopel pada musim semi 542. Pagebluk ini menyebar dari pelabuhan utama ke pelabuhan lain, dan tampaknya tidak mengikuti pola musiman apa pun.



Dia mengungkapkan bahwa penyakit ini sama sekali belum dikenal. Procopius juga menyebutnya sebagai penyakit kiriman dari Tuhan. Catatannya menerangkan bahwa angka kematian meningkat dari 5.000 dalam sehari menjadi lebih dari 10.000.

Sebelum jatuh sakit, demikian ungkapnya, korban kerap bermimpi tentang kedatangan makhluk gaib dalam wujud manusia. Makhluk ini menyentuhnya, sehingga menularkan penyakit. Namun, ada pula korban yang hanya mendengar suara aneh. Warga mengunci pintu rumah karena takut disambangi tamu yang tak diundang itu. Mereka resah sepanjang malam-malam yang tak berkesudahan.

Sejarawan modern memperkirakan *Plague of Justinian* telah mencabuti nyawa 30-50 juta orang!



Tanda-tanda orang yang terinfeksi biasanya demam mendadak dalam beberapa hari. Kemudian di bagian selangkangan, ketiak, paha, dan lehernya mengalami pembengkakan atau pelepuhan seukuran kacang polong —belakangan disebut *bubos*. Kematian bisa terjadi kapan saja. Procopius juga mengisahkan beberapa pasien bunuh diri dengan menceburkan diri ke sungai. Bahkan, Kaisar Yustinianus pun terjangkit pagebluk. Selangkangannya bengkak. Untungnya, sang kaisar berhasil menjadi penyintas wabah maut ini.

Respons manusia pada setiap pagebluk tampaknya memiliki pola-pola yang berulang. Procopius mengabarkan, pagebluk itu dibarengi simpati masyarakat, baik bagi mereka yang harus bekerja

keras merawat para korban maupun bagi korban yang terkulai. Ajaibnya, para dokter dan perawat cenderung tidak terinfeksi meski mereka berkontak langsung dengan pasien. Tampaknya penyakit itu tidak menyebar melalui kontak langsung.

Bagaimana penyakit itu menyebar? Jaringan perdagangan dunia timur dan barat bersimpul di kawasan Bizantium, yang bertumpu pada ibu kotanya di Konstantinopel. Jaringan ini menautkan Mesir, Arab, India, dan Tiongkok. Kapal-kapal dagang dan kereta-kereta para kafilah pengangkut rempah telah memunculkan peluang bakteri atau virus yang terbawa angkutan itu.

Ada banyak jalan bagi rempah Asia Tenggara untuk sampai ke Eropa. Jalur Rempah yang

“PENYAKIT INI DIBAWA PORTUGIS PADA ABAD KE-16,” UNGKAP SYEFRI. “MAKANYA MASYARAKAT MENYEBUTNYA PENYAKIT PORTUGIS.”

berdampingan dengan Jalur Sutra Maritim, dan berkelindan dengan jalur perdagangan dupa wangi ke penjuru dunia. Catatan Cina pada abad ke-4 menunjukkan pentingnya pertalian dagang antara India dan Asia Tenggara. Kelak pada abad ke-7 dan abad ke-8, orang Arab dan Persia turut meramaikan jalur perdagangan ini. Kekhalifahan Abbasiyah bertakhta dari Persia sampai Afrika Utara. Dinasti ini juga menggunakan pelabuhan di Iran, Yaman, dan Mesir sebagai pintu masuk ke India dan Cina demi mendapatkan rempah Nusantara.

Sementara itu Jalur Sutra Darat, diyakini sebagai salah satu jalur perdagangan tertua sebelum Jalur Rempah, menjadi rute darat sepanjang lebih dari enam ribu kilometer. Terbentang dari Tiongkok melewati India, Persia, dan berujung sampai Konstantinopel di Eropa Tenggara.

Di Konstantinopel, pengamatan Procopius terhadap *Plague of Justinian* merupakan “bagian dari pagebluk pertama dalam sejarah yang didokumentasikan,” ungkap Francois Pieter Retief dan Louise Cilliers dari University of the Free State di Afrika Selatan. “Pagebluk ini juga mengantarkan pada masalah kesehatan global baru [...], penyakit yang akan menyerang masyarakat internasional selama hampir 1.300 tahun kemudian.”

Pagebluk yang dimaksud itu muncul dengan julukan “*Black Death*”, yang berjangkit di Eropa sekitar 1346-1361. Korbannya 200 juta jiwa! Penelitian modern menunjukkan bahwa pagebluk serupa telah menjangkiti Eropa dalam beberapa gelombang pada rentang 1369-71, 1374-75, 1390, dan 1400.

Bencana *Plague of Justinian* sampai *Black Death* diduga kuat menyebar melalui perdagangan rempah. Fluktuasi iklim memengaruhi populasi tikus hitam *Rattus rattus*, yang sekujur badannya digelayuti kutu-kutu yang terinfeksi bakteri *Yersinia pestis*. Kita menyebutnya sebagai penyakit pes.

Sejatinya tikus-tikus yang plesiran itu sudah tercatat pada abad keenam. Angkutan dagang melalui kapal memungkinkan seekor tikus Roma pernah ditemukan di Fenchurch Street di London pada sekitar abad keempat.

Sebelum *Black Death* berkecamuk di Eropa, pada 1320 orang Tiongkok telah mendokumentasikan pagebluk pes pertama kali. Tampaknya tikus-tikus yang terinfeski ini berasal dari Asia Tenggara. “Tikus Asia kemungkinan besar pertama kali datang ke Eropa dengan menumpang armada perdagangan Romawi dari India,” ungkap Jack Turner dalam

Spice: The History of Temptation, yang diterbitkan dalam edisi bahasa Indonesia oleh Komunitas Bambu dengan tajuk *Sejarah Rempah: Dari Erotisme sampai Imperialisme*. Tikus “tidak bisa melintasi gurun pasir, tetapi mereka dapat menumpang rombongan kapal trans-oseanik yang bermuatan lada,” ungkapnya.

Rempah-rempah memang memiliki khasiat sebagai obat. Namun, pagebluk yang diterjemahkan sebagai “udara jahat” juga membuat salah kaprah tentang rempah.

Salah satu dampak berbahaya rempah adalah keyakinan orang terhadap khasiat rempah, ungkap Turner, justru telah mengalihkan penyebab utama dari suatu penyakit. Dokter-dokter era *Black Death* menggunakan wadah berbentuk bola dan masker berbentuk paruh burung, yang keduanya berisi rempah-rempah wangi dan herbal. “Tentunya,” tulis Turner, “hal yang ironis dari metode ini adalah kegunaan medisnya yang nihil.”

Salah kaprah tentang rempah itu bukan hanya menyelimuti orang-orang era *Black Death*, tetapi juga berlanjut hingga pagebluk Covid-19 di Indonesia. Ada produk berbasis rempah yang digadang-gadang sebagai senjata andalan penangkal virus. Bahkan, diklaim sebagai antivirus. Padahal, rempah-rempah bukanlah antivirus, melainkan nutrisi tambahan bagi mereka yang kekurangan asupan, atau membasmi kuman. Prinsip dasar sanitasi adalah yang utama dalam setiap pagebluk.

Tampaknya migrasi manusia dan perdagangan antarkawasan pula yang menyebabkan pagebluk pes di Eropa mereda. Pada sekitar abad ke-18, kawanan tikus cokelat asal Norwegia menyebar ke daratan Eropa Barat. Turner mengungkapkan, tikus cokelat ini tidak terinfeksi bakteri penyebab pes. Semesta pun mendukung, populasinya yang kian melebihi tikus hitam sehingga menjadi alasan meredanya pagebluk pes di Eropa.

“Rempah menjadi salah satu faktor penyebaran penyakit,” kata Syefri Luwis, peneliti sejarah. “Kedatangan orang-orang Eropa dan daratan Asia ke Nusantara tidak hanya membawa misi perdagangan, tetapi tanpa sadar juga membawa penyakit.”

Penyebaran ragam penyakit ke Nusantara mengikuti pelayaran Jalur Rempah. Syefri menambahkan bahwa pusat-pusat penyebaran wabah biasanya di kawasan pelabuhan, seperti sipilis dan cacar.

Sipilis merupakan salah satu penyakit menular seksual yang dibawa oleh orang-orang Eropa—kendati tidak menjadi sebuah wabah, penyakit ini cukup mematikan. Sipilis telah mencapai India bersamaan dengan pendaratan Portugis pada 1498. Kemudian sekitar 1505 telah menyebar.

Penyakit ini diduga sampai ke Nusantara setelah Portugis menaklukkan Malaka. Antonio Pigafetta, rekan mendiang Magellan, menjumpai sipilis saat singgah di kawasan timur Nusantara sekitar 1522. “Penyakit ini dibawa Portugis pada abad ke-16,” demikian ungkap Syefri. “Makanya masyarakat



menyebutnya penyakit Portugis.”

Namun, tampaknya kita tidak bisa hanya menuding orang-orang Eropa sebagai penyebar penyakit. Syefri mengisahkan catatan orang Portugis tentang epidemi cacar pertama di Ternate, Maluku Utara, pada 1558. Kemudian, mereka juga mencatat cacar menyerang Ambon pada 1564. Masih dalam jaringan perdagangan rempah, penyakit ini juga mewabah di Filipina pada 1574-1591.

“Kemungkinan besar cacar tiba di Nusantara

[berasal] dari Cina dan atau India karena wilayah tersebut sudah jauh lebih dahulu diketahui pernah berjangkit cacar,” ujar Syefri. “Dan, mereka sudah lebih lama berhubungan dengan Nusantara.”

Kapal-kapal dagang dan karavan-karavan kafilah pengangkut rempah mungkin tidak secepat pesawat dan mobil balap. Namun moda transportasi itu menjadi saluran terbaik penyebaran pagebluk.

“Semakin cepat manusia berpindah,” kata Syefri, “semakin cepat penyakit menyebar.” □

Jelajahi dunia dari genggamannya Anda

Dapatkan dalam
versi digital
melalui:



Aplikasi tersedia di:



Vaksin Romusha Hlm. 38

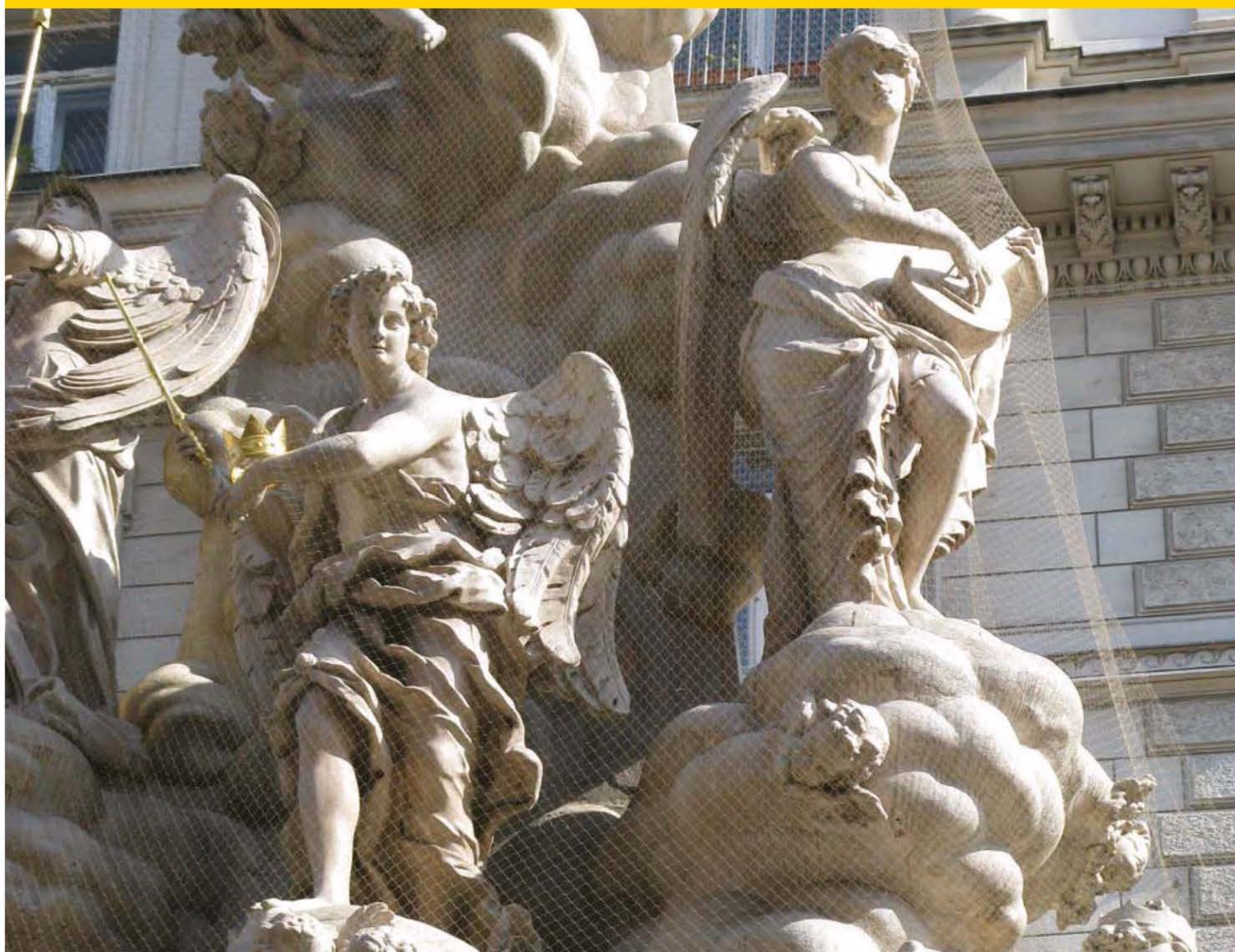
Seni Memorial Pandemi ...

Hlm. 44

Mukjizat Virus Hlm. 50

Strategi Vaksinasi Hlm. 78

SAJIAN UTAMA



▲
44

SENI MEMORIAL BERUPA MONUMEN BERBASIS KEJADIAN LUAR BIASA KHUSUSNYA WABAH, BEGITU SEDIKIT DI INDONESIA.

KEBENARAN SAINS DALAM TRAGEDI VAKSIN ROMUSHA

SALAH SATU PERISTIWA PALING MENAKUTKAN DALAM SEJARAH ILMUWAN DI INDONESIA. SEBUAH KETIDAKADILAN YANG KEJAM PADA ZAMAN PENDUDUKAN JEPANG. SAINS MENOLAK POLITISISASI SEJARAH DEMI PEMAHAMAN HAKIKAT KEBENARAN.

KEJADIAN YANG SANGGUH MISTERIUS. Sejumlah 900 romusha tewas pada 6 Agustus 1944 di sebuah kamp dekat stasiun kereta api di Klender. Beberapa hari sebelumnya, mereka menerima vaksin TCD (tipus, kolera, disentri). Mereka didiagnosis menderita tetanus, setelah tujuh puluh dua jam sejak muncul gejala pertama.

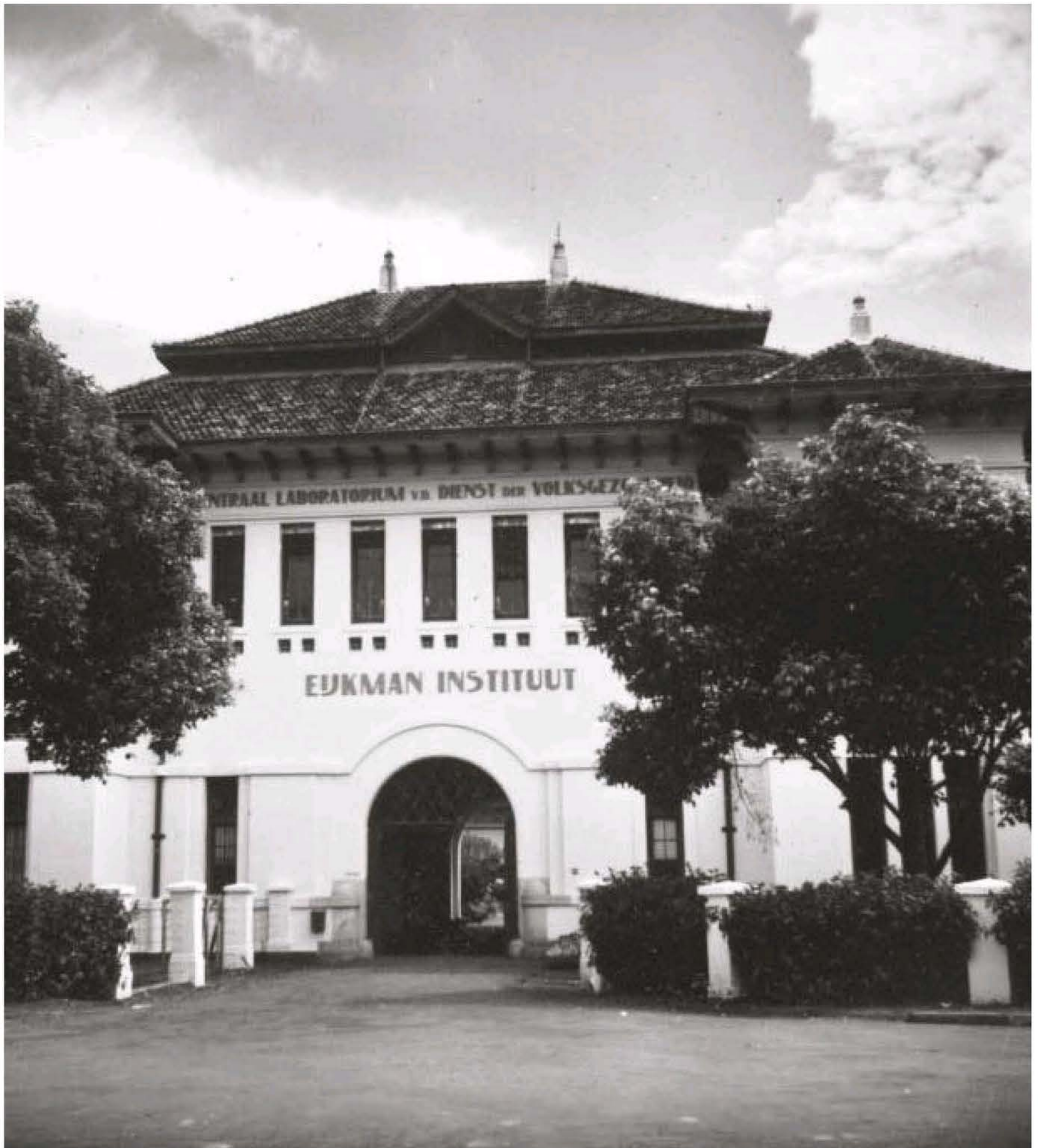
Tragedi pertama terjadi pada ratusan romusha yang berasal dari Pekalongan. Mereka mengalami kejang-kejang dan tubuhnya tergeletak di bawah pohon. Para romusha itu dilarikan ke rumah sakit perguruan tinggi kedokteran *Ika Dai Gaku* (sekarang RS Cipto Mangunkusumo) di Salemba.

Seorang dokter sipil asal Indonesia menyadari bahwa sebelumnya pasien mendapat vaksinasi.

Ia pun mencurigainya. Sang dokter melapor ke atasannya, seorang dokter Jepang bernama Kurosawa. Kemudian dokter Jepang itu menyampaikan ke *rōmu shorihan* (instansi yang menangani romusha) agar vaksinasi segera dihentikan.

Namun Markas Besar Angkatan Darat Jepang ke-16 malah memerintahkan agar vaksinasi tetap dilanjutkan pada 7 dan 8 Agustus 1944 di Klender. Korban pun kian bertambah. Sampai 15 Agustus, 67 romusha asal Semarang terjangkit penyakit serupa.

Terdapat dua dokumen sangat rahasia terkait kejadian ini menurut sejarawan Aiko Kurosawa. Pertama, empat laporan dari *Osamu Shūdan Gun'I Buchō* (Kepala Bagian Dokter Militer) di Jawa yang dikirim ke *Dai-hon'ei Yasen Eisei Chōkan* (Kepala Bagian Kesehatan Lapangan Markas Besar Tentara



SEORANG DOKTER SIPIL ASAL INDONESIA MENYADARI BAHWA SEBELUMNYA PASIEN MENDAPAT VAKSINASI. IA PUN MENCURIGAINYA.

Eijkman Instituut 1938

Berawal sebagai Laboratorium Riset Patologi dan Bakteriologi pada 1888.

Gedung Lembaga Eijkman di Salemba pada tahun 1938, saat Centraal Laboratorium van den Dienst der Volksgezondheid (Laboratorium Pusat Dinas Kesehatan

Masyarakat) diresmikan sebagai Eijkman Instituut. Lembaga ini memuliakan nama direktur pertamanya, Christiaan Eijkman (1858-1939). Dia menyingkap kaitan

penyakit beri-beri dengan kurangnya tiamina dalam tubuh manusia. Pada 1929, Eijkman mendapat penghargaan Nobel untuk Fisiologi atau Kedokteran.



Jepang) di Tokyo pada 8 September 1944, 27 Oktober 1944, 27 November 1944, dan 15 Februari 1945.

“Keempat laporan ini sangat rinci mencatat keadaan pasien, perkembangan penyakitnya, juga hasil pemeriksaan dari para dokter. Banyak tenaga medis Indonesia diperiksa dengan ancaman serta siksaan, dan pengakuannya pun dicatat secara detail,” tulis Aiko. Dia mengungkapkan dalam pengantar di buku *Eksperimen Keji Kedokteran Penjajahan Jepang Tragedi Lembaga Eijkman & Vaksin Maut Romusha 1944-1945* oleh J. Kevin Baird dan Sangkot Marzuki.

Kedua, dokumen yang ditulis oleh seorang dokter dari *Bōeki Kyūsuibu* (Unit Pencegahan Epidemik dan Pemurnian Air) pada 8 Desember 1944. Laporan dalam tulisan tangan itu menyimpulkan bahwa kematian massal romusha di Klender didalangi oleh Prof. Mochtar, Direktur Lembaga Eijkman saat itu.

“Untuk meyakinkan keterlibatan Mochtar dan

para koleganya, dilakukan pemeriksaan detail terhadap banyak tenaga medis. Lapornya pun dicatat secara detail termasuk sejumlah hasil penelitian biologis. Meskipun demikian, motif pembunuhan para romusha tidak masuk akal,” lanjut Aiko.

Saat itu semua ilmuwan Lembaga Eijkman ditahan Kenpeitai, karena dituduh memasukkan bakteri tetanus ke vaksin. Lembaga ini memang menjadi tempat penyimpanan vaksin—ruang dingin—yang dibawa dari Lembaga Pasteur di Bandung. Nantinya, vaksin disuntikkan kepada romusha di Klender.

“Jadi Lembaga Eijkman tidak terlibat, kecuali sebagai tempat penyimpanan sementara. Tuduhannya, Lembaga Eijkman, yang dipimpin oleh Mochtar, ingin bikin malu tetara Jepang dengan menyabotase vaksin. Kenpeitai bilang tidak mungkin Jepang bikin kesalahan,” kata Sangkot Marzuki, Direktur Lembaga Eijkman periode 1992-2014.

“TUDUHANNYA, LEMBAGA EIJKMAN, YANG DIPIMPIN OLEH MOCHTAR, INGIN BIKIN MALU TETARA JEPANG DENGAN MENYABOTASE VAKSIN.”



Staf Lembaga Eijkman pada 1943. Mochtar duduk di sebelah kanan perwira Jepang yang duduk di tengah. Ada dua sumber terkait kematiannya. Pertama, catatan institut perang di Amsterdam yang menemukan Ancol sebagai tempat pemancung massal. Catatan ini diperoleh dari seorang biksu Buddha, yang klentengnya berdekatan dengan tempat pemancung. Kedua, kesaksian Mohammad Hatta dari Abu Hanafiah, Menteri Pendidikan era Republik Indonesia Serikat yang ditulis dalam buku *Tales of a Revolution*.

TUDUHAN JEPANG itu diselidiki oleh ilmuwan Lembaga Eijkman bernama Jatman dari sampel bekas suntikan pasien. Hasilnya, tidak ada bakteri tetanus, *Clostridium tetani*, dalam vaksin.

Jatman lekas mencari kemungkinan penyebab kejang-kejang yang dialami pasien. Ternyata ia menemukan adanya toksin tetanus dengan konsentrasi tinggi setelah ia mencoba menyuntikkannya ke tikus putih. Dia tidak menjelaskan bagaimana ia dapat memeriksa toksin tetanus pada spesimen, tetapi ia mengulangi kesimpulan ini di beberapa bagian dalam kesaksian tertulisnya.

Lantaran hasil temuannya berbeda, maka tuduhan Jepang pun berubah. Jepang pun menuduh Lembaga Eijkman telah dengan sengaja memasukkan toksin pada vaksin TCD.

Penyebab tetanus ialah saat spora *Clostridium tetani* masuk ke jaringan yang kurang oksigen seperti kumpulan otot atau jaringan cedera yang mati. Kemudian spora ini terbangun dan menghasilkan molekul spesifik sebagai limbah. Molekul itu ialah toksin tetanus yang membawa kematian.

“Jadi kalau mau bikin toksin kita harus punya fasilitas untuk menumbuhkan spora tadi. Tidak mungkin Lembaga Eijkman menyabotase vaksin. Karena memang fasilitasnya tidak ada,” kata Sangkot.

Dokter Ali Hanafiah, adik laki-laki Siti Hasnah, istri Mochtar, menduga ada percobaan pembuatan vaksin anti tetanus oleh Jepang di Bandung, tetapi vaksin itu belum mantap. Hal ini ditulis Ali dalam bukunya berjudul *Drama Kedokteran Terbesar* (1976).

“Kami memperkirakan Jepang ingin sekali punya vaksin tetanus karena mulai dipukul mundur oleh tentara sekutu yang sudah masuk di Indonesia Timur. Mereka mencoba secara cepat melompati berbagai tahap percobaan karena sudah mendesak, vaksin itu dicoba ke romusha dan romushanya mati,” ucap Sangkot.

MOCHTAR WAFAT DIPANCUNG JEPANG pada 3 Juli 1945 pukul 15.00 di Ancol. Sangkot menyayangkan bahwa selama ini kasus Mochtar seolah terkubur. Faktor penyebabnya ialah pimpinan Republik yang pecah suara soal kasus ini. “Hatta dan Syahrir waktu itu tidak percaya Mochtar melakukan apa yang dituduhkan Kenpeitai. Tapi Sukarno dalam buku Cindy Adams berkata bahwa Mochtar bersalah. Malah dibesar-besarkan,” kata Sangkot.

Kebenaran sains tertutup oleh politik yang terjadi saat itu. Sangkot dan J. Kevin Baird mengungkapkan, penegasan Sukarno itu menjelaskan bahwa posisi politiknya tetap lemah terkait dukungannya pada program romusha. Namun, keduanya tidak bermaksud untuk menodai reputasi Sukarno yang saat itu menjadi kolaborator Jepang, melainkan secara tegas bertujuan untuk mengembalikan reputasi Mochtar.

“Sekarang kita melihat kejadian itu dengan kaca mata kebenaran. Kebenaran secara ilmiah itu sangat berbeda dengan kebenaran dari segi politik. Kebenaran ilmiah adalah fakta yang tidak bisa dibolak-balik, tidak bisa dibungkus. Kalau kebenaran dalam konteks politik sering dimasak dulu. Istilah kita kebenaran kuliner, dimasak sehingga bisa diterima lebih baik oleh masyarakat,” ucap Sangkot. □

PROFESOR ACHMAD MOCHTAR MENJADI ORANG
INDONESIA PERTAMA YANG MENJABAT SEBAGAI
DIREKTUR LEMBAGA INI.



Dokter di Tanah Leluhur

Mochtar berdinis sebagai
dokter di Mandailing, tanah
leluhur dari pihak ayah.

Achmad Mochtar (duduk) bersama tim riset malaria di Mandailing, Sumatra Utara, sekitar 1918. Setelah lulus STOVIA pada 1916, ia memulai kariernya sebagai dokter di desa Panyabungan, Mandailing, Sumatra

Utara. Di desa ini dia berjumpa dengan W.A.P. Schüffner yang meneliti malaria. Berkat bimbingan Schüffner, Mochtar mendapat dukungan pemerintah Hindia Belanda untuk melanjutkan studi doktoralnya di Universitas Amsterdam.



FOTO DARI BUKU *EKSPERIMEN KEJI KEDOKTERAN PENJAJAHAN JEPANG, KOMUNITAS BAMBU*, SEIZIN JOLANDA VAN DER BOM, AMSTERDAM (ATAS).
KONINKLIJK INSTITUUT VOOR DE TROPEN, AMSTERDAM (KANAN)

Laboratorium Bakteriologi

Kedamaian suasana tempat bekerja para ilmuwan menjelang pecahnya Perang Asia Timur Raya.

Lembaga Eijkman sekitar 1930-an. Mochtar mulai bekerja di lembaga ini pada 1937, setahun sebelum berganti Eijkman Instituut. Saat

kuasa Jepang pada 1942, direktornya menjadi tawanan. Ia pun menjadi orang Indonesia pertama yang menjabat sebagai direktur lembaga ini.





**MEMORABILIA PANDEMI TIDAK SEKADAR
SEBAGAI PENGINGAT MASA SILAM,
TETAPI JUGA MEMBERI PETUNJUK
MITIGASI BAGI MASA DEPAN.**



SENI MEMORIAL PENYAKIT MENULAR

Untuk pertama kalinya di Nusantara, sebuah monumen khusus Covid-19 didirikan di Rumah Sakit Puri Husada, Sleman, 10 Juni 2020. Monumen ini beraksesori busana alat pelindung diri.

Monumen ini ditujukan sebagai pendukung moral bagi tenaga-tenaga medis untuk melawan virus corona. Latar pembangunannya, banyak pahlawan kemanusiaan dalam bidang kesehatan di Indonesia yang gugur dalam tugas menangani pagebluk global itu.

Sekalipun monumen ini berada di lingkungan rumah sakit—alih-alih menempati ruang publik—kehadirannya patut disyukuri. Inilah monumen pertama yang khusus ditujukan untuk menandai perang melawan bencana wabah masa kini. Sejak pemerintah kolonial bercokol di Nusantara, beragam pagebluk datang silih berganti. Namun, kita tidak menemukan satu pun monumen publik untuk setiap wabah yang pernah ada.

Berbeda dengan penaklukan-penaklukan kolonial yang kemudian diikuti pendirian tugu memorial, seperti pendirian monumen J.B. Van Heutz di Aceh dan Batavia pada 1932. Perkara yang sama terulang di masa Republik Indonesia. Monumen peperangan fisik seperti revolusi, lebih banyak didirikan dibanding penanda perang melawan penyakit menular. Padahal, penyakit menular juga dapat memusnahkan manusia dan kemanusiaan itu sendiri.

Pada awal abad ke-20, epidemi pes di Jawa (1910-1939) dan pandemi influenza (1918-1921) melanda Hindia Belanda. Setelah kedua pagebluk itu berlalu, pemerintah kolonial tidak tergerak membuat tugu peringatan di ruang-ruang



FOTO SEBELUMNYA

Pilar Pes atau *Pestsäule* yang tampak megah bergaya barok yang menandai pagebluk pes yang berjangkit di Wina pada abad ke-17. Monumen ini diresmikan pada 1693 oleh Kaisar Romawi Suci, Leopold I.

ATAS

Di seberang Istana Cibeles, sebuah monumen dengan api yang menyala-nyala didirikan untuk menghormati dan mengenang semua korban pagebluk Covid-19. Monumen ini diresmikan oleh Raja Spanyol Felipe VI pada 15 Mei 2020.



publik untuk menghormati ratusan ribu korban jiwa yang melayang, terlebih mayoritas korban merupakan non-Eropa, yakni kaum bumiputra, Cina, dan unsur masyarakat lainnya. Demikianlah sikap Belanda di tanah jajahan yang memandang korban secara rasial.

Namun, hal ini berbanding terbalik dengan sikap Belanda di Negeri Belanda sendiri sebagai bagian kesatuan Eropa. Pascawabah pes menyerang Eropa dengan dahsyat pada abad ke-14 dan abad ke-17, mereka membangun banyak tugu peringatan di pedalaman hingga monumen berestetika tinggi di kota-kota besar seantero Eropa.

Di Kota Tua Wina, terdapat Pilar Pes (*Pestsäule*) megah bergaya barok yang diresmikan pada 1693 oleh Kaisar Leopold I (1640-1705).

Pendirian ini merupakan pemenuhan janji sang kaisar yang akan mendirikan tiang peringatan ketika harus menyingkir dari Kota Wina akibat wabah pes pada 1679.

Sejarawan Jafar Suryomenggolo yang bermukim di Paris, Prancis, melaporkan hasil penggalian arkeologis dan analisis kedokteran sepanjang 2017-2020 di laman *historia.id*. Temuannya perihal makam massal dan tulang belulang korban wabah pes 1347-1351 yang ditanam dalam struktur bangunan. Situs Aître St. Maclou di Kota Rouen, Prancis Utara, merupakan permakaman kuno korban wabah pes, tempat 75 persen penduduknya meninggal.

Lantaran jumlah kematian begitu tinggi, lahan permakaman pun tak lagi mencukupi. Alhasil, tidak sedikit jenazah dan tulang belulang

korban ditanam dalam struktur bangunan yang mengelilingi makam. Bangunan-bangunan tersebut menjadi saksi bisu dari wabah hitam (*Black Death*) yang hampir memusnahkan populasi Eropa.

Wabah pes meninggalkan jejak yang signifikan dalam peradaban Eropa. Wabah itu turut membuat seni memorial visual berbasis ikonografi dan ikonologi berkembang. Christine M. Boeckl dalam *Images of Plague and Pestilence, Iconography and Iconology* (2000) menunjukkan bahwa wabah pes membuat ikonografi dan ikonologi mengalami transformasi dari yang semula bertujuan semata-mata kepentingan religius menjadi ekspresi seni berestetika tinggi.

Tugu-tugu peringatan maupun situs-situs terkait wabah itu kini menjadi situs memori sekaligus destinasi ziarah. Pada masa pandemi Covid-19, situs-situs itu masih dikunjungi masyarakat untuk berdoa atau sekadar menaruh bunga tanda berduka atas korban jiwa. Situs-situs memori itu merupakan manifestasi nyata dari infrastruktur ingatan bagi warga Eropa.

Monumen-monumen itu terus dikunjungi oleh warga, baik tua maupun muda, untuk menandai solidaritas atau unjuk harapan secara kolektif. Monumen publik menjadi rujukan masyarakat mengekspresikan rasa takut sekaligus asanya untuk bisa melewati pandemi.

Di Benua Eropa, Spanyol menjadi negara yang paling awal mendirikan monumen Covid-19 di

publik yang berhadapan dengan Istana Cibeles dan diresmikan oleh Raja Spanyol Felipe VI, Presiden Uni Eropa Ursula von der Leyen serta jajaran pejabat Uni Eropa, Sekretaris Jenderal WHO Tedros Adhanom Ghebreyesus hingga Sekretaris Jenderal NATO Jens Stoltenberg. Di sana, monumen publik, sebagaimana arti harfiahnya, monumen yang menempati ruang-ruang publik, tempat masyarakat berlalu-lalang dan saling berinteraksi.

Kehadiran monumen Covid-19 di Spanyol tidak serta merta lantaran pandemi yang belakangan terjadi. Monumen itu merupakan akumulasi dari ketersambungan alam bawah sadar masyarakat setempat atas wabah yang pernah dialami pada abad-abad yang lalu.

Ketika Covid-19 datang, bayangan kengerian wabah hitam berabad-abad silam segera menyergap publik Eropa. Infrastruktur memori itu menjadi mitigasi wabah tersendiri bagi mereka semua. Kesadaran akan bahaya wabah dan menekan laju kematian korban telah mendarah daging dalam memori mereka. Itu tercermin dalam bentuk kehadiran tugu-tugu maupun situs terkait wabah di masa lalu.

Gambaran ini tampaknya mengusik kita saat membuka lembaran lama tentang wabah pes di Jawa pada 1911. Faktanya, banyak dokter Belanda dan Eropa lainnya yang ketakutan untuk datang ke Malang, episentrum wabah pes. Inilah yang membuat Dokter Tjipto Ma-

ngoenkoesomo (1885-1943) sampai Dokter Soetomo (1888-1938) rela datang untuk menolong para korban yang sebagian besar dari kaumnya.

Selain rasialisme ala kolonial, ketakutan para dokter Belanda dan Eropa akan wabah pes tersebut sangat beralasan mengingat banyaknya infrastruktur memori yang didirikan di Eropa. Pemerintah kolonial hanya memberi bintang-bintang

jasa kepada para dokter pemberantas wabah pes, salah satunya Dokter Tjipto, namun tidak tergerak lebih jauh untuk mendirikan monumen memorial tentang wabah itu.

Bagaimana pengalaman seni memorial di Eropa yang dibandingkan dengan situasi Indonesia?

Seni memorial di Eropa memacu beragam ekspresi seni di ruang-ruang publik dengan

MONUMEN PUBLIK MENJADI RUJUKAN MASYARAKAT MENGEKSPRESIKAN RASA TAKUT SEKALIGUS ASANYA UNTUK BISA MELEWATI PANDEMI.

ruang publik pada 15 Mei 2020. Monumen yang berada di Kota Madrid itu dirancang oleh Carlos Rubio Carvajal, arsitek terkemuka Spanyol. Monumen berbahan batu granit dengan api abadi yang menyala-nyala itu didirikan untuk menghormati seluruh korban Covid-19.

Pada inskripsi monumen tertulis, "*Apimu tak akan pernah pergi meninggalkan hati kami.*" Monumen ini benar-benar menempati ruang

langgam-langgam seni yang mengemuka di setiap era. Penyakit menular yang memakan korban massal itu secara tidak langsung menjadi katalisator beberapa ekspresi seni terbaik di zamannya masing-masing.

Kita tidak meragukan, masyarakat Eropa dengan kesadaran sejarah melalui seni memorial di ruang publik, memiliki kesadaran alam bawah sadar mengenai perang melawan penyakit menular. Memori minus memorabilia—seperti tugu atau monumen—hanya akan membuat tradisi lisan atau tertulis menjadi tidak optimal tertanam dalam benak masyarakat. Baik tradisi lisan maupun peninggalan tertulis memiliki keterbatasan. Namun demikian, monumen berbahan keras seperti batu akan lebih tahan lama dan lintas waktu.

Seni memorial berupa monumen berbasis kejadian luar biasa, khususnya wabah, begitu sedikit di Indonesia. Salah satunya, torso Dokter R. Kodijat di halaman Balai Pelestarian Nilai Budaya Daerah Istimewa Yogyakarta (BPNB-DIY). Kita mengenalnya sebagai dokter sekaligus pahlawan pemberantas frambusia.

Patung Dokter R. Kodijat tidak berada di tepian lalu lintas masyarakat, melainkan berada di kompleks kantor BPNB DIY yang menempati eks-kediaman Ndalem Joyodipuran. Tempat ini memiliki kenangan sejarah Kongres Perempuan Indonesia 1928, yang kita peringati sebagai Hari Ibu setiap 22 Desember.

“Menghormat Dr. R. Kodijat Atas Djasanja Memberantas Framboesia di Seluruh Indonesia 1934-1964”, demikian inskripsi yang tertulis dalam ejaan Suwandi. Hal serupa juga dialami patung Dokter J.B. Sitanala (1889-1952), dokter pemberantas lepra. Patung tersebut berada di kompleks Rumah Sakit Kusta (RSK) Dokter Sitanala, Kota Tangerang.

Namun, Dokter Tjipto Mangoenkoesoemo sampai kini belum mendapatkan penghormatan berupa monumen patung. Dokter Tjip begitu melegenda dengan aksi penyelamatan bayi perempuan yatim piatu bernama Pesjati (1910-2005) saat wabah pes di Malang.

Sejatinya, banyak patung Dokter Tjip seperti patungnya sebagai dokter di Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo Jakarta, maupun

patungnya sebagai salah satu anggota Tiga Serangkai di Ambarawa. Namun, belum ada patung Dokter Tjip sebagai pahlawan kemanusiaan pemberantas pes. Saya pikir tempat paling memungkinkan untuk monumen penghormatan itu ialah Kota Malang.

Minimnya monumen terkait bencana penyakit menular di Indonesia turut berimbas pada tidak berkembangnya budaya seni

SENI MEMORIAL BERUPA MONUMEN BERBASIS KEJADIAN LUAR BIASA, KHUSUSNYA WABAH, BEGITU SEDIKIT DI INDONESIA.

memorial terkait wabah. Pengalaman sejarah dan budaya bangsa lain bisa memberikan pembelajaran tersendiri, khususnya pada aspek mitigasi wabah.

Kaisar Leopold I di Wina maupun Raja Felipe VI di Madrid menyadari benar arti kepemimpinan nasional. Mereka memberi rasa optimistis sekaligus menghargai jatuhnya korban dalam bentuk pendirian monumen. Pemerintah Kolonial Hindia Belanda yang abai pada aspek seni memorial terkait wabah tidak boleh terulang pada Pemerintah Republik Indonesia. Jika sama saja, itu bukanlah panggung sandiwara yang lucu.

Indonesia memiliki mitigasi kebencanaan yang terus ditingkatkan, terutama saat bahaya gunung berapi meletus, gempa bumi, tsunami hingga banjir. Namun, pada aspek bencana wabah, infrastruktur di bidang memorial menjadi pekerjaan rumah selanjutnya.

Seni dalam rupa monumen merupakan manifestasi kesadaran dan ingatan kolektif. Ia menjadi penanda mitigasi bencana wabah bagi masyarakat yang pernah mengalaminya. Efek monumen pun berjangka panjang: menyediakan situs memori bagi masyarakat masa depan yang terdampak pandemi-pandemi berikutnya. □

FX Domini BB Hera Sejarawan dan Editor Buku *Urip Iku Urub, Untaian Persembahan 70 tahun Profesor Peter Carey*, Penerbit Buku Kompas, 2019. Sisco, panggilan akrabnya, berdomisili di Malang.

B A G A I M A N A

V I R U S

M E M B E N T U K

D U N I A

K I T A

COVID-19 ADALAH PENGINGAT AKAN KEKUATAN VIRUS YANG MENGHANCURKAN. NAMUN, SEJAUH YANG KITA KETAHUI KINI, KEHIDUPAN AKAN MUSTAHIL TANPA ADANYA VIRUS.

Oleh David Quammen
Foto Oleh Craig Cutler



Walau ditakutkan sebagai agen penyakit, virus juga menghasilkan keajaiban, ikut membentuk evolusi sejak awal mula. Sekitar 8 persen dari DNA kita berasal dari virus yang menginfeksi leluhur kita lama sebelum ini, yang memasukkan gen virus ke dalam genomnya. Beberapa gen memainkan peran penting di tahap awal perkembangan embrio dan plasenta yang mengelilingi janin berusia 13 minggu ini.

LENNART NILSSON, TT/SCIENCE PHOTO LIBRARY (GABUNGAN DUA IMAJI)



Hiu tutul melintas kala penyelam di Aquarium of the Pacific di Long Beach, California, menampilkan gambar bakteriofag, sejenis virus yang menginfeksi bakteri. Tak berbahaya bagi tumbuhan dan satwa, bakteriofag amat penting bagi ekosistem laut yang sehat. Lautan bumi dipenuhi oleh virus ini serta virus lainnya.

Bagian Tropical Reef Habitat and Soft Coral Garden di akuarium ini menampung 1.389.875 liter air, dengan perkiraan 5,32 kuadriliun virus. Jika dibariskan berdampungan, virus-virus itu akan mengelilingi bumi nyaris delapan kali.

DOMINIK HREBÍK DAN PAVEL PLEVKA,
LABORATORY OF STRUCTURAL VIROLOGY,
CEITEC, MASARYK UNIVERSITY,
REPUBLIK CEKO (BAKTERIOFAG)







Tengkorak Neanderthal, salah satu yang paling lengkap yang pernah ditemukan, berada di dekat kerangka manusia di Musée de l'Homme di Paris. Ketika manusia modern meninggalkan Afrika, mereka kawin-mawin dengan Neanderthal dan langsung memperoleh gen yang telah berevolusi selama ratusan ribu tahun. Para ilmuwan telah menemukan 152 gen yang diwariskan dari Neanderthal yang membantu menciptakan respons kekebalan. Mereka menyimpulkan, gen ini memungkinkan nenek moyang kita melawan virus baru yang mereka temui di Eropa.

RÉMI BÉNALI

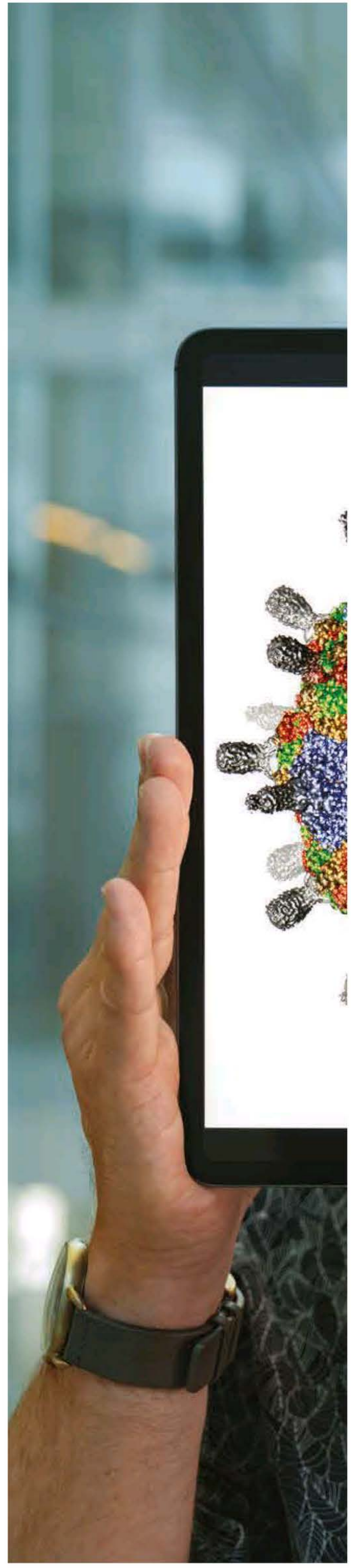
M A R I B A Y A N G K A N P L A N E T B U M I T A N P A A D A N Y A V I R U S

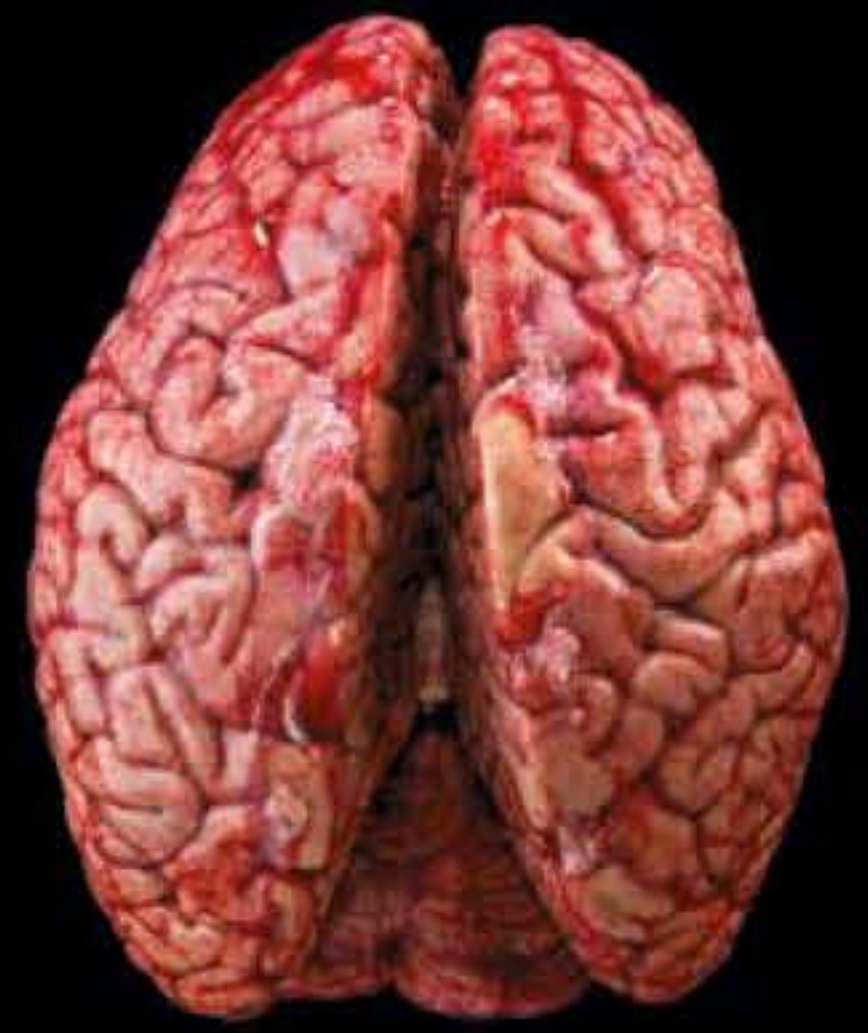
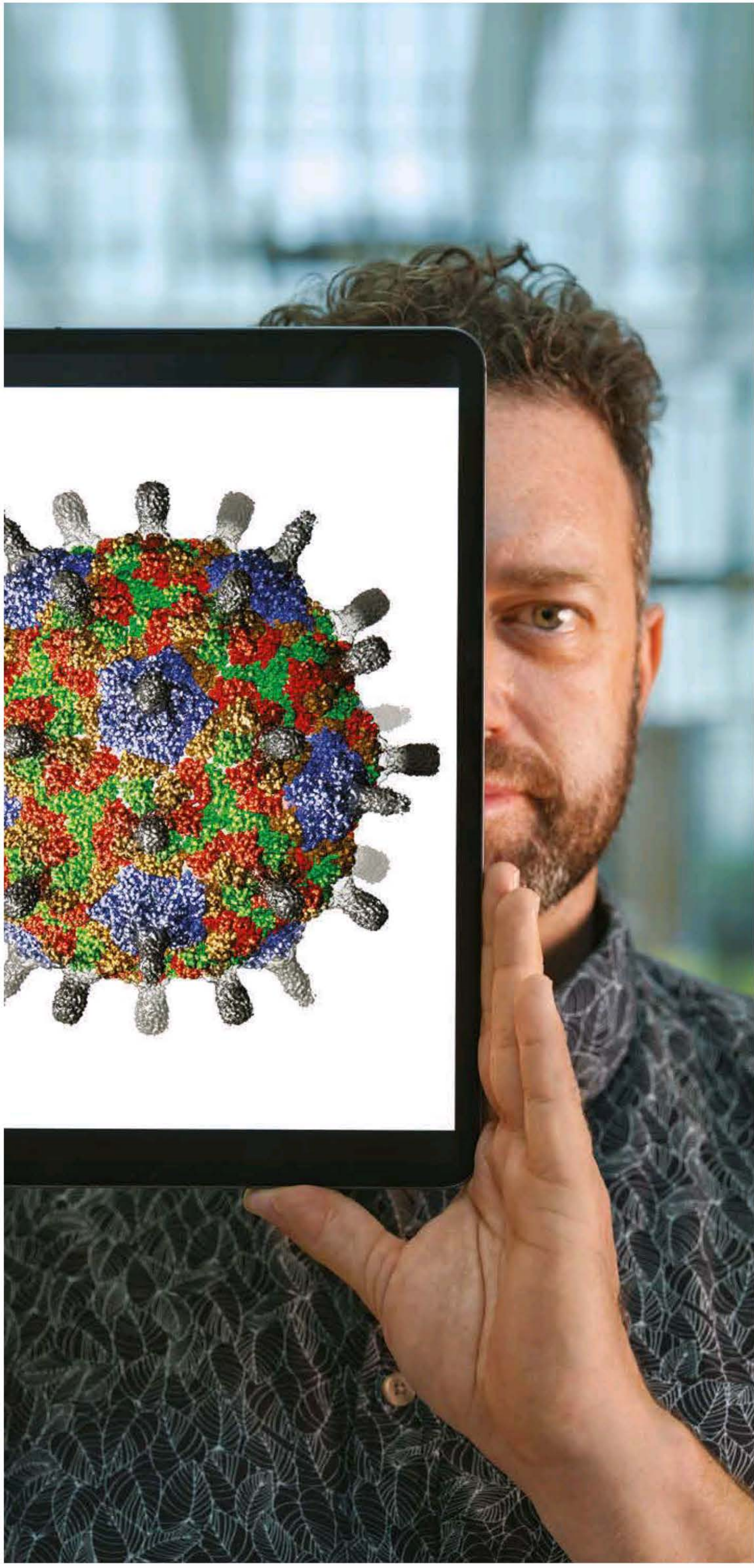
Kita lambaikan tongkat ajaib, dan virus pun menghilang. Virus rabies tiba-tiba lenyap. Virus polio lenyap. Virus Ebola yang sangat mematikan telah hilang. Virus campak, virus gondok, dan berbagai influenza hilang. Penderitaan dan kematian manusia berkurang secara luas. HIV telah hilang, dan bencana AIDS tidak pernah terjadi. Virus Nipah dan Hendra dan Machupo dan Sin Nombre telah pergi—abaikan catatan buruk kekacauan yang mereka ciptakan. Dengue, hilang. Seluruh rotavirus, lenyap—berkah besar bagi anak-anak di negara berkembang, yang ratusan ribu dari mereka wafat setiap tahunnya. Virus Zika, hilang. Virus demam kuning, hilang. Herpes B yang dibawa oleh beberapa monyet, seringkali berakibat fatal jika ditularkan ke manusia, hilang. Tidak ada lagi yang menderita cacar air, hepatitis, cacar api, atau bahkan flu biasa. Variola, si agen penyakit cacar? Virus itu dibasmi di alam liar pada 1977, tetapi virus itu kini menghilang dari lemari pembeku berkeamanan tinggi, tempat sampel mengerikan terakhirnya disimpan. Virus SARS pada 2003, sebuah alarm yang kini kita ketahui menandai era pandemi modern, lenyap. Dan tentu saja virus SARS-CoV-2 nan durjana—penyebab COVID-19 dan variabel yang sangat membingungkan dalam efek yang ditimbulkannya, begitu rumit, sangat berbahaya, sangat mudah menular—hilang.

Apakah Anda merasa lebih baik?

Jangan.

Skenario ini lebih tak menentu dibanding yang Anda pikirkan. Faktanya adalah, kita hidup di dunia virus—virus yang keragamannya tak memiliki batas, berlimpah-ruah, tak terkira. Lautan sendiri mungkin mengandung lebih banyak partikel virus, daripada bintang di alam semesta yang dapat diamati. Mamalia dapat membawa setidaknya 320.000 spesies virus yang berbeda. Di balik angka besar itu, ada konsekuensi besar pula: Banyak dari virus tersebut yang membawa manfaat adaptif, bukan membahayakan, bagi kehidupan di bumi, termasuk kehidupan manusia.





Jason Shepherd, ahli saraf di University of Utah, memegang gambar rekonstruksi tiga dimensi kapsul protein mirip virus, yang memainkan peran penting dalam kognisi dan memori. Gen ARC, yang membawa kode untuk menciptakan keajaiban berbentuk bola ini, diperoleh vertebrata darat dari nenek moyang mirip virus sekitar 400 juta tahun silam. Kapsul tersebut, menyerupai kapsid yang mengelilingi genom virus, mengirimkan informasi genetik antara neuron di otak manusia (di atas) juga di otak banyak satwa lainnya.

SIMON ERLENDSSON, MRC
LABORATORY OF MOLECULAR
BIOLOGY (KAPSUL); ROBERT CLARK
(OTAK)

Hidup kita tidak dapat berlanjut tanpa mereka. Ada dua unting DNA yang berasal dari virus dan sekarang berada dalam genom manusia dan primata lain, misalnya. Tanpanya—fakta yang mencengangkan—kehamilan tidak mungkin terjadi. Ada DNA virus, bersemayam di antara gen-gen satwa darat, yang membantu mengemas dan menyimpan memori—yang lebih mencengangkan lagi—dalam gelembung protein kecil. Tetap saja gen-gen lain, dari virus yang diadopsi dan dimanfaatkan, berkontribusi pada pertumbuhan embrio, mengatur sistem imun, melawan kanker—efek-efek penting yang baru saat ini mulai dipahami. Virus ternyata memainkan peran penting dalam memicu transisi evolusi besar. Lenyapkanlah semua virus, seperti dalam eksperimen pikiran kita tadi. Maka keanekaragaman hayati yang sangat besar, yang merupakan anugerah bagi planet kita, akan luluh lantak, bagai rumah kayu yang indah, saat seluruh paku yang ada dicabut secara tiba-tiba.

Virus adalah parasit, ya, tetapi terkadang parasitisme itu lebih bagaikan simbiosis, saling ketergantungan yang menguntungkan pengunjung dan tuan rumah. Seperti api, virus adalah fenomena, yang tidak selamanya baik atau selamanya buruk; mereka dapat memberikan keuntungan atau kehancuran. Mereka adalah malaikat kegelapan dari evolusi, begitu hebat dan mengerikan. Itulah yang membuat mereka sangat menarik.

UNTUK MENGHARGAI keanekaragaman virus, Anda harus mulai dengan dasar-dasar apakah virus itu, dan apa yang bukan. Lebih mudah untuk mengatakan apa yang bukan. Mereka bukanlah sel hidup. Sebuah sel, dari jenis yang dirakit dalam jumlah besar untuk membentuk tubuh Anda atau tubuh saya, atau tubuh gurita atau tumbuhan primrose, berisi mesin yang rumit guna membangun protein, mengemas energi, dan melakukan fungsi khusus lainnya. Sebuah bakteri juga merupakan sebuah sel, dengan atribut serupa, meski jauh lebih sederhana. Virus bukanlah termasuk hal di atas.

Mengatakan apakah itu virus sudah cukup rumit, sehingga definisi virus telah berubah selama 120 sekian tahun. Martinus Beijerinck, seorang ahli botani Belanda yang mempelajari virus mosaik tembakau, berspekulasi pada 1898, bahwa itu adalah cairan yang dapat menular.

Belakangan, virus dianggap sebagai agen sub-mikroskopis, yang hanya mengandung genom yang sangat kecil, yang bereplikasi di dalam sel hidup—tetapi itu hanyalah langkah pertama menuju pemahaman yang lebih baik.

“Saya akan mempertahankan sudut pandang paradoks,” tulis ahli mikrobiologi Prancis André Lwoff dalam “The Concept of Virus,” sebuah esai berpengaruh yang diterbitkan pada 1957, “bahwa *virus adalah virus.*” *Bukan definisi yang amat membantu tetapi peringatan yang adil*—sebuah cara lain untuk mengatakan “unik bagi diri mereka sendiri.”

Lwoff memahami bahwa virus lebih mudah dideskripsikan daripada didefinisikan. Setiap partikel virus terdiri dari serangkaian instruksi genetik (tertulis baik dalam DNA atau molekul pembawa informasi lainnya, RNA) yang dikemas di dalam kapsul protein (dikenal sebagai kapsid). Kapsid, dalam beberapa kasus, dikelilingi oleh selaput membran, yang melindunginya dan membantunya menangkap sel. Virus dapat menggandakan dirinya sendiri hanya dengan memasuki sel dan mengambil alih mesin cetak tiga dimensi, yang mengubah informasi genetik menjadi protein.

Jika sel inang tidak beruntung, banyak partikel virus baru dihasilkan. Mereka keluar, dan sel ditinggalkan sebagai rongsokan. Kerusakan semacam itu—seperti yang disebabkan oleh SARS-CoV-2 pada sel epitel saluran napas manusia—sebagian adalah bagaimana virus menjadi patogen—menimbulkan penyakit.

Namun jika sel inang beruntung, mungkin virus akan menetap di pos terdepan yang nyaman ini—entah dalam keadaan tidak aktif atau justru merekayasa balik genom kecilnya ke dalam genom inang—kemudian menunggu kesempatan. Kemungkinan kedua ini membawa banyak implikasi bagi pencampuran genom, bagi evolusi, bahkan untuk rasa identitas kita sebagai manusia. Dalam sebuah buku yang populer pada 1983, ahli biologi Inggris Peter Medawar dan istrinya, Jean, seorang editor, menegaskan, “Tidak ada virus yang diketahui melakukan kebaikan: Telah diungkapkan dengan baik bahwa virus adalah ‘sepotong berita buruk yang terbungkus dalam protein.’” Mereka salah. Kini, beberapa virus diketahui bermanfaat. Apa yang terbungkus dalam protein adalah sebuah pesan genetik, dan itu mungkin berubah menjadi kabar baik atau buruk. Tergantung.

DARI MANA VIRUS PERTAMA berasal? Ini mengharuskan kita untuk kembali ke hampir empat miliar tahun, pada saat kehidupan di bumi baru saja muncul dari masakan yang berisi molekul panjang, senyawa organik sederhana, dan energi—yang masih belum sempurna.

Katakan saja beberapa molekul panjang (mungkin RNA) mulai bereplikasi. Seleksi alam Darwin akan dimulai di sana, ketika molekul-molekul itu—genom pertama—bereproduksi, bermutasi, dan berevolusi. Meraba-raba keunggulan kompetitif, beberapa mungkin telah menemukan atau menciptakan perlindungan di dalam membran dan dinding, yang mengacu pada sel-sel pertama. Sel-sel ini menciptakan keturunan melalui fisi, membelah menjadi dua. Mereka juga terbagi dalam arti yang lebih luas, menyimpang menjadi Bacteria dan Archaea, dua dari tiga domain kehidupan seluler. Yang ketiga, Eukarya, muncul beberapa waktu kemudian. Ini termasuk kita dan semua makhluk lain yang terdiri atas sel dengan anatomi internal yang kompleks. Itu adalah tiga cabang besar di pohon kehidupan, seperti yang digambarkan saat ini. Sebagian besar versi pohon, menghilangkan virus sepenuhnya.

Sebuah aliran pemikiran menegaskan bahwa virus tidak boleh dimasukkan dalam pohon kehidupan karena mereka tidak hidup. Itu adalah argumen yang masih tersisa, bergantung pada cara Anda mendefinisikan “hidup”. Yang lebih menarik adalah memberikan virus kesempatan terlibat di dalam tenda besar yang disebut Kehidupan, dan kemudian bertanya-tanya tentang bagaimana mereka masuk.

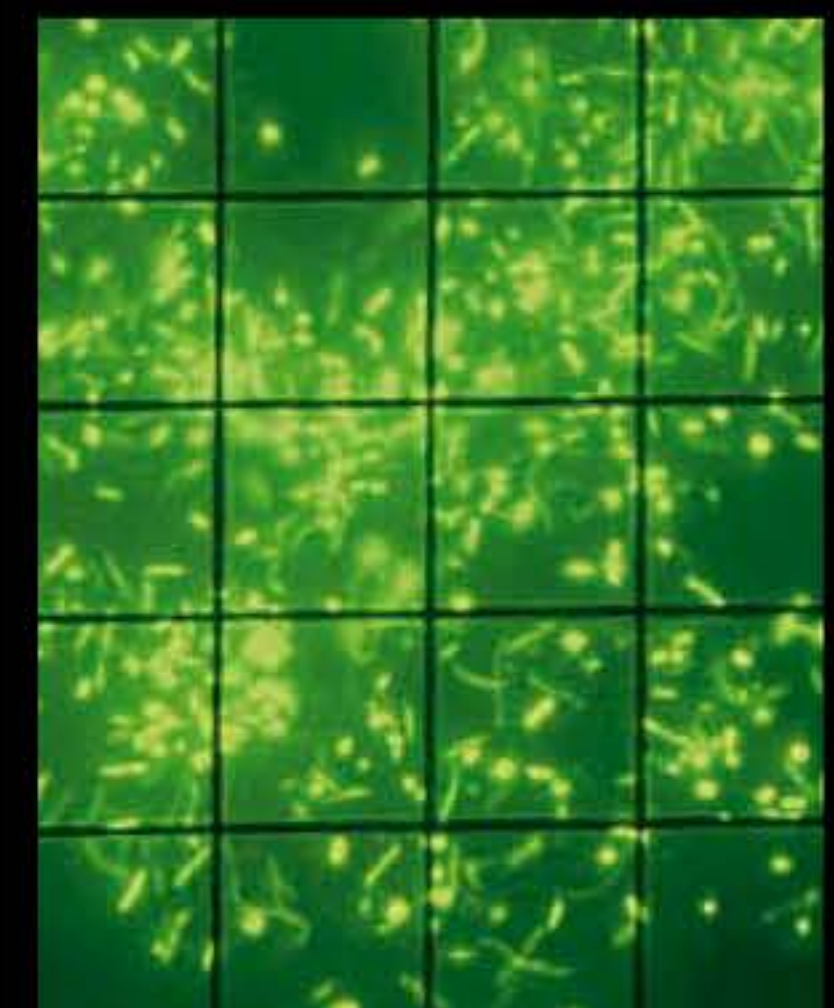
Ada tiga hipotesis utama untuk menjelaskan asal mula evolusioner virus, yang oleh para ilmuwan dikenal sebagai *virus-first*, *escape*, dan *reduction*. *Virus-first* adalah gagasan bahwa virus muncul sebelum sel, entah bagaimana caranya, berhimpun sendiri secara langsung dari masakan purba itu. Hipotesis *escape* menyatakan bahwa gen-gen atau bentang genom, merembes keluar dari sel, terbungkus dalam kapsid protein, menemukan ceruk baru sebagai parasit. Hipotesis *reduction* atau reduksi menunjukkan bahwa virus lahir ketika beberapa sel mengecil (akan lebih mudah untuk mereplikasi jika Anda kecil dan sederhana), menjadi minimalis sehingga hanya dengan menjadi parasit sel-lah mereka dapat bertahan hidup.

Ada juga varian keempat, yang dikenal sebagai hipotesis *chimeric*, yang mengambil inspirasi dari kategori elemen genetik lain: transposon (terkadang disebut gen peloncat). Unsur-unsur oportunistik ini mencapai keberhasilan hanya dengan memantul dari satu bagian sebuah genom, ke bagian lain. Atau dalam kasus yang jarang terjadi, dari satu sel ke sel lain, bahkan dari satu spesies ke spesies lain, menggunakan sumber daya seluler untuk menyalin diri mereka sendiri, berulang-ulang. Virus paling awal, menurut gagasan ini, mungkin muncul dari unsur-unsur tersebut, dengan meminjam protein dari sel untuk membungkus ketelanjangannya di dalam kapsid pelindung.

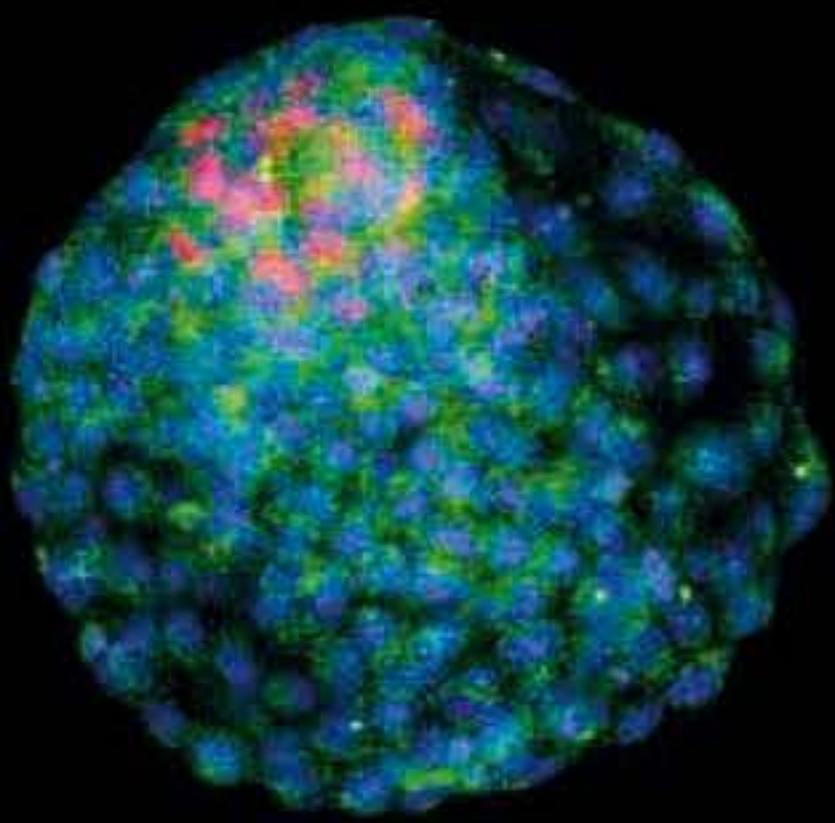
Masing-masing hipotesis ini menyumbangkan jasa tersendiri. Akan tetapi pada 2003, bukti baru mengalihkan opini para ahli dari hipotesis reduksi: virus raksasa.

Cara menghitung virus

Untuk menghitung virus di Aquarium of the Pacific's Tropical Reef Habitat dan Soft Coral Garden, kami meminta bantuan Alexandra Rae Santora, seorang mahasiswa doktoral yang bekerja bersama Jed Fuhrman, seorang profesor di University of Southern Carolina. Dia mengalirkan sampel melalui penyaring 0,02 mikron, yang menangkap bakteri dan virus. Dia menggunakan noda pengikat DNA untuk membuatnya tampak di bawah mikroskop *epifluorescence*. Organisme yang lebih besar adalah bakteri; titik-titiknya adalah virus. Dengan kisi penghitungan, dia menentukan jumlah virus di bidang pandang. Mengetahui ukuran saringan dan volume air memungkinkannya menghitung populasi per liter.

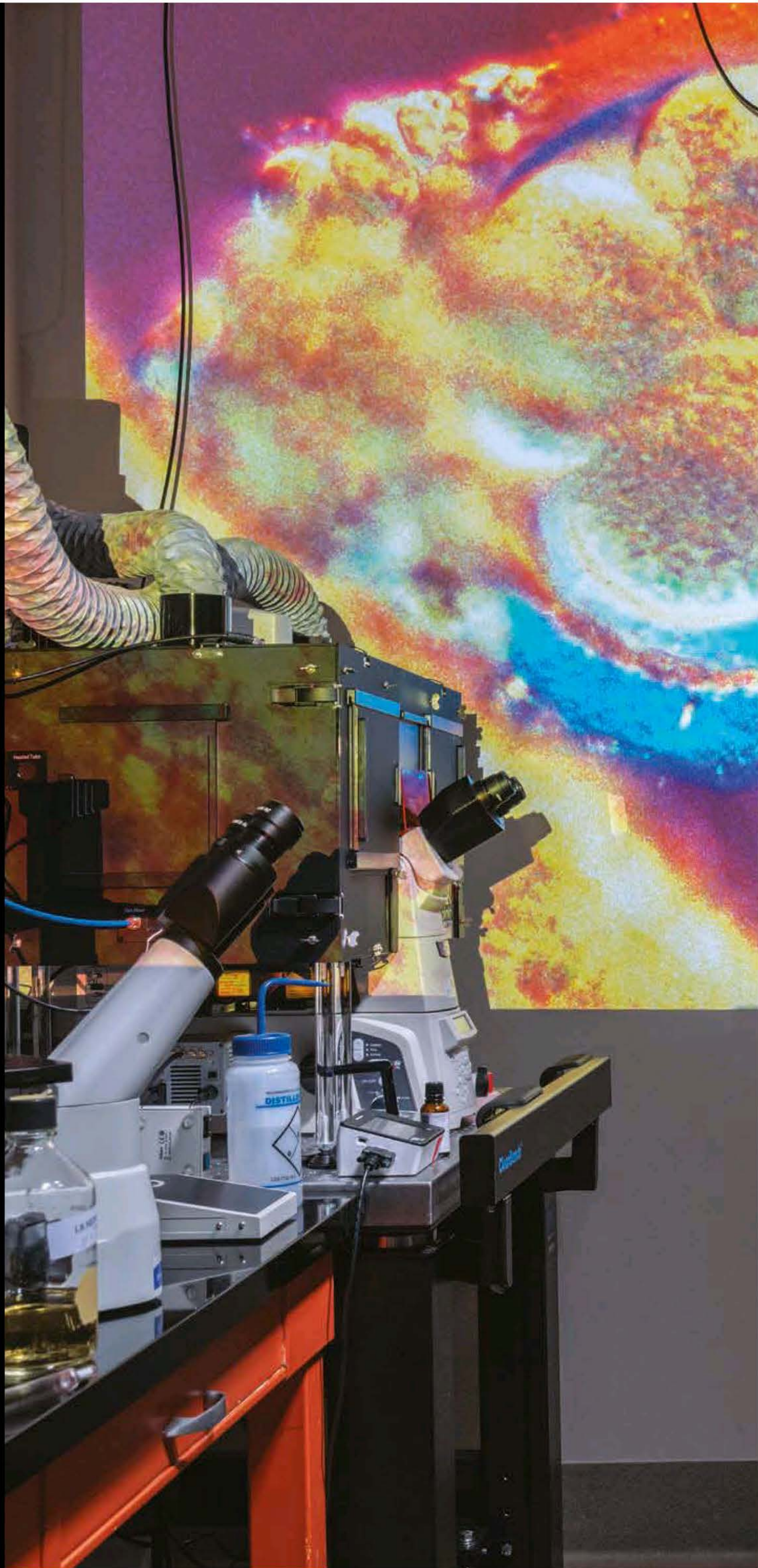


ALEXANDRA RAE SANTORA



Gambar embrio manusia dengan hanya delapan sel membayang di belakang Joanna Wysocka, seorang profesor biologi perkembangan di Stanford University. Wysocka dan rekannya menemukan bahwa retrovirus endogen manusia—sebuah urutan genetik yang didapat dari infeksi virus purba—menjadi aktif selama tahap perkembangan ini dan menghasilkan protein. Wysocka meyakini gen yang dikenal sebagai *HERV-K* itu bisa melindungi embrio dari infeksi virus dan membantu mengendalikan perkembangan janin. Pada saat embrio manusia tumbuh menjadi blastosista bersel banyak (atas), *HERV-K*, yang ditunjukkan berona hijau di sini, tampil menyeluruh, tetapi terkonsentrasi di sel-sel yang akan menjadi bayi.

LENNART NILSSON, TT/SCIENCE PHOTO LIBRARY (EMBRIO); MARK WOSSIDLO, STANFORD UNIVERSITY/MEDICAL UNIVERSITY OF VIENNA (BLASTOSISTA)



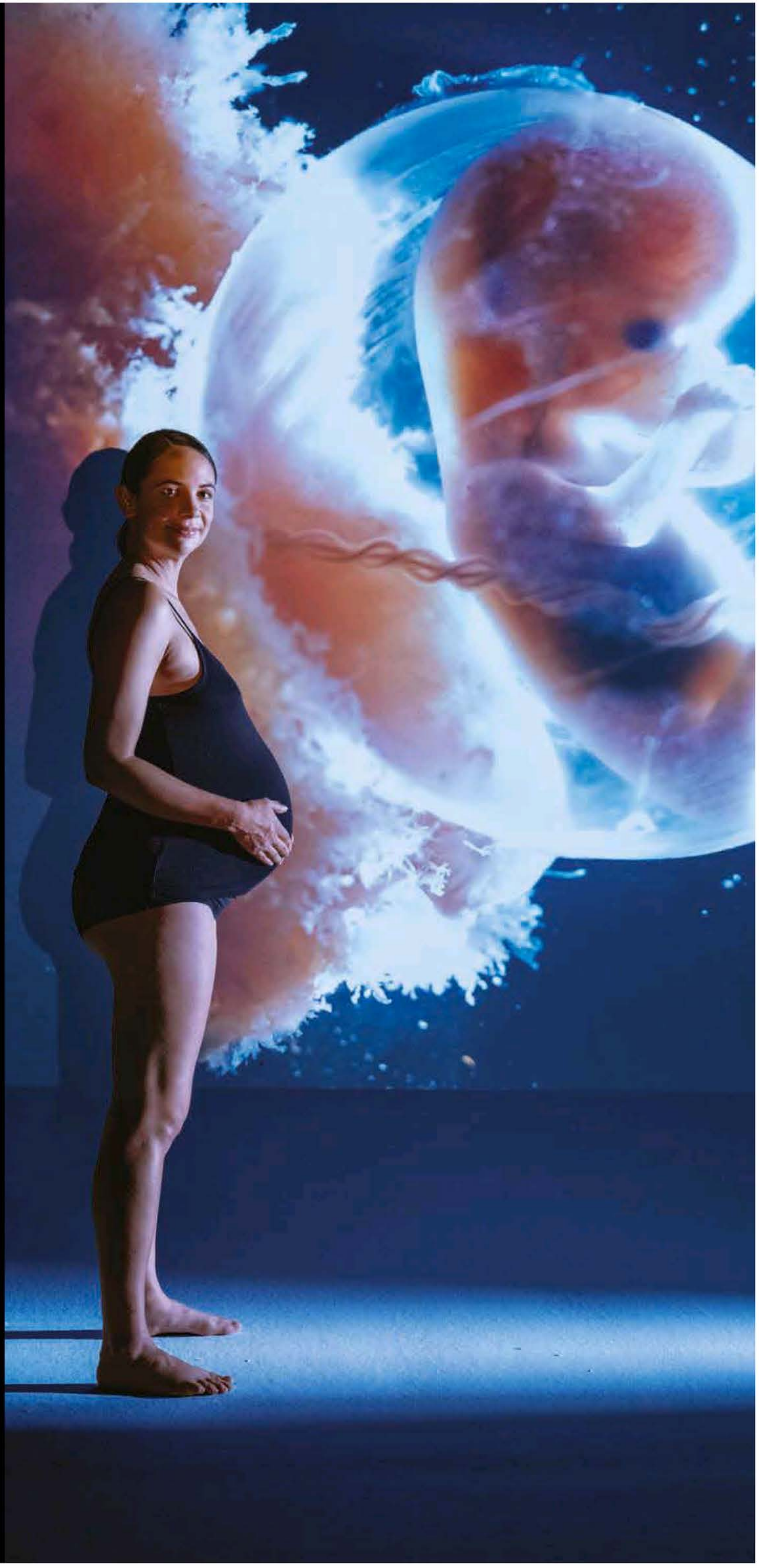



Pada 150 juta tahun silam, virus menginfeksi mamalia dan meninggalkan gen, menyebabkan perkembangan evolusi dramatis: plasenta, yang memungkinkan nutrisi dan oksigen mencapai janin, serta adanya pengeluaran limbah dan karbondioksida. Manusia dan mamalia berplasenta lainnya dapat bergerak bersama anak yang belum lahir, membuatnya tidak rentan terhadap predator. Pada manusia, dua gen yang berasal dari virus—syncytin-1 dan syncytin-2—membantu pembentukan membran plasenta yang menempel pada rahim. Membran ini juga membantu mencegah sistem imun sang ibu agar tak menyerang janin sebagai benda asing.

LENNART NILSSON, TT/SCIENCE PHOTO LIBRARY (JANIN BERUSIA 16 MINGGU).
MODEL: MELODY CARBALLO, (DITAMPILKAN PADA USIA 35 MINGGU).

CATATAN EDITOR

Foto janin di halaman pembuka dan foto embrio di halaman sebelum ini, diambil oleh fotografer Swedia Lennart Nilsson (1922-2017). Karya terobosannya yang mendokumentasikan kehidupan sebelum kelahiran, pertama kali dipamerkan di majalah Life pada 1965, dan tetap tak tertandingi.





VIRUS ITU DITEMUKAN di dalam amuba, yang merupakan eukariota bersel tunggal. Amuba ini diambil dari air dalam menara pendinginan di Bradford, Inggris. Di dalam beberapa tangki, terdapat gumpalan misterius ini. Cukup besar untuk dilihat melalui mikroskop cahaya (virus seharusnya terlalu kecil bagi mikroskop ini, hanya dapat dilihat dengan mikroskop elektron), dan tampak seperti sebuah bakteri. Para ilmuwan mencoba mendeteksi gen bakteri di dalamnya, tetapi tak menemukannya.

Akhirnya tim peneliti di Marseille, Prancis, mengundang makhluk itu untuk menginfeksi amuba lain, mengurutkan genomnya, mengenali makhluk itu, dan menamakannya *Mimivirus*, karena ia meniru bakteri—setidaknya dalam hal ukuran. Diameternya sangat besar, lebih besar dari bakteri terkecil. Genomnya juga sangat besar untuk sebuah virus, hampir 1,2 juta huruf, dibandingkan dengan, katakanlah, 13.000 milik virus influenza. Itu adalah virus yang “mustahil”: memiliki karakter dasar virus, tetapi berskala terlalu besar, seperti kupu-kupu amazon yang baru ditemukan dengan lebar sayap satu meter.

Jean-Michel Claverie adalah anggota senior dari tim Marseille itu. Penemuan Mimivirus, kata Claverie kepada saya, “menyebabkan banyak masalah.” Mengapa? Karena peruntunan genom mengungkap empat gen yang sangat tak terduga—gen untuk pengodean enzim yang dianggap unik secara seluler dan belum pernah terlihat pada virus. Enzim tersebut, jelas Claverie, merupakan salah satu komponen yang menerjemahkan kode genetik untuk menyusun asam amino menjadi protein.

“Jadi pertanyaannya adalah,” kata Claverie, “mengapa virus membutuhkan” enzim-enzim mewah itu, yang biasanya aktif dalam sel, “di saat sel itu sendiri telah tersedia bagi si virus, oke?”

Memangnya apa yang dibutuhkan? Kesimpulan logisnya adalah bahwa Mimivirus menganggapnya sebagai suatu hal yang telah lama dipertahankan, karena garis keturunannya berasal dari reduksi genom dari sel.

Mimivirus bukanlah kebetulan. Virus raksasa serupa segera terdeteksi di Laut Sargasso, dan nama awalnya menjadi genus, *Mimivirus*, yang beranggotakan beberapa raksasa. Kemudian tim Marseille menemukan dua gergasi lagi—lagi-lagi, keduanya parasit amuba—satu diambil dari sedimen laut dangkal di lepas pantai Cili, yang lainnya dari sebuah kolam di Australia. Memiliki ukuran hingga dua kali *Mimivirus*, bahkan lebih aneh, virus ini ditetapkan ke dalam genus terpisah, yang oleh Claverie dan rekannya dinamai *Pandoravirus*, mengingatkan pada kotak Pandora, seperti yang mereka jelaskan pada 2013, karena “kejutan yang diperkirakan muncul dari studi lebih lanjut.”

Rekan penulis senior Claverie pada makalah itu adalah Chantal Abergel, ahli virologi dan ahli biologi struktural (dan juga istrinya). Tentang *Pandoravirus*, dia menjelaskan betapa sulitnya menentukan siapa mereka, makhluk-makhluk ini. Namun dari pengamatan bahwa makhluk ini tidak mereplikasi dengan fisi, dia dan rekannya menyadari bahwa mereka adalah virus—yang terbesar dan paling membingungkan yang ditemukan sejauh ini.

Paru-paru yang diawetkan dari seorang gadis berusia dua tahun yang meninggal pada 1912 di Charité, sebuah rumah sakit di Berlin.

Memberikan bukti bahwa virus campak menyebar ke manusia dari ternak pada abad keempat S.M., lebih dari seribu tahun lebih awal daripada yang semula diperkirakan. Sébastien Calvignac-Spencer, seorang ahli biologi evolusi di Robert Koch Institute, menemukan spesimen ini di Berlin Museum of Medical History. Dia mengurutkan genom campak itu, yang tertua yang diketahui, dan menggunakannya disertai genom campak lainnya, untuk menghitung kapan saat penyimpangannya dari virus ternak.

MARKUS BACHMANN



Penemuan ini menawarkan varian yang menonjol dari hipotesis reduksi, kepada kelompok Marseille. Mungkin virus memang berasal dari pereduksian sel purba, namun sel seperti itu tidak lagi ada di bumi. Jenis “sel protosel leluhur” ini bisa jadi berbeda dari—dan bersaing dengan—leluhur universal bersama (moyang dari segala organisme), dari semua sel yang dikenal saat ini. Mungkin sel-sel proto ini kalah dalam persaingan itu dan dikeluarkan dari semua relung yang tersedia untuk makhluk yang hidup bebas. Mereka mungkin bertahan sebagai parasit pada sel lain, memperkecil ukuran genomnya, dan menjadi apa yang kita sebut virus. Dari kerajaan seluler yang lenyap itu, mungkin hanya virus yang tersisa.

PENEMUAN VIRUS RAKSASA menginspirasi ilmuwan lain, terutama Patrick Forterre di Pasteur Institute di Paris, untuk merumuskan gagasan baru tentang apa itu virus dan peran konstruktif apa yang telah mereka mainkan, dan terus berjalan dalam evolusi dan fungsi kehidupan seluler.

Definisi sebelumnya dari “virus” tidak memadai, menurut Forterre, karena para ilmuwan sedang mencampuradukkan partikel virus—genom yang tertutup oleh kapsid, yang dikenal sebagai virion—dengan totalitas virus. Itu, menurutnya, sama salahnya dengan mencampuradukkan benih dengan tanaman, atau spora dengan jamur. Virion hanyalah mekanisme penyebaran, ia berargumentasi. Keutuhan sejati dari virus juga mencakup keberadaannya di dalam sel—setelah ia menguasai mesin sel untuk mereplikasi lebih banyak virion, lebih banyak benih dari dirinya sendiri. Menyatukan kedua fase ini berarti melihat bahwa sel secara efektif telah menjadi bagian dari riwayat hidup virus.

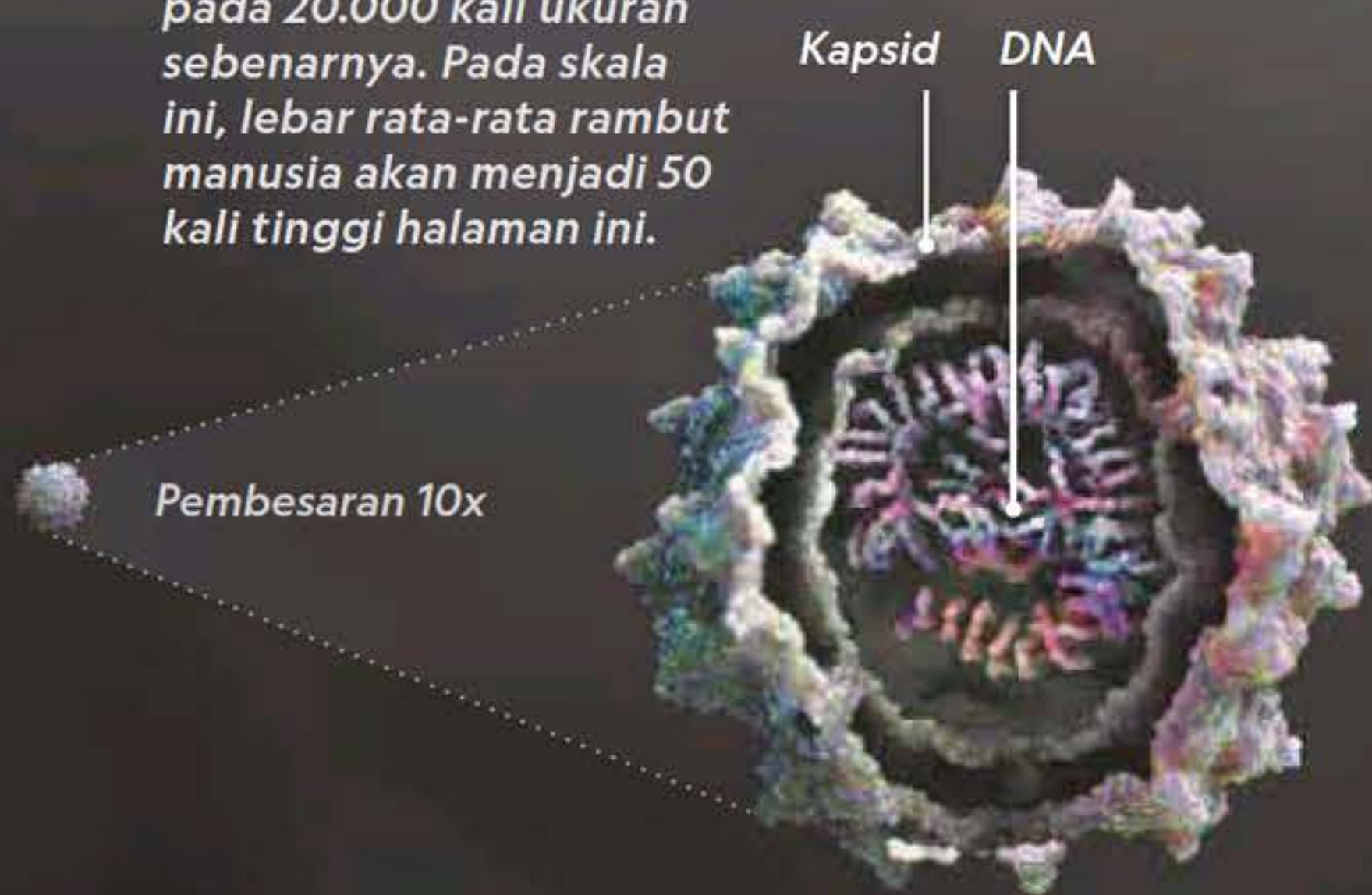
Forterre mendukung gagasan itu dengan menciptakan nama baru untuk entitas gabungan: virocell. Ide ini juga memotong teka-teki hidup-atau-tidak-hidup. Virus masih hidup jika itu virocell, menurut Forterre, tak peduli jika virionnya mati.

“Ide di balik konsep virocell,” katanya kepada saya melalui Skype dari Paris, “terutama untuk fokus pada tahap intraseluler ini.” Itu adalah tahap yang rapuh ketika sel yang terinfeksi—seperti zombie, mematuhi instruksi virus, membaca genom virus dan menggandakannya, tetapi tak selalu tanpa adanya lompatan, kelimbungan, dan kesalahan. Selama proses itu, kata Forterre, “gen baru dapat berasal dari genom virus. Dan ini adalah poin utama bagi saya.” Virus membawa inovasi, tetapi sel merespons dengan inovasi pertahanannya sendiri, seperti dinding sel atau nukleus. Jadi itu adalah perlombaan senjata menuju kompleksitas yang lebih besar. Banyak ilmuwan berasumsi bahwa virus mencapai perubahan besar evolusioner mereka dengan paradigma “pencopet virus”, merenggut DNA dari organisme ini dan itu yang terinfeksi, dan kemudian meletakkan potongan yang dicuri, untuk digunakan dalam genom virus. Forterre berpendapat bahwa pencurian yang terus menerus ini mungkin lebih sering terjadi ke arah lain, sel mengambil gen dari virus.



MUNGIL DAN SEDERHANA

Virus ditampilkan di sini pada 20.000 kali ukuran sebenarnya. Pada skala ini, lebar rata-rata rambut manusia akan menjadi 50 kali tinggi halaman ini.



Adeno-associated virus diameter 20 nanometers (nm)

PERKAKAS BERMANFAAT

Para ilmuwan kini dapat memasukkan DNA ke dalam genom banyak virus yang belum sempurna, kemudian menggunakannya untuk mengirim materi ini ke sel tertentu. Penelitian yang menjanjikan ini dapat mengarah pada metode terapi gen yang lebih aman.

Virus laut

Virus-virus kecil ini menginfeksi Archaea pengoksidasi-amonia, mikroorganisme samudra yang memainkan peran utama dalam siklus karbon dan nitrogen. Infeksi rutin virus terhadap Archaea bisa membantu mengatur siklus, berdampak pada seluruh ekosistem.



Nitrosopumilus spindle-shaped virus (NSV) 65 nm

INSTRUKTUR VIRAL

Vaksinasi adalah seperti latihan untuk sistem kekebalan tubuh. Paparan terhadap virus yang dilemahkan, virus yang telah mati, atau komponen virus, mengajarkan tubuh untuk mengenali dan menyerang penyerbu spesifik tersebut. Jika virus telah dihadapi, sistem kekebalan akan dapat merespons dengan lebih cepat. Campak dan influenza adalah virus yang berhasil dikendalikan dengan vaksin.

PENDORONG EVOLUSI

Arenavirus yang dibawa hewan pengerat biasanya menembus sebuah membran sel dengan menggunakan reseptor yang mengimpor zat besi ke dalam sel. Menanggapi virus-virus itu, reseptor terus-menerus dimodifikasi, contoh bagaimana virus membentuk evolusi kehidupan.



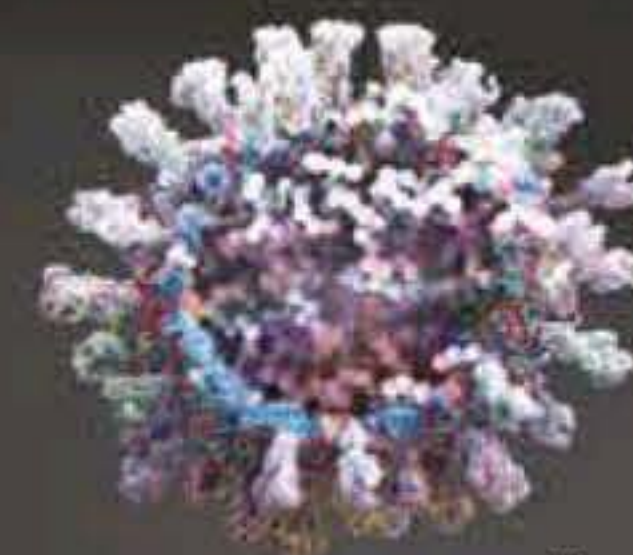
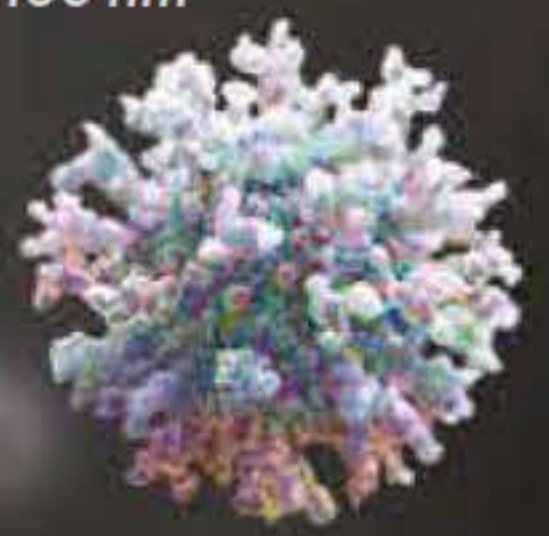
West Nile 50 nm



Zika 50 nm

Sekitar 55 juta virus Zika dapat masuk ke dalam titik di akhir kalimat ini.

Influenza 80-100 nm



Measles 80-100 nm

Arenavirus 80-100 nm



DUNIA KITA NAN VIRAL



Dengue
50 nm



Human
immunodeficiency
virus (HIV)
80-100 nm

Virus bawaan nyamuk

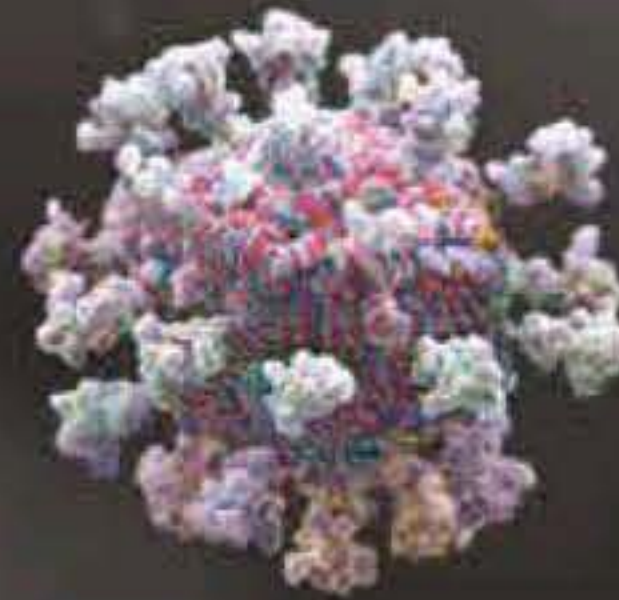
Virus berukuran sedang seperti West Nile dan dengue ditularkan ke manusia melalui air liur dalam gigitan nyamuk dan menyebar ke seluruh tubuh melalui aliran darah.

PENYUNTING VIRUS

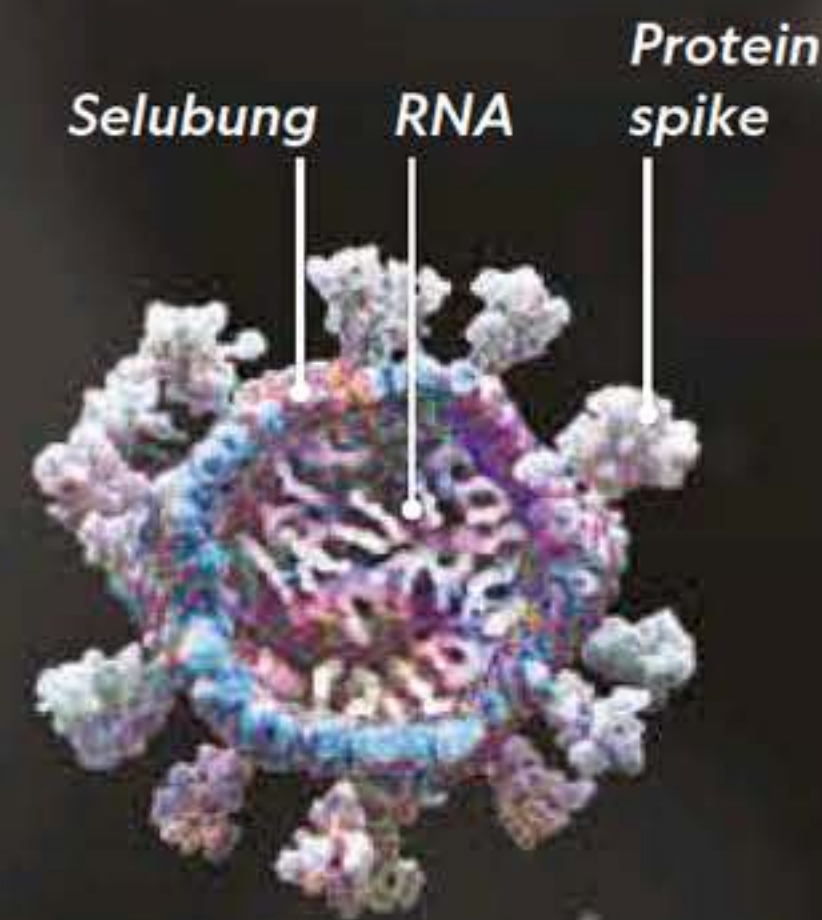
Virus memasuki sel dan membajak mesinnya untuk bereplikasi, tetapi retrovirus seperti HIV melakukannya dengan memasukkan gennya ke dalam sel milik DNA. Jika mereka melakukannya pada sel kuman, DNA tersebut dapat menjadi bagian dari genom inang. Ada ribuan fragmen retrovirus kuno dalam genom manusia. Para ilmuwan menemukan bahwa selaput penting dalam plasenta mamalia—yang memungkinkan terjadinya kehamilan internal—berevolusi dengan bantuan gen retroviral kuno.

Virus corona

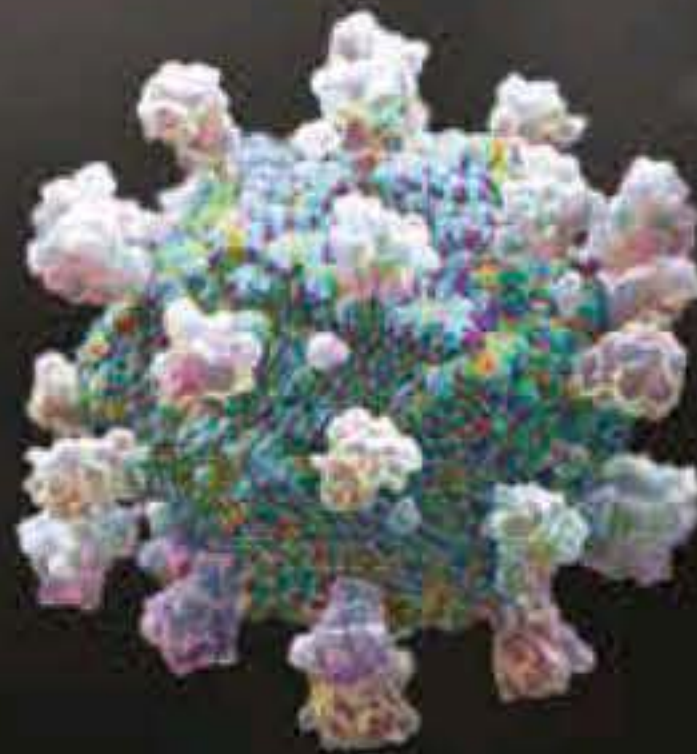
Ada tujuh virus corona yang diketahui menginfeksi manusia; satu telah menyebabkan pandemi saat ini. Dinamakan untuk protein runcing mereka—"corona" adalah bahasa Latin untuk mahkota—yang membantu mereka menyerang sel. Mereka menyebar melalui titis dan aerosol pernapasan.



SARS-CoV-1
80-120 nm

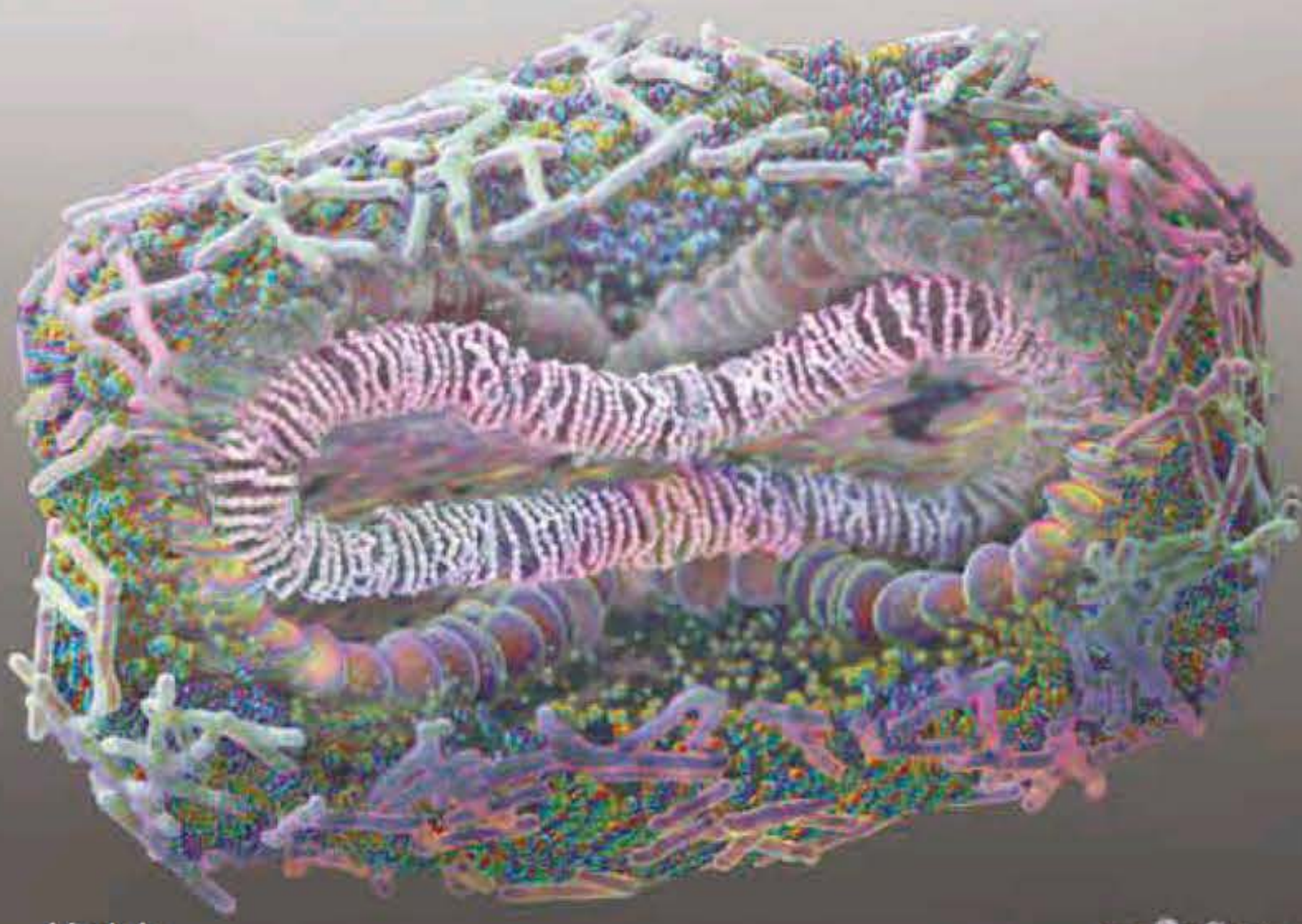


SARS-CoV-2
(penyebab COVID-19)
120 nm



MERS-CoV
120-135 nm

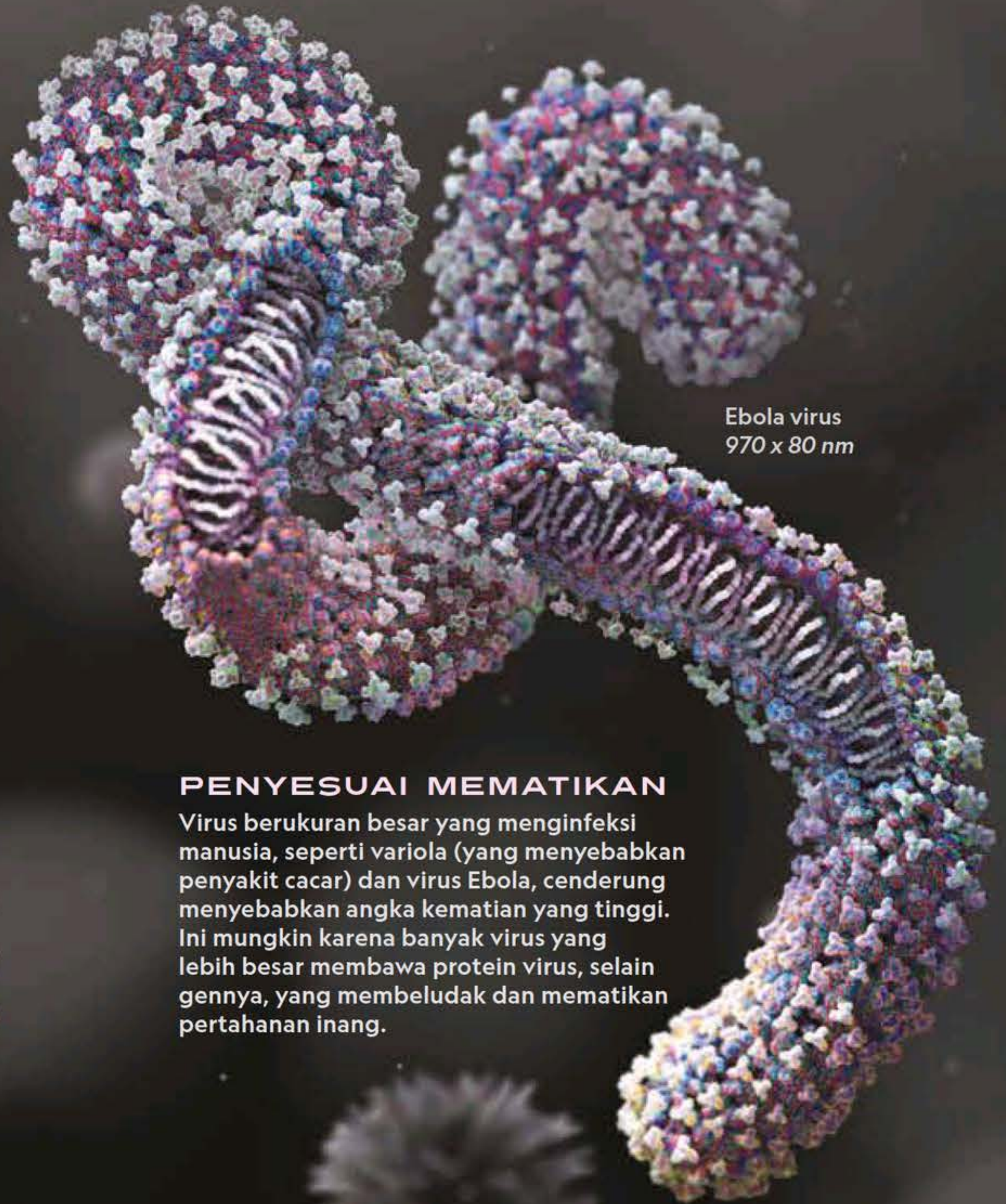
Sel dianggap sebagai fondasi kehidupan, tetapi virus—dengan keragaman genetiknya—bisa berperan di dalamnya. Virus dan sel terawal di bumi kemungkinan berevolusi dalam hubungan berkelindan dan seringkali simbiosis antara predator dan mangsa. Bukti menunjukkan bahwa virus mungkin awalnya adalah sel, namun hilang kewenangannya, saat berevolusi untuk berkembang menjadi parasit di sel lain. Hubungan ketergantungan ini mengawali sejarah koevolusi nan panjang. Virus dalam sel menyebabkan inangnya beradaptasi, dan perubahan itu menyebabkan virus beradaptasi, dalam siklus kompetisi yang tak pernah berakhir.



Bakteriofag

Saat virus menjadi lebih besar, mereka juga lebih canggih. Bakteriofag ialah virus yang menargetkan bakteri; yang satu ini (di kanan) menginfeksi *E. coli*. Bakteriofag memiliki kepala kompleks yang membawa DNA dan struktur ekor rumit yang mengidentifikasi sel inang dan terikat padanya, kemudian menyuntikkan materi genetik virus melalui tabung khusus.

Variola
(penyebab cacar)
325 x 260 nm



Ebola virus
970 x 80 nm

Rabies
75 x 180 nm

PENYESUAI MEMATIKAN

Virus berukuran besar yang menginfeksi manusia, seperti variola (yang menyebabkan penyakit cacar) dan virus Ebola, cenderung menyebabkan angka kematian yang tinggi. Ini mungkin karena banyak virus yang lebih besar membawa protein virus, selain gennya, yang membeludak dan mematikan pertahanan inang.

POHON KEHIDUPAN YANG LEBIH LUAS?

Miliaran tahun lalu kehidupan di Bumi bercabang menjadi tiga: Archaea, Bacteria, dan Eukarya. Tetapi penelitian terbaru menunjukkan virus harus dianggap sebagai cabang keempat. Diagram ini, berdasarkan perbandingan bentuk protein pada virus dan organisme seluler, menunjukkan bahwa virus memiliki banyak karakteristik primitif dari nenek moyang seluler awal—dan kemungkinan besar berevolusi bersama mereka.

ARCHAEA

Organisme bersel tunggal yang berbagi beberapa karakteristik dengan Eukarya dan Bacteria dan berkembang di lingkungan yang ekstrem

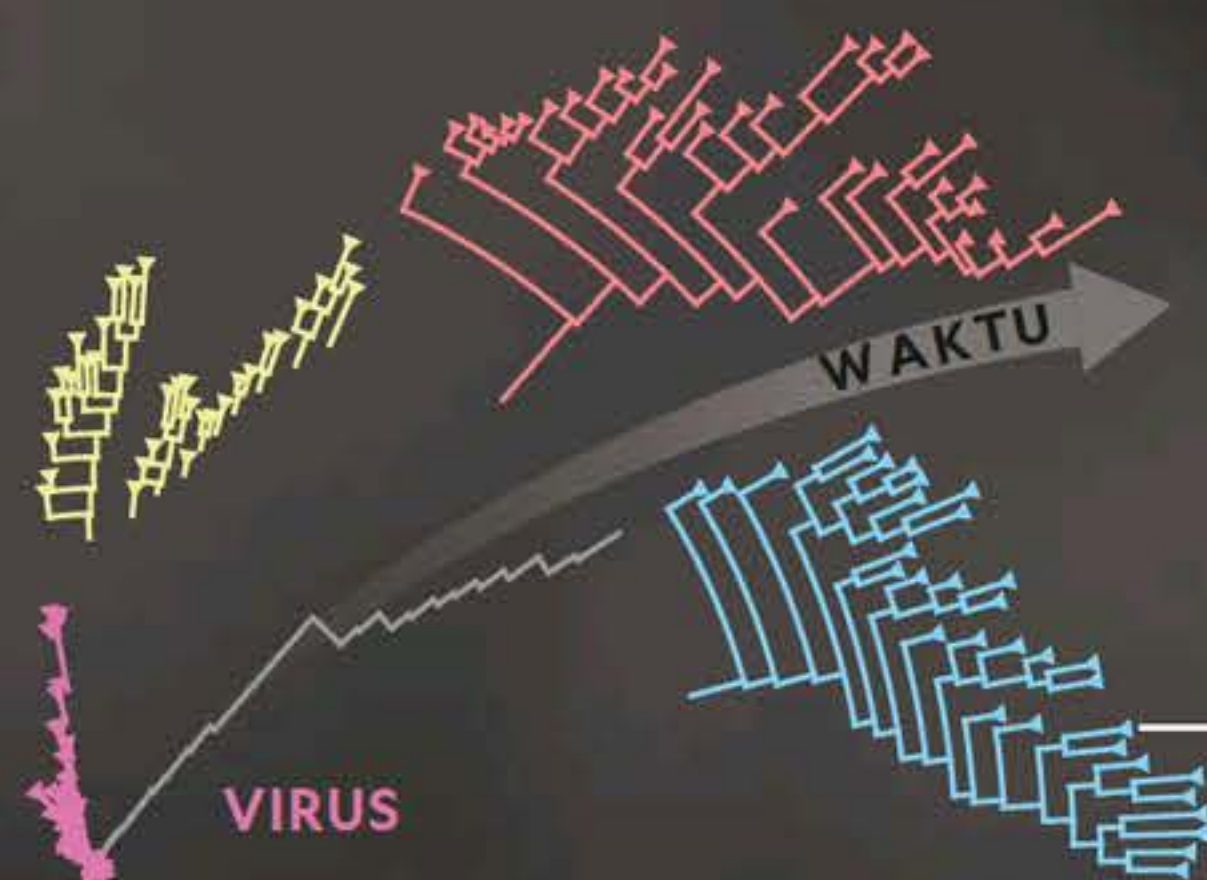
EUKARYA

organisme bersel tunggal dan multiseluler yang sel-selnya memiliki inti yang terorganisir

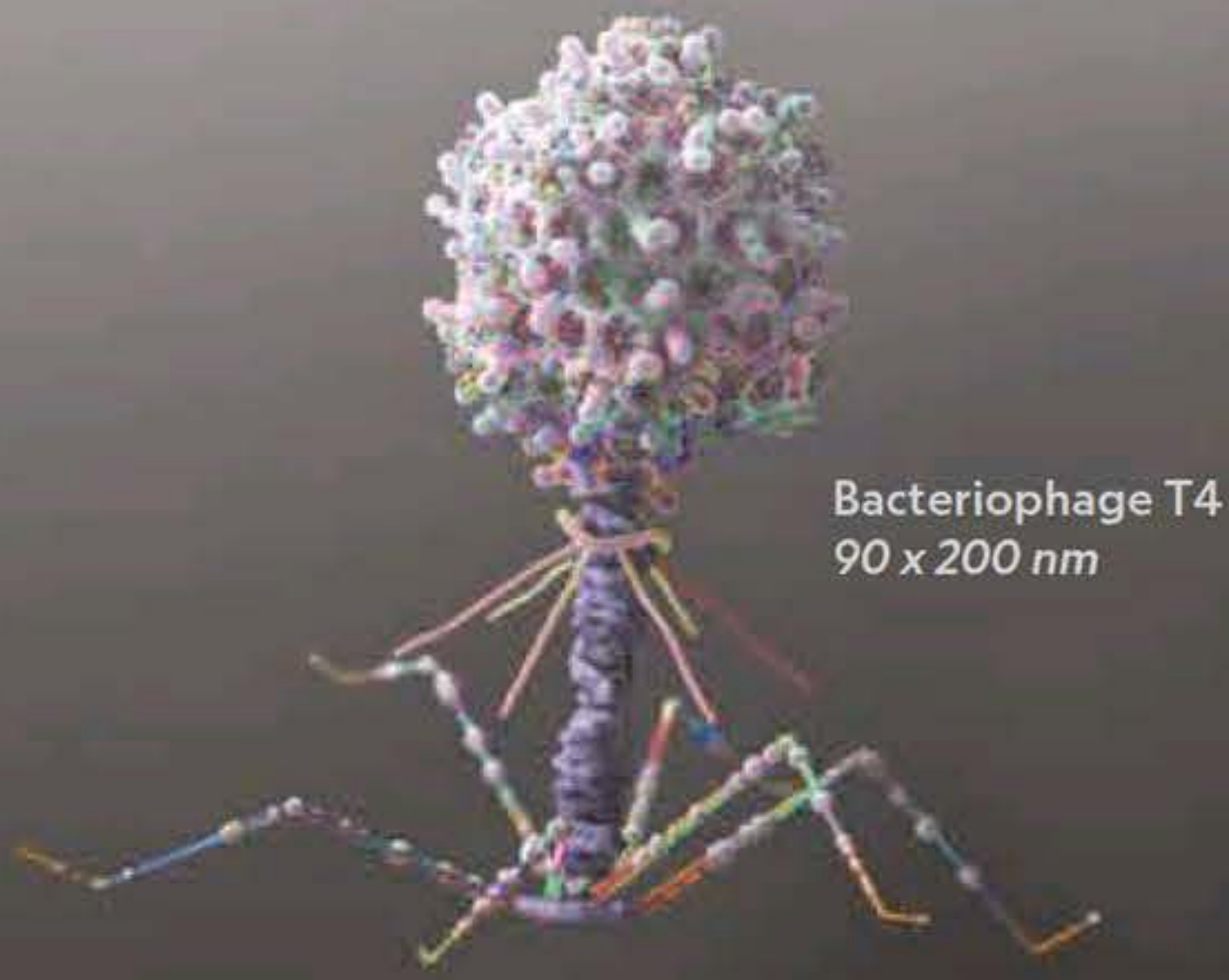
BAKTERI

Organisme bersel tunggal tidak memiliki inti yang terorganisir seperti Eukarya

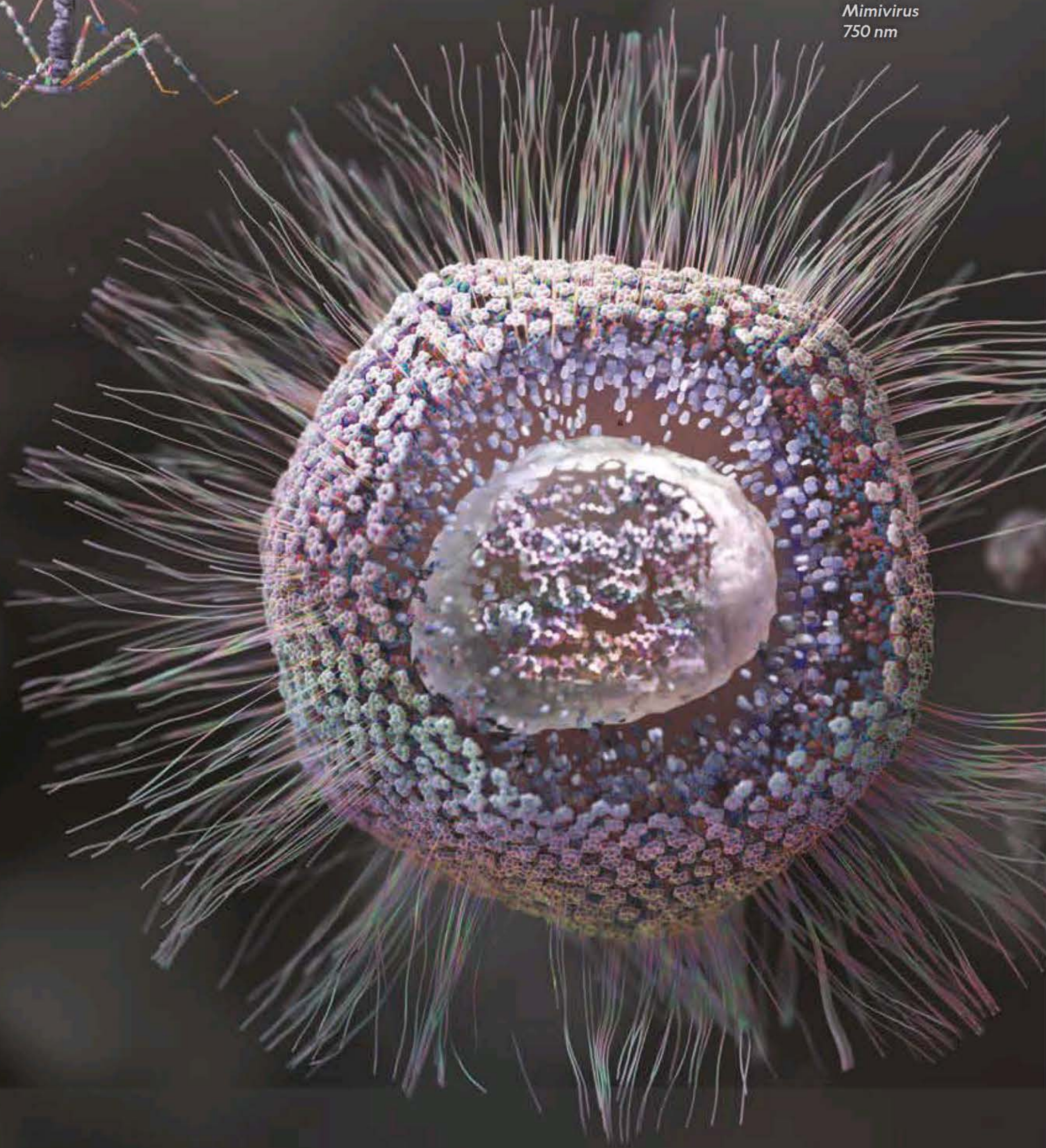
Organisme yang memiliki sel



▶ **BESAR DAN KOMPLEKS**



Mimivirus
750 nm



Pada diagram ini, jarak antara virus dan organisme menunjukkan seberapa dekat hubungan mereka satu sama lain.

PETUNJUK BESAR AKAN AWAL MULA

Hipotesis reduksi beranggapan bahwa virus dirampingkan demi penggunaan mesin inang mereka untuk bereproduksi. Dukungan baru untuk ide tersebut tiba dalam bentuk virus raksasa dari keluarga *Mimiviridae*. Mereka mendirikan "pabrik virus" dalam sel inang yang mungkin menyerupai beberapa interaksi sel virus paling awal.

Pandangan yang bahkan lebih luas, yang dipegang Forterre dan Claverie dan beberapa ilmuwan lain di bidang ini, termasuk Gustavo Caetano-Anollés, adalah virus merupakan sumber utama dari keanekaragaman genetik. Menurut pemikiran ini, virus telah memperkaya pilihan evolusi makhluk seluler selama beberapa miliar tahun terakhir dengan menyimpan materi genetik baru dalam genomnya. Proses aneh ini adalah salah satu versi dari fenomena yang dikenal sebagai transfer gen horizontal—gen mengalir ke samping, melintasi batas-batas antara garis keturunan yang berbeda. (Transfer gen vertikal adalah bentuk pewarisan yang lebih dikenal: dari orang tua ke keturunan.) Aliran gen virus ke dalam genom seluler menjadi “luar biasa,” kata Forterre dan rekan penulisnya, dan bisa membantu menjelaskan beberapa transisi evolusioner hebat, seperti asal mula DNA, asal mula inti sel pada makhluk kompleks, asal muasal dinding sel, dan bahkan mungkin perbedaan ketiga cabang besar itu pada pohon kehidupan.

TIGA TAHUN SILAM, saya terbang ke Paris karena saya ingin berbicara dengan seorang pria tentang virus dan gen. Pria itu adalah Thierry Heidmann, dan gennya adalah syncytin-2. Dia dan kelompoknya telah menemukannya dengan cara menyaring genom manusia—seluruh 3,1 miliar huruf kode— untuk menemukan bentangan DNA yang tampak seperti jenis gen yang akan digunakan virus, untuk menciptakan amplopnya. Mereka menemukan sekitar 20.

“Setidaknya ada dua yang terbukti sangat penting,” kata Heidmann kepada saya. Mereka penting karena memiliki kapasitas untuk melakukan fungsi yang hakiki bagi kehamilan manusia. Keduanya adalah syncytin-1, yang pertama kali ditemukan oleh ilmuwan lain, dan syncytin-2, yang dia dan kelompoknya temukan. Bagaimana gen virus ini menjadi bagian dari genom manusia, dan untuk tujuan apa mereka beradaptasi, merupakan aspek dari kisah luar biasa yang dimulai dengan konsep retrovirus endogen manusia.

Retrovirus adalah virus dengan genom RNA yang beroperasi mundur dari arah biasanya (karenanya disebut retro). Alih-alih menggunakan DNA untuk membuat RNA, yang kemudian berfungsi sebagai pembawa pesan yang dikirim ke printer 3D untuk membuat protein, virus ini menggunakan RNA mereka

untuk membuat DNA dan kemudian mengintegrasikannya ke dalam genom sel yang terinfeksi. HIV, misalnya, adalah retrovirus yang menginfeksi sel kekebalan manusia, memasukkan genomnya ke dalam genom sel. Pada titik tertentu, DNA virus diaktifkan, menjadi suatu pola bagi produksi lebih banyak virion HIV, yang membunuh sel saat mereka membeludak.

Inilah kejutan besarnya: Beberapa retrovirus menginfeksi sel reproduksi—sel yang menghasilkan telur atau sperma—dan dengan melakukan hal itu, mereka memasukkan DNANYA ke dalam genom warisan inang. Rentangan yang dimasukkan itu adalah retrovirus “endogen” (berasal dari internal), dan ketika dimasukkan ke dalam genom manusia, mereka dikenal sebagai *human endogenous retroviruses* (HERVs). Jika Anda tak ingat hal lain dari artikel ini, Anda mungkin harus mengingat bahwa 8 persen dari genom manusia terdiri dari DNA virus semacam itu, yang ditambal ke dalam garis keturunan kita oleh retrovirus selama proses evolusi. Gen syncytin-2 adalah salah satu hal penting, dalam tambalan-tambalan itu.

Selama empat jam saya duduk di kantor Heidmann sementara dia menjelaskan kepada saya, asal dan fungsi gen khusus ini. Pada intinya nyaris sederhana. Gen yang awalnya membantu virus menyatu dengan sel inang, menemukan jalannya ke dalam genom hewan purba. Itu kemudian digunakan kembali untuk menghasilkan protein serupa yang membantu sel yang menyatu, untuk menciptakan struktur khusus di sekitar apa yang menjadi plasenta. Ini membuka kemungkinan baru pada beberapa hewan, yaitu kehamilan internal.

Gen pertama jenis ini dari retrovirus endogen, akhirnya digantikan oleh gen lain yang serupa tetapi lebih cocok untuk peran tersebut. Seiring waktu, desain dari mode reproduksi baru ini meningkat dan plasenta berevolusi. Di antara gen virus yang didapatkan ini adalah syncytin-2, satu dari dua syncytin pada manusia yang membantu memadukan sel untuk membentuk lapisan plasenta di samping rahim. Struktur unik itu memungkinkan nutrisi dan oksigen masuk, mengeluarkan produk limbah dan karbondioksida, evolusi membentuk komponen viral menjadi komponen manusia.

Akhirnya, saya bertanya kepadanya: Apa yang dikatakan semua itu tentang cara kerja evolusi?

“Gen kita bukan hanya gen *kita*,” katanya. Gen kita juga merupakan gen retroviral.

KONTRIBUSI retrovirus itu, yang memberi kita syncytin-2, hanyalah salah satu contoh dari pola besar. Gen lainnya adalah *ARC*, yang diekspresikan sebagai respons terhadap aktivitas neuron pada mamalia dan lalat. Ini sangat mirip dengan gen retroviral yang mengode kapsid protein. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa *ARC* memainkan peran utama dalam menyimpan informasi di jaringan saraf. Kata lain untuk itu: memori. *ARC* tampaknya melakukannya dengan mengemas informasi yang diperoleh dari pengalaman (diwujudkan sebagai RNA) ke dalam kantung protein kecil yang membawanya dari satu neuron ke neuron lainnya.

Dan di Stanford University School of Medicine, Joanna Wysocka, bersama dengan sekelompok rekan, telah menemukan bukti bahwa fragmen virus yang dihasilkan oleh retrovirus endogen manusia lainnya, yang dikenal sebagai *HERV-K*, hadir dalam embrio manusia pada tahap paling awal, dan mungkin memainkan peran positif dalam melindungi embrio dari infeksi virus, atau, dalam membantu mengendalikan perkembangan janin, atau keduanya. Lebih jauh lagi, kelompoknya berfokus pada transposon tertentu yang tampaknya telah memasuki genom manusia seperti bagian kata pengantar bagi *HERV-K*. Kemudian, menemukan cara untuk menggandakan dirinya dan memantul ke bagian lain dari genom, sehingga kini ia ada di 697 salinan yang tersebar. Salinan tersebut tampaknya membantu mengaktifasi hampir 300 gen manusia.

“Hal yang benar-benar membingungkan,” kata Wysocka, “adalah bahwa HERVs membentuk sekitar 8 persen genom manusia,” bagian dari keberadaan kita, yang pada dasarnya adalah “kuburan dari infeksi retroviral sebelumnya. Sejarah infeksi retroviral masa lalu terus membentuk evolusi kita sebagai spesies.”

SISI BURUK DARI sebuah kelincahan evolusioner semacam itu, tentu saja, adalah bahwa virus kadang-kadang dapat berganti inang. Hal itu disebut *spill-over*, dan begitulah cara kemunculan sebagian besar penyakit menular baru di manusia—virus yang didapat dari inang hewan nonmanusia.

Pada inang asal—yang dalam ilmu pengetahuan dikenal sebagai inang reservoir—virus mungkin telah bersemayam dengan tenang, dalam kelimpahan yang rendah dan dampak yang rendah, selama ribuan tahun. Virus ini mungkin telah mencapai akomodasi evolusioner dengan inang reservoir, mendapatkan keamanan sebagai imbalan karena tidak menimbulkan masalah. Namun dalam inang baru, seperti manusia, kesepakatan lama tidak selalu berlaku. Virus dapat membeludak dalam jumlah besar, menyebabkan ketidaknyamanan atau penderitaan pada korban pertama itu.

Jika virus tidak hanya bereplikasi tetapi juga berhasil menyebar, dari manusia ke manusia, itulah wabah. Jika melanda komunitas atau negara, itu merupakan epidemi. Jika ia mengelilingi dunia, itu adalah pandemi. Jadi sekarang kita kembali ke SARS-CoV-2.

Aliran gen virus ke dalam genom seluler telah “membeludak”, menurut para ilmuwan, dan dapat membantu menjelaskan beberapa transisi evolusioner yang hebat, seperti asal mula DNA, inti sel, dan dinding sel, dan bahkan penyimpangan dari tiga domain besar kehidupan.



Ilmuwan masih melacak asal virus corona SARS-CoV-2. Kelelawar greater horseshoe dan trenggiling tiongkok (sebelah) dianggap sebagai inang yang memungkinkan. Virus di kedua spesies itu terkait dengan virus pandemi. Maciej Boni, profesor biologi Penn State University, dan tim internasional, melacak virus itu ke sekitar seratus tahun silam, kala virus corona di trenggiling menyimpang dari yang ada di kelelawar.

SARS-CoV-2 mungkin berevolusi dari virus kelelawar yang kekerabatannya terdekat, antara 40 dan 70 tahun silam. "Amat sedikit keragaman virus ini yang diketahui," kata Boni, seraya menambahkan, puluhan ribu genom virus flu burung telah teridentifikasi, namun kurang dari seratus yang diketahui terkait virus corona. "Prinsipnya, mungkin ada virus yang beredar di kelelawar, yang lebih mendekati SARS-CoV-2 atau amat

mirip. Tetapi kami belum melakukan cukup penelitian pada kelelawar; kami belum mengumpulkan cukup virus pada kelelawar, dan kami tak tahu." Kelelawar ini (*Rhinolophus ferrumequinum*) diambil di wilayah Tashkent di Uzbekistan pada 1921; trenggiling itu (*Manis pentadactyla*) berasal dari Provinsi Guizhou di Tiongkok pada 1945.

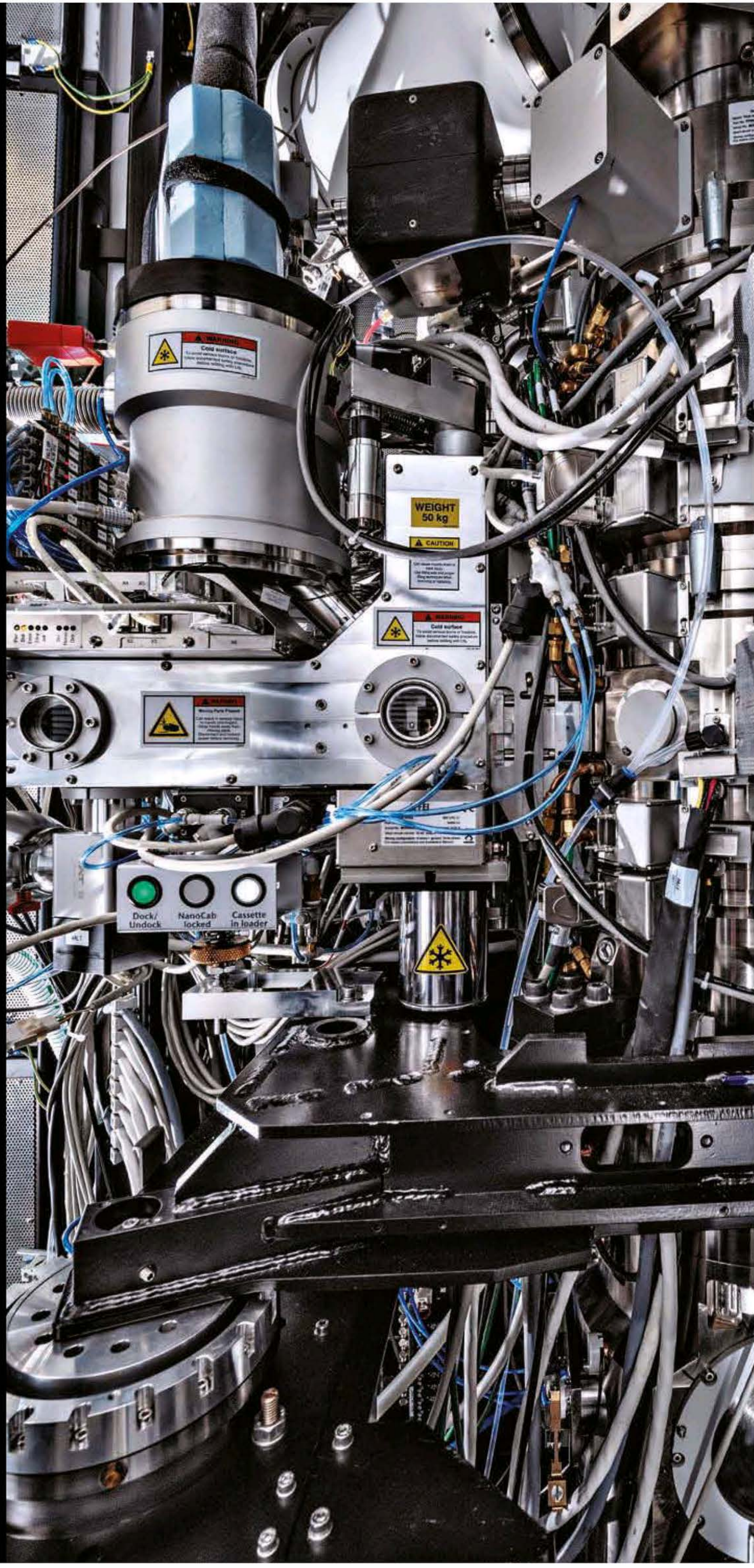
DIFOTO DI NATURAL HISTORY MUSEUM OF LOS ANGELES COUNTY (KELELAWAR DAN TRENGGILING)



1891 1917
Pangolin, *Manis javanica*,
Kampeng, Kantonen Fuzhou, China
Killed from a net. August, 1917
K. E. S. S. S.

Cara kerja bagian dalam mikroskop elektron transmisi kriogenik (kanan) menunjukkan kompleksitas teknologinya. Instrumen ini, yang dapat membuat gambar virus hingga mendekati tingkat atom dalam tiga dimensi, mengungkapkan struktur runcing SARS-CoV-2 yang kini tak asing lagi. Monitor yang digunakan bersama mikroskop (paling kanan) menampilkan penampang virus dan model komputasi tiga dimensi.

LEO HILLIER, MRC LABORATORY OF MOLECULAR BIOLOGY; ZUNLONG KE, LESLEY MCKEANE, DAN JOHN BRIGGS, MRC LABORATORY OF MOLECULAR BIOLOGY (IMAJI MONITOR)







Sebuah irisan rekonstruksi SARS-CoV-2 dari tomografi elektron-krio (atas) menunjukkan cuatan-cuatan menonjol dalam sudut yang aneh. Bentuk bagai paku ini memiliki tiga sendi—pinggul, lutut, dan pergelangan kaki—yang membuatnya bisa berayun berputar, kemungkinan besar meningkatkan pelekatannya pada sel. Model molekuler pada resolusi atomik (kanan) menunjukkan protein yang menyusun paku itu, dengan rantai identik yang ditunjukkan dengan warna merah, jingga, dan kuning. Mereka dilindungi oleh rantai glikan—molekul seperti gula berwarna biru—yang menyembunyikan paku dari antibodi manusia yang dapat menghancurkannya. Memahami struktur paku adalah kunci untuk merancang vaksin yang efektif.

MATEUSZ SIKORA, MAX PLANCK INSTITUTE OF BIOPHYSICS (PENGOLAHAN MODEL MOLEKULER); SEIZIN BEATA TUROŇOVÁ DAN MARTIN BECK, EUROPEAN MOLECULAR BIOLOGY LABORATORY (IRISAN SARS-COV-2)



Beberapa jenis virus lebih mungkin menyebabkan pandemi daripada yang lain. Di dekat bagian atas daftar kandidat, yang paling mengkhawatirkan adalah virus corona, karena sifat genomnya, kapasitasnya untuk berubah dan berevolusi, dan riwayat mereka menyebabkan penyakit serius pada manusia seperti SARS pada 2003 dan MERS pada 2015. Jadi ketika frasa “novel coronavirus” mulai digunakan untuk menggambarkan hal baru yang menyebabkan kumpulan penyakit di Wuhan, Tiongkok, itu membuat ilmuwan terkait penyakit bergidik.

Coronavirus termasuk dalam kategori virus yang terkenal keburukannya, yaitu virus RNA berunting tunggal, yang mencakup influenza, virus Ebola, rabies, campak, Nipah, hantavirus, dan retrovirus. Mereka terkenal buruk, sebagian karena genom RNA untai tunggal sering mengalami mutasi saat virus bereplikasi, dan mutasi semacam itu memberikan kekayaan variasi genetik acak, yang dapat digunakan untuk seleksi alam.

Virus corona, bagaimanapun, berkembang relatif lambat sebagai virus RNA. Mereka membawa genom yang cukup panjang. Genom SARS-CoV-2 terdiri dari sekitar 30.000 huruf—tetapi genom mereka berubah tak secepat yang lain karena mereka memiliki *proofreading enzyme* untuk mengoreksi mutasi. Namun mereka juga mampu melakukan trik yang disebut rekombinasi, yaitu dua galur virus corona, menginfeksi sel yang sama, menukar bagian genomnya dan memunculkan galur hibrida virus corona ketiga. Mungkin itulah yang terjadi untuk menciptakan virus corona baru, SARS-CoV-2.

Virus leluhurnya mungkin tinggal di kelelawar, kemungkinan kelelawar tapal kuda yang biasanya membawa virus corona. Jika rekombinasi benar terjadi, menambahkan beberapa elemen baru yang penting dari virus corona yang berbeda, ini bisa terjadi pada kelelawar, atau mungkin pada satwa lain. Para ilmuwan sedang menjajaki kemungkinan ini dan kemungkinan lainnya dengan mengurutkan dan membandingkan genom virus yang ditemukan di berbagai inang potensial. Yang kita ketahui untuk saat ini ialah SARS-CoV-2 pada manusia, adalah virus terampil yang mampu berevolusi lebih lanjut.

JADI, VIRUS MEMBERI dan virus juga mengambil. Mungkin alasan mereka sulit ditempatkan di pohon kehidupan adalah karena sejarah kehidupan, bagaimanapun juga, tak berbentuk seperti pohon. Analogi arboreal hanyalah cara tradisional kita dalam mengilustrasikan evolusi, dijadikan kanon oleh Charles Darwin. Namun Darwin, tak tahu apa-apa tentang virus. Dan jika memandang semua kerumitannya memberi kita manusia pandangan yang lebih jelas akan kekusutan keterhubungan dengan alam, maka saya serahkan kepada Anda untuk mengatakan apakah ini adalah manfaat atau bahaya. □

Enam belas buku **David Quammen** termasuk *Spillover: Animal Infections and the Next Human Pandemic*, yang meramalkan COVID-19. **Craig Cutler** adalah seniman dan fotografer yang berspesialisasi pada potret lingkungan dan *still life*, berusaha keras untuk menceritakan kisah pada setiap imajinya.

Kapankah Indonesia Luput dari Pagebluk?

OLEH IWAN ARIAWAN
FOTO OLEH STENLY PONTOLAWOKANG

Hingga kini, peningkatan COVID-19 masih berlanjut. Selain penambahan kasus yang konstan dari waktu ke waktu, analisis menunjukkan angka penularan masih jauh dari kata terkendali. Beberapa waktu lalu, Badan Kesehatan Dunia menganjurkan penggunaan angka reproduksi efektif (R_t) sebagai salah satu indikator pengukuran pengendalian wabah. R_t pada dasarnya merupakan rata-rata jumlah kasus baru yang ditularkan oleh setiap satu orang positif Covid-19 pada masa infeksi (± 14 hari). Saat ini R_t Indonesia masih di atas 1 ($R_t = 1,07$), yang berarti jumlah kasus baru terus bertambah dan wabah belum terkendali.

Akhir-akhir ini, sering muncul istilah *herd immunity* atau kekebalan populasi, yang seyogianya merupakan tujuan akhir pengendalian wabah. Kekebalan populasi adalah keadaan saat penyakit menular tidak lagi menyebar di populasi, karena sebagian besar sudah memiliki kekebalan terhadap virus atau bakteri penyebabnya. Kekebalan dapat dicapai dengan dua cara, yaitu kekebalan alamiah yang terbentuk setelah terinfeksi dan kekebalan buatan melalui vaksinasi.

Bagi Indonesia dengan jumlah penduduk keempat terbesar di dunia, mencapai kekebalan populasi memerlukan waktu yang panjang. Hal ini juga dipersulit dengan wilayahnya yang luas, kesenjangan kapasitas sistem kesehatan, serta kondisi sosial, budaya dan geografis yang beragam. Berbagai tantangan tersebut menjadikan kekebalan populasi sangat sulit, bahkan tidak mungkin untuk tercapai dalam

jangka pendek—yaitu di bawah satu tahun. Namun, vaksinasi yang menyertai upaya pencegahan lain, 3M dan TLI (tes-lacak-isolasi), akan sangat membantu Indonesia untuk mencapai kondisi wabah terkendali.

Pada dasarnya, kondisi wabah terkendali dan kekebalan populasi merujuk ke dua kondisi yang terkesan serupa, namun sangat berbeda. Wabah dikatakan terkendali ketika penularan terus berkurang—diindikasikan oleh angka $R_t < 1,0$ —disertai dengan penurunan angka kasus positif serta jumlah kasus kematian. Namun, pada kondisi wabah terkendali ini, kekebalan populasi belum tercapai. Atau dengan kata lain, sebagian masyarakat masih rentan untuk terinfeksi. Di Indonesia, kondisi wabah terkendali ini hanya akan terjadi jika vaksinasi diiringi dengan penerapan protokol 3M dan TLI yang baik. Wabah terkendali memungkinkan adanya aktifitas ekonomi, karena pada konsepnya, masyarakat tetap disiplin mematuhi protokol 3M ketika melakukan aktivitas di luar rumah.





KIRI

Vial vaksin SARS-CoV-2 tiba di Kabupaten Kepulauan Sangihe, Sulawesi Utara pada 28 Januari 2021. Vaksin ini dibawa dengan helikopter dari Manado dan mendarat di Bandara Naha, kemudian dibawa langsung ke Dinas Kesehatan Kabupaten Kepulauan Sangihe.

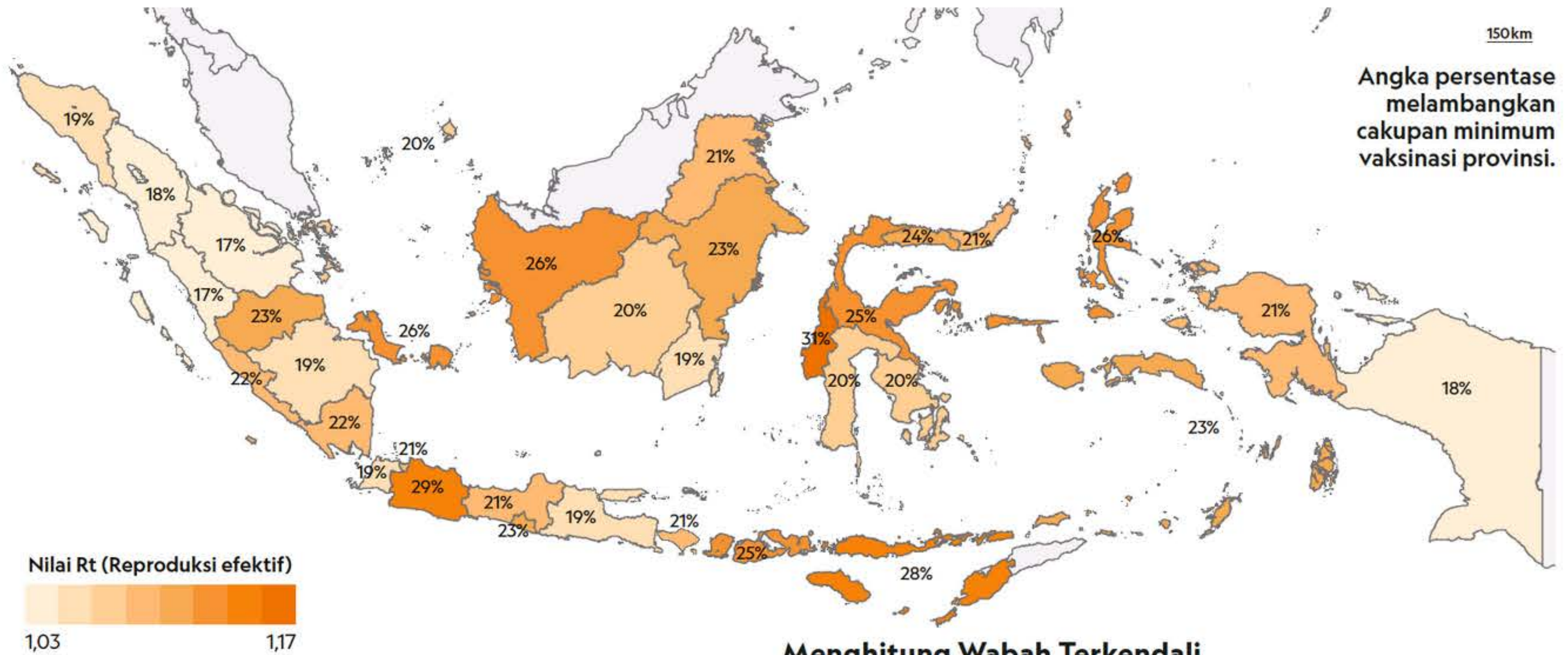
BAWAH

Petugas BPJS Kesehatan di Kabupaten Kepulauan Sangihe menerima suntikan vaksin Covid-19, Sinovac, tahap ke 2, pada tanggal 15 Februari 2021, di Rumah Sakit Liun Kendage Tahuna.



Agar Pandemi Mereda

Setiap provinsi harus memenuhi target cakupan minimum vaksinasi, agar pagebluk segera terkendali. Target ini berkejaran dengan kecepatan jumlah kasus yang ditularkan oleh setiap satu orang positif, di masa infeksius sekitar 14 hari.



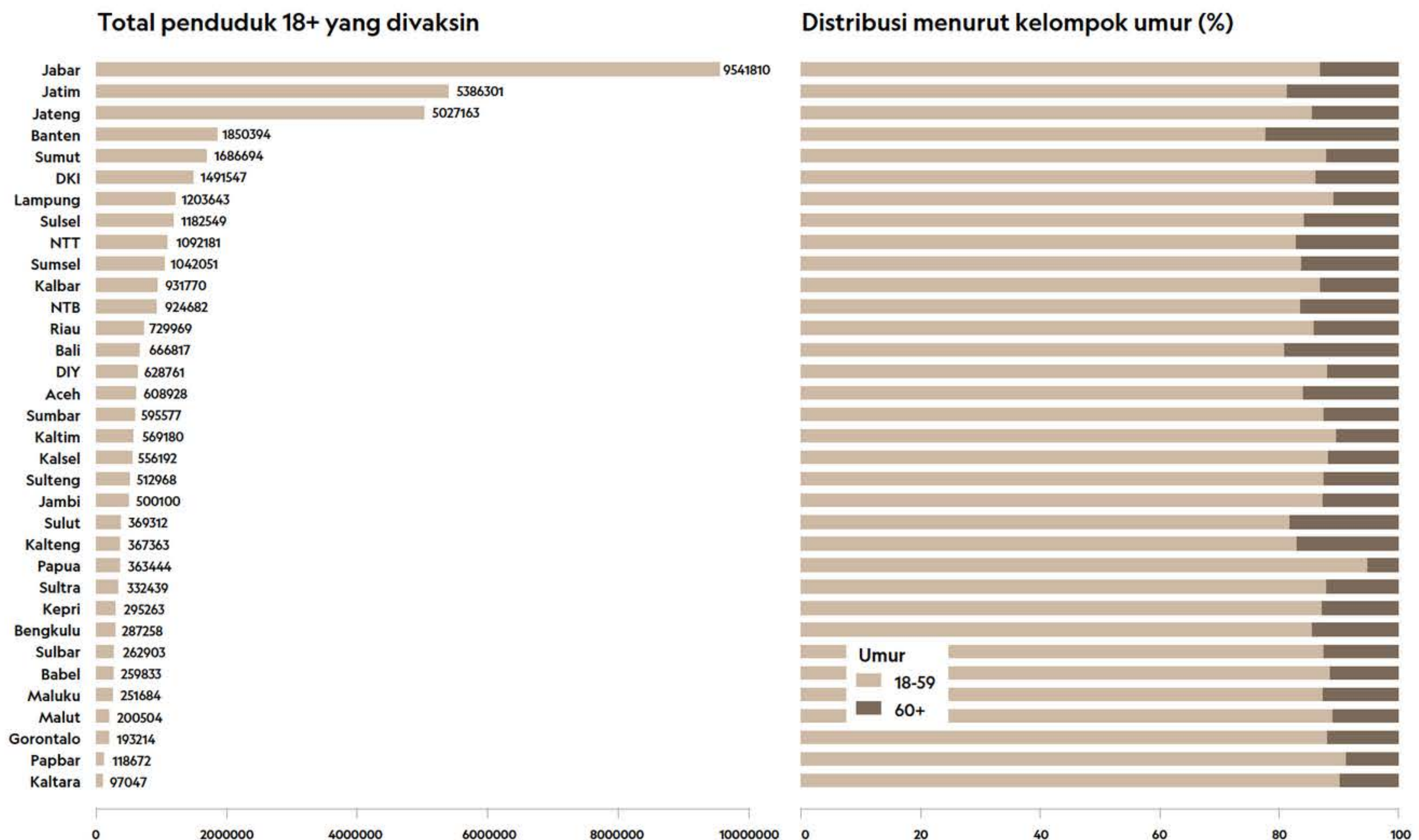
Nilai Rt terkecil, 1,03 di Sumatra Barat contohnya, melambangkan 100 orang terinfeksi menularkan ke 103 orang lainnya dalam masa infeksius, sehingga jumlahnya setiap hari terus meroket.

Menghitung Wabah Terkendali

Cakupan vaksinasi untuk mencapai wabah terkendali dihitung dari persamaan $R_t = R_0 (1 - (\text{cakupan vaksinasi} \times \text{efektivitas vaksin}))$. R_0 , yaitu R_t awal sebelum vaksinasi, dibutuhkan dalam perhitungan cakupan vaksinasi minimum.

Seberapa Banyak yang Harus Divaksinasi?

Mengejar keadaan wabah terkendali tidaklah mudah. Selain kepercayaan terhadap vaksin, pemerintah dihadapkan antara lain pada jumlah penduduk serta kondisi geografis.



Beban Vaksinasi

Jawa Timur, yang dari angka cakupan terkesan tak terlalu besar—memerlukan 19% vaksinasi untuk mencapai $R_t 0,9$ —dapat memiliki beban yang jauh lebih berat, dengan setidaknya lebih dari 5,3 juta penduduk yang perlu divaksinasi untuk mencapai wabah terkendali.

Populasi Lansia

Lansia termasuk dalam populasi yang rentan terhadap penyakit ini. Tabel di atas menunjukkan persentase lansia yang harus memperoleh vaksinasi, berdasarkan data penduduk di tabel kiri.

Pada efektivitas vaksin 65-70%, kekebalan populasi tercapai jika cakupan vaksinasi yang menghasilkan kekebalan: 70-80%

Di sisi lain, kondisi kekebalan populasi dikatakan tercapai saat sudah tidak ada lagi penularan penyakit. Kekebalan populasi dicirikan dengan tidak ada lagi populasi yang rentan terinfeksi, atau mayoritas populasi telah kebal dari penyakit. Pada saat itu penularan, jumlah kasus, dan kematian, sudah sangat sedikit. Hal ini menjadikan protokol 3M serta TLI tidak lagi menjadi keharusan. Aktivitas populasi dapat berjalan seperti sebelum wabah. Pada efektivitas vaksin 65-75 persen, kekebalan populasi dapat tercapai jika cakupan vaksinasi yang menghasilkan kekebalan telah mencapai 70-80 persen.

Kapankah wabah terkendali, akan sangat bergantung pada cakupan vaksinasi di wilayah tersebut. Cakupan minimum vaksinasi untuk mencapai wabah terkendali dipengaruhi oleh efektivitas vaksin serta angka reproduksi efektif sebelum vaksinasi dilakukan. Saat ini, tiap provinsi di Indonesia memiliki angka reproduksi efektif—rata-rata kecepatan penularan—yang berbeda-beda, sehingga cakupan vaksinasi minimal yang diperlukan untuk mengendalikan wabah pun beragam antar provinsi.

Untuk menghitung estimasi cakupan vaksinasi minimum yang diperlukan di Indonesia, kami mengestimasi R_t di awal Februari, serta menggunakan pendekatan probabilistik. Analisis ini juga memperhitungkan faktor ketidakpastian (*uncertainty*) estimasi. Asumsinya, efektivitas vaksin Covid-19 berkisar pada 70-80% dan menargetkan nilai $R_t = 0,9$ —angka yang melambangkan bahwa wabah terkendali.

Layaknya tingkat penularan yang beragam antarprovinsi, cakupan minimal yang diperlukan untuk mencapai angka reproduksi efektif 0,9 atau wabah terkendali juga beragam. Cakupan minimal vaksinasi yang paling tinggi perlu dicapai oleh Provinsi Sulawesi Barat, Jawa Barat, dan NTT agar wabah di wilayahnya terkendali—seperti yang tertera di peta kiri.

Namun, perlu diingat, bahwa besar target cakupan (persentasi) vaksinasi tidak serta-merta menunjukkan beban vaksinasi di wilayah tersebut. Sistem kesehatan perlu melihat angka target cakupan dengan banyaknya jumlah orang yang perlu divaksinasi.

Estimasi target cakupan minimum vaksinasi dan jumlah yang perlu divaksinasi diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam menetapkan strategi vaksinasi di Indonesia. Hal ini tentunya bukanlah perkara mudah, mengingat tantangan-tantangan lain yang sudah ada terhadap program vaksinasi di Indonesia. Pada November 2020, Kementerian Kesehatan, ITAGI, UNICEF dan WHO melakukan survei untuk melihat respon masyarakat terhadap rencana vaksin COVID-19. Survei daring pada 112.000 responden melaporkan mayoritas responden—sebanyak 70 persen—bersedia divaksinasi. Namun, pemerintah perlu memiliki strategi khusus yang ampuh untuk meyakinkan 30 persen penduduk yang masih ragu-ragu terhadap keamanan dan efektivitas vaksin. Survei ini juga mendeteksi tingkat penerimaan vaksin yang bervariasi antar provinsi. Sehingga, strategi vaksinasi seyogyanya secara nasional perlu diperkaya dan dipertajam sesuai kondisi masing-masing provinsi.

Saat ini, vaksinasi telah menjadi harapan dan dilema bagi masyarakat Indonesia. Analisis ini menunjukkan bahwa pelaksanaan program vaksinasi tidaklah cukup. Vaksinasi perlu, bahkan wajib diiringi peningkatan kepatuhan protokol Kesehatan (3M) dan tes-lacak-isolasi. Jika hal ini terpenuhi, diprediksi wabah Covid-19 akan mulai terkendali pada September-Oktober 2021.

Namun demikian, lagi-lagi kita perlu mengingat bahwa walaupun Indonesia mencapai wabah terkendali, penularan masih terjadi. Wabah terkendali berarti jumlah penularan yang terus berkurang, yang diikuti dengan berkurangnya jumlah pasien Covid-19 yang dirawat di rumah sakit dan jumlah yang meninggal karena wabah ini. Jika kondisi wabah terkendali ini bisa terus dipertahankan, Indonesia mungkin akan bisa melaju menuju kekebalan populasi. □

Iwan Ariawan, dosen di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia dan konsultan Bappenas untuk pemodelan wabah Covid-19. Bersama Pandu Riono, Muhammad N. Farid, Hafizah Jusril, Tiopan Sipahutar, dan Wiji Wahyuningsih melakukan berbagai pemodelan data di masa pandemi.



INSTAGRAM

IQBAL ISHLAHIDDIN

DARI PEMBACA KAMI

SIAPA

Iqbal Ishlahiddin berdomisili di Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan.

DI MANA

Gua Sipeso, Kawasan Karst Ciampea, Kabupaten Bogor.

APA

Kamera Fujifilm X-T200
Lensa Fujinon XC 15-45 mm
f/3.5 - 5.6 OIS 15 mm/ 1" / f/9.0
/ISO 500 / WB Auto / External Flash

Keberadaan kelelawar di gua menjadi momok bagi para penelusur gua saat masa pandemi. Berbagai penyakit zoonosis berbahaya seperti MERS dan SARS ditengarai berasal dari virus yang hidup di inang alami kelelawar. Pun, kemunculan virus SARS-CoV-2 telah meningkatkan resiko aktivitas penelusuran gua selama setahun terakhir.

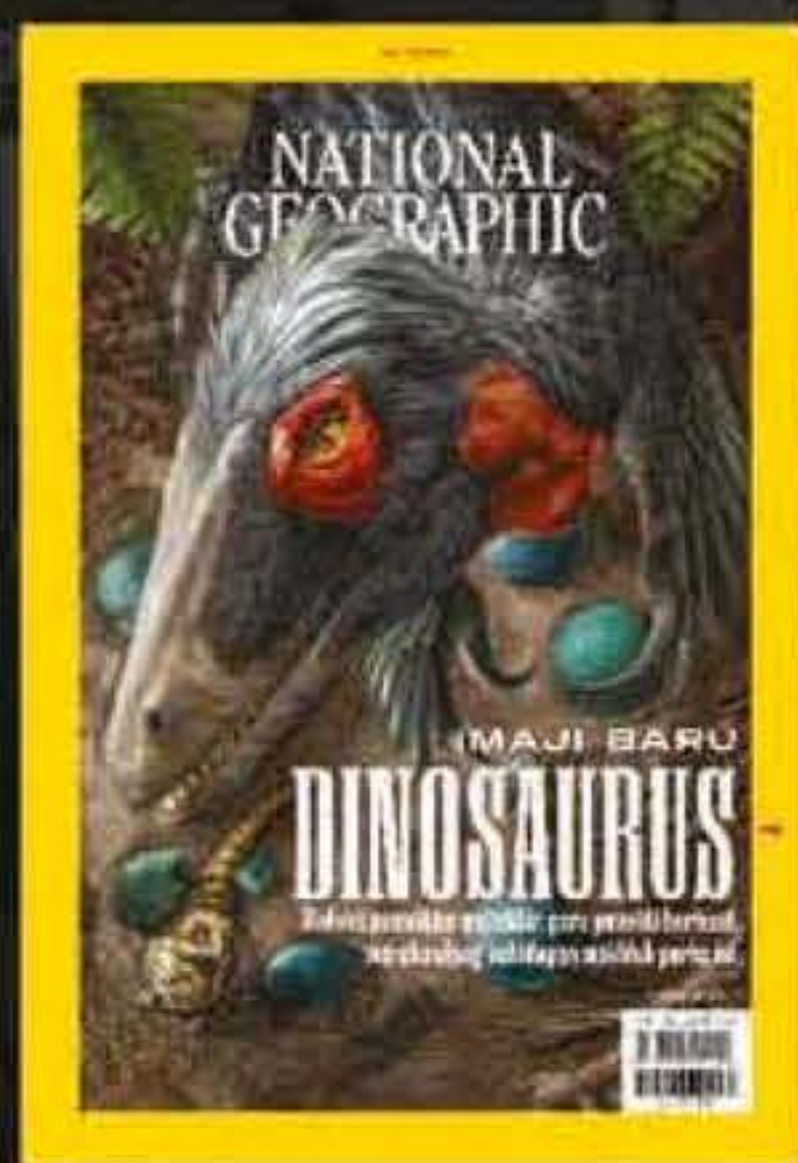
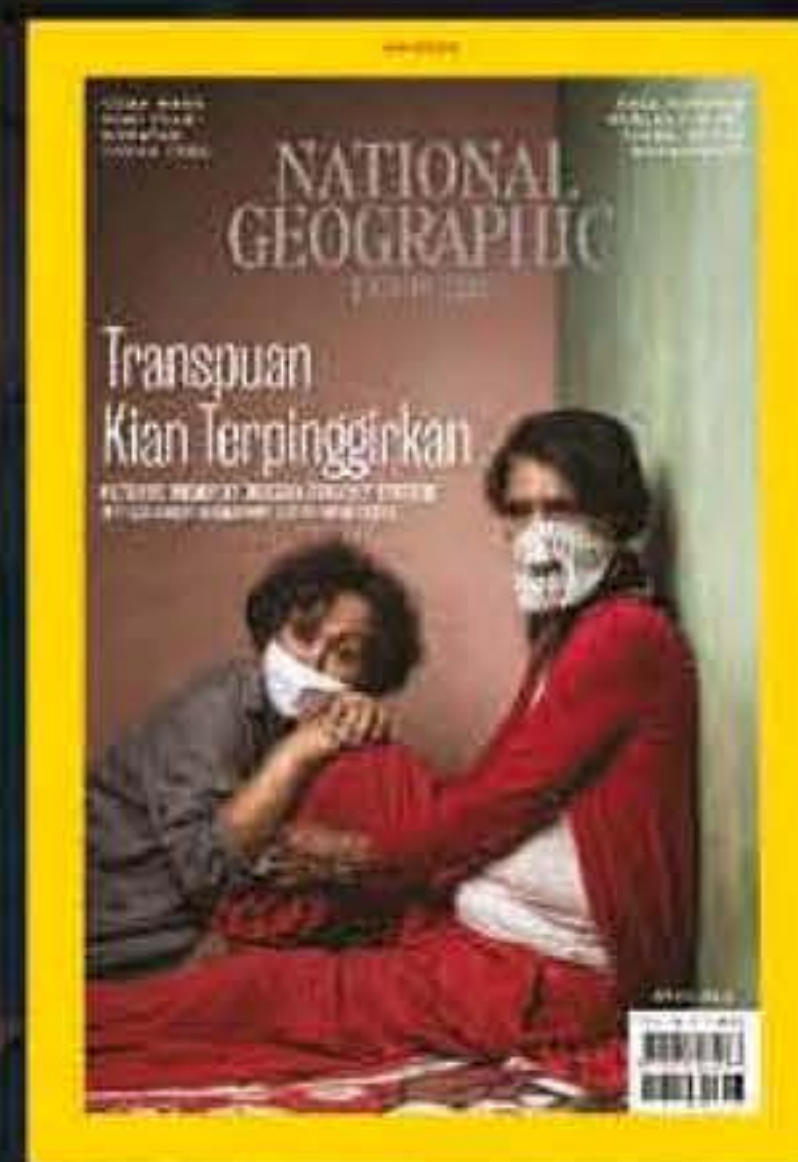
Resiko penularan virus dari kelelawar ke manusia—atau sebaliknya—membuat dilema bagi para penelusur gua. Penundaan kegiatan penelusuran, pembatasan durasi dan personil, penggunaan alat perlindungan diri merupakan bentuk upaya mitigasi para penelusur gua.

Akhir Januari silam, kegiatan penelusuran Gua Sipeso tidak bisa ditunda lagi. Akhirnya, saya dan beberapa teman memberanikan diri untuk tetap berkegiatan dengan menerapkan serangkaian protokol kesehatan.

Halaman ini menampilkan gambar dari akun Instagram National Geographic. Kami adalah jenama paling ternama di Instagram. Bergabunglah dengan kami di [instagram.com/natgeoindonesia](https://www.instagram.com/natgeoindonesia)

**SEBUAH PERJALANAN BUKAN SEKADAR MELIHAT
KEHIDUPAN DI LOKASI BARU, TETAPI JUGA MENGAMBIL
REFLEKSI DARI KISAH HIDUP DENGAN MATA YANG BARU**





Sahabat melewatkan kisah penjelajahan kami?
Temukan edisi kami sepanjang 2017-2020

Dapatkan di:



Aplikasi tersedia di:

