

THE MAGIC OF REALITY

SIHIR REALITAS

RICHARD DAWKINS
ilustrasi oleh DAVE MCKEAN



THE MAGIC OF REALITY

Karya lain Richard Dawkins

The Selfish Gene

The Extended Phenotype

The Blind Watchmaker

River Out of Eden (*Telah diterbitkan KPG dengan judul Sungai dari Firdaus, 2005*)

Climbing Mount Improbable

Unweaving the Rainbow

A Devil's Chaplain

The Ancestor's Tale

The God Delusion

The Greatest Show on Earth

Karya lain Dave McKean

Pictures that Tick

Cages

Crazy Hair (*dengan Neil Gaiman*)

MirrorMask (*dengan Neil Gaiman*)

The Wolves in the Walls (*dengan Neil Gaiman*)

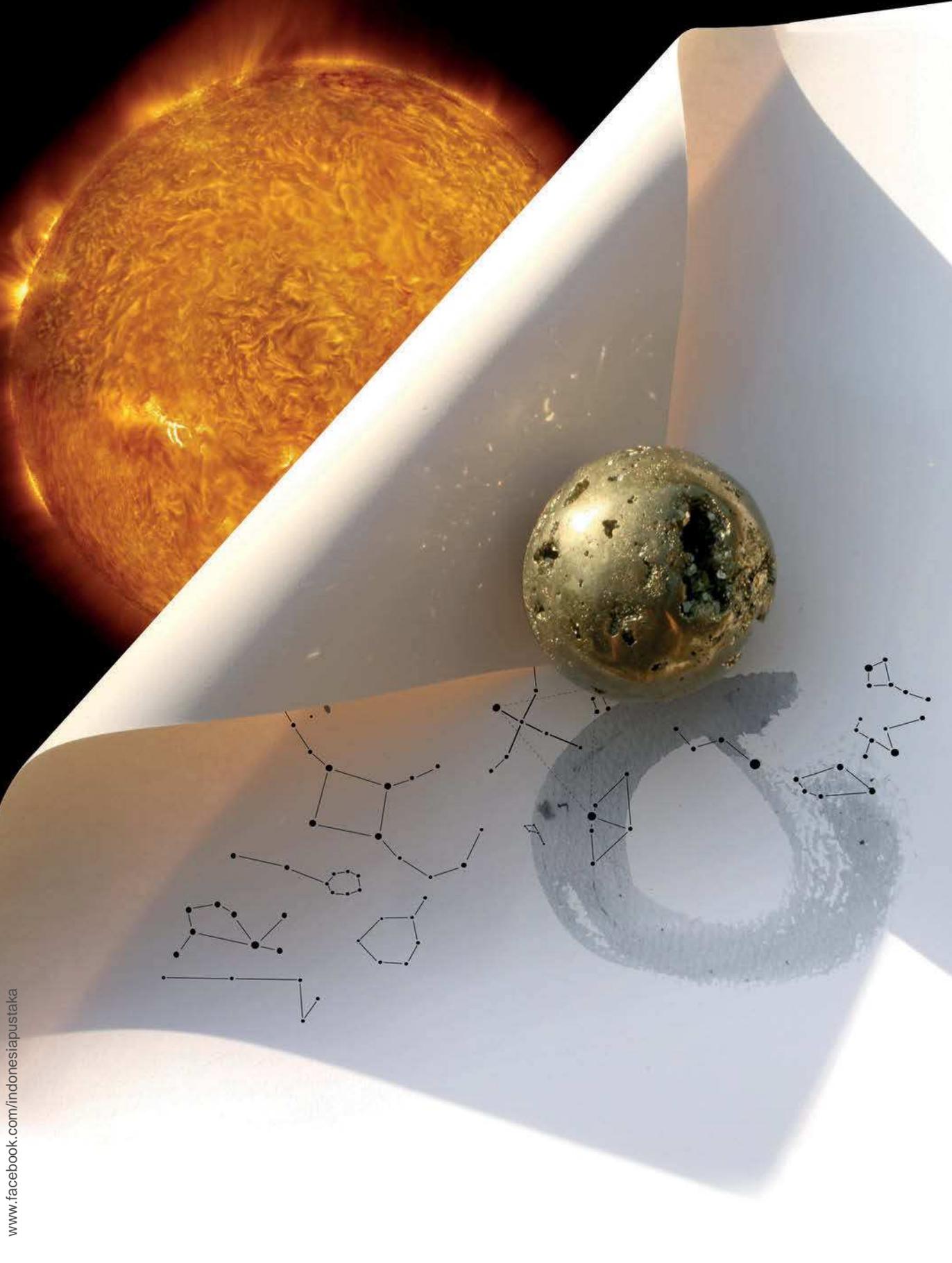
The Day I Swapped My Dad for Two Goldfish

(*dengan Neil Gaiman*)

Slog's Dad (*dengan David Almond*)

The Savage (*dengan David Almond*)

The Homecoming (*dengan Ray Bradbury*)



The Magic of Reality

Sihir Realitas

RICHARD DAWKINS
ilustrasi oleh **DAVE MCKEAN**



Jakarta:
KPG (Kepustakaan Populer Gramedia)

The Magic of Reality

Richard Dawkins

Ilustrasi oleh Dave McKean

Hak terjemahan bahasa Indonesia pada KPG
(Kepustakaan Populer Gramedia)

KPG 901 15 0966

Cetakan Pertama, April 2015

Judul Asli

The Magic of Reality

Text copyright © 2011 by Richard Dawkins Ltd.

Illustrations copyright © by Dave McKean.

All rights reserved

Penerjemah

Wendy Hirai

Perancang Sampul

Dave McKean

DAWKINS, Richard

The Magic of Reality

Jakarta; KPG (Kepustakaan Populer Gramedia), 2015

269 hlm; 18 x 24 cm

ISBN: 978-979-91-0852-4

Dicetak oleh PT Gramedia, Jakarta

Isi di luar tanggung jawab percetakan.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta

Lingkup Hak Cipta

Pasal 1

Hak Cipta adalah hak eksklusif pencipta yang timbul secara otomatis berdasarkan prinsip deklaratif setelah suatu ciptaan diwujudkan dalam bentuk nyata tanpa mengurangi pembatasan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Ketentuan Pidana

Pasal 113

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

Clinton John Dawkins

1915–2010

Teruntuk ayahku tercinta

Daftar Isi

- 1 Apa itu realitas? Apa itu sihir? 12
- 2 Siapakah orang pertama itu? 32
- 3 Mengapa ada banyak sekali jenis hewan? 54
- 4 Segala sesuatu itu terbuat dari apa? 76
- 5 Mengapa ada malam dan siang, musim dingin dan musim panas? 96
- 6 Apa itu Matahari? 118
- 7 Apa itu pelangi? 140

8 Kapan dan bagaimana segalanya bermula? 160

9 Apa kita sendirian? 182

10 Apa itu gempa? 204

11 Mengapa hal buruk terjadi? 226

12 Apa itu keajaiban? 246

Ucapan terima kasih 266

Kepemilikan gambar 267

Tentang penulis 268

Tentang ilustrator 269



1

What is REALITY? What is magic?

*Apa itu realitas?
Apa itu sihir?*



REALITAS ADALAH SEGALA SESUATU yang ada. Kelihatannya gamblang, ya? Sebenarnya tidak demikian. Ada banyak masalah dengan definisi itu. Bagaimana dengan dinosaurus, yang pernah ada tapi tidak lagi ada? Bagaimana dengan bintang-bintang, yang sedemikian jauh sehingga ketika sinarnya mencapai kita dan kita bisa melihat bintang, bintang itu mungkin telah padam?

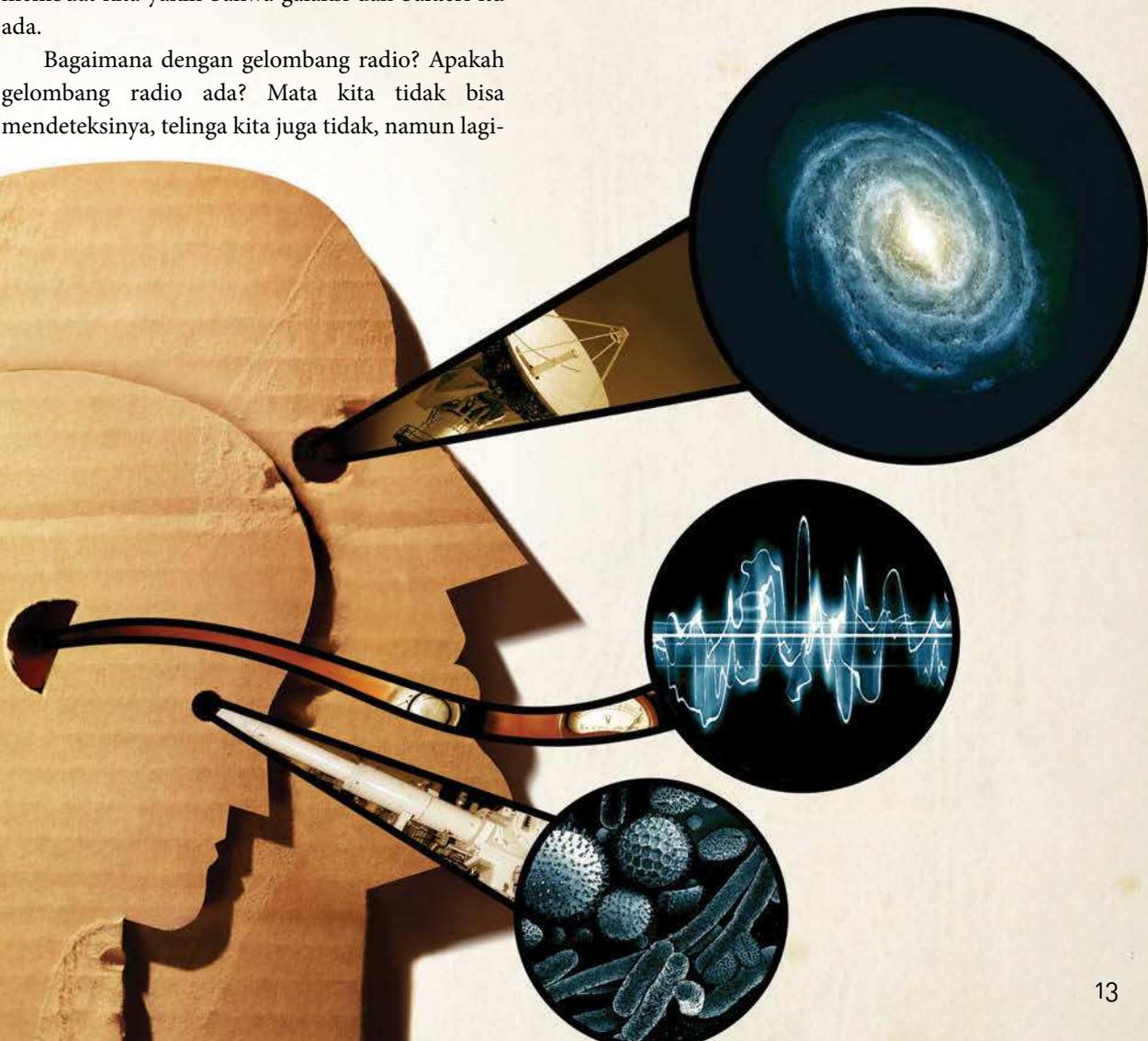
Nanti kita akan kembali lagi ke soal dinosaurus dan bintang. Tapi yang penting, bagaimana kita tahu bahwa sesuatu betul-betul ada, bahkan pada masa kini? Yah, kelima indera kita—penglihatan, penciuman, sentuhan, pendengaran, dan pengecapan—cukup hebat dalam meyakinkan kita bahwa banyak benda itu nyata: batu dan onta, rumput yang baru dipangkas dan kopi yang baru digiling, ampelas dan beludru, air terjun dan bel pintu, gula dan garam. Tapi apakah hanya

benda yang bisa kita deteksi secara langsung dengan salah satu indera kita yang akan kita sebut 'nyata'?

Bagaimana dengan galaksi nun jauh di sana, yang terlalu jauh untuk dilihat dengan mata telanjang? Bagaimana dengan bakteri, yang terlalu kecil untuk dilihat tanpa mikroskop berdaya tinggi? Haruskah kita katakan bahwa mereka tidak ada karena tidak bisa kita lihat? Tidak. Tentunya kita bisa meningkatkan kemampuan indera kita dengan menggunakan alat-alat khusus: teleskop untuk melihat galaksi, mikroskop untuk melihat bakteri. Oleh karena kita mengerti tentang teleskop dan mikroskop, dan bagaimana cara kerja alat-alat itu, kita bisa menggunakan alat untuk memperluas jangkauan indera kita—dalam hal ini, indera penglihatan—dan apa yang bisa kita lihat berkat bantuan alat membuat kita yakin bahwa galaksi dan bakteri itu ada.

Bagaimana dengan gelombang radio? Apakah gelombang radio ada? Mata kita tidak bisa mendeteksinya, telinga kita juga tidak, namun lagi-

lagi alat-alat khusus—perangkat televisi, misalnya—mengubah gelombang radio menjadi sinyal yang bisa kita lihat dan dengar. Jadi, meskipun kita tidak bisa melihat atau mendengar gelombang radio, kita tahu gelombang radio merupakan bagian realitas. Seperti juga halnya teleskop dan mikroskop, kita mengerti bagaimana radio dan televisi bekerja. Jadi alat-alat itu membantu indera-indera kita membangun gambaran mengenai apa yang ada: dunia nyata—realitas. Teleskop radio (dan teleskop sinar X) menunjukkan kepada kita bintang-bintang dan galaksi melalui apa yang tampaknya merupakan mata yang berbeda: cara lain lagi untuk memperluas pandangan kita mengenai realitas.



Kembali ke soal dinosaurus. Bagaimana kita tahu bahwa dinosaurus dulu pernah menguasai Bumi? Kita tidak pernah melihat atau mendengar dinosaurus ataupun terbirit-birit kabur dari dinosaurus. Sayang kita tidak punya mesin waktu agar kita bisa melihat dinosaurus secara langsung. Namun kita punya petunjuk jenis berbeda bagi indera kita: ada yang namanya fosil, dan kita *bisa* melihat fosil dengan mata telanjang. Fosil tidak berlari-lari atau melompat-lompat, tapi karena kita mengerti bagaimana fosil terbentuk, fosil bisa memberi tahu kita mengenai apa yang terjadi jutaan tahun lalu. Kita mengerti bagaimana air, dengan mineral-mineral yang terlarut di dalamnya, meresap ke dalam bangkai yang terkubur dalam lapisan-lapisan lumpur dan batu. Kita mengerti bagaimana mineral mengkristal keluar dari air dan menggantikan zat-zat dalam bangkai itu, atom demi atom, meninggalkan jejak bentuk hewan asli tercetak pada batu. Jadi, walaupun kita tidak bisa melihat dinosaurus secara langsung dengan indera kita, kita bisa pahami bahwa dulu dinosaurus pastilah ada, menggunakan bukti tidak langsung yang pada akhirnya tetap mencapai kita melalui indera-indera kita: kita melihat dan menyentuh jejak hidupan purbakala di batu.

Dalam pengertian berbeda, teleskop bisa bekerja seperti semacam mesin waktu. Apapun yang kita lihat sewaktu kita melihat sebenarnya adalah cahaya, dan cahaya butuh waktu untuk merambat. Bahkan sewaktu kita memandangi wajah teman, kita melihat mereka pada masa lalu, sebab cahaya dari wajah mereka butuh sepersekian detik untuk merambat ke mata kita. Bunyi merambat jauh lebih lambat, oleh karena itulah kita melihat kembang api meledak di langit lebih dahulu daripada mendengar suara letusannya. Sewaktu kita melihat seseorang menebang pohon di kejauhan, bunyi kapaknya menghantam pohon tertunda sehingga terasa janggal.

Cahaya merambat sedemikian cepat sehingga kita biasanya menganggap bahwa apa pun yang kita lihat terjadi pada saat itu juga. Namun bintang-bintang adalah masalah lain. Bahkan Matahari delapan menit-cahaya jauhnya. Bila Matahari meledak, bencana itu



baru akan menjadi bagian kenyataan kita delapan menit kemudian. Dan saat itu habislah kita! Sedangkan untuk bintang terdekat berikutnya, Proxima Centauri, bila kita memandangnya pada tahun 2011, yang kita lihat itu sebenarnya penampilan 2007. Galaksi merupakan kumpulan raksasa bintang-bintang. Kita berada di galaksi yang disebut Bima Sakti. Sewaktu kita memandang tetangga sebelah Bima Sakti, galaksi Andromeda, teleskop kita adalah mesin waktu yang membawa kita mundur dua setengah juta tahun. Ada gugusan lima galaksi yang disebut Kuintet Stephan, yang kita lihat menggunakan teleskop Hubble—sedang saling bertubrukan secara spektakular. Namun kita melihat mereka bertubrukan 280 juta tahun silam. Bila di salah satu galaksi yang bertubrukan itu ada makhluk asing yang punya teleskop yang berdaya cukup tinggi untuk melihat kita, maka yang mereka lihat di Bumi, pada saat ini juga, tepat di sini dan sekarang, adalah leluhur awal dinosaurus.



Betulkah ada makhluk asing di antartika? Kita tidak pernah melihat atau mendengar mereka.

Apakah mereka bagian realitas? Tak ada yang tahu, namun kita tahu apa yang suatu hari nanti bisa memberitahu kita bila makhluk asing memang betul ada. Bila kita nanti berdekatan dengan makhluk luar angkasa, organ-organ indera kita bisa memberitahu kita. Barangkali suatu hari akan ada yang menciptakan teleskop berdaya cukup besar untuk mendeteksi hidupan di planet-planet lain. Atau barangkali teleskop radio kita akan menangkap pesan-pesan yang hanya mungkin berasal dari makhluk asing berkecerdasan. Ini karena realitas tidak hanya terdiri atas hal-hal yang telah kita ketahui: realitas mencakup juga hal-hal yang ada namun belum kita ketahui—dan baru akan kita ketahui pada masa depan, barangkali sewaktu kita telah membuat alat-alat yang lebih hebat untuk membantu kelima indera kita.

Atom-atom selalu ada dari dulu, namun belum lama ini kita mengetahui keberadaan atom dengan pasti, dan mungkin keturunan kita akan mengetahui jauh lebih banyak hal yang kini belum kita ketahui. Itulah ajaib dan serunya sains: sains terus-menerus menyingkapkan hal-hal baru. Ini tidak berarti kita harus mempercayai *apa saja* yang mungkin dikhayalkan manusia: ada jutaan hal yang bisa kita bayangkan namun kecil sekali kemungkinannya nyata—peri dan *hobgoblin*, *leprechaun* dan *hippogriff*. Kita harus selalu berpikiran terbuka, namun satu-satunya alasan bagus untuk mempercayai bahwa sesuatu itu ada adalah bila ditemukan bukti nyata mengenai keberadaannya.

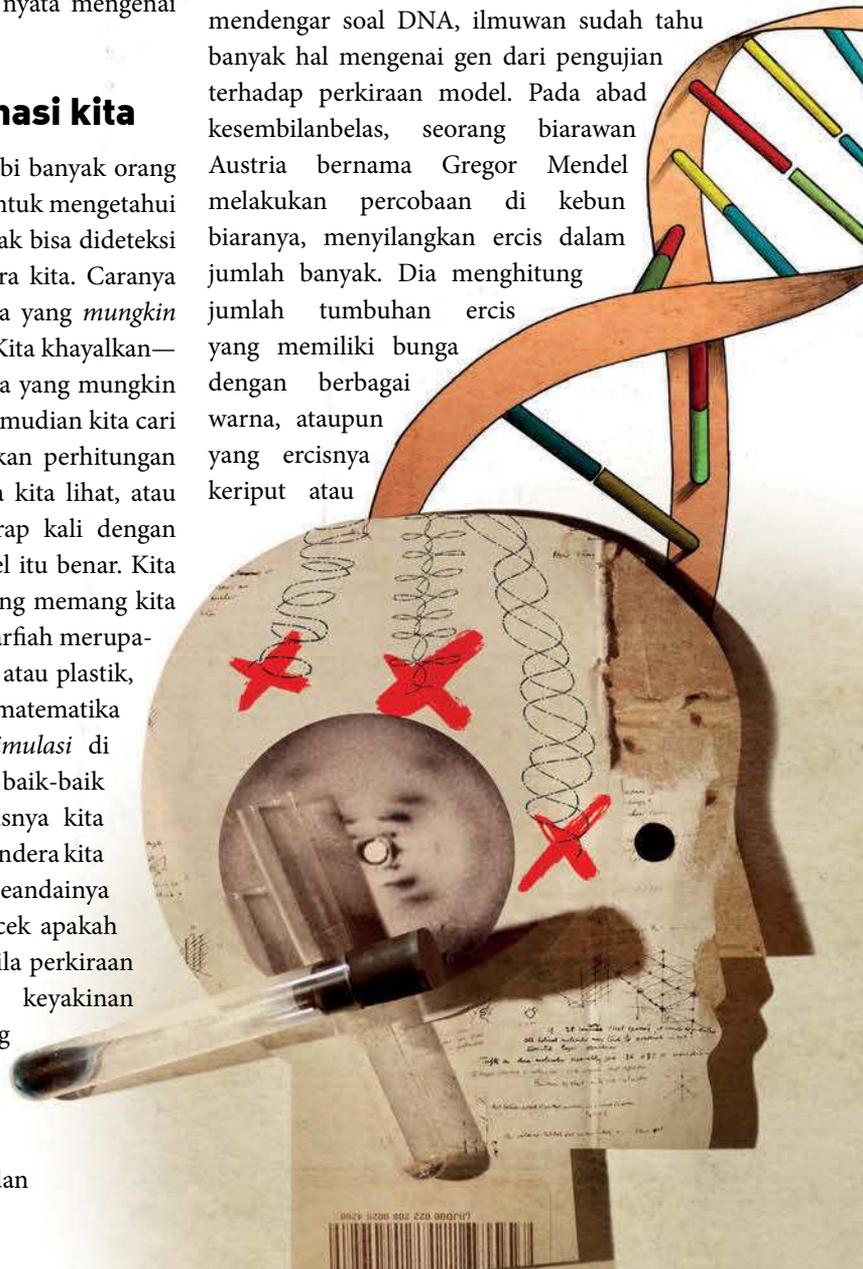
Model: menguji imajinasi kita

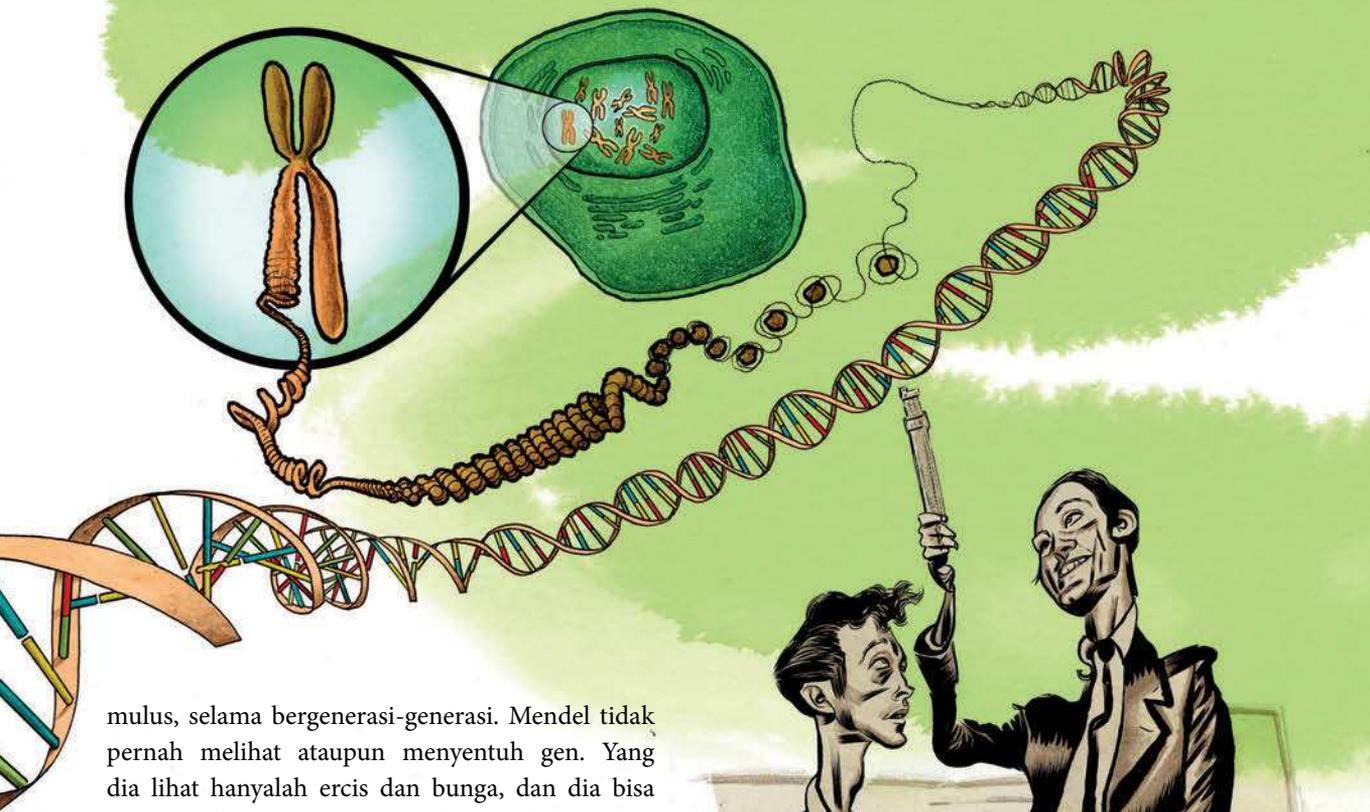
Ada cara yang tidak begitu diakrabi banyak orang namun bisa digunakan ilmuwan untuk mengetahui apa yang nyata sewaktu hal itu tidak bisa dideteksi secara langsung oleh kelima indera kita. Caranya adalah membuat “model” atas apa yang *mungkin* terjadi, yang kemudian bisa diuji. Kita khayalkan—bolehlah kita sebut kita tebak—apa yang mungkin ada. Itulah yang disebut model. Kemudian kita cari tahu (sering kali dengan melakukan perhitungan matematika) apa yang seharusnya kita lihat, atau dengar, dan lain sebagainya (kerap kali dengan bantuan alat pengukur) bila model itu benar. Kita kemudian cek apakah betul itu yang memang kita lihat. Model itu mungkin secara harfiah merupakan replika yang dibuat dari kayu atau plastik, atau mungkin hitung-hitungan matematika di atas kertas, atau mungkin *simulasi* di komputer. Kita amati model itu baik-baik dan *perkiraan* apa yang seharusnya kita lihat (dengar, dsb.) dengan indera-indera kita (barangkali dengan bantuan alat) seandainya model itu benar. Kemudian kita cek apakah perkiraan kita benar atau salah. Bila perkiraan kita benar, itu meningkatkan keyakinan kita bahwa model itu memang mewakili realitas; lantas kita rancang percobaan-percobaan lanjutan, barangkali mempertajam model tersebut, untuk menguji dan

mengkonfirmasi temuan-temuan lebih lanjut. Bila perkiraan kita salah, kita tolak model itu, atau kita modifikasi dan coba lagi.

Inilah salah satu contohnya. Sekarang, kita tahu bahwa gen—satuan-satuan pewarisan sifat—terbuat dari zat yang disebut DNA. Kita tahu banyak hal mengenai DNA dan bagaimana kerjanya. Tapi kita tidak bisa melihat rincian wujud DNA, bahkan dengan mikroskop berdaya tinggi. Nyaris segala sesuatu yang kita ketahui mengenai DNA secara tidak langsung berasal dari mengkhayalkan model yang kemudian kita uji.

Sebenarnya, lama sebelum ada yang mendengar soal DNA, ilmuwan sudah tahu banyak hal mengenai gen dari pengujian terhadap perkiraan model. Pada abad kesembilanbelas, seorang biarawan Austria bernama Gregor Mendel melakukan percobaan di kebun biaranya, menyilangkan ercis dalam jumlah banyak. Dia menghitung jumlah tumbuhan ercis yang memiliki bunga dengan berbagai warna, ataupun yang ercisnya keriput atau





mulus, selama bergenerasi-generasi. Mendel tidak pernah melihat ataupun menyentuh gen. Yang dia lihat hanyalah ercis dan bunga, dan dia bisa menggunakan matanya untuk *menghitung* tipe yang berbeda-beda. Dia menciptakan satu *model*, yang melibatkan apa yang kini kita sebut gen (walaupun Mendel tidak menyebutnya begitu), dan dia menghitung bahwa, bila modelnya benar, dalam percobaan penyilangan tertentu, seharusnya dihasilkan ercis mulus dalam jumlah tiga kali lebih banyak daripada yang keriput. Tanpa membahas perinciannya, intinya adalah bahwa “gen” Mendel merupakan ciptaan imajinasinya: dia tidak bisa melihat gen dengan matanya, tidak juga dengan mikroskop. Namun dia bisa melihat ercis mulus dan keriput, dan dengan menghitung dia menemukan bukti tidak langsung bahwa *model*-nya mengenai pewarisan sifat merupakan penggambaran bagus atas suatu hal yang nyata. Ilmuwan-ilmuwan sesudahnya menggunakan modifikasi metode Mendel, meneliti makhluk hidup lain, misalnya lalat buah, untuk menunjukkan bahwa gen terentang dalam susunan tertentu, di sepanjang benang-benang yang disebut kromosom (kita manusia punya empat puluh enam kromosom, lalat buah punya delapan). Bahkan kita bisa mencari tahu, melalui pengujian model, urutan pasti susunan gen-gen itu di sepanjang kromosom.



Semua itu dilakukan lama sebelum kita tahu bahwa gen terbuat dari DNA.

Sekarang kita tahu itu, dan kita tahu juga dengan pasti bagaimana DNA bekerja, berkat James Watson dan Francis Crick, serta banyak ilmuwan lain setelah mereka. Watson dan Crick tidak bisa melihat DNA dengan mata sendiri. Lagi-lagi, mereka memperoleh temuan mereka dengan mengkhayalkan dan menguji model. Watson dan Crick benar-benar membangun model-model kemungkinan wujud DNA dari logam dan kardus, dan menghitung berapa seharusnya ukuran-ukuran tertentu seandainya model mereka benar. Prediksi salah satu model, disebut model heliks ganda, cocok sekali dengan hasil pengukuran Rosalind

Franklin dan Maurice Wilkins, menggunakan alat-alat khusus yang memanfaatkan sinar X yang ditembakkan ke kristal-kristal DNA hasil pemurnian. Watson dan Crick juga dengan segera menyadari bahwa model struktur DNA mereka akan memberikan hasil yang tepat sama dengan yang dilihat oleh Gregor Mendel di kebun biaranya.

Dengan demikian, kita bisa tahu apa yang nyata melalui satu dari tiga cara. Kita bisa mendeteksinya secara langsung, menggunakan kelima indera kita; atau secara tidak langsung menggunakan indera-indera kita yang dibantu oleh alat-alat khusus seperti teleskop dan mikroskop; atau secara lebih tidak langsung lagi, dengan menciptakan model mengenai apa yang *mungkin* nyata dan kemudian menguji model itu untuk melihat apakah modelnya berhasil memperkirakan hal-hal yang bisa kita lihat (atau dengar, dsb.), dengan ataupun tanpa bantuan alat. Pada akhirnya, semua selalu kembali ke indera-indera kita.

Apakah ini berarti realitas hanya terdiri atas hal-hal yang bisa dideteksi, secara langsung ataupun tidak, oleh indera-indera kita dan oleh metode-metode sains? Bagaimana dengan hal-hal seperti cemburu dan suka-ria, kebahagiaan dan cinta? Apakah hal-hal itu tidak nyata?

Ya, semua itu nyata. Namun keberadaannya bergantung kepada manusia: otak manusia, tentunya, dan barangkali juga otak spesies-spesies hewan tingkat tinggi lainnya, seperti simpanse, anjing, dan paus. Batu tidak merasakan suka-ria ataupun cemburu, dan gunung tidak mencinta. Emosi-emosi itu dahsyat nyatanya bagi yang mengalami, namun tidak ada sebelum otak ada. Mungkin emosi-emosi seperti itu—dan barangkali emosi-emosi lain yang kita khayalkan saja tidak bisa—ada di planet-planet lain, namun hanya jika di planet-planet itu ada otak—atau sesuatu yang setara dengan otak: manalah kita tahu organ berpikir atau mesin perasa aneh macam apa yang tersembunyi di sudut lain semesta?

Sains dan yang supranatural: penjelasan dan musuhnya

Jadi, itulah realitas, berikut caranya kita bisa mengetahui apakah sesuatu nyata atau tidak. Setiap bab dalam buku ini akan membahas satu aspek tertentu realitas—Matahari, misalnya, atau gempa, atau pelangi, atau hewan yang bermacam-macam jenisnya. Sekarang saya ingin beralih ke kata kunci satu lagi pada judul buku saya: sihir. Sihir adalah kata yang licin: kata tersebut biasa digunakan dalam tiga cara berbeda, dan hal pertama yang harus saya lakukan adalah membedakan ketiganya. Saya akan sebut yang pertama “sihir supranatural”, yang kedua “sihir panggung”, dan yang ketiga (yang merupakan makna favorit saya, dan yang saya maksudkan dalam judul buku ini) “sihir puitis”.

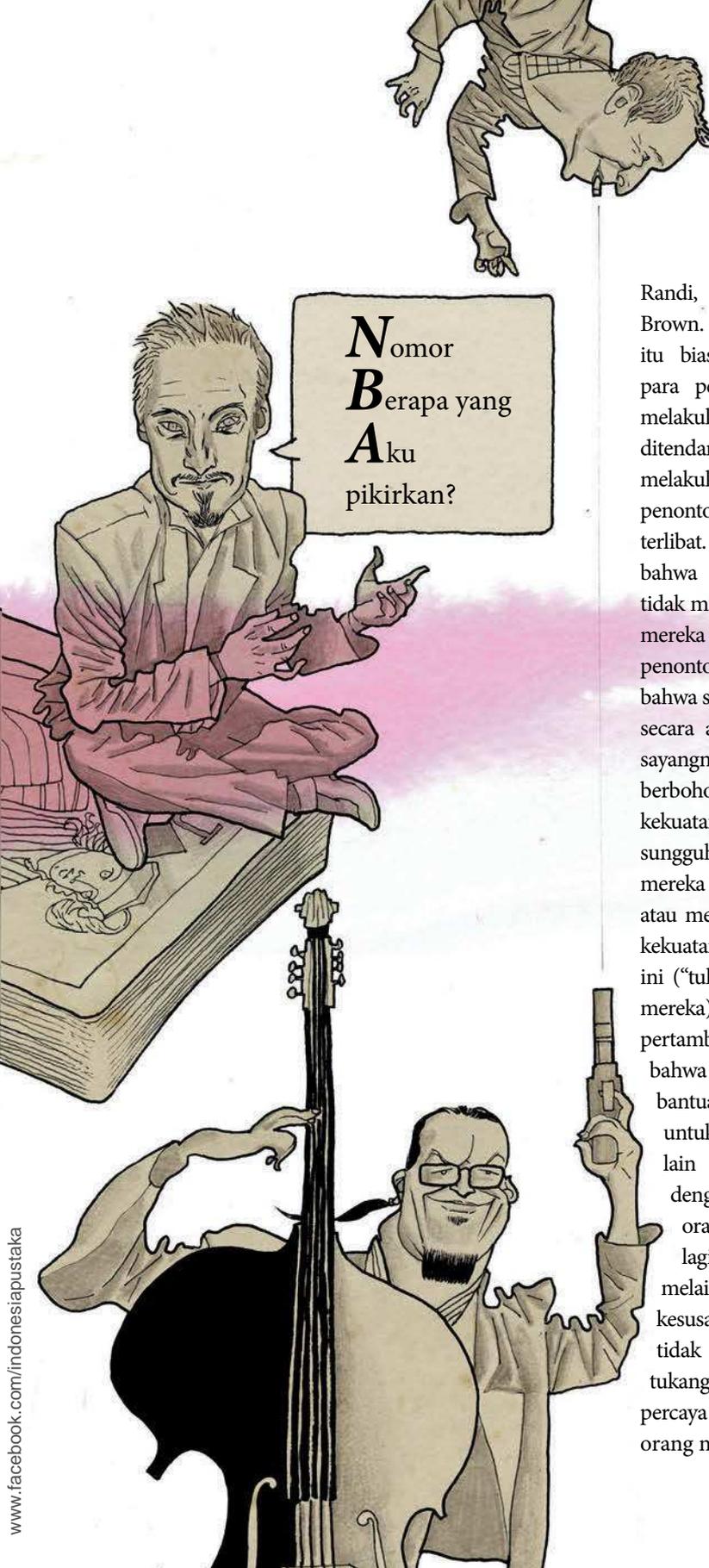


Sihir supranatural adalah jenis sihir yang kita temukan dalam mitos dan dongeng. (Dalam “keajaiban” juga, walaupun akan saya sisihkan dulu yang satu ini dan bahas lagi nanti di bab akhir.) Inilah sihirnya lampu Aladdin, mantra penyihir, Grimm Bersaudara, Hans Christian Andersen, dan J.K. Rowling. Inilah sihir fiksi milik penyihir yang merapal mantra dan mengubah pangeran menjadi katak, atau ibu peri yang mengubah labu menjadi kereta yang berkilauan. Inilah kisah-kisah yang kita semua ingat dari masa kanak-kanak kita, dan yang masih banyak orang nikmati ketika disajikan dalam pantomim Natal tradisional—namun kita semua tahu sihir macam ini hanyalah fiksi dan tidak terjadi dalam realitas.

Berlawanan dengan itu, sihir panggung betul-betul terjadi, dan bisa jadi sangat menyenangkan. Atau setidaknya, *ada sesuatu* yang betul-betul terjadi, meskipun bukan seperti apa yang dipikirkan penonton. Seorang laki-laki di panggung (biasanya laki-laki, karena alasan tersendiri, jadi saya akan bilang “laki-laki” namun Anda bisa juga sebut “perempuan” bila Anda mau) menipu kita sehingga

ber-
pikir
bahwa sesuatu
yang menakjubkan
(yang bahkan mungkin *tampak* supranatural) telah terjadi padahal yang *sebenarnya* terjadi adalah hal yang berbeda. Sapatangan sutra tidak bisa berubah menjadi kelinci, sama seperti katak tidak bisa berubah menjadi pangeran. Yang kita lihat di panggung hanyalah tipuan. Mata kita menipu kita—atau lebih tepatnya, si pesulap bersusah-payah menipu mata kita, barangkali dengan secara cerdas menggunakan kata-kata untuk mengalihkan perhatian kita dari apa yang sebenarnya dia sedang lakukan dengan tangannya.

Sejumlah pesulap bersifat jujur dan secara khusus memastikan penonton mereka tahu bahwa mereka hanyalah melakukan trik. Yang terpikir oleh saya adalah orang-orang seperti James “The Amazing”



Nomor
Berapa yang
Aku
pikirkan?

Randi, atau Penn dan Teller, atau Derren Brown. Walaupun para pesulap mengagumkan itu biasanya tidak memberitahukan kepada para penonton *bagaimana* tepatnya mereka melakukan trik sulap—mereka bisa-bisa ditendang dari Magic Circle (klub pesulap) bila melakukannya—mereka memastikan bahwa penonton tahu tidak ada sihir supranatural yang terlibat. Yang lain tidak secara aktif menyatakan bahwa semua itu hanya tipuan, tapi mereka tidak mengklaim berlebihan mengenai apa yang mereka lakukan—mereka hanya membiarkan penonton merasakan sensasi menyenangkan bahwa sesuatu yang misterius telah terjadi, tanpa secara aktif berbohong mengenainya. Namun sayangnya ada pesulap yang secara sengaja berbohong, dan yang berpura-pura memiliki kekuatan “supranatural” atau “paranormal” sungguhan: barangkali mereka mengaku bahwa mereka bisa betul-betul membengkokkan logam atau menghentikan jam dinding hanya dengan kekuatan pikiran. Sejumlah penipu tidak jujur ini (“tukang tipu” adalah kata yang pas untuk mereka) meraup untung besar dari perusahaan pertambangan atau minyak dengan mengaku bahwa mereka bisa memberitahukan, dengan bantuan “kekuatan psikis”, tempat yang bagus untuk melakukan pengeboran. Tukang tipu lain mengeksploitasi orang yang berduka, dengan menyatakan bisa berbicara dengan orang mati. Ketika ini terjadi, sihir bukan lagi untuk bersenang-senang atau hiburan, melainkan memanfaatkan kerapuhan dan kesusahan orang. Sebenarnya sih, mungkin tidak semua orang semacam itu merupakan tukang tipu. Sebagian mungkin benar-benar percaya bahwa mereka bisa bicara dengan orang mati.

Makna sihir ketiga adalah yang saya maksudkan dalam judul buku ini: sihir puitis. Kita tergugah sampai menangis oleh karya musik yang indah dan kita sebut pertunjukan itu sebagai “bagaikan sihir”. Kita memandang bintang-bintang di langit malam tanpa Bulan dan tanpa lampu-lampu perkotaan, dan sambil menahan napas karena terpukau, kita sebut pemandangan itu “sungguh menyihir”. Kita mungkin menggunakan kata yang sama untuk menjabarkan Matahari terbenam yang cantik, atau bentang pegunungan, atau pelangi di langit yang

gelap. Dalam pengertian ini, “bagaikan sihir” hanya berarti sangat menggugah, menawan: sesuatu yang membuat kita merinding, sesuatu yang membuat kita merasa lebih hidup. Yang saya ingin tunjukkan kepada Anda dalam buku ini adalah bahwa realitas—fakta-fakta dunia nyata seperti yang dimengerti oleh metode-metode sains—bersifat bagaikan sihir dalam pengertian ketiga, pengertian puitis, pengertian indahny kehidupan.

Sekarang saya ingin kembali membicarakan soal gagasan supranatural dan menjelaskan mengapa



gagasan itu tak akan pernah bisa memberikan kita penjelasan sejati mengenai hal-hal yang kita lihat di dunia dan semesta sekitar kita. Memang, memberi penjelasan supranatural mengenai sesuatu sama saja dengan tidak menjelaskannya, dan yang lebih parah lagi, melenyapkan kemungkinannya untuk dijelaskan. Mengapa saya bilang begitu? Karena apa pun yang “supranatural” secara definisi pastilah berada di luar jangkauan penjelasan alami. Yang supranatural pastilah berada di luar jangkauan

sains dan metode sains yang telah mantap, sukses melalui ujian dan cobaan, yang telah menyebabkan kita bisa menikmati kemajuan-kemajuan besar dalam pengetahuan selama lebih daripada 400 tahun terakhir. Mengatakan bahwa sesuatu terjadi secara supranatural bukan hanya berarti “Kita tidak memahaminya” melainkan sama dengan mengatakan “Kita tidak akan pernah memahaminya, jadi tidak usahlah susah payah mencoba.”

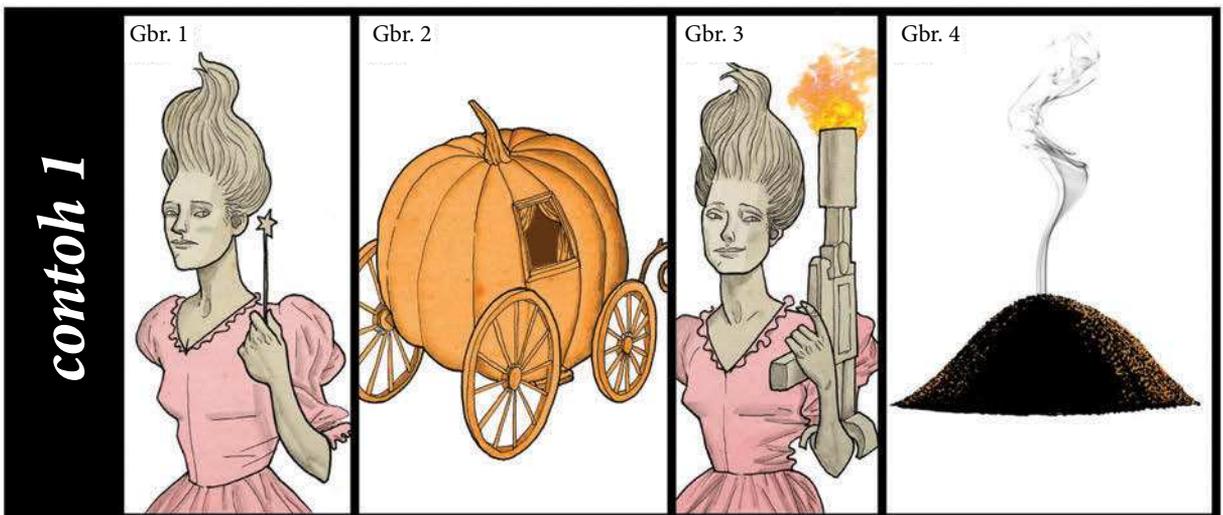
Sains mengambil pendekatan yang tepat berlawanan. Sains bisa maju berkat ketidakmampuannya—sejauh ini—untuk menjelaskan segala sesuatu, dan memanfaatkan ketidakmampuan itu sebagai pendorong untuk terus-menerus mengajukan pertanyaan, menciptakan dan menguji model-model yang mungkin, sehingga kita bisa bergerak, sedikit demi sedikit, mendekati kebenaran. Bila terjadi sesuatu yang tidak sesuai dengan pemahaman kita saat ini mengenai realitas, para ilmuwan akan menganggapnya sebagai tantangan terhadap model yang kita punya saat ini, mengharuskan kita untuk mengabaikan atau setidaknya mengubah model lama itu. Melalui penyesuaian semacam ini dan pengujian selanjutnya—lah kita semakin mendekati kebenaran.

Apa pendapat Anda soal seorang detektif yang, ketika kebingungan menghadapi suatu kasus pembunuhan, terlalu malas bahkan untuk mencoba memecahkan kasus itu dan semata menyatakan misteri itu sebagai sesuatu yang ‘supranatural’? Keseluruhan sejarah sains menunjukkan kepada kita bahwa hal-hal yang dahulu dianggap disebabkan hal yang supranatural—disebabkan oleh dewa-dewi (yang sedang senang ataupun marah), roh jahat, tukang sihir, arwah, kutukan, dan mantra—sebenarnya memiliki penjelasan ala-

mi: penjelasan-penjelasan yang bisa kita pahami dan uji dan percayai. Sama sekali tidak ada alasan untuk percaya bahwa hal-hal yang *belum* diberikan penjelasan alami oleh sains ternyata berasal-usul supranatural, sama saja seperti gunung berapi, gempa, atau penyakit ternyata bukan disebabkan oleh dewa-dewi yang marah, seperti yang dulu dipercayai orang.

Tentu saja, tak seorang pun percaya bahwa katak bisa diubah menjadi pangeran (atau pangeran menjadi katak? Saya tidak pernah bisa ingat) ataupun labu menjadi kereta, namun pernahkah Anda pikirkan sejenak saja *mengapa* hal-hal semacam itu mustahil? Ada banyak cara menjelaskannya. Cara favorit saya adalah ini.

Katak dan kereta adalah benda rumit, dengan banyak bagian yang harus disatukan dalam cara yang khusus, dalam pola yang khusus yang tidak mungkin terjadi hanya karena kebetulan (atau jentikan jari). Itulah artinya “rumit”. Sulit sekali membuat benda rumit seperti katak atau kereta. Untuk membuat kereta kita perlu menyatukan semua bagiannya secara benar. Kita butuh keahlian tukang kayu dan pengrajin lainnya. Kereta tidak hanya terjadi secara kebetulan atau melalui jentikan jari dan ucapan “Abrakadabra”. Kereta punya struktur, kerumitan, bagian-bagian yang



contoh 1

bekerja: roda dan gandar, jendela dan pintu, pegas dan kursi berbantal. Relatif mudah mengubah sesuatu yang rumit seperti kereta menjadi sesuatu yang sederhana—abu, misalnya. Namun tidak ada yang bisa mengambil setumpuk abu—atau sebutir labu—dan mengubahnya menjadi kereta, karena kereta terlalu rumit; dan bukan sekadar rumit, melainkan rumit *ke arah yang bermanfaat*: dalam hal ini, bermanfaat untuk dipakai orang berkendara.

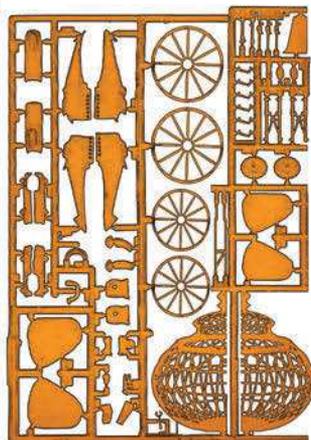
Mari kita permudah sedikit untuk ibu peri dengan menganggap bahwa, bukannya minta diambilkan labu, dia minta disediakan semua *bagian* yang kita butuhkan untuk merakit kereta, semuanya tercampur-baur di dalam kotak, seperti perangkat untuk membuat model pesawat terbang. Perangkat untuk membuat kereta terdiri atas ratusan papan kayu, panel kaca, batang dan tongkat besi, bantalan busa dan lembaran kulit, beserta paku, sekrup, dan berbotol-botol lem untuk menyatukan ini-itu. Kini anggaplah bahwa, bukannya membaca instruksi dan menggabungkan berbagai komponen tersebut dalam urutan yang teratur, dia masukkan saja semua ke dalam kantong yang sangat besar dan dia guncang-guncang. Berapa kemungkinannya bahwa komponen-komponen itu akan kebetulan saling menempel dalam cara yang benar dan terakit menjadi kereta yang bisa berjalan? Jawabannya—

pada dasarnya nol. Dan sebagian alasannya adalah ada sedemikian banyak cara yang *mungkin* bagi kita untuk menggabungkan semua potongan yang tercampur-baur itu yang tidak akan menghasilkan kereta yang bisa berjalan—atau bahkan *apa pun* yang bisa berjalan.

Jika kita mengambil dan mengguncang-guncang segepok komponen secara acak, mungkin terkadang mereka membentuk pola yang bermanfaat, atau yang kita kenali sebagai sesuatu yang istimewa. Namun jumlah cara hal tersebut mungkin terjadi sangat kecil: bahkan sangat kecil dibandingkan dengan jumlah cara mereka membentuk pola yang tidak akan kita kenali sebagai apa-apa selain setumpuk rongsokan. Ada jutaan cara untuk mengacak berulang-ulang setumpuk potongan komponen dan mengubah mereka menjadi... setumpuk lain komponen. Setiap kali kita acak komponen-komponen itu, kita mendapatkan setumpuk rongsokan unik yang belum pernah terlihat sebelumnya—namun hanya sangat sedikit sekali di antara jutaan tumpukan yang mungkin terbentuk yang akan ada manfaatnya (misalnya membawa kita ke pesta) ataupun mengagumkan atau terkenang dalam cara apa pun.

contoh 2

Gbr. 1



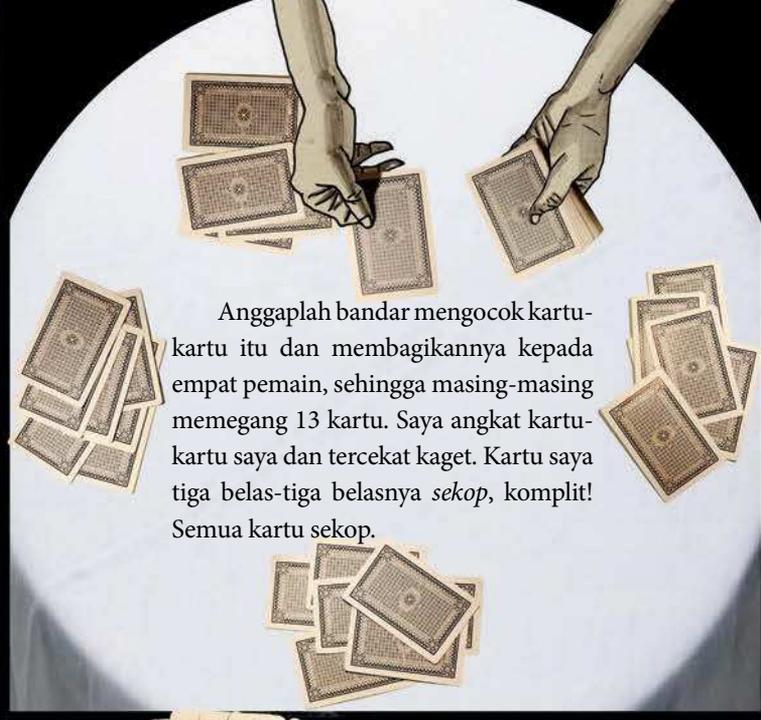
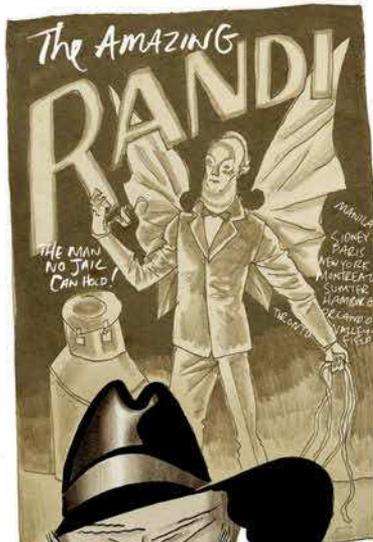
Gbr. 2



Gbr. 3



Terkadang kita secara harfiah dapat menghitung jumlah cara kita mengacak seperangkat komponen—misalnya saat kita mengocok satu pak kartu, dengan masing-masing kartu sebagai “komponen”.



Anggaplah bandar mengocok kartu-kartu itu dan membagikannya kepada empat pemain, sehingga masing-masing memegang 13 kartu. Saya angkat kartu-kartu saya dan tercekat kaget. Kartu saya tiga belas-tiga belasnya *sekop*, komplit! Semua kartu *sekop*.



Saya terlalu terkejut sampai-sampai tidak bisa meneruskan permainan, dan saya tunjukkan kartu-kartu saya kepada ketiga pemain lain, karena saya tahu mereka juga akan sama terpananya seperti saya.



Namun kemudian, satu demi satu, masing-masing dari ketiga pemain lain meletakkan kartu mereka di meja, dan setiap kali ada yang membuka kartu-kartunya, suara tercekat kaget terdengar. Masing-masing memegang seperangkat lengkap jenis kartu yang berbeda: salah seorang memegang 13 kartu hati, yang lain memegang 13 kartu wajik, sedangkan yang terakhir memegang 13 kartu keriting.

Sihir supranaturalkah itu? Kita mungkin tergoda untuk berpikir demikian. Ahli matematika bisa menghitung kebetulan terjadinya kocokan luar biasa semacam itu secara kebetulan semata. Kemungkinannya ternyata nyaris mustahil saking kecilnya: 1 dalam 536.447.737.765.488.792.839.237.440.000. Saya bahkan tidak yakin Anda tahu bagaimana cara membaca angka itu! Jika Anda duduk memainkan kartu-kartu itu selama satu triliun tahun, Anda mungkin dalam satu kesempatan mendapatkan pembagian kartu sempurna seperti itu. Namun—dan inilah masalahnya—hasil kocokan itu sama nyaris mustahilnya dengan *setiap hasil kocokan lain yang pernah terjadi!* Kemungkinan terjadinya hasil kocokan tertentu *mana pun* dari 52 kartu adalah 1 dalam 536.447.737.765.488.792.839.237.440.000 karena itulah jumlah total semua kemungkinan hasil kocokan. Hanya saja kita tidak menyadari pola tertentu apa pun dalam banyak sekali hasil kocokan yang terjadi, sehingga mereka kita anggap biasa saja. Kita hanya menyadari hasil kocokan yang kebetulan mencolok karena suatu alasan.

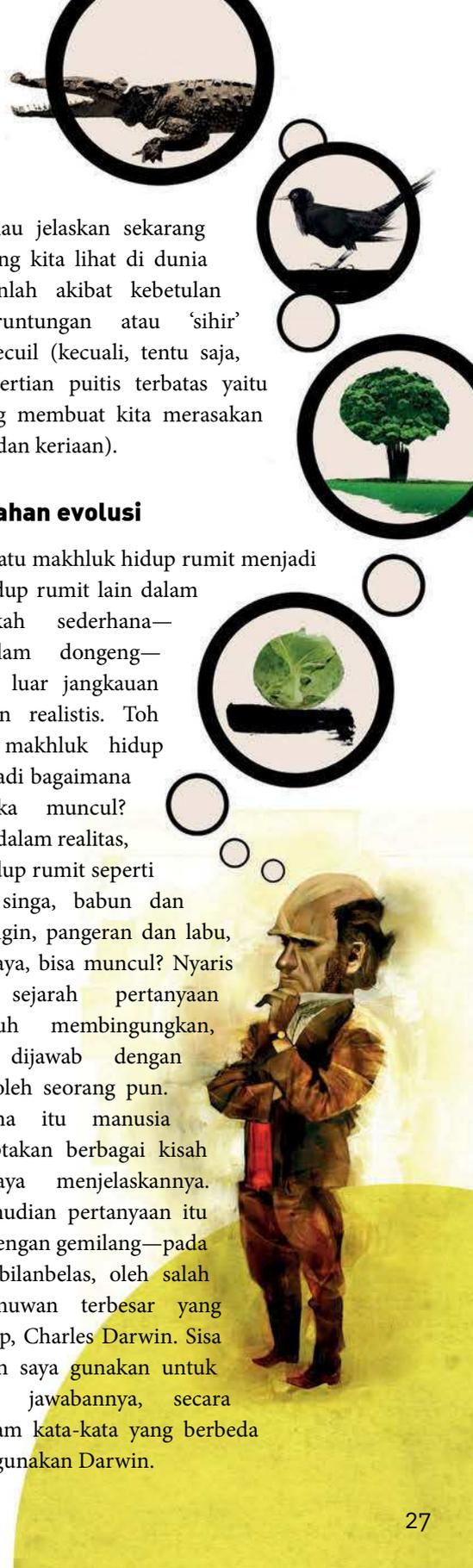
Kita bisa mengubah seorang pangeran menjadi miliaran benda, bila kita cukup brutal untuk menata ulang komponen-komponennya menjadi miliaran kombinasi acak. Namun sebagian besar kombinasi itu akan terlihat berantakan—seperti bermiliar-miliar hasil kocokan kartu secara acak dan tanpa makna. Hanya sangat sedikit sekali dari segala kombinasi yang mungkin dari komponen-pangeran yang dikocok acak yang bisa dikenali atau ada gunanya, apalagi yang bisa menjadi katak.

Pangeran tidak berubah menjadi katak, sedangkan labu tidak berubah menjadi kereta, karena katak dan kereta adalah benda-benda rumit yang komponen-komponennya bisa dikombinasikan menjadi potongan rongsokan yang jumlahnya nyaris tak terbatas. Toh kita tahu, sebagai fakta, bahwa setiap makhluk hidup—setiap manusia, setiap buaya, setiap burung, setiap batang pohon, dan bahkan setiap kecambah—telah berevolusi dari bentuk-bentuk lain yang awalnya lebih sederhana. Jadi *itu* juga proses untung-untungan dong, ataukah semacam sihir? Tidak! Sama sekali bukan! Ini adalah pemahaman yang sangat umum terjadi,

jadi saya mau jelaskan sekarang mengapa yang kita lihat di dunia nyata bukanlah akibat kebetulan atau keberuntungan atau 'sihir' meskipun secuil (kecuali, tentu saja, dalam pengertian puitis terbatas yaitu sesuatu yang membuat kita merasakan kekaguman dan keriaan).

Sihir perlahan evolusi

Mengubah satu makhluk hidup rumit menjadi makhluk hidup rumit lain dalam satu langkah sederhana—seperti dalam dongeng—memang di luar jangkauan kemungkinan realistik. Toh tetap saja makhluk hidup rumit *ada*. Jadi bagaimana cara mereka muncul? Bagaimana, dalam realitas, makhluk hidup rumit seperti katak dan singa, babun dan pohon beringin, pangeran dan labu, Anda dan saya, bisa muncul? Nyaris sepanjang sejarah pertanyaan itu sungguh membingungkan, tak bisa dijawab dengan selayaknya oleh seorang pun. Oleh karena itu manusia pun menciptakan berbagai kisah dalam upaya menjelaskannya. Namun kemudian pertanyaan itu terjawab—dengan gemilang—pada abad kesembilanbelas, oleh salah seorang ilmuwan terbesar yang pernah hidup, Charles Darwin. Sisa bab ini akan saya gunakan untuk menjelaskan jawabannya, secara singkat, dalam kata-kata yang berbeda dari yang digunakan Darwin.





Jawabannya adalah bahwa makhluk hidup rumit—seperti manusia, buaya, dan kecambah—tidak muncul mendadak, langsung jadi, melainkan secara bertahap, satu langkah kecil demi satu langkah kecil, sehingga apa yang ada setelah setiap langkah hanya berbeda sedikit daripada yang sebelumnya ada. Anggap Anda ingin menciptakan katak dengan kaki panjang. Anda bisa peroleh awal yang bagus bila memulai proses tersebut dengan sesuatu yang sudah agak mirip dengan apa yang ingin Anda capai: taruhlah, katak dengan kaki pendek. Anda akan amati katak-katak Anda yang berkaki pendek dan mengukur panjang kaki mereka. Anda akan pilih beberapa pejantan dan beberapa betina yang panjang kakinya melebihi rata-rata, dan Anda biarkan mereka kawin, sambil mencegah teman-teman mereka yang berkaki pendek agar tidak kawin sama sekali.

Pejantan dan betina berkaki panjang akan bersama-sama menghasilkan kecebong, yang nantinya akan tumbuh kakinya dan menjadi katak. Kemudian Anda akan ukur panjang kaki generasi baru katak ini, dan sekali lagi pilih pejantan dan

betina yang panjang kakinya di atas rata-rata, lalu kawinkan mereka.

Setelah melakukan itu selama sekitar 10 generasi, Anda mungkin akan mulai menyadari sesuatu yang menarik. Panjang kaki rata-rata populasi katak Anda kini akan lebih panjang daripada panjang kaki rata-rata populasi awal. Anda bahkan mungkin menemukan bahwa *semua* katak pada generasi ke-10 memiliki kaki yang lebih panjang daripada katak-katak generasi pertama. Atau 10 generasi mungkin tidak cukup: Anda mungkin perlu melanjutkan sampai 20 generasi atau bahkan lebih. Namun pada akhirnya Anda bisa dengan bangga mengucapkan, “Aku telah membuat jenis baru katak dengan kaki yang lebih panjang daripada jenis yang lama.”

Tidak perlu tongkat ajaib. Tidak dibutuhkan sihir-sihiran. Yang kita lakukan di sini adalah proses yang disebut *pembiakan selektif*. Pembiakan macam ini memanfaatkan fakta bahwa ada perbedaan di antara katak, dan perbedaan-perbedaan itu cenderung diwariskan—dengan kata lain, diteruskan dari induk ke anak melalui gen.



Semata dengan memilih katak mana yang berbiak dan mana yang tidak, kita bisa menciptakan katak jenis baru.

Gampang, kan? Namun membikin kaki lebih panjang itu mungkin belum mengesankan. Bagaimanapun juga, kan kita memang memulainya dengan katak—sama-sama katak, tapi berkaki pendek. Anggaplah Anda mulai, bukan dengan katak berkaki lebih pendek, melainkan dengan sesuatu yang sama sekali bukan katak, misalnya sesuatu yang lebih mirip kadal air. Kadal air memiliki kaki yang sangat pendek dibandingkan dengan kaki katak (dibandingkan kaki *belakang* katak, paling tidak), dan kadal air menggunakan kakinya bukan untuk melompat, melainkan untuk berjalan. Kadal air juga memiliki ekor panjang, sementara katak tidak punya ekor sama sekali, dan secara keseluruhan badan kadal air lebih panjang dan sempit daripada sebagian besar katak. Namun saya pikir Anda bisa paham bahwa, asalkan bisa mengembangbiakkan mereka selama beberapa ribu generasi, Anda bisa mengubah satu populasi kadal air menjadi satu populasi katak, semata dengan

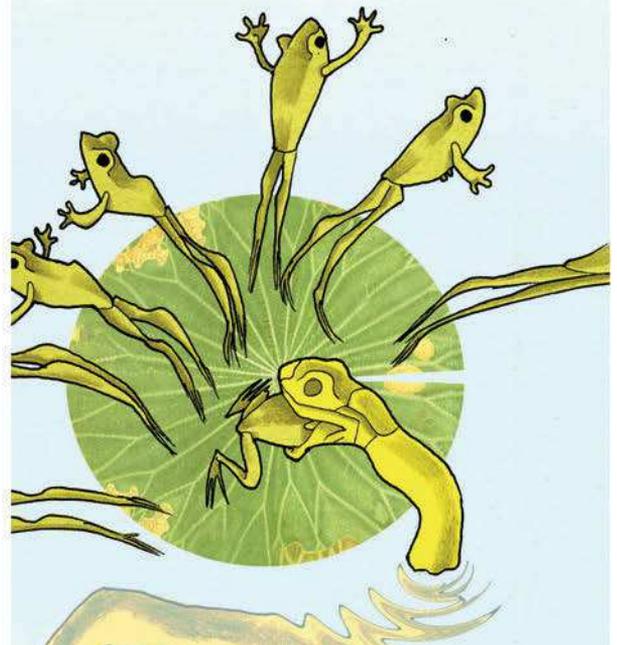
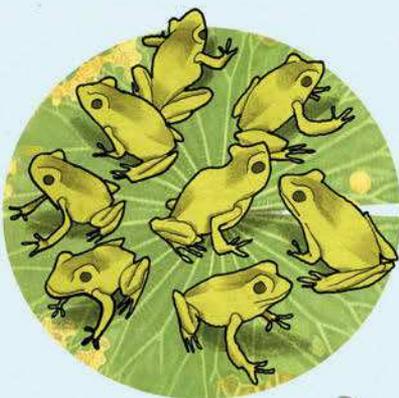
sabar memilih, dalam setiap generasi, kadal air jantan dan betina yang sedikit lebih mirip katak dan mengawinkan mereka, sementara mencegah teman-teman mereka yang tidak begitu mirip katak agar tidak kawin. Dalam tahap yang mana pun dalam proses itu, Anda tidak akan melihat perubahan dramatis. Setiap generasi akan terlihat mirip sekali dengan generasi sebelumnya, namun tetap saja, setelah cukup generasi berlalu, Anda akan mulai menyadari bahwa panjang ekor rata-rata sedikit lebih pendek sementara pasangan kaki belakang rata-rata sedikit lebih panjang. Setelah banyak sekali generasi, individu-individu berkaki-panjang, berekor-pendek mungkin mulai mendapati bahwa lebih mudah mulai menggunakan kaki panjang mereka untuk melompat, bukan merayap. Dan seterusnya.

Tentu saja, dalam skenario yang baru saja saya jabarkan, kita menganggap diri kita sebagai pembiak, memilih-milih pejantan dan betina yang kita ingin kawinkan guna mencapai hasil akhir yang telah *kita* tentukan. Petani telah menerapkan teknik itu selama ribuan tahun, untuk

menghasilkan hewan ternak dan tanaman pangan yang menghasilkan panen lebih banyak atau lebih kebal terhadap penyakit, dan seterusnya. Darwin adalah orang pertama yang memahami bahwa hal itu berlangsung *bahkan ketika tidak ada pembiak yang melakukan pemilihan*. Darwin memahami bahwa seluruh proses itu terjadi *secara alami*, suatu kenyataan, karena alasan sederhana bahwa sebagian individu bertahan hidup cukup lama untuk berbiak sementara yang lain tidak; dan yang bertahan hidup adalah karena mereka memiliki ciri yang membuat mereka lebih sesuai dengan lingkungannya daripada individu-individu lain. Maka anak-anak individu yang bertahan hidup pun mewarisi gen-gen yang membantu induk mereka lestari. Mau itu kadal air atau katak, landak atau dandelion, akan selalu ada sejumlah individu yang lebih hebat dalam bertahan hidup daripada yang lain. Bila kaki panjang kebetulan bermanfaat (misalnya bagi katak atau belalang untuk melompat menjauhi bahaya, atau bagi macan untuk memburu rusa, atau bagi rusa untuk kabur dari macan), maka individu berkaki panjang akan lebih kecil kemungkinannya mati. Mereka juga berpeluang lebih besar untuk hidup lebih lama dan berbiak. Selain itu, individu yang tersedia untuk dikawini juga lebih banyak yang berkaki panjang. Maka dalam setiap generasi, akan lebih besar kemungkinan gen-gen pengkode kaki

panjang diteruskan ke generasi berikutnya. Lama-kelamaan kita akan dapati bahwa semakin banyak individu dalam populasi itu yang memiliki gen pengkode kaki yang lebih panjang. Maka efeknya akan tepat sama dengan seolah-olah seorang perancang cerdas, misalnya manusia pembiak, telah memilih individu-individu berkaki panjang untuk berbiak—hanya saja *perancang semacam itu tidaklah diperlukan*: semuanya terjadi secara alami, berlangsung sendiri, sebagai konsekuensi otomatis perbedaan kelestarian antara individu-individu yang bertahan hidup cukup lama untuk bereproduksi, dan yang tidak. Oleh karena alasan ini, proses tersebut dinamakan *seleksi alam*.

Asalkan ada cukup banyak generasi, leluhur yang tampak seperti kadal air dapat berubah menjadi keturunan yang terlihat seperti katak. Bila ada lebih banyak lagi generasi, leluhur yang terlihat seperti katak bisa berubah menjadi keturunan yang terlihat seperti monyet. Bila ditambah lagi lebih banyak generasi, leluhur yang terlihat seperti bakteri dapat berubah menjadi keturunan yang terlihat seperti manusia. Dan memang itulah yang telah terjadi. Inilah yang terjadi dalam sejarah setiap hewan dan tumbuhan yang pernah ada. Jumlah generasi yang dibutuhkan lebih banyak daripada yang bisa saya maupun Anda bayangkan, namun dunia ini ratusan juta tahun usianya, dan



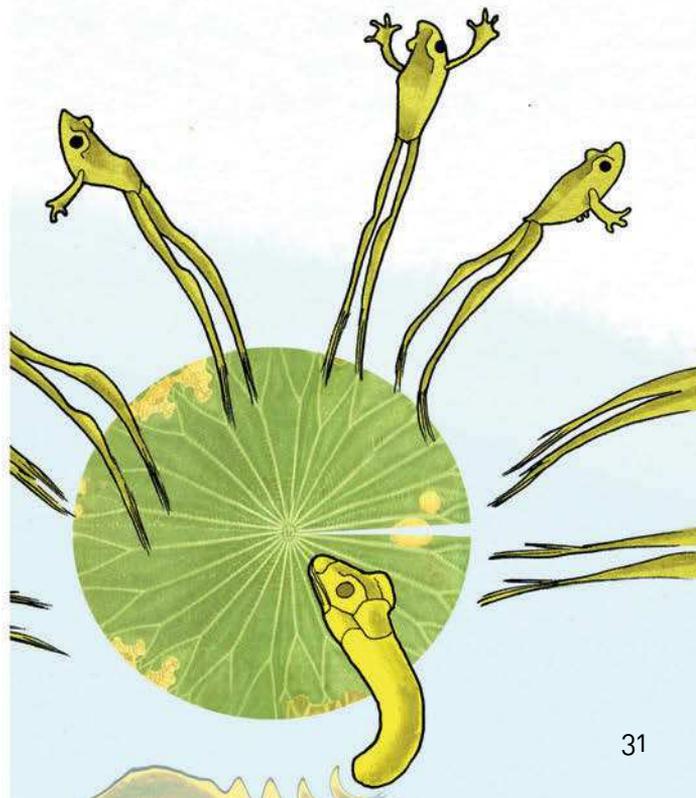
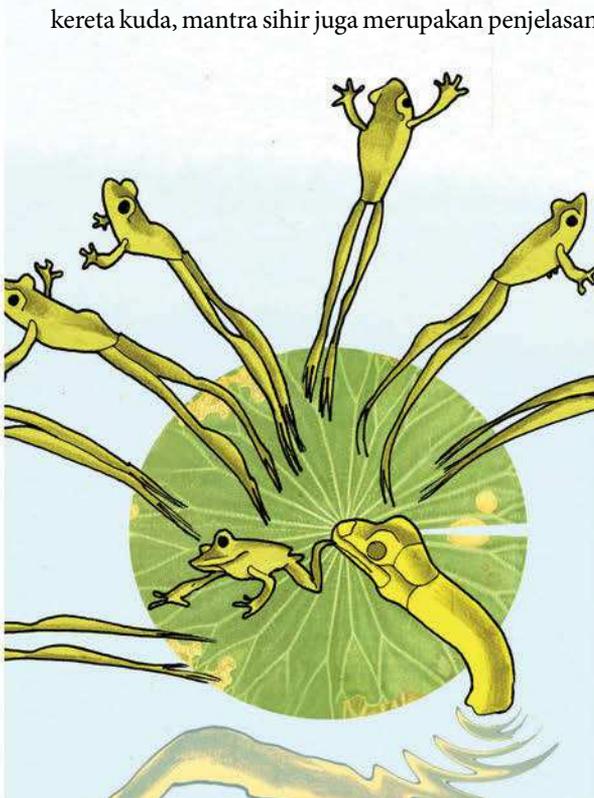
kita tahu dari fosil bahwa kehidupan dimulai lebih daripada 3.500 juta (3,5 miliar tahun lalu), sehingga ada cukup waktu bagi evolusi untuk terjadi.

Itulah gagasan besar Darwin, disebut Evolusi Melalui Seleksi Alam. Gagasan tersebut merupakan salah satu gagasan paling penting yang pernah muncul dalam benak manusia. Gagasan Darwin menjelaskan segala sesuatu yang kita ketahui mengenai kehidupan di Bumi. Oleh karena sedemikian penting, saya nanti akan bahas lagi gagasan ini di bab-bab berikutnya. Untuk sekarang, cukuplah memahami bahwa evolusi sangat lambat dan bertahap. Bahkan, kebutahaan evolusi-lah yang memungkinkannya membuat benda-benda rumit seperti katak dan pangeran. Perubahan sihir katak menjadi pangeran bukanlah bertahap melainkan mendadak, dan itulah yang membuat sihir semacam itu mustahil di dunia realitas. Evolusi adalah penjelasan nyata, yang betul-betul bekerja, dan punya bukti nyata untuk menunjukkan kebenarannya; apa pun yang menyatakan bahwa bentuk-bentuk kehidupan yang rumit muncul mendadak, dalam sekejap mata (bukan berevolusi secara bertahap langkah demi langkah), hanyalah ceritanya orang malas—tidak lebih baik daripada sihir fiksi di ayunan tongkat ajaib ibu peri.

Sedangkan mengenai labu berubah menjadi kereta kuda, mantra sihir juga merupakan penjelasan

mustahil, sama seperti bagi katak dan pangeran. Kereta tidak berevolusi—atau setidaknya, tidak secara alami, dalam cara yang sama dengan katak dan pangeran. Namun kereta—bersama pesawat terbang dan beliung, komputer dan mata panah dari batu api—dibuat oleh manusia yang *memang* berevolusi. Otak manusia dan tangan manusia berevolusi melalui seleksi alam, sama seperti buntut kadal air dan kaki katak. Dan otak manusia, sesudah berevolusi, mampu mendesain dan menciptakan kereta maupun mobil, gunting maupun simfoni, mesin cuci maupun arloji. Sekali lagi, tidak pakai sihir. Sekali lagi, tidak pakai tipuan. Sekali lagi, segala sesuatunya dijelaskan secara indah dan sederhana.

Dalam bab-bab berikutnya di buku ini saya ingin menunjukkan kepada Anda bahwa dunia nyata, seperti yang dipahami lewat sains, memiliki sihirnya tersendiri—jenis yang saya sebut sihir puitis: kecantikan yang mengilhami, yang semakin ajaib karena nyata sifatnya dan karena kita bisa memahami bagaimana cara kerjanya. Dibandingkan kecantikan dan sihir sungguhan dunia nyata, mantra supranatural dan tipuan panggung tampak murahan dan norak. Sihir realitas bukanlah hal supranatural ataupun tipuan, namun—semata—mengagumkan. Mengagumkan, dan nyata. Mengagumkan *karena* nyata.



2

WHO

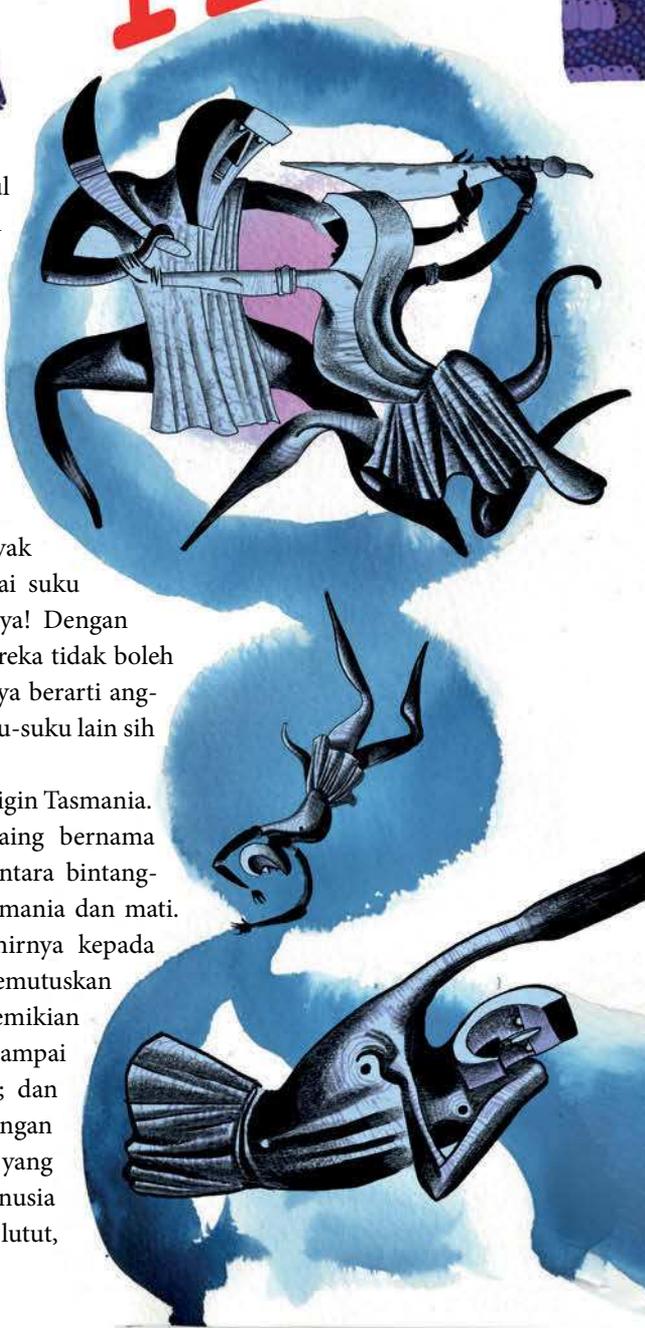
WAS the

first

KEBANYAKAN BAB dalam buku ini diberi judul dengan satu pertanyaan. Tujuan saya adalah menjawab pertanyaan itu, atau setidaknya memberikan jawaban terbaik yang mungkin, yaitu jawaban sains. Namun saya biasanya akan mulai dengan sejumlah jawaban dari legenda dan mitos karena jawaban-jawaban itu bervariasi dan menarik, dan orang-orang dulu mempercayainya. Masih ada juga yang percaya sampai kini.

Semua bangsa di dunia memiliki mitos asal-usul, untuk menjelaskan dari mana mereka berasal. Banyak mitos asal-usul suatu suku hanya berbicara mengenai suku itu saja—seolah-olah suku-suku lain tidak ada artinya! Dengan cara yang sama, banyak suku punya aturan bahwa mereka tidak boleh membunuh manusia—namun “manusia” ternyata hanya berarti anggota-anggota suku yang sama. Membunuh anggota suku-suku lain sih boleh-boleh saja!

Ini satu contoh mitos asal-usul, dari satu suku Aborigin Tasmania. Dewa bernama Moinee dikalahkan oleh dewa pesaing bernama Dromerdeener dalam pertempuran mengerikan di antara bintang-gemintang. Moinee jatuh dari bintang-bintang ke Tasmania dan mati. Sebelum mati, dia ingin memberikan berkat terakhirnya kepada tempat persemayaman terakhirnya, sehingga dia memutuskan untuk menciptakan manusia. Namun dia sedemikian terburu-buru, karena tahu dia sekarat, sampai-sampai dia lupa memberi lutut kepada manusia ciptaannya; dan (tak diragukan lagi karena terlalu menderitanya) dia dengan linglung memberi mereka ekor besar seperti kangguru, yang berarti mereka tidak bisa duduk. Lalu dia mati. Manusia tidak suka memiliki ekor kangguru tapi tidak memiliki lutut,



PERSON?

Siapakah orang pertama itu?

maka mereka menjerit memohon pertolongan ke kahyangan.

Dromerdeener yang perkasa, yang masih meraung-raung berkeliling di langit dalam pawai kemenangannya, mendengar jeritan mereka dan turun ke Tasmania untuk melihat apa yang terjadi. Dia jatuh iba kepada manusia, memberi mereka lutut yang bisa ditekuk, dan memotong ekor kangguru mereka yang tidak nyaman sehingga mereka akhirnya bisa duduk; dan mereka pun hidup berbahagia selamanya.

Cukup sering kita menemukan berbagai versi berbeda dalam mitos yang sama. Tidaklah mengherankan, karena manusia sering kali mengubah perincian sewaktu bercerita, maka versi-versi lokal kisah-kisah itu pun menjadi semakin berbeda. Dalam versi lain mitos Tasmania itu, Moinee memanggil manusia pertama, bernama Parlevar, ke langit. Parlevar tidak bisa duduk karena dia punya ekor seperti kangguru dan lutut yang tidak bisa ditekuk. Seperti sebelumnya, sang dewa bintang pesaing Dromerdeener datang menyelamatkan.

Dia memberi Parlevar lutut yang betul dan memotong ekornya, dan menyembuhkan lukanya dengan lemak. Parlevar kemudian turun ke

Tasmania, menyusuri jalanan langit (Bima Sakti).





Suku-suku Ibrani di Timur Tengah hanya punya satu sesembahan, yang mereka anggap unggul melebihi para sesembahan suku-suku lain. Dia punya berbagai nama, yang tidak satu pun boleh mereka sebutkan. Dia—menurut kitab suku Ibrani itu—membuat manusia pertama dari tanah dan memanggilnya Adam (yang semata berarti “manusia”). Dia dengan sengaja menciptakan Adam seperti dirinya sendiri. Memang kebanyakan dewa dalam sejarah digambarkan sebagai laki-laki (atau sekali-sekali perempuan), kadang berukuran raksasa, dan selalu berkekuatan supranatural.

Adam ditempatkan dalam taman indah yang disebut Eden, berisi buah-buahan yang Adam dipersilakan santap—kecuali satu. Pohon terlarang itu adalah “pohon pengetahuan kebajikan dan kebatilan” dan Adam diperintahkan tidak boleh memakan buah tersebut.

Lantas disadari bahwa Adam mungkin kesepian bila sendirian. Pada titik ini—seperti juga kisah Dromerdeener dan Moinee—ada dua versi kisah, keduanya ditemukan dalam Kitab Kejadian dalam Alkitab Perjanjian Lama. Dalam versi yang lebih semarak, semua hewan dibuat sebagai penolong Adam, kemudian diputuskan bahwa masih ada yang kurang: perempuan! Maka Adam ditidurkan, dibedah, diambil satu tulang rusuknya, dan ditutup lagi bekas pembedahannya. Kemudian dari tulang rusuk itu dijadikanlah seorang perempuan, seperti bila kita menumbuhkan bunga dari setek. Si perempuan dinamai Hawa dan diserahkan kepada Adam sebagai istrinya.

Sayangnya, ada ular keji di dalam taman itu, yang mendekati Hawa dan membujuknya untuk memberikan kepada Adam buah terlarang dari pohon pengetahuan kebajikan dan kebatilan. Adam dan Hawa melahap buah tersebut, dan dengan segera memperoleh pengetahuan bahwa mereka telanjang.





Itu membuat mereka malu, dan mereka pun membuat pakaian penutup dari daun. Mereka ketahuan dan mendapat murka karena memakan buah tersebut dan memperoleh pengetahuan—saya duga *sih* kehilangan kepolosan. Mereka diusir dari taman tersebut, dan dikutuk sehingga mereka dan semua keturunan mereka menjalani kehidupan yang keras dan menyakitkan. Sampai sekarang, kisah ketidapatuhan mengerikan Adam dan Hawa ini masih dianggap serius oleh banyak orang dengan nama “dosa asal”. Sejumlah orang bahkan percaya kita semua mewarisi “dosa asal” dari Adam (walaupun banyak di antara mereka yang mengaku bahwa Adam sebenarnya tidak pernah ada!), dan ikut merasa bersalah.

Orang Nors dari Skandinavia, terkenal sebagai Viking pengarang lautan, punya banyak dewa-dewi, seperti juga orang-orang Yunani dan Romawi. Nama dewa utama mereka adalah Odin, terkadang disebut Wotan atau Woden, asal nama kata “Wednesday” (Rabu). (“Thursday”, Kamis, berasal dari nama seorang dewa Nors lain, Thor, dewa petir, yang menghasilkan petir dengan palunya yang dahsyat.)

Suatu hari Odin sedang berjalan-jalan di pesisir pantai bersama saudara-saudaranya, yang juga dewa-dewa, dan mereka menemukan dua batang pohon.



Salah satu batang pohon ini mereka ubah menjadi manusia pertama, yang mereka sebut “Ask”, sementara yang satu lagi mereka ubah menjadi perempuan pertama, yang mereka namai “Embla”. Setelah menciptakan tubuh laki-laki pertama dan perempuan pertama, kakak-beradik dewa itu kemudian memberi mereka napas kehidupan, diikuti oleh kesadaran, wajah, dan kemudian anugerah kemampuan berbicara.

Saya bertanya-tanya, mengapa batang pohon ya? Mengapa bukan tiang es atau bukit pasir? Barangkali para penggubah pertama semua mitos ini tahu sejak awal bahwa yang mereka gubah hanyalah fiksi. Atau apakah menurut Anda ada banyak orang yang mengarang bagian-bagian berbeda kisah-kisah itu, pada waktu yang berbeda-beda dan di tempat yang berbeda-beda, dan orang-orang lain nantinya menyatukan bagian-bagian itu, barangkali mengubah sebagian di antaranya, tanpa menyadari bahwa berbagai potongan itu awalnya hanya rekaan?

Yang namanya kisah memang menyenangkan, dan kita semua suka mengulang-ulang kisah. Namun sewaktu kita mendengar sebuah kisah yang semarak, entah itu mitos kuno ataupun “legenda urban” modern yang disebar di internet, ada baiknya berhenti untuk mempertanyakan apakah kisah tersebut—atau bagiannya yang mana saja—memang benar. Jadi marilah kita ajukan kepada diri sendiri pertanyaan itu—Siapakah orang pertama itu?—dan mari tengok jawabannya menurut sains.



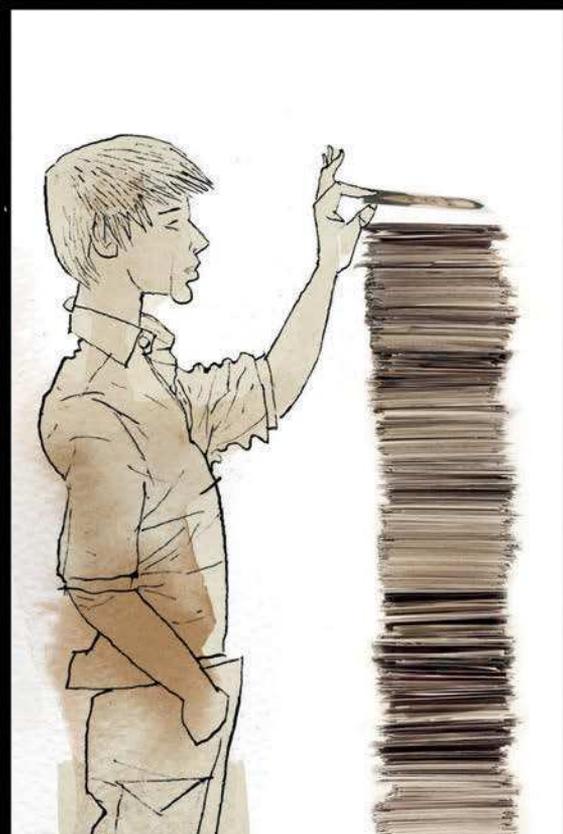
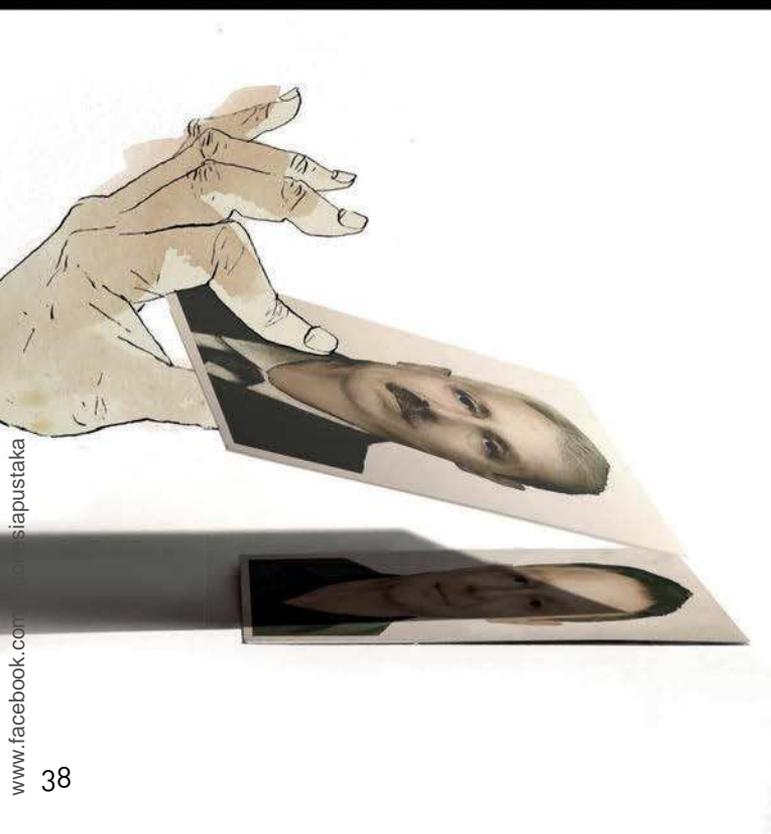
Jadi *sebenarnya* orang pertama itu siapa?

INI MUNGKIN membuat Anda terkejut, namun tidak pernah ada yang namanya orang pertama—sebab setiap orang haruslah punya orangtua, dan orangtua itu juga pastilah manusia! Sama dengan kelinci. Tidak pernah ada kelinci pertama, tidak pernah ada buaya pertama, tidak pernah ada capung pertama. Setiap makhluk yang pernah terlahir adalah anggota spesies yang sama dengan induknya (dengan barangkali kekecualian dalam jumlah sedikit sekali, yang akan saya abaikan di sini). Jadi itu pasti artinya setiap makhluk yang pernah terlahir adalah anggota spesies yang sama dengan kakek-neneknya. Dan kakek-nenek buyutnya. Dan kakek-nenek cangah. Dan demikian seterusnya selamanya.

Selamanya? Yah, tidak, tidak sesederhana itu. Ini perlu ada sedikit penjelasannya, dan saya akan

mulai dengan satu percobaan pikiran. Percobaan pikiran adalah percobaan dalam imajinasi kita. Apa yang akan kita bayangkan secara harfiah tidaklah mungkin dilakukan karena kita akan mundur jauh, jauh sekali dalam waktu, lama sebelum kita terlahir. Namun *membayangkan*-nya mengajari kita sesuatu yang penting. Jadi, inilah percobaan pikiran kita. Yang perlu Anda lakukan hanyalah membayangkan diri Anda mengikuti instruksi-instruksi ini.

Carilah foto diri Anda sendiri. Lalu ambil foto ayah Anda dan letakkan di atas foto Anda. Kemudian cari foto ayahnya ayah, kakek Anda. Kemudian di atasnya tempatkan foto ayahnya kakek, alias kakek buyut Anda. Anda mungkin tidak pernah bertemu kakek buyut Anda. Saya tidak pernah bertemu para kakek buyut saya, tapi saya tahu salah satunya guru di desa, satunya lagi



dokter di desa, satunya lagi jagawana di India Britania, sementara satu lagi pengacara, penggemar krim, tewas saat memanjat tebing pada usia lanjut. Tetap saja, bahkan meskipun Anda tidak tahu seperti apa wajah ayahnya ayahnya ayah Anda, Anda bisa bayangkan beliau sebagai sosok samar, barangkali sebagai selebar foto cokelat memudar dalam bingkai kulit. Sekarang lakukan hal yang sama dengan ayah beliau, kakek canggah Anda. Dan teruskan menumpuk foto demi foto seperti itu, terus mundur sampai ke kakek-nenek moyang. Anda bisa melakukan itu jauh sampai ke masa sebelum fotografi ditemukan: namanya juga percobaan *pikiran*.

Berapa banyak moyang yang kita butuhkan untuk percobaan pikiran kita? Oh, cukuplah hanya 185 juta.

Hanya?

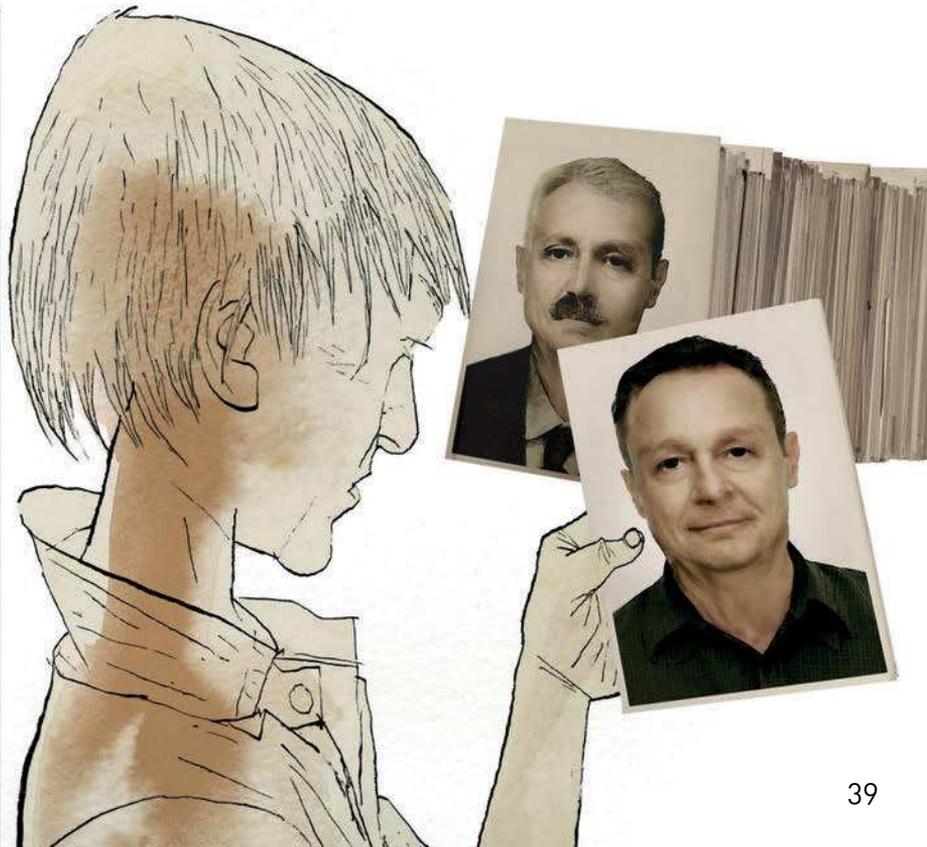
HANYA?

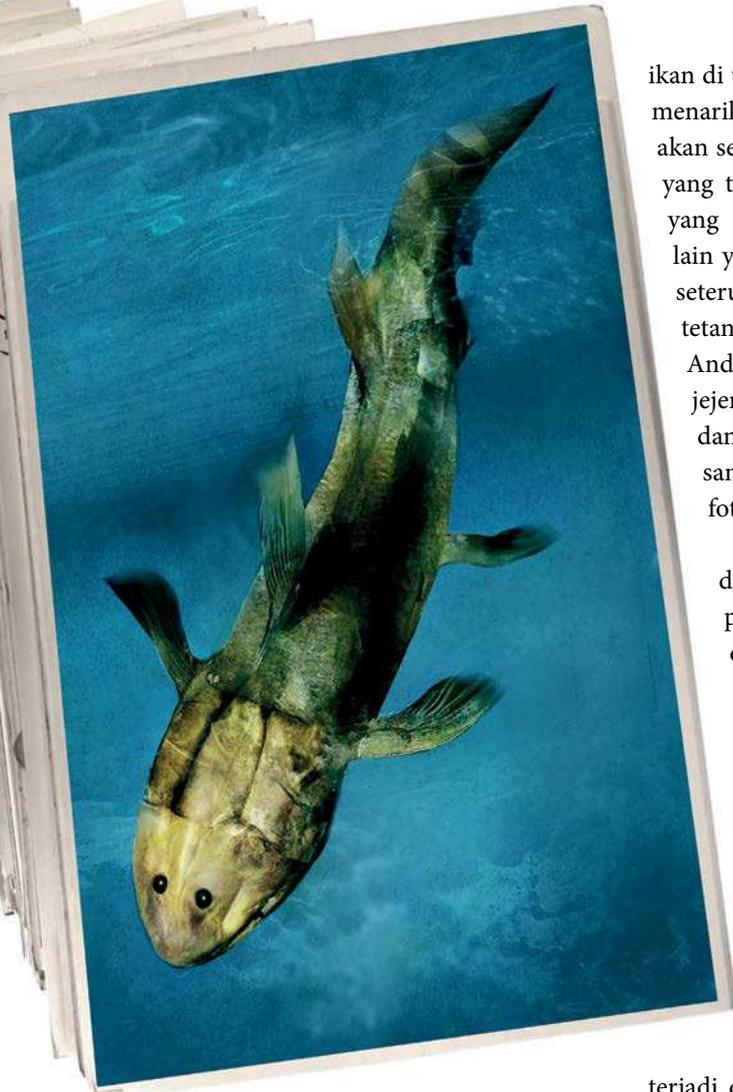
Tidak mudah membayangkan tumpukan 185 juta foto. Bakal seberapa tingginya? Yah, andaikan setiap foto dicetak sebagai foto normal seukuran kartu pos, 185 juta foto akan membentuk menara setinggi 4.900 meter: itu lebih tinggi daripada 40 gedung pencakar langit ditumpuk-tumpuk. Terlalu tinggi untuk dipanjat, itu juga kalau menaranya tidak roboh duluan (dan memang bakalan roboh). Jadi mari baringkan menara itu dengan hati-hati, dan tata foto-foto itu di sepanjang satu rak tunggal.

Seberapa panjang rak buku itu?

Sekitar lima kilometer kurang.

Ujung rak yang dekat dengan Anda haruslah ditempati oleh foto Anda. Ujung terjauh ditempati oleh foto kakek moyang-ke-185 juta. Seperti apa wujudnya? Laki-laki tua dengan rambut tipis dan jambang ubanan? Manusia gua berpakaian kulit macan? Lupakan pikiran semacam itu. Kita tidak tahu pasti seperti apa wujudnya, namun fosil-fosil memberikan kita gambaran yang cukup bagus. Kakek moyang ke-185 juta Anda wujudnya kira-kira begini ---->





Iya, betul. Kakek moyang ke-185 juta Anda adalah seekor ikan. Begitu juga nenek moyang ke-185 juta Anda, dan memang harusnya begitu, kalau tidak mereka tidak bisa kawin dan Anda tidak akan ada di sini sekarang.

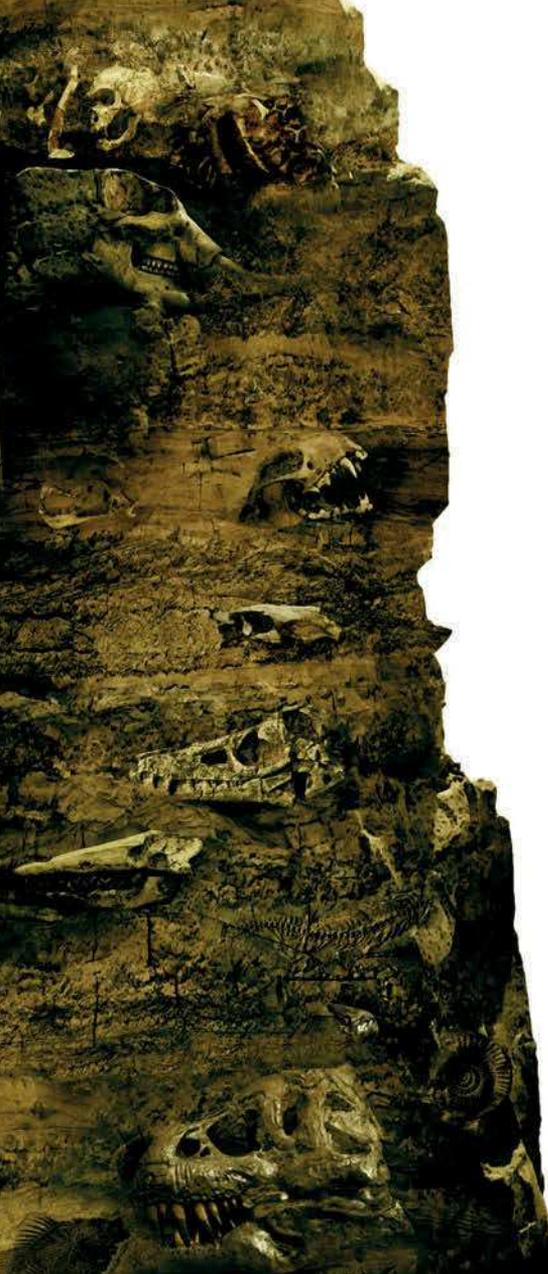
Kini mari kita berjalan menyusuri rak buku sepanjang lima kilometer itu, sambil menarik foto satu per satu darinya untuk diamati. Setiap foto menunjukkan makhluk yang merupakan anggota spesies yang sama dengan foto di kanan-kirinya. Semuanya terlihat mirip sekali dengan tetangga-tetangganya di jejeran foto itu—atau setidaknya semirip laki-laki mana pun dengan ayah dan putranya sendiri. Namun bila Anda berjalan tanpa putus dari satu ujung rak buku ke ujung satunya lagi, Anda akan melihat manusia di satu ujung dan

ikan di ujung satu lagi. Dan banyak kakek moyang menarik lainnya di antara keduanya, yang seperti akan segera kita lihat, mencakup sejumlah hewan yang terlihat seperti kera, sejumlah hewan lain yang terlihat seperti monyet, sejumlah hewan lain yang terlihat seperti ceceurut, dan demikian seterusnya. Setiap makhluk itu terlihat seperti tetangganya dalam jejeran foto, namun bila Anda angkat dua foto yang berjauhan dalam jejeran itu, mereka tampak sangat berbeda—dan bila Anda telusuri jejeran itu dari manusia sampai cukup jauh, Anda akan mendapati foto ikan. Bagaimana bisa?

Sebenarnya itu sama sekali tidak sulit dipahami. Kita cukup terbiasa dengan perubahan bertahap yang, selangkah kecil demi selangkah kecil, satu demi satu, mendatangkan perubahan besar. Dulu Anda bayi. Sekarang Anda bukan. Sewaktu lanjut usia Anda akan terlihat berbeda lagi. Namun setiap hari sepanjang hidup Anda, sewaktu terbangun Anda adalah orang yang sama dengan yang pergi tidur malam sebelumnya. Bayi berubah menjadi balita, lalu kanak-kanak, kemudian remaja; lalu dewasa muda, kemudian dewasa setengah baya, lantas manula. Dan perubahan terjadi demikian bertahap sehingga tidak pernah ada sehari pun Anda bisa berkata, “Orang ini mendadak telah berhenti menjadi bayi dan berubah menjadi kanak-kanak.” Dan kemudian tidak akan pernah ada hari Anda bisa berkata, “Orang ini telah berhenti menjadi kanak-kanak, dan sekarang menjadi remaja.” Tak pernah ada hari ketika Anda bisa berkata, “Kemarin orang ini berusia setengah baya; hari ini dia lanjut usia.”

Itu membantu kita memahami percobaan pikiran kita, yang membawa kita mundur melalui 185 juta generasi orangtua dan kakek-nenek dan kakek-nenek buyut sampai kita berhadap-hadapan dengan





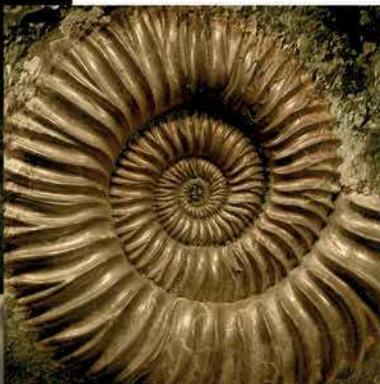
Sejumlah orang mungkin ingin menyebut zebra sebagai kuda belang, namun yang lain mungkin ingin menggunakan kata “kuda” semata untuk spesies yang kita tunggangi. Itu juga pertanyaan semantik. Anda mungkin ingin menggunakan kata-kata “manusia”, “laki-laki”, dan “perempuan” hanya untuk *Homo sapiens*. Itu terserah Anda. Tapi, tidak akan ada seorang pun yang ingin menyebut kakek moyang ikan Anda dari 185 juta tahun lalu sebagai manusia. Itu konyol, walaupun ada rantai tak terputus yang menghubungkan dia dengan Anda, dengan setiap tautan dalam rantai itu sebagai anggota dari spesies yang tepat sama dengan tetangga-tetangganya dalam rantai tersebut.

Membatu

Nah, bagaimana kita tahu seperti apa wujud nenek moyang jauh kita, dan bagaimana kita tahu kapan mereka hidup? Terutama dari fosil. Semua gambar nenek moyang kita dalam bab ini merupakan rekonstruksi berdasarkan fosil namun diberi warna dengan cara membandingkan mereka dengan hewan-hewan modern.

Fosil terbuat dari batu. Fosil adalah batu yang bentuknya mengikuti hewan atau tumbuhan mati. Sebagian besar hewan mati tanpa harapan berubah menjadi fosil. Bila Anda ingin menjadi fosil, kuncinya adalah terkubur di lumpur atau tanah lempung yang tepat jenisnya, yaitu jenis yang pada akhirnya bisa mengeras membentuk “batuan endapan”.

Apa itu artinya? Ada tiga macam batuan: batuan beku, endapan, dan malihan. Saya akan abaikan batuan malihan, karena batu macam itu pada awalnya merupakan batuan beku atau endapan, dan berubah akibat tekanan dan/atau panas. Batuan beku (dalam bahasa Inggris disebut *igneous*, dari kata bahasa Latin *ignis* yang berarti api) tadinya cair, seperti lava panas yang keluar dari gunung yang meletus pada



zaman sekarang, dan mengeras menjadi batuan padat ketika mendingin. Batuan padat, dari jenis apa pun, terkikis (“tererosi”) oleh angin atau air menjadi bebatuan yang lebih kecil, kerikil, pasir, dan debu. Pasir atau debu tersuspensi dalam air dan kemudian mungkin mengendap dalam lapisan yang disebut *sedimen* atau lumpur di dasar laut, danau, atau sungai. Dalam waktu yang sangat lama, sedimen dapat mengeras membentuk lapisan-lapisan (atau “strata”) *batuan endapan* atau *batuan sedimen*. Walaupun semua strata awalnya datar dan horisontal, sering kali strata telah menjadi miring, terbalik, atau bengkok sewaktu kita lihat, jutaan tahun kemudian (untuk mengetahui bagaimana ini terjadi, lihat Bab 10 mengenai gempa).

Nah, anggaplah ada bangkai hewan kebetulan terbawa air ke dalam lumpur, barangkali di muara. Bila lumpur itu nantinya mengeras dan menjadi batuan endapan, tubuh hewan itu mungkin membusuk dan hancur, menyisakan cetakan berongga tubuhnya dalam batuan yang sedang mengeras, yang kelak kita temukan. Itu adalah salah satu jenis fosil—semacam foto “negatif” hewan. Atau cetakan kosong itu mungkin terisi oleh endapan baru, yang kemudian mengeras membentuk replika “positif” bagian luar tubuh hewan tersebut. Itulah jenis fosil kedua. Dan ada jenis fosil ketiga yang terbentuk ketika atom-atom dan molekul-molekul dalam tubuh hewan digantikan satu per satu oleh atom-atom dan molekul-molekul dalam mineral dari air, yang nantinya mengkristal membentuk batu. Inilah jenis fosil yang paling bagus karena terkadang rincian halus bagian dalam tubuh hewan bereproduksi secara permanen, sampai ke bagian tengah fosil.

Usia fosil bahkan bisa diperkirakan. Kita bisa tahu seberapa tua fosil terutama dengan mengukur isotop radioaktif dalam bebatuan tersebut. Kita akan pelajari mengenai apa itu isotop, dan atom, di Bab 4. Penjelasan ringkasnya, isotop radioaktif

adalah semacam atom yang meluruh menjadi jenis atom yang berbeda: misalnya, atom yang disebut uranium-238 berubah menjadi atom yang disebut timbel-206. Oleh karena kita tahu seberapa lama perubahan ini terjadi, kita bisa anggap isotop sebagai semacam jam radioaktif. Jam radioaktif agak mirip dengan jam air dan jam lilin yang orang gunakan sebelum jam pendulum ditemukan. Setangkai air dengan lubang di dasarnya akan berkurang isinya dengan laju yang bisa diukur. Bila tangki itu penuh saat fajar, kita bisa mengetahui telah berapa lama waktu berlalu dengan mengukur tinggi muka air sekarang. Sama dengan jam lilin. Lilin terbakar dengan laju tetap, sehingga kita bisa tahu telah berapa lama waktu berlalu dengan mengukur seberapa panjang lilin yang tersisa. Kalau jam uranium-238, kita tahu bahwa butuh waktu 4,5 miliar tahun bagi separo uranium-238 untuk meluruh menjadi timbel-206. Ini disebut “waktu paro” (*half-life*) uranium-238. Jadi, dengan mengukur seberapa banyak timbel-206 yang ada dalam batu, dibandingkan dengan jumlah uranium-238, kita bisa mengukur seberapa lama telah berlalu sejak saat tidak ada timbel-206 dan hanya ada uranium-238: dengan kata lain, berapa lama telah berlalu sejak jam itu menunjukkan “angka nol”.

Dan kapan jam itu menunjukkan angka nol? Yah, itu hanya terjadi di batuan beku, yang semua jamnya menunjukkan angka nol pada saat batu yang cair memadat. Kita tidak bisa menggunakan jam tersebut untuk batuan endapan, yang tidak punya “momen nol”, dan itu sangat disayangkan karena fosil hanya ditemukan dalam batuan endapan. Jadi kita harus menemukan batuan beku di dekat lapisan-lapisan sedimen dan menggunakannya sebagai jam kita. Misalnya, bila satu fosil berada dalam sedimen bersama batuan beku berusia 120 juta tahun di atasnya dan batuan beku berusia 130 juta tahun di bawahnya, kita tahu



bahwa fosil itu berasal dari suatu masa antara 120 juta dan 130 juta tahun silam. Begitulah bagaimana semua penanggalan yang saya sebutkan di bab ini ditentukan. Semuanya adalah penanggalan kira-kira, tidak bisa dianggap terlalu pasti.

Uranium-238 bukan satu-satunya isotop radioaktif yang bisa kita gunakan sebagai jam. Ada banyak isotop radioaktif lain, yang untungnya memiliki waktu paro yang sangat berbeda-beda. Misalnya, waktu paro karbon-14 hanya 5.730 tahun, sehingga berguna bagi ahli arkeologi yang mempelajari sejarah manusia. Berbagai jam radioaktif yang berbeda memiliki skala waktu yang tumpang tindih, sehingga kita bisa menggunakan mereka untuk pengecekan silang. Dan hasil yang diperoleh tak pernah berselisih.

Jam karbon-14 bekerja secara berbeda daripada yang lain. Jam karbon-14 tidak melibatkan batuan beku melainkan memanfaatkan sisa-sisa tubuh makhluk hidup itu sendiri, misalnya kayu tua. Jam

tersebut merupakan salah satu jam radioaktif kita yang paling cepat, namun 5.730 tahun masih jauh lebih lama daripada rentang hidup manusia, jadi mungkin Anda menanyakan bagaimana kita bisa tahu waktu paro karbon-14, apalagi waktu paro uranium-238 yang 4,5 miliar tahun! Jawabannya mudah. Kita tidak perlu menunggu sampai separo dari seluruh atom itu untuk meluruh. Kita bisa mengukur laju peluruhan hanya sepersekian persen atom-atom itu, dan mencari tahu waktu paronya (atau waktu peluruhan seperempatnya, seperseratusnya, dan lain-lain) dari situ.

Mundur dalam waktu

Mari lakukan percobaan pikiran lain. Bawa beberapa teman dan masuklah ke mesin waktu. Nyalakan mesinnya dan mundurlah sepuluh ribu tahun. Buka pintunya dan amati orang-orang yang Anda temui. Bila Anda kebetulan mendarat di daerah



yang kini merupakan Irak, orang-orang yang Anda temui sedang dalam proses menciptakan pertanian. Di sebagian besar tempat lain, manusia masih merupakan “pemburu-pengumpul”, berpindah dari satu tempat ke tempat lain, memburu hewan liar dan mengumpulkan buah, kacang-kacangan, dan umbi-umbuan. Anda tidak akan bisa memahami apa yang mereka katakan, dan mereka mengenakan pakaian yang sangat berbeda (itu juga kalau berpakaian). Terlepas dari itu, bila Anda dandani mereka dengan pakaian modern dan potong rambut mereka dengan gaya modern, mereka tidak akan bisa dibedakan dari manusia modern (atau tidak akan jauh berbeda, sama saja seperti manusia modern sekarang ada yang berbeda dari sesama manusia modern). Dan mereka sepenuhnya mampu beranak-pinak dengan manusia modern mana pun yang menaiki mesin waktu Anda.

Sekarang, ambil satu sukarelawan dari orang-orang zaman dulu itu (barangkali nenek moyang

ke-400 Anda, sebab itulah kira-kira waktu dia mungkin hidup) dan berangkat lagi dengan mesin waktu Anda, mundur sepuluh ribu tahun lagi: ke dua puluh ribu tahun lalu, ketika Anda berkesempatan menemui nenek moyang ke-800 Anda. Orang-orang yang bakal Anda temui merupakan pemburu-pengumpul semuanya, namun, lagi-lagi, tubuh mereka adalah tubuh manusia modern sepenuhnya dan, lagi-lagi, mereka bisa kawin dengan manusia modern dan menghasilkan keturunan yang subur. Bawa salah seorang dari mereka bersama Anda dalam mesin waktu, dan mundur lagi sepuluh ribu tahun. Teruslah lakukan ini, melompat-lompat mundur sepuluh ribu tahun, dan pada setiap perhentian mengambil seorang penumpang baru dan membawanya mundur ke masa lalu.

Intinya adalah bahwa akhirnya, setelah berkali-kali melompat mundur sepuluh ribu tahun, barangkali ketika Anda telah mundur sejuta tahun ke belakang, Anda akan mulai menyadari bahwa

orang-orang yang Anda temui ketika keluar dari mesin waktu ternyata betul-betul berbeda dari kita, dan tidak bisa kawin dengan orang-orang yang naik ke mesin waktu bersama Anda sejak awal perjalanan. Namun mereka akan mampu beranak-pinak dengan penumpang-penumpang yang paling baru ikut, yang nyaris sama purbanya dengan mereka sendiri.

Intinya sebenarnya sama saja dengan sebelumnya—mengenai perubahan bertahap yang tidak disadari, bagaikan jarum pendek yang bergerak pada arloji—namun menggunakan percobaan pikiran yang berbeda. Memang ada baiknya dinyatakan dengan dua cara berbeda, karena ini sangat penting namun—wajar saja—sulit dipahami oleh sebagian orang.

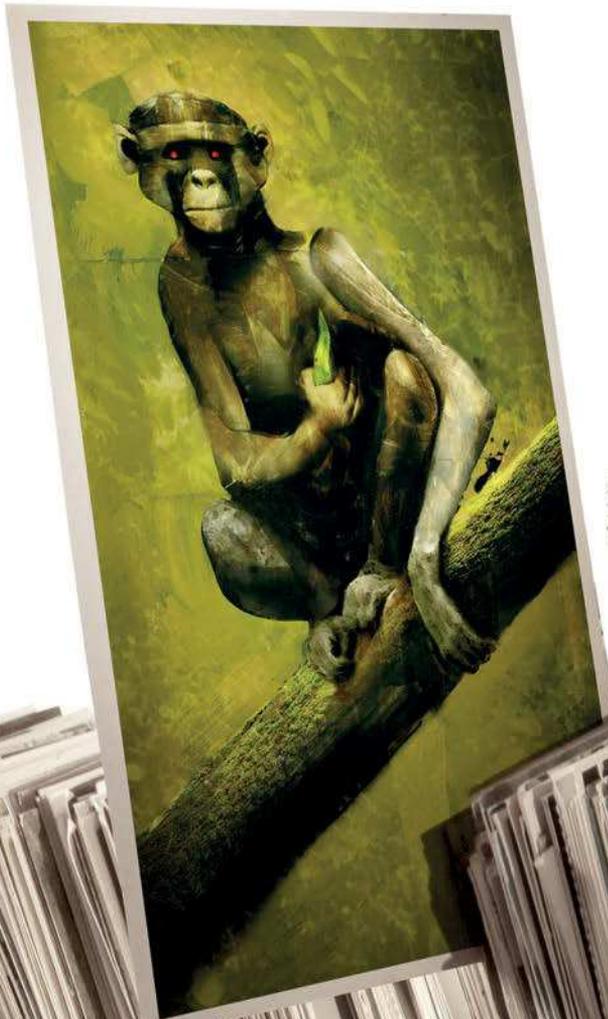
Mari lanjutkan lagi kelana kita ke masa lalu, dan mari tengok beberapa perhentian dalam

perjalanan menuju leluhur kita yang berbentuk ikan itu. Anggaplah kita baru saja tiba dalam mesin waktu kita di perhentian yang ditandai “Enam Juta Tahun Silam”. Apa yang bakal kita temukan di sana? Asalkan kita berada di Afrika, kita akan temukan nenek moyang ke-250.000 kita (kurang lebih beberapa generasi). Mereka merupakan kera, dan terlihat agak mirip simpanse. Namun mereka bukan simpanse. Mereka merupakan leluhur bersama kita dengan simpanse. Mereka terlalu berbeda dari kita sehingga tidak bisa kawin dengan kita, sekaligus terlalu berbeda dengan simpanse sehingga tidak bisa kawin dengan simpanse. Namun mereka akan mampu kawin dengan penumpang yang kita ajak naik di Perhentian Lima Juta Sembilan Ratus Sembilan Puluh Ribuh Tahun Silam. Dan barangkali juga dengan penumpang dari Perhentian Lima Juta Sembilan Ratus Ribuh Tahun Silam. Namun mungkin tidak dengan yang mulai ikut mesin waktu kita pada Perhentian Empat Juta Tahun Lalu.

Ayo kita mulai melompat-lompat mundur per sepuluh ribu tahun lagi, sampai kita mencapai Perhentian Dua Puluh Lima Juta Tahun Silam. Di sana kita akan temukan nenek moyang ke-setengah-juta Anda (dan saya)—kira-kira. Mereka bukan kera, sebab mereka punya ekor. Kalau kita bertemu

Kakek moyang ke-250.000 Anda

(6 juta tahun silam)

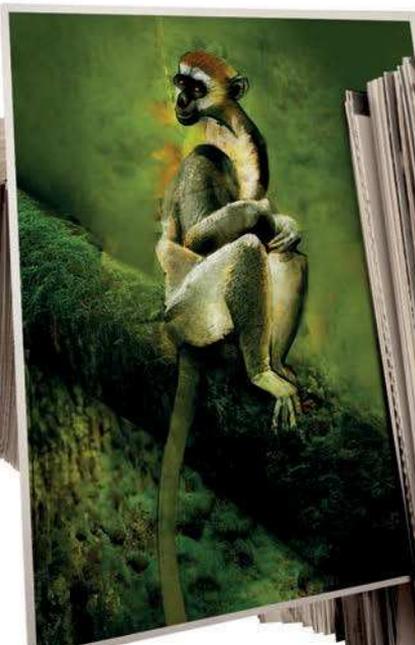


mereka sekarang, kita akan sebut mereka monyet, namun kekerabatan mereka dengan monyet modern sama jauhnya dengan kekerabatan mereka dengan kita. Walaupun sangat berbeda dari kita, dan tidak mampu beranak-pinak dengan kita atau monyet modern, mereka akan senang-senang saja beranak-pinak dengan para penumpang yang identik dengan mereka, yang bergabung dengan kita di Perhentian Dua Puluh Empat Juta Sembilan Ratus Sembilan Puluh Tahun Silam. Perubahan bertahap sepanjang perjalanan.

Teruslah mundur, sekali lompat sepuluh ribu tahun, tanpa menemukan perubahan berarti pada setiap perhentian. Mari berhenti sejenak untuk lihat siapa yang menyambut kita sewaktu kita mencapai Perhentian Enam Puluh Tiga Juta Tahun Silam. Di sini kita bisa berjabat tangan (cakar?) dengan nenek moyang ketujuh-juta kita. Mereka terlihat agak mirip lemur atau *bushbaby*, dan memang mereka merupakan leluhur semua lemur dan *bushbaby* modern, juga leluhur semua monyet dan kera modern, termasuk kita.

Kakek moyang ke-1.500.000 Anda

(25 juta tahun silam)



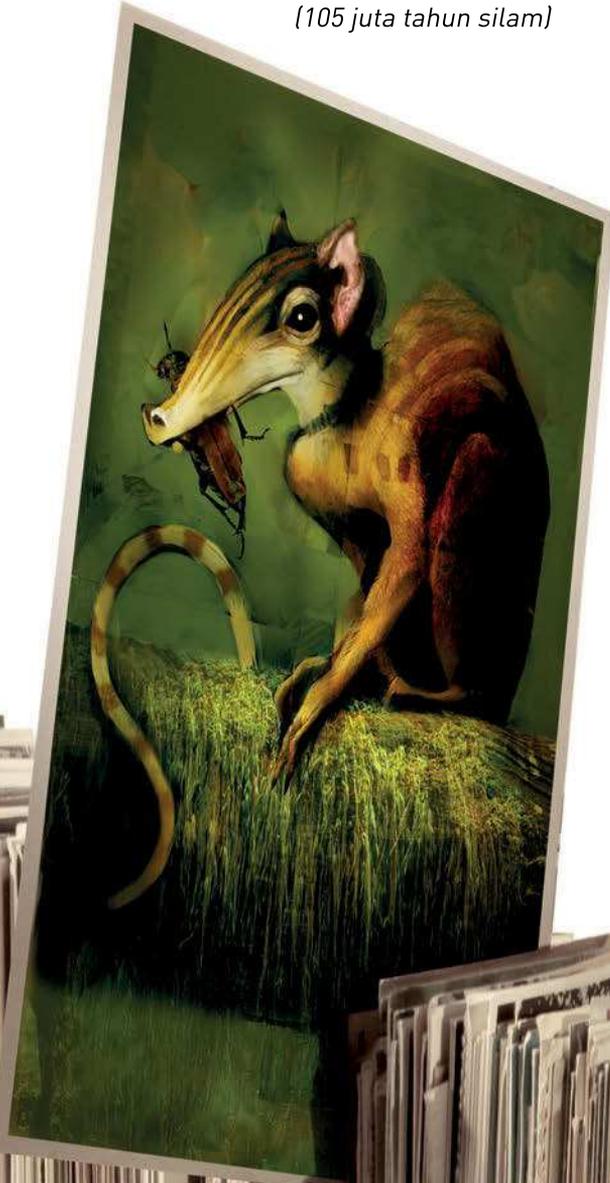
Kekerabatan mereka dengan manusia modern sama jauhnya dengan kekerabatan mereka dengan monyet modern, juga sama jauhnya dengan lemur atau *bushbaby* modern. Mereka tidak akan mampu kawin dengan hewan modern mana pun. Namun mereka mungkin bisa kawin dengan penumpang yang kita ambil dari Perhentian Enam Puluh Dua Juta Sembilan Ratus Sembilan Puluh Tahun Silam. Mari kita persilakan mereka untuk naik ke mesin waktu juga, dan melesat mundur lagi.

Kakek moyang ke-7.000.000 Anda

(63 juta tahun silam)



**Kakek moyang
ke-45.000.000 Anda**
(105 juta tahun silam)



Di Perhentian Seratus Lima Juta Tahun Silam kita akan jumpai nenek moyang ke-45-juta kita. Dia juga leluhur semua mamalia modern terkecuali marsupialia (yang kini sebagian besar ditemukan di Australia, plus segelintir di Amerika) dan monotremata (platipus berparuh bebek dan landak semut, sekarang hanya ditemukan di Australia/Papua). Gambar di samping menunjukkan dia bersama makanan favoritnya, serangga, di mulutnya. Kekerabatannya dengan semua mamalia modern sama jauhnya, walaupun dia mungkin terlihat lebih mirip dengan sebagian mamalia modern dibandingkan yang lain.

Di Perhentian Tiga Ratus Sepuluh Juta Tahun Silam kita berjumpa dengan nenek moyang ke-170 juta kita. Dia adalah leluhur semua mamalia modern, semua reptil modern—ular, kadal, kura-kura, buaya—dan semua dinosaurus (termasuk burung, karena burung muncul dari dinosaurus). Kekerabatannya dengan semua hewan modern itu sama jauhnya, walaupun dia terlihat lebih mirip kadal. Itu artinya kadal tidak banyak berubah sejak masa nenek moyang kita yang satu ini daripada, misalnya, mamalia.

Kini kita telah menjadi pengelana waktu yang berpengalaman, dan tidak lama lagi kita akan berjumpa dengan si ikan yang saya sebutkan sebelumnya. Ayo kita berhenti satu kali lagi dalam perjalanan ke sana: di Perhentian Tiga Ratus Empat Puluh Juta Tahun Silam, di mana kita bertemu
n e n e k

moyang ke-175-juta kita. Tampaknya agak mirip kadal air, dan dia merupakan leluhur semua amfibi modern (kadal air dan katak) sekaligus semua vertebrata darat lainnya.

Dan mari kini datangi Perhentian Empat Ratus Tujuh Belas Juta Tahun Silam dan nenek moyang ke-185 juta kita, ikan di halaman 40. Dari sana kita bisa mundur lebih jauh lagi, berjumpa dengan semakin banyak nenek moyang jauh kita, termasuk berbagai macam ikan berahang, kemudian ikan tanpa rahang,

dan... yah, kemudian pengetahuan kita mulai kabur ditelan kabut ketidakpastian, sebab dari masa-masa sangat purba inilah kita tidak lagi menemukan fosil.



Kakek moyang ke-170.000.000 Anda
(310 juta tahun silam)



Kakek moyang ke-175.000.000 Anda
(340 juta tahun silam)

Menurut DNA, kita semua bersaudara

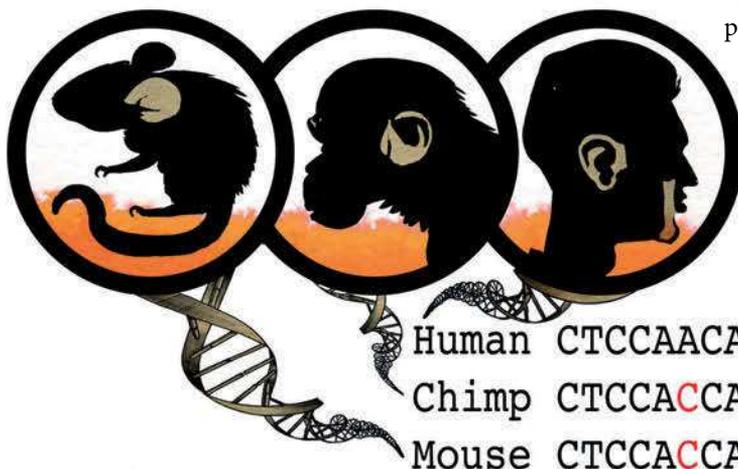
Walaupun kita mungkin kekurangan fosil untuk memberi tahu kita dengan persis seperti apa wujud nenek moyang kita yang sangat purba, tak ada keraguan bahwa semua makhluk hidup merupakan saudara kita, dan semuanya saling berkerabat. Dan kita juga tahu hewan-hewan modern mana yang berkerabat dekat (misalnya manusia dan simpanse atau tikus dan mencit), dan mana yang bersaudara jauh (seperti manusia dan burung, atau tikus dan buaya). Bagaimana kita bisa tahu? Dengan membandingkan mereka secara sistematis. Sekarang, bukti yang paling kuat berasal dari perbandingan DNA.

DNA adalah informasi genetik yang dibawa semua makhluk hidup dalam setiap sel mereka. DNA dieja di sepanjang “pita-pita” data yang menggulung erat, disebut “kromosom”. Kromosom-kromosom ini sangat mirip dengan jenis pita data yang Anda masukkan ke dalam komputer model kuno, sebab informasi yang dibawa kromosom bersifat *digital* dan tertera dengan urutan tertentu. Kromosom terdiri atas untaian-untaian panjang “huruf-huruf” kode, yang bisa Anda hitung: setiap huruf bersifat ada atau tidak—tidak ada yang namanya setengah-setengah. Oleh karena itulah data tersebut bersifat digital, dan mengapa saya bilang DNA “dieja”.

Semua gen, di setiap hewan, tumbuhan, dan bakteri yang telah diperiksa, merupakan pesan tersandi mengenai bagaimana membangun makhluk hidup tersebut, tertulis dalam alfabet standar. Alfabet itu hanya punya empat huruf (bandingkan dengan alfabet kita yang ada 26 huruf), yang kita tuliskan sebagai A, T, C, dan G. Ada gen-gen yang ditemukan pada banyak makhluk berbeda, dengan sedikit perbedaan berarti. Misalnya, ada gen yang disebut FoxP2, yang dimiliki semua mamalia dan banyak makhluk lain. Gen itu merupakan rangkaian yang terdiri atas 2.000 lebih huruf. Di dasar halaman ini, ada rentangan pendek 80 huruf dari suatu tempat di tengah-tengah FoxP2, rentangan dari huruf nomor 831 sampai huruf nomor 910. Baris yang atas berasal dari manusia, baris tengah dari simpanse, sementara baris yang bawah dari mencit. Angka-angka di ujung baris tengah dan bawah menunjukkan seberapa banyak huruf dalam keseluruhan gen itu yang berbeda dari huruf-huruf dalam keseluruhan gen FoxP2 manusia.

Anda bisa lihat bahwa FoxP2 adalah gen yang sama pada semua mamalia karena sebagian sangat besar huruf-huruf kode itu sama, dan itu benar adanya untuk keseluruhan panjang gen, bukan hanya rentangan 80 huruf itu saja. Tidak semua huruf di FoxP2 simpanse sama dengan FoxP2 kita, dan lebih sedikit lagi huruf yang sama dengan kita di FoxP2 mencit. Perbedaannya diwarnai merah.

Dari total 2.076 huruf dalam FoxP2, ada sembilan perbedaan pada gen simpanse dari gen kita, sementara pada gen mencit ada 139 huruf yang berbeda. Dan pola itu berlaku untuk gen-gen lain juga. Hal itu menjelaskan mengapa simpanse mirip sekali dengan kita, sementara mencit kurang mirip.



Human CTCCAACACTTCCAAAGCATCACCACCAATA
Chimp CTCCACCACACTTCCAAAGCGTCACCACCAATA
Mouse CTCCACCACGTCCAAAGCATCACCACCATCA

Simpanse adalah sepupu dekat kita, sementara mencit merupakan sepupu yang lebih jauh. “Sepupu jauh” berarti leluhur bersama terakhir kita dan mencit hidup pada waktu yang sudah lama silam. Monyet lebih dekat dengan kita daripada mencit, namun lebih jauh dari kita dibanding simpanse. Babun dan makaka resus sama-sama monyet, bersepupu dekat, dan memiliki gen FoxP2 yang nyaris identik. Mereka sama jauhnya dengan simpanse seperti mereka jauh dengan kita; dan jumlah huruf DNA pada FoxP2 yang memisahkan babun dari simpanse (24) nyaris sama dengan jumlah huruf yang memisahkan babun dari kita (23). Semuanya cocok.

Dan, untuk menutup sekadar pemikiran kecil ini, katak merupakan sepupu yang lebih jauh lagi bagi semua mamalia. Semua mamalia memiliki jumlah perbedaan huruf yang kira-kira sama dari katak, untuk alasan yang sederhana bahwa mereka semua sepupu yang *tepat* sama dekatnya: semua mamalia memiliki leluhur bersama yang hidup pada masa yang lebih baru (sekitar 180 juta tahun lalu) dibandingkan leluhur bersama mamalia dengan katak (sekitar 340 juta tahun silam).

Namun tentu saja tidak semua manusia sama dengan semua manusia lain, dan tidak semua babun sama dengan semua babun lain dan tidak semua mencit sama dengan semua mencit lain. Kita bisa membandingkan gen-gen Anda dengan gen-gen saya, huruf demi huruf. Dan hasilnya? Ternyata kita punya lebih banyak kesamaan huruf daripada kita masing-masing dengan simpanse. Namun tetap saja kita akan temukan beberapa huruf yang berbeda. Tidak banyak, dan tidak ada alasan tertentu untuk memberikan perhatian khusus kepada gen FoxP2. Namun bila Anda hitung jumlah huruf

yang dimiliki semua manusia dalam semua gen kita, jumlahnya akan lebih daripada kesamaan yang dimiliki manusia mana pun dengan simpanse. Dan Anda punya lebih banyak kesamaan huruf dengan sepupu Anda daripada dengan saya. Dan Anda punya kesamaan lebih banyak huruf dengan ibu dan ayah Anda, dan (bila ada) dengan kakak-adik Anda. Bahkan, kita bisa mengetahui seberapa dekat kekerabatan dua orang dengan menghitung jumlah kesamaan huruf DNA mereka. Penghitungan itu menarik untuk dilakukan, dan merupakan sesuatu yang mungkin akan lebih sering lagi kita dengar pada masa depan. Misalnya, polisi akan mampu melacak seseorang bila mereka memiliki “sidik jari” DNA kakaknya.

Sejumlah gen mudah dikenali sebagai gen yang sama (dengan hanya sedikit perbedaan) di semua mamalia. Menghitung jumlah perbedaan huruf pada gen-gen semacam itu berguna untuk mencari tahu seberapa dekat kekerabatan spesies-spesies yang berbeda. Gen-gen lain berguna untuk mencari tahu mengenai kekerabatan yang lebih jauh lagi, misalnya antara vertebrata dan cacing. Gen-gen yang lain lagi berguna untuk mencari tahu kekerabatan dalam satu spesies—taruhlah mencari tahu seberapa dekat kekerabatan Anda dengan saya. Kalau Anda berminat, dan jika Anda kebetulan berasal dari Inggris, leluhur bersama kita yang paling akhir barangkali hidup hanya beberapa abad silam. Bila Anda kebetulan merupakan orang pribumi Tasmania atau pribumi Amerika, kita harus mundur beberapa puluh ribu tahun untuk menemukan nenek moyang bersama. Bila Anda kebetulan orang !Kung San dari Gurun Kalahari, kita mungkin harus mundur lebih jauh lagi.

ATTCATCATTCCATAGTGAATGGACAGTCTTCAGTTCTAAGTGCAAGAC
 ATTCATCATTCCATCGTGAATGGACAGTCTTCAGTTCTAAATGCAAGAC
 AACATCATTCCATAGTGAACGGACAGTCTTCAGTTCTGAATGCAAGGC

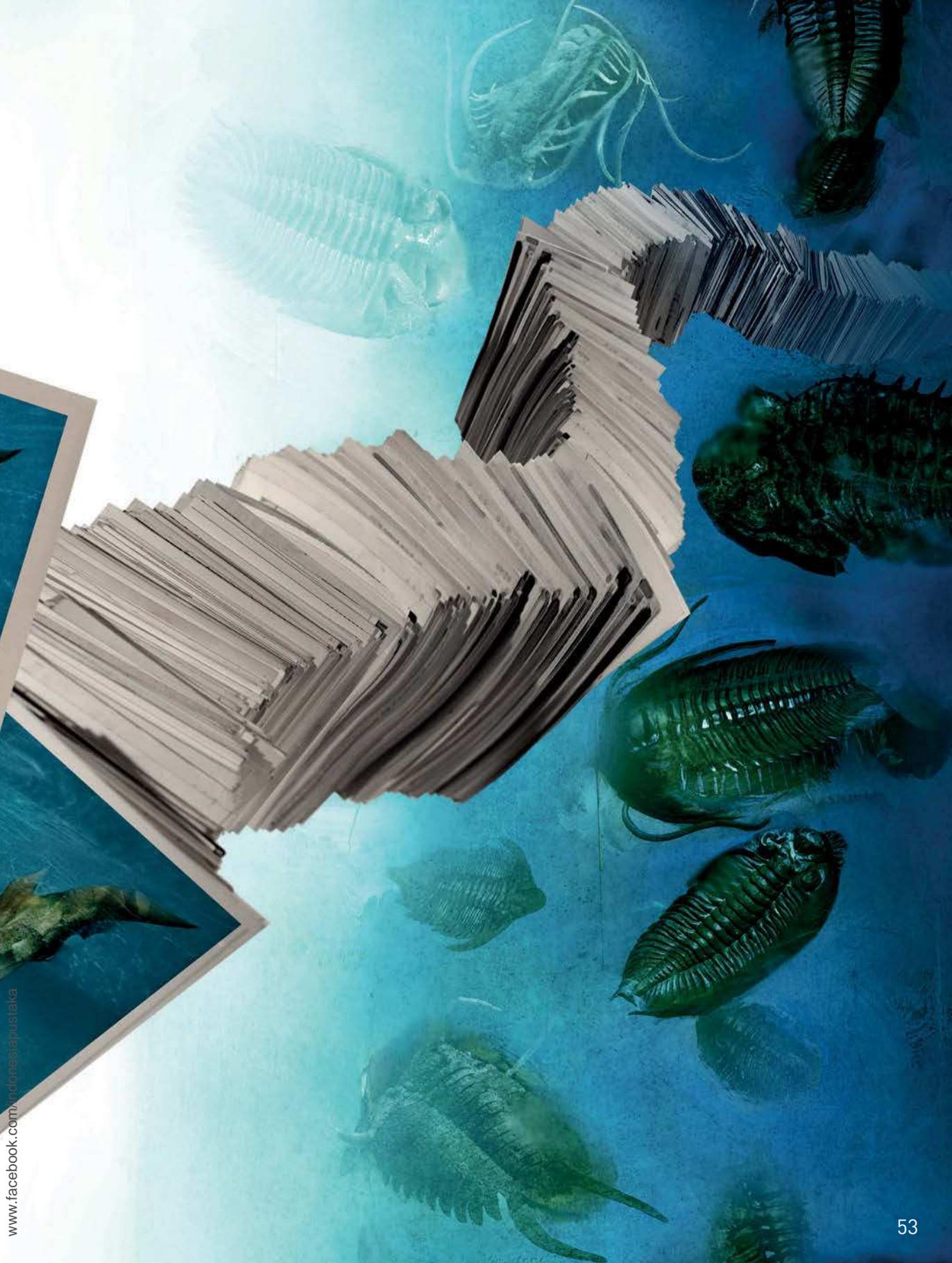
Yang merupakan fakta yang tidak diragukan lagi adalah bahwa kita memiliki leluhur bersama dengan semua spesies hewan dan tumbuhan di planet ini. Kita tahu itu karena sejumlah gen bisa dikenali sebagai gen yang sama pada semua makhluk hidup, termasuk hewan, tumbuhan, dan bakteri. Dan, yang paling penting, kode genetis itu sendiri—kamus yang digunakan untuk menerjemahkan semua gen—sama di seluruh makhluk hidup yang telah diperiksa. Kita semua bersaudara. Silsilah keluarga Anda tidak

hanya mencakup yang mirip kita seperti simpanse dan monyet, melainkan juga tikus, kerbau, iguana, kangguru, bekicot, bunga dandelion, elang, jamur, paus, wombat, dan bakteri. Kita semua bersaudara. Setiap makhluk hidup. Bukankah itu gagasan yang jauh lebih indah daripada mitos mana pun?

Dan yang paling indah adalah kita tahu pasti bahwa itu secara harfiah benar.



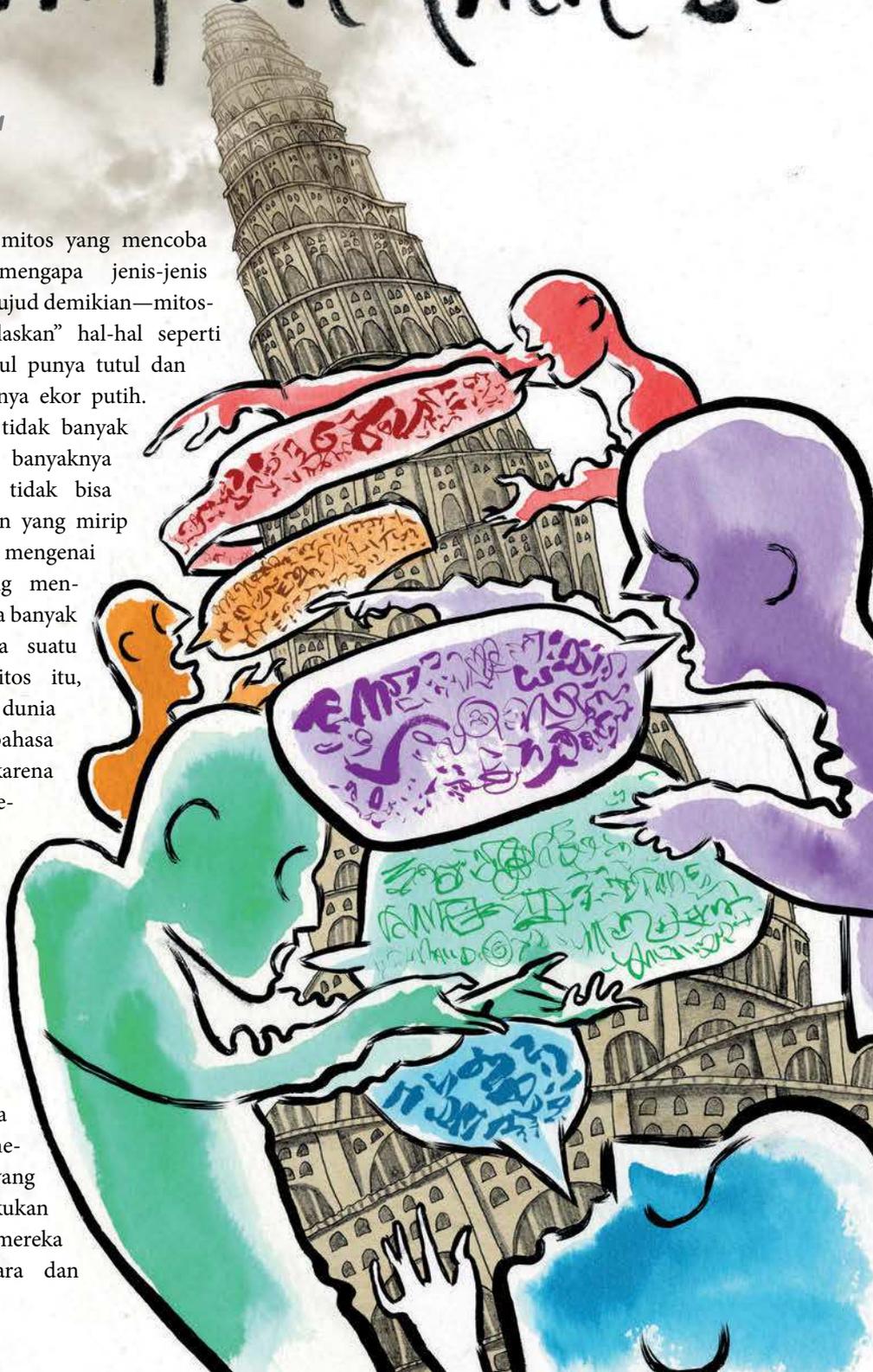
Kakek moyang ke-185.000.000
(410 juta tahun silam)



3 Why are there so

Mengapa ada banyak sekali jenis hewan?

ADA BANYAK mitos yang mencoba menjelaskan mengapa jenis-jenis hewan tertentu berwujud demikian—mitos-mitos yang “menjelaskan” hal-hal seperti mengapa macan tutul punya tutul dan mengapa kelinci punya ekor putih. Namun tampaknya tidak banyak mitos mengenai banyaknya jenis hewan. Saya tidak bisa menemukan apa pun yang mirip dengan mitos Yahudi mengenai Menara Babel, yang menjelaskan mengapa ada banyak sekali bahasa. Pada suatu masa, menurut mitos itu, semua manusia di dunia berbicara dengan bahasa yang sama. Oleh karena itu mereka bisa bekerja sama dengan harmonis membangun menara raksasa, yang mereka harapkan akan bisa menggapai langit. Tuhan menyadari itu dan sangat tidak senang melihat semua orang bisa saling memahami. Apa lagi yang bisa mereka lakukan berikutnya, kalau mereka bisa saling berbicara dan



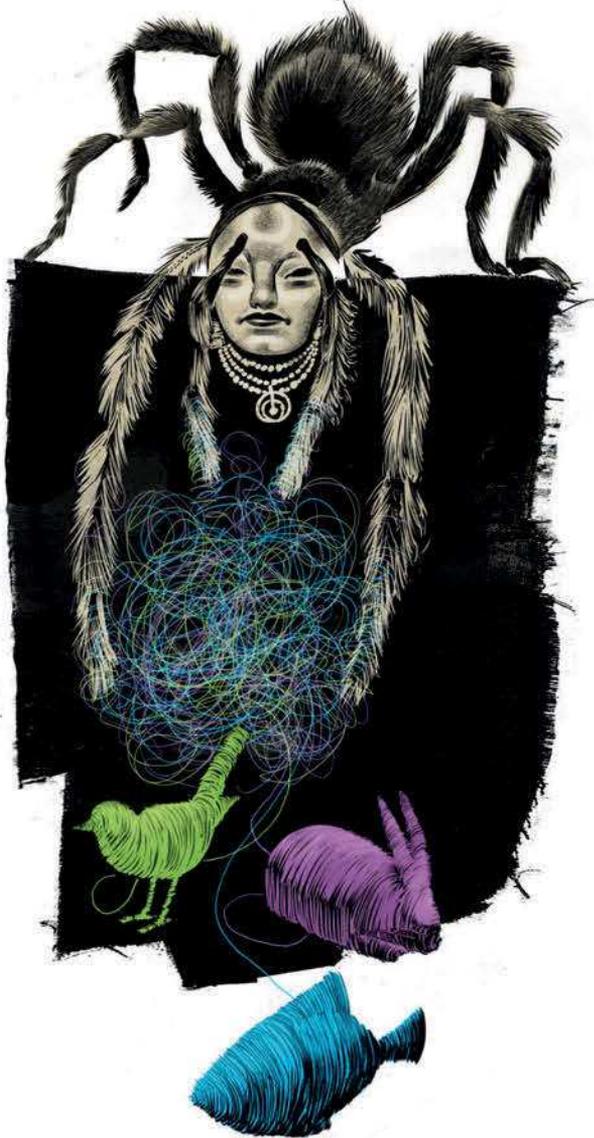
MANY different kinds of animals?

bekerja sama? Maka dia memutuskan untuk “mengacaukan bahasa mereka” agar mereka “tidak saling memahami omongan”. Menurut mitos itu, demikianlah alasannya ada begitu banyak bahasa, dan mengapa, ketika orang mencoba berbicara dengan orang lain dari suku atau negara lain, omongan mereka sering kali terdengar seperti racauan tanpa arti. Aneh juga, tidak ada hubungan antara kata “babble” (racauan) dalam bahasa Inggris dengan Menara Babel.

Saya berharap menemukan mitos serupa mengenai keanekaragaman luar biasa hewan-hewan, karena ada kemiripan antara evolusi bahasa dan evolusi hewan, seperti yang akan kita lihat. Namun sepertinya tidak ada mitos apa pun yang secara spesifik membahas mengenai *jumlah jenis* hewan yang banyak sekali.

Ini mengejutkan, karena ada bukti tidak langsung bahwa banyak suku yang sangat menyadari fakta bahwa ada banyak jenis hewan. Pada 1920-an, seorang ilmuwan Jerman terkenal bernama Ernst Mayr melakukan studi perintis mengenai burung di dataran tinggi Papua. Dia menyusun daftar berisi 137 spesies, kemudian dengan kaget mendapati bahwa suku-suku lokal Papua memiliki nama tersendiri bagi 136 spesies di antaranya.

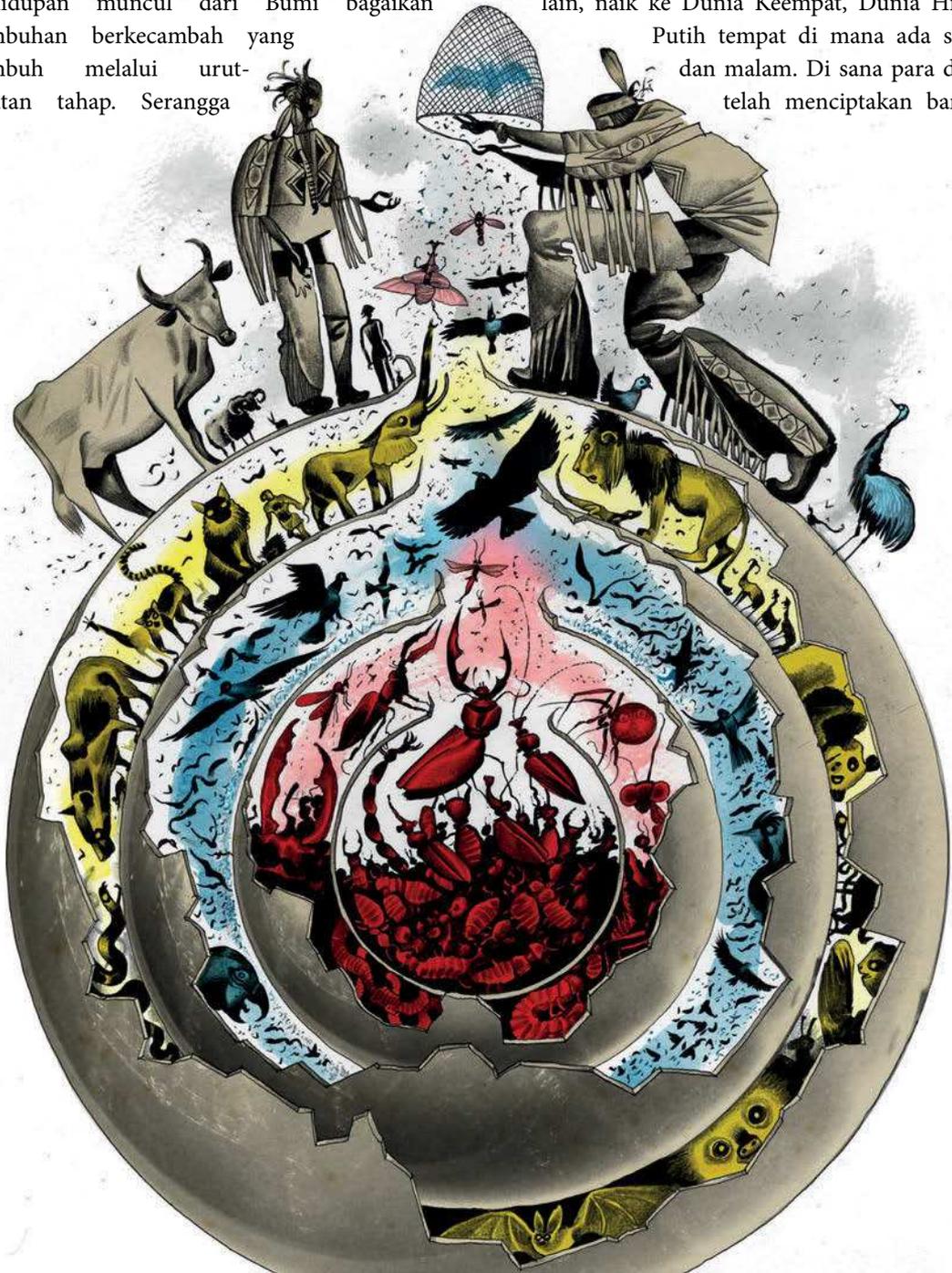
Kembali ke mitos-mitos itu. Suku Hopi di Amerika Utara memiliki seorang dewi bernama Perempuan Laba-laba. Dalam mitos penciptaan mereka, sang Perempuan Laba-laba bekerja sama dengan Tawa sang Dewa Matahari, dan mereka

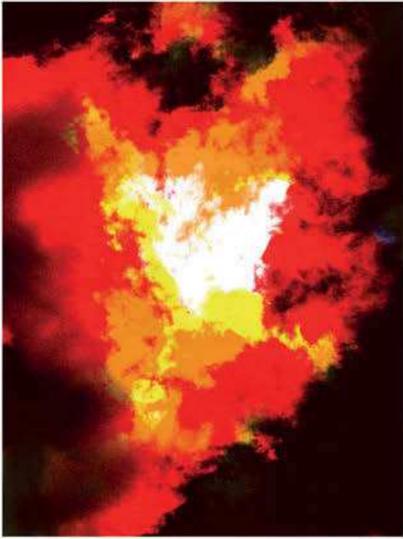


berduet menyanyikan Lagu Sihir Pertama. Lagu itu memunculkan Bumi dan kehidupan. Perempuan Laba-laba kemudian mengambil benang-benang pikiran Tawa dan menjalinnya menjadi bentuk yang padat, sehingga terciptalah ikan, burung, dan semua hewan lain.

Suku-suku lain dari Amerika Utara, Pueblo dan Navajo, memiliki mitos kehidupan yang sedikit mirip dengan gagasan mengenai evolusi: kehidupan muncul dari Bumi bagaikan tumbuhan berkecambah yang tumbuh melalui urutan tahap. Serangga

memanjat dari dunia mereka, Dunia Pertama atau Dunia Merah, menuju Dunia Kedua, Dunia Biru, di mana burung-burung hidup. Dunia Kedua kemudian menjadi terlalu ramai, sehingga burung dan serangga terbang ke Dunia Ketiga atau Dunia Kuning, di mana manusia dan mamalia lain hidup. Dunia Kuning kemudian juga menjadi terlalu ramai dan makanan menjadi langka, sehingga mereka semua, serangga, burung, dan semua makhluk lain, naik ke Dunia Keempat, Dunia Hitam Putih tempat di mana ada siang dan malam. Di sana para dewa telah menciptakan bangsa



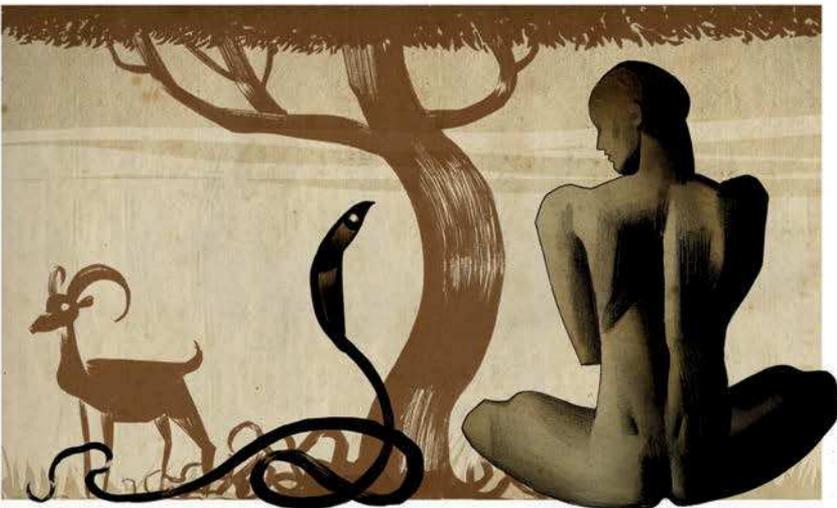


yang lebih pintar yang tahu bagaimana cara bertani di Dunia Keempat dan yang mengajarkan bagaimana cara melakukannya kepada para pendatang baru itu.

Kisah penciptaan Yahudi lebih dekat lagi dengan pengakuan terhadap keanekaragaman, namun tidak benar-benar berusaha menjelaskannya. Sebenarnya, kitab suci Yahudi memiliki dua mitos penciptaan berbeda, seperti yang kita lihat di bab sebelumnya. Dalam mitos yang pertama, tuhan Yahudi menciptakan segala sesuatu dalam enam hari. Dia pada hari kelima menciptakan ikan, paus, dan semua makhluk laut, serta burung-burung di langit. Dia menciptakan hewan-hewan darat, termasuk manusia, pada hari keenam. Bahasa mitos tersebut memang menyebutkan soal jumlah dan keberagaman makhluk hidup—misalnya, “Maka Tuhan menciptakan binatang-binatang laut yang besar dan segala jenis makhluk hidup yang bergerak, yang berkeriapan dalam air, dan segala jenis burung yang bersayap”, dan menciptakan “segala jenis binatang liar” dan “segala jenis binatang melata di muka Bumi”. Namun mengapa bisa ada sedemikian banyak ragam seperti itu? Tidak ada penjelasannya.



Dalam mitos kedua kita memperoleh sedikit petunjuk bahwa manusia pertama yang tercipta membutuhkan beraneka macam pendamping. Sang manusia pertama, diciptakan sendirian dan ditempatkan dalam taman yang indah. Kemudian disadari bahwa “Tidaklah baik bila manusia sendirian” dan “dijadikanlah segala binatang liar di padang dan segala burung di udara; Dibawakanlah semuanya kepada manusia itu untuk melihat, bagaimana ia menaminya”.



Why are there **REALLY** so many different kinds of animals?



Sebenarnya mengapa ada banyak sekali jenis hewan?

TUGAS menamai semua hewan sungguh sulit—lebih sulit daripada yang mungkin disadari oleh orang-orang Ibrani kuno. Diperkirakan sejauh ini sekitar 2 juta spesies telah diberi nama ilmiah, dan itu pun baru sebagian kecil dari jumlah spesies yang belum dinamai.

Bagaimana kita memutuskan bahwa dua hewan merupakan anggota spesies yang sama atau dua spesies berbeda? Apabila hewan bereproduksi secara seksual, bisalah kita beri definisi di sini. Dua hewan dianggap berbeda spesies bila mereka tidak bisa berbiak. Ada kasus-kasus menyerempet seperti kuda dan keledai, yang bisa berbiak namun menghasilkan keturunan (disebut bagal) yang tidak subur—alias tidak bisa menghasilkan keturunan sendiri. Karena itu kita menempatkan kuda dan keledai dalam spesies yang berbeda. Yang lebih jelas lagi, kuda dan anjing merupakan spesies

berbeda sebab mereka bahkan tidak mencoba saling mengawini, dan walaupun mencoba tidak bisa menghasilkan keturunan, yang tidak subur sekalipun. Namun spaniel dan pudel merupakan spesies yang sama sebab mereka senang-senang saja saling mengawini, dan anak anjing yang mereka hasilkan bersifat subur.

Setiap nama ilmiah hewan atau tumbuhan terdiri atas dua kata Latin, biasanya dicetak *miring*. Kata yang pertama mengacu kepada “genus” atau kelompok spesies dan kata yang kedua mengacu kepada spesies tertentu di dalam genus itu. *Homo sapiens* (“manusia bijak”) dan *Elephas maximus* (“gajah yang sangat besar”) adalah dua contohnya. Setiap spesies merupakan anggota suatu genus. *Homo* adalah genus. Demikian pula *Elephas*. Singa adalah *Panthera leo* dan genus *Panthera* juga mencakup *Panthera tigris* (harimau), *Panthera*



pardus (macan tutul), dan *Panthera onca* (jaguar). *Homo sapiens* adalah satu-satunya spesies yang masih ada dalam genus kita, namun ada fosil-fosil yang diberi nama seperti *Homo erectus* dan *Homo habilis*. Fosil-fosil mirip manusia lainnya cukup berbeda dengan *Homo* sehingga ditempatkan dalam genus berbeda, misalnya *Australopithecus africanus* dan *Australopithecus afarensis* (tidak ada hubungannya dengan Australia, ngomong-ngomong; australo- hanya berarti “selatan”, dan nama Australia juga berasal dari kata tersebut).

Setiap genus merupakan anggota suatu *famili*, biasanya dicetak dengan tulisan Latin biasa dengan awalan huruf besar. Kucing (termasuk singa, harimau, citah, links, dan berbagai kucing yang lebih kecil) merupakan anggota famili Felidae.

Setiap famili merupakan anggota suatu *ordo*. Kucing, anjing, beruang, lingsang, dan hyena merupakan anggota famili-famili berbeda dalam ordo Karnivora. Monyet, kera (termasuk kita), dan lemur merupakan anggota famili-famili berbeda dalam ordo Primata. Dan setiap ordo tergolong ke dalam suatu kelas. Semua mamalia berada dalam kelas Mamalia.

Bisakah Anda lihat bentuk pohon berkembang dalam benak Anda sewaktu membaca deskripsi urutan pengelompokan ini? Itulah pohon silsilah: pohon dengan banyak cabang, setiap cabang memiliki anak-cabang, dan setiap anak-cabang memiliki anaknya-anak-cabang lagi. Ujung-ujung ranting adalah spesies. Pengelompokan-pengelompokan lain—kelas, ordo, famili, genus—merupakan cabang dan anak-cabang. Keseluruhan pohon adalah semua hidupan di Bumi.

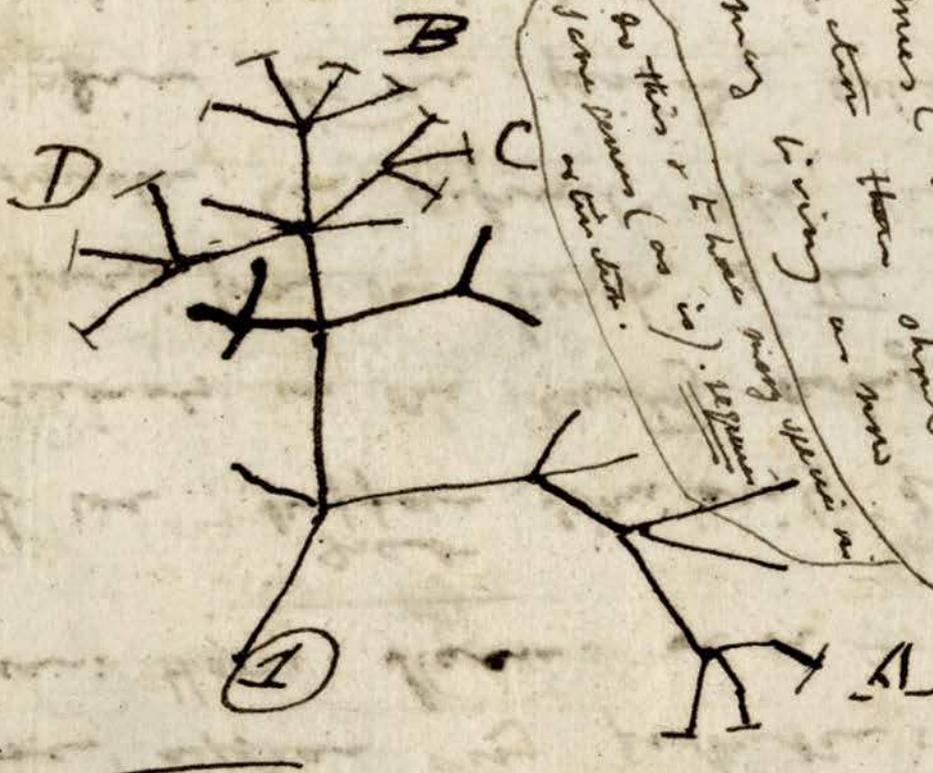
Pikirkanlah mengapa pohon punya sedemikian banyak ranting. Cabang bercabang-cabang. Bila ada cukup banyak cabangnya cabang-cabang, jumlah total ranting bisa jadi sangat banyak. Itulah yang terjadi dalam evolusi. Charles Darwin sendiri menggambar sebatang pohon yang bercabang-cabang sebagai satu-satunya gambar dalam bukunya yang paling tenar, *On the Origin of Species*. Di bawah ini ada versi awal gambar pohon Darwin, yang dia buat sketsanya di salah satu buku catatannya beberapa tahun sebelumnya. Di bagian atas halaman itu dia menulis pesan kecil misterius untuk dirinya sendiri: "Kupikir". Menurut Anda apa maksudnya? Mungkin dia mulai menulis sebuah kalimat dan salah satu anaknya menyelanya sehingga dia tidak pernah selesai menuliskannya. Mungkin baginya lebih mudah untuk mewakili dengan cepat apa yang dia pikirkan dalam diagram daripada dengan kata-kata. Barangkali kita tidak akan pernah tahu. Ada tulisan tangan lain di

halaman itu, namun sulit membacanya. Sungguh menggelitik membaca catatan sungguhan dari seorang ilmuwan akbar, ditulis pada hari tertentu dan tidak dimaksudkan untuk diterbitkan.

Yang berikut ini bukan bagaimana tepatnya pohon silsilah hewan bercabang, namun menjelaskan prinsipnya kepada Anda. Bayangkan satu spesies leluhur pecah menjadi dua spesies. Bila masing-masing spesies itu kemudian pecah lagi menjadi dua, maka kita dapat empat spesies. Bila masing-masing pecah menjadi dua, kita dapat delapan, dan demikian seterusnya menjadi 16, 32, 64, 128, 256, 512... Anda bisa lihat bahwa, bila Anda terus menggandakan angkanya, tidak terlalu lama sampai mencapai angka jutaan spesies. Barangkali itu bisa Anda pahami, namun mungkin Anda bertanya-tanya mengapa spesies pecah. Yah, hal itu terjadi karena alasan yang mirip sekali dengan mengapa bahasa manusia terpecah-pecah, jadi mari kita pikirkan soal itu sejenak.

36

I think



Can you see the
 living
 Do you think it has many species
 as the other
 that are
 about the
 as many

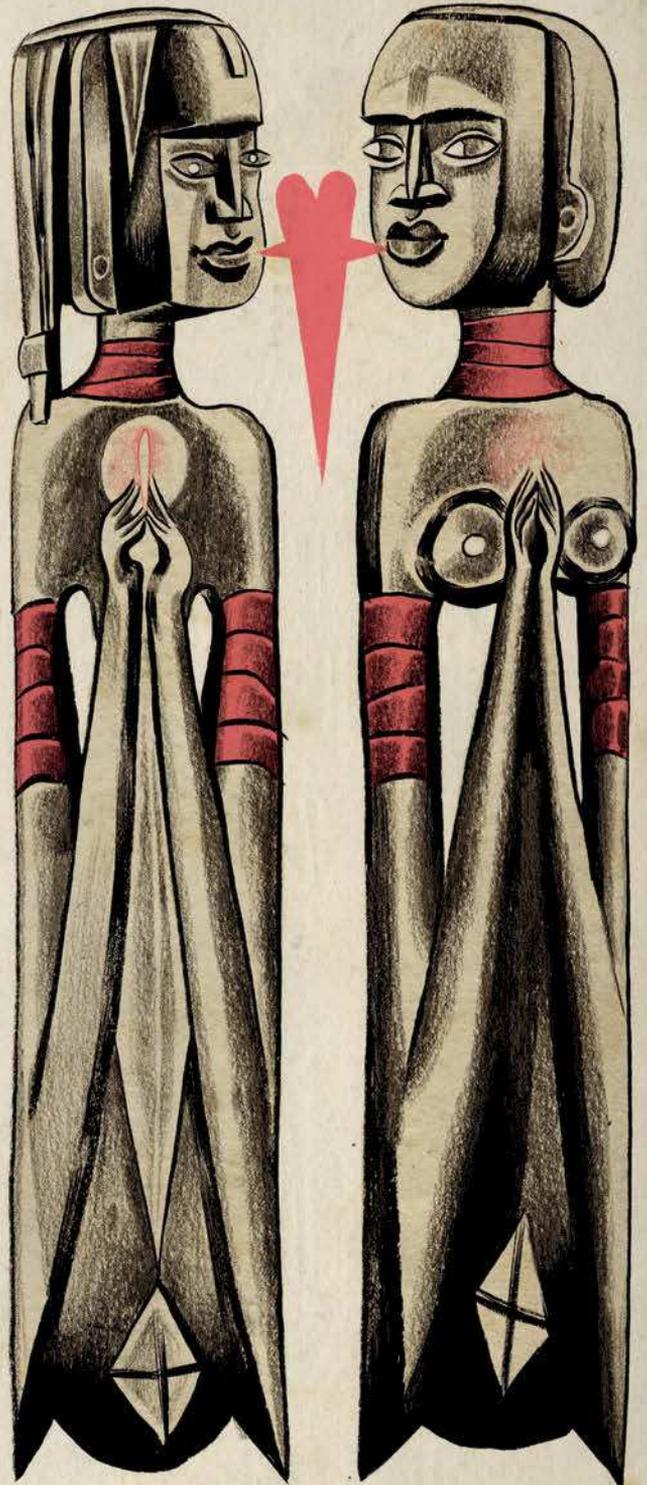
Tarik sampai memisah: bagaimana bahasa dan spesies terbelah

Walaupun legenda Menara Babel, tentu saja, tidak benar, mitos tersebut memunculkan pertanyaan menarik mengenai mengapa ada sedemikian banyak bahasa.

Seperti juga sejumlah spesies lebih mirip satu sama lain dibandingkan dengan spesies lain dan ditempatkan dalam famili yang sama, demikian juga ada famili bahasa. Bahasa Spanyol, Italia, Prancis, dan banyak bahasa dan dialek Eropa seperti Romansch, Galisian, Okitan, dan Katalan sangat mirip satu sama lain; sebutan bagi semuanya sebagai satu kelompok adalah bahasa “Romansa”. Nama itu sebenarnya berasal dari kesamaan akar mereka yaitu bahasa Latin, bahasa di Roma, tidak ada hubungannya dengan romansa, namun marilah gunakan pernyataan cinta sebagai contoh kita. Bergantung kepada di negara mana Anda berada, Anda mungkin mengungkapkan perasaan Anda dalam salah satu cara berikut ini: “Ti amo”, “Amote”, “T’aimi”, atau “Je t’aime”. Dalam bahasa Latin ungkapan itu adalah “Te amo”—tepat sama dengan bahasa Spanyol modern.

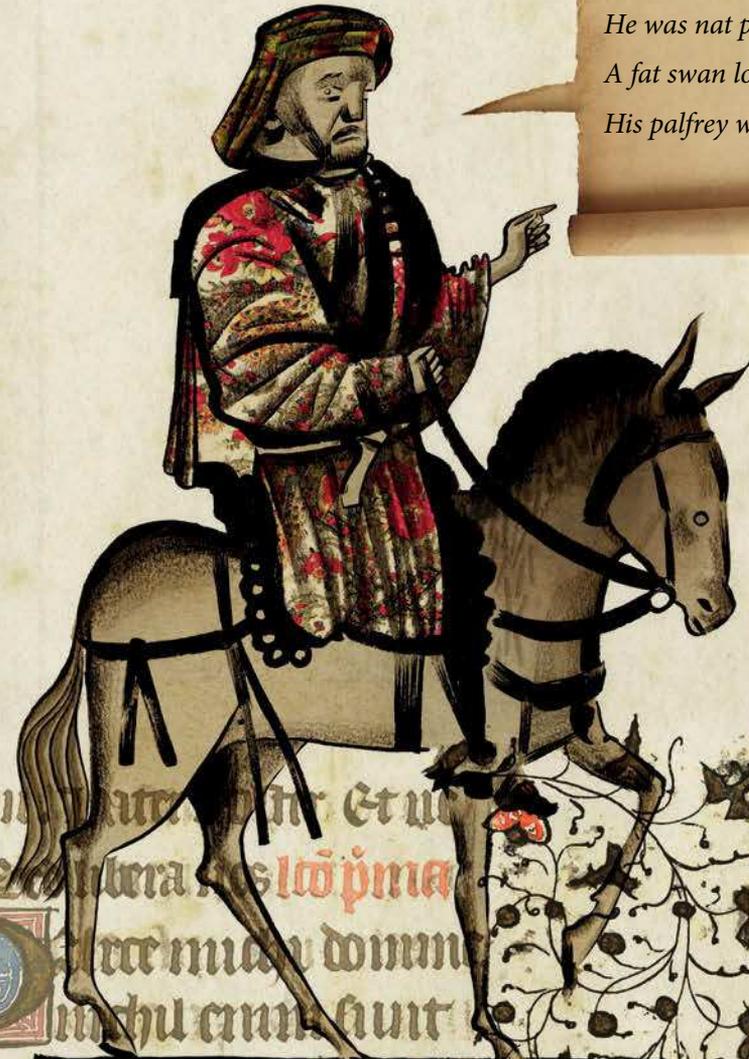
Untuk mengungkapkan cinta Anda kepada seseorang di Kenya, Tanzania, atau Uganda, Anda bisa ucapkan dalam bahasa Swahili “Nakupenda”. Sedikit jauh ke selatan, di Mozambik, Zambia, atau Malawi di mana saya dibesarkan, Anda bisa ucapkan dalam bahasa Chinyanja “Ndimakukonda”. Dalam bahasa-bahasa Bantu lainnya di Afrika selatan Anda bisa ucapkan “Ndinokuda”, “Ndiyakuthanda”, atau, bagi orang Zulu, “Ngiyakuthanda”. Famili bahasa Bantu ini cukup berbeda dari famili bahasa Romansa, dan keduanya berbeda dari famili Jermanik yang mencakup bahasa Belanda, Jerman, dan bahasa-bahasa Skandinavia. Tengoklah bagaimana kita menggunakan kata “famili” untuk bahasa-bahasa kita, seperti juga kita menggunakannya untuk spesies (famili kucing, famili anjing) dan juga, tentu saja, untuk famili kita sendiri (famili Jones, famili Robinson, famili Dawkins).

Tak sulit untuk mencari tahu mengapa famili-famili bahasa-bahasa terkait lama-kelamaan muncul. Dengarkan cara Anda dan teman-teman



berbicara dengan satu sama lain, dan kemudian bandingkan dengan cara kakek-nenek Anda berbicara. Omongan mereka hanya sedikit berbeda dan Anda bisa dengan mudah memahami mereka, namun kakek-nenek hanya berbeda dua generasi dari Anda. Sekarang bayangkan berbicara, bukan dengan kakek-nenek Anda, namun dengan kakek-nenek moyang ke-25 Anda. Jika Anda kebetulan orang Inggris, berarti Anda mundur ke akhir abad keempat belas—masa hidup penyair Geoffrey Chaucer, yang menulis seperti ini:

*He was a lord ful fat and in good poynt;
His eyen stepe, and rolynge in his heed,
That stemed as a forneys of a leed;
His bootes souple, his horn in greet estaat.
Now certainly he was a fair prelaat;
He was nat pale as a forpynd goost.
A fat swan loved he best of any roost.
His palfrey was a broun as is a berye.*



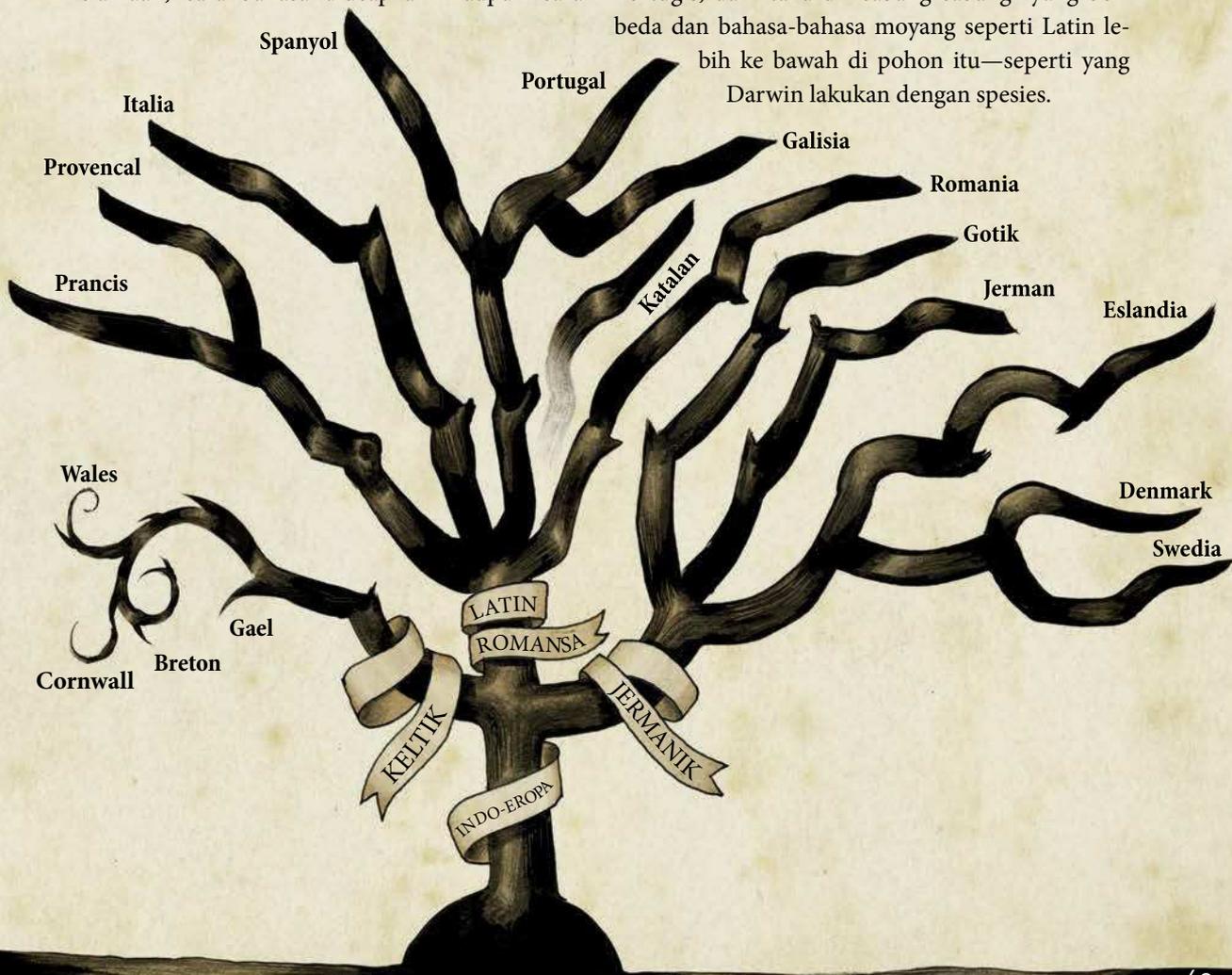
Yah, masih bisa dikenali sebagai bahasa Inggris, ya? Namun taruhan, Anda pasti sulit memahaminya jika Anda dengar kalimat-kalimat itu diucapkan. (Bila Anda ingin coba, Anda bisa mendengarkan seorang aktor masa kini membacakan karya Chaucer di sini: <http://www.youtube.com/watch?v=KxmUOJWisds>.) Dan seandainya berbeda sedikit lagi, Anda mungkin akan anggap itu bahasa terpisah, sama seperti bahasa Spanyol berbeda dari bahasa Italia.

Jadi, bahasa di tempat mana pun berubah dari abad ke abad. Kita bisa sebut bahasa itu “bergeser” menjadi sesuatu yang berbeda. Sekarang tambahkan fakta bahwa orang-orang yang menggunakan bahasa yang sama di tempat-tempat yang berbeda tidak sering-sering berkesempatan mendengarkan satu sama lain berbicara (atau setidaknya inilah yang terjadi ketika telepon dan radio belum ditemukan); dan fakta bahwa bahasa bergeser ke arah yang berbeda-beda di tempat yang berbeda-beda. Itu berlaku bagi cara bahasa diucapkan maupun bagi kata-kata: pikirkan betapa berbeda kedengarannya bahasa Inggris dengan logat Skotlandia, Wales, Tyneside, Cornwall, Australia, atau Amerika. Dan orang-orang Skotlandia dapat dengan mudah membedakan aksen Edinburgh dari aksen Glasgow atau aksen Hebrides. Lama-kelamaan, cara bahasa diucapkan maupun cara

kata-kata digunakan menjadi ciri suatu wilayah; ketika dua cara pengucapan bahasa telah cukup jauh bergeser, kita sebut cara itu “dialek”.

Setelah beberapa abad pergeseran, dialek-dialek wilayah yang berbeda akhirnya menjadi sedemikian berbeda sehingga orang-orang di satu wilayah tak lagi bisa memahami orang-orang di wilayah yang lain. Pada titik itu kita sebut telah terjadi bahasa-bahasa yang berbeda. Itulah yang terjadi ketika bahasa Jerman dan Belanda bergeser, ke arah yang berbeda-beda, dari bahasa moyang yang kini sudah punah. Itulah yang terjadi ketika bahasa Prancis, Italia, Spanyol, dan Portugis bergeser sendiri-sendiri menjauhi bahasa Latin di berbagai bagian Eropa.

Kita bisa menggambar pohon silsilah bahasa, dengan “sepupu-sepupu” seperti bahasa Prancis, Portugis, dan Italia di “cabang-cabang” yang berbeda dan bahasa-bahasa moyang seperti Latin lebih ke bawah di pohon itu—seperti yang Darwin lakukan dengan spesies.

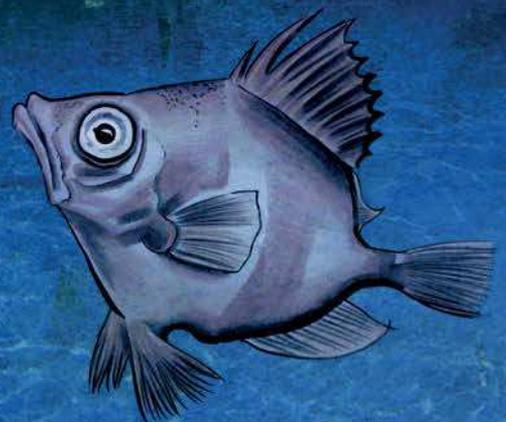


Seperti bahasa, spesies berubah seiring waktu dan seiring jarak. Sebelum kita tengok *mengapa* itu terjadi, kita perlu lihat *bagaimana* spesies melakukannya. Bagi spesies, padanan kata adalah DNA—informasi genetik yang dibawa setiap makhluk hidup dalam tubuhnya yang menentukan bagaimana makhluk tersebut dibuat, seperti yang kita lihat di Bab 2. Sewaktu bereproduksi secara seksual, individu-individu mencampurkan DNA mereka. Dan ketika anggota-anggota suatu populasi lokal bermigrasi ke populasi lokal lain dan mengintroduksi gen mereka ke dalamnya dengan cara mengawini individu-individu di populasi tempat mereka baru bergabung, kita sebut ini “aliran gen” (*gene flow*).

Padanan dari, katakanlah, bahasa Italia dan Prancis yang bergeser menjauh adalah ketika DNA dua populasi terpisah dari satu spesies lama-kelamaan menjadi semakin berkurang kemiripannya. DNA mereka menjadi semakin tidak mampu bekerja sama membuat bayi. Kuda dan keledai bisa kawin, tapi DNA kuda telah bergeser sedemikian jauh dari DNA keledai sehingga DNA keduanya ti-

dak lagi bisa saling memahami. Atau tepatnya, mereka bisa cukup bercampur—kedua “dialek DNA” bisa saling memahami dengan cukup baik—untuk membuat makhluk hidup, yaitu bagal, namun tidak cukup baik untuk membuat individu yang bisa bereproduksi sendiri: bagal, seperti yang kita lihat sebelumnya, bersifat tidak subur.

Satu perbedaan penting antara spesies dan bahasa adalah bahwa bahasa bisa mengambil “kata-kata pinjaman” dari bahasa-bahasa lain. Misalnya, lama setelah bahasa Inggris berkembang sebagai bahasa terpisah dari sumber-sumber Romansa, Jermanik, dan Keltik, bahasa tersebut mengambil “*shampoo*” dari bahasa Hindi, “*iceberg*” dari bahasa Norwegia, “*bungalow*” dari bahasa Benggala, dan “*anorak*” dari bahasa Inuit. Sementara itu, spesies-spesies hewan tidak pernah (atau nyaris tidak pernah) bertukar DNA lagi, begitu mereka telah bergeser cukup jauh sehingga tak lagi bisa berbiak bersama. Bakteri adalah cerita lain: mereka memang bertukar gen, tapi tidak ada cukup tempat di buku ini untuk membahas itu. Dalam sisa bab ini, anggap saya membicarakan soal hewan.



Pulau dan isolasi: kekuatan pemisahan

Jadi, DNA spesies, seperti kata-kata dalam bahasa, bergeser menjauh ketika terpisah. Mengapa itu bisa terjadi? Apa yang mungkin memulai perpisahan? Salah satu kemungkinan yang gamblang adalah laut. Populasi-populasi di pulau-pulau yang terpisah tidak saling bertemu—yah, tidak sering-sering—sehingga kumpulan gen kedua populasi berkesempatan bergeser saling menjauhi. Itu menjadikan pulau-pulau teramat penting dalam kemunculan spesies baru. Namun kita bisa artikan pulau tak hanya sebagai sepotong daratan yang dikelilingi air. Bagi seekor katak, oase di tengah gurun adalah “pulau” di mana dia bisa hidup, dikelilingi oleh gurun di mana dia tidak bisa hidup. Bagi seekor ikan, danau adalah suatu pulau. Pulau punya arti penting, baik bagi spesies maupun bahasa, sebab populasi pulau terputus kontakannya dengan populasi-populasi

lain (mencegah aliran gen pada spesies, seperti juga keterputusan semacam itu mencegah pergeseran bahasa) sehingga bebas untuk mulai berevolusi ke arahnya sendiri.

Poin terpenting berikutnya adalah bahwa populasi di pulau tidak perlu terisolasi total untuk selamanya: gen terkadang bisa menyeberangi penghalang di sekelilingnya, baik itu air maupun daratan yang tak bisa dihuni.

Pada 4 Oktober 1995 jalinan batang kayu dan pohon yang tercerabut terbawa angin ke pantai pulau Anguilla di Karibia. Pada jalinan tersebut terdapat 15 ekor iguana hijau, hidup setelah melalui perjalanan yang pastilah penuh bahaya dari pulau lain, barangkali Guadeloupe, 260 km jauhnya. Dua topan, bernama Luis dan Marilyn, mengamuk di Karibia selama bulan sebelumnya, mencerabut pepohonan dan mencampakkan pepohonan ke laut. Tampaknya salah satu topan itulah yang menumbangkan pohon-pohon yang sedang

dipanjati iguana-iguana itu (mereka suka duduk-duduk di pohon, seperti yang pernah saya lihat di Panama) dan menyeret mereka ke laut. Ketika pada akhirnya mencapai Anguilla, iguana-iguana itu pun merayap keluar dari alat transportasi mereka yang tidak lazim itu ke pantai dan memulai kehidupan baru, mencari makan dan bereproduksi serta mewariskan DNA mereka, di pulau yang merupakan rumah baru mereka.

Kita tahu itu terjadi karena nelayan-nelayan lokal melihat iguana-iguana itu tiba di Anguilla. Berabad-abad sebelumnya, walaupun tidak ada yang menyaksikannya, nyaris pasti sesuatu yang mirip itu membawa leluhur iguana tersebut ke Guadeloupe. Dan cerita yang mirip nyaris pasti merupakan penjelasan bagi keberadaan iguana di Kepulauan Galapagos, tempat kita menuju demi langkah berikutnya dalam cerita kita.

Kepulauan Galapagos penting dalam sejarah karena mengilhami pemikiran awal Charles Darwin





mengenai evolusi ketika, sebagai anggota ekspedisi yang berlayar dengan HMS *Beagle*, dia mengunjungi kepulauan tersebut pada 1835. Galapagos adalah sekumpulan pulau vulkanik di Samudra Pasifik dekat khatulistiwa, sekitar 960 km sebelah barat Amerika Selatan. Semua pulau di kepulauan itu masih muda (hanya beberapa juta tahun usianya), terbentuk oleh gunung-gunung berapi yang tumbuh menjulang dari dasar laut. Artinya semua spesies hewan dan tumbuhan di pulau-pulau itu pastilah tiba dari tempat lain—barangkali benua

Amerika Selatan—dan belum lama tiba, menurut standar evolusi. Begitu

tiba, spesies-spesies dapat menyeberang menempuh jarak yang lebih pendek dari pulau ke pulau, secara cukup sering sehingga mencapai semua pulau itu (barangkali sekali atau dua kali setiap kira-kira seabad) namun cukup jarang

sehingga mereka mampu berevolusi secara terpisah—”bergeser” seperti yang sedari tadi kita gunakan dalam bab ini—selama selang waktu antara penyeberangan-penyeberangan yang jarang terjadi.

Tidak ada yang tahu kapan iguana-iguana pertama tiba di Galapagos. Mereka barangkali berakit-rakit menyeberang dari benua seperti iguana-iguana yang tiba di Anguilla pada 1995. Sekarang pulau Galapagos terdekat ke benua Amerika adalah San Cristobal (Darwin mengenalnya dengan nama Inggrisnya, Chatham), namun jutaan tahun silam juga ada pulau-pulau lain, yang kini telah tenggelam di bawah laut. Iguana-iguana itu boleh

jadi tiba pertama kali di salah satu dari pulau-pulau yang kini tenggelam itu, dan kemudian menyeberang ke pulau-pulau lain, termasuk yang masih berada di atas permukaan air sekarang.

Begitu berada di sana, mereka berkesempatan berkembangbiak di tempat yang baru, seperti yang tiba di Anguilla pada 1995. Iguana-iguana pertama di Galapagos pun berevolusi sehingga menjadi berbeda dari sepupu-sepupu mereka di benua, sebagian semata karena “bergeser” (seperti bahasa) dan sebagian karena seleksi alam akan mengunggulkan keahlian-keahlian yang baru dalam bertahan hidup: pulau vulkanik yang relatif gersang adalah tempat yang sangat berbeda dengan benua Amerika Selatan.

Jarak antar pulau-pulau Galapagos jauh lebih pendek daripada jarak pulau Galapagos mana pun ke benua. Maka penyeberangan laut secara tak disengaja antara pulau-pulau itu pastilah relatif umum terjadi: barangkali sekali dalam satu abad, bukan satu milenium. Dan iguana akhirnya mulai bermunculan di sebagian besar atau semua pulau itu. Lompatan antarpulau cukup jarang sehingga memungkinkan pergeseran evolusi yang menjauh pada pulau-pulau yang berbeda, di antara “kontaminasi” gen oleh lompatan-lompatan pulau berikutnya: cukup jarang sehingga memungkinkan iguana-iguana itu berevolusi sedemikian rupa sampai-sampai ketika bertemu lagi mereka tidak lagi bisa beranak-pinak. Hasilnya adalah bahwa kini ada tiga spesies berbeda iguana darat di Galapagos, yang tidak mampu lagi saling kawin. *Conolophus pallidus* hanya ditemukan di pulau Santa Fe. *Conolophus subcristatus* hidup di beberapa pulau

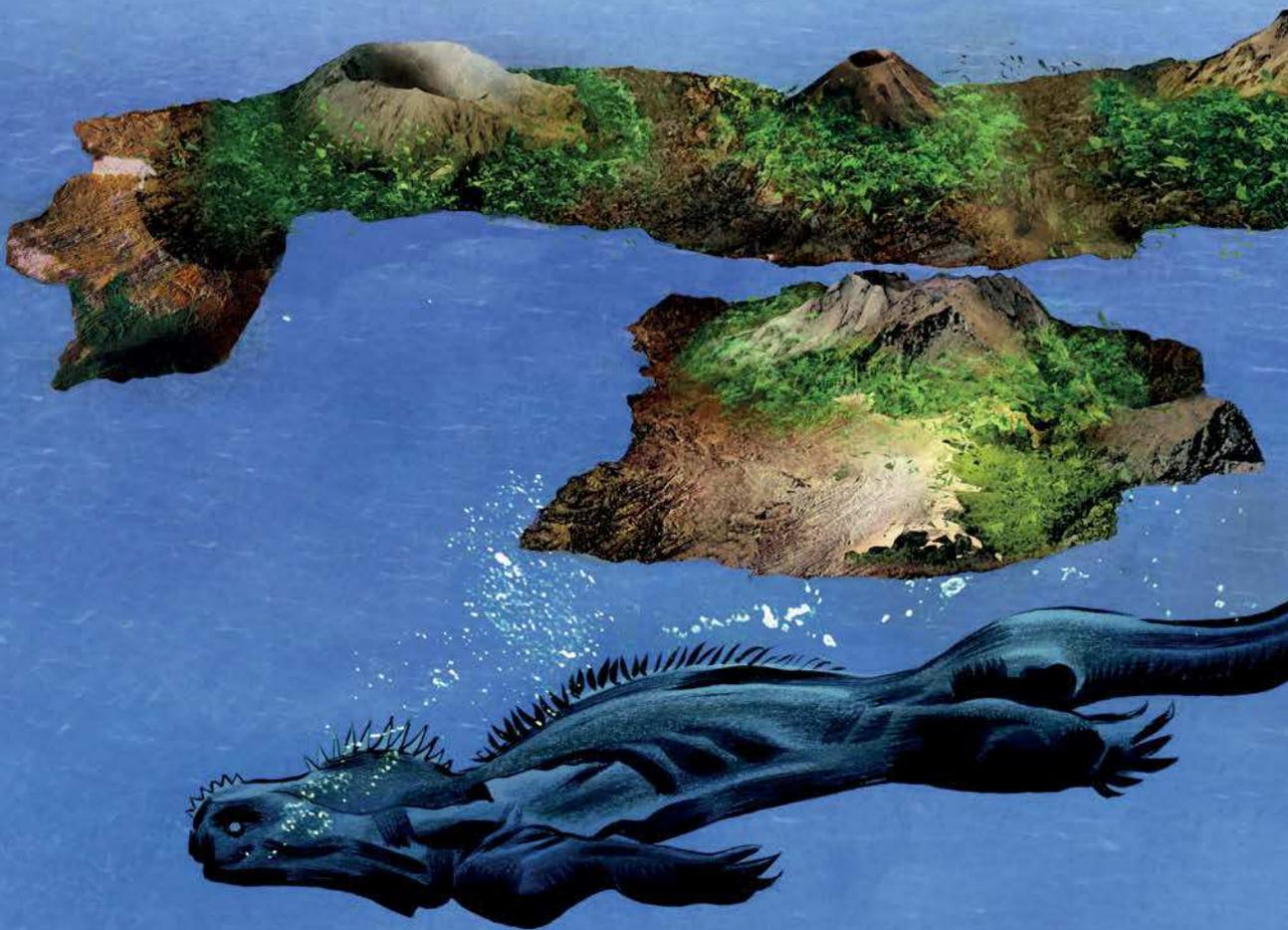


termasuk Fernandina, Isabela, dan Santa Cruz (setiap populasi pulau barangkali sedang mengarah menjadi spesies tersendiri). *Conolophus marthae* terbatas di bagian paling utara dari rantai lima gunung berapi di pulau Isabela yang besar.

Ngomong-ngomong, ada satu lagi hal menarik. Anda ingat saya bilang bahwa danau atau oase bisa dianggap sebagai pulau, walaupun keduanya bukan merupakan daratan yang dikelilingi oleh air? Nah, hal yang sama terjadi di kelima gunung berapi di Isabela. Setiap gunung berapi dalam rantai itu dikelilingi oleh zona vegetasi yang kaya (hijau dalam gambar di bawah), yang merupakan semacam oasis, terpisah dengan gunung berapi berikutnya oleh gurun. Kebanyakan pulau di Galapagos hanya memiliki satu gunung berapi yang besar, namun Isabela punya lima. Bila permukaan laut naik (barangkali akibat pemanasan global), Isabela bisa menjadi lima pulau yang dipisahkan oleh laut. Demikianlah, Anda bisa anggap setiap gunung berapi sebagai semacam pulau di dalam pulau.

Akan seperti itulah kelihatannya bagi seekor hewan seperti iguana darat (atau kura-kura raksasa), yang perlu memakan vegetasi yang ditemukan hanya di lereng-lereng di sekeliling gunung berapi.

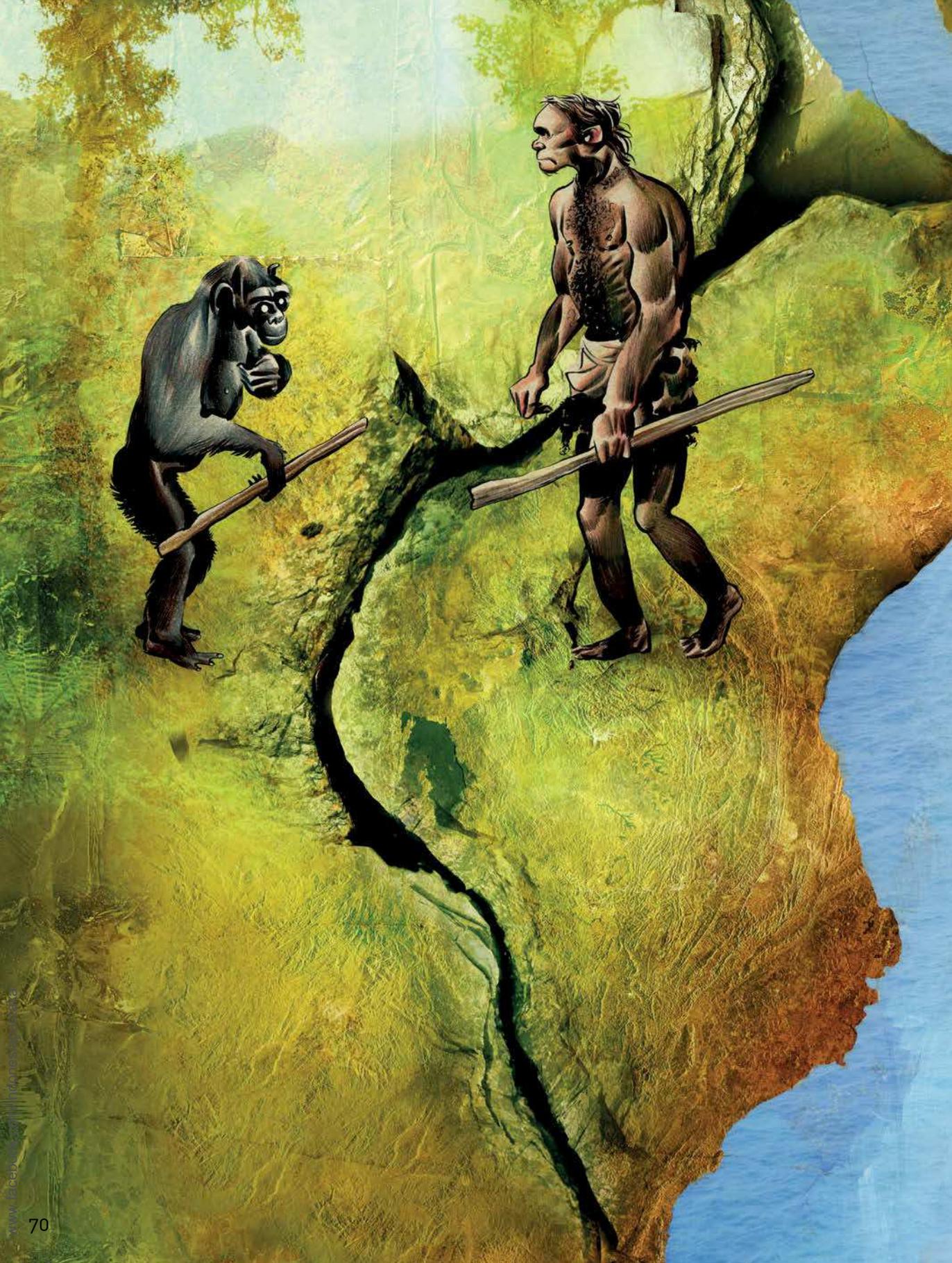
Isolasi macam apa pun oleh rintangan geografis yang bisa diseberangi kadang-kadang, namun tidak terlalu sering, menyebabkan percabangan evolusi. (Sebenarnya, tidak harus rintangan geografis. Ada kemungkinan-kemungkinan lain, terutama pada serangga, namun agar mudah saya tidak akan bahas mereka di sini.) Dan begitu populasi-populasi yang telah terpisah itu telah bergeser cukup menjauh sehingga tidak lagi bisa berbiak, rintangan geografis itu tidak lagi dibutuhkan. Kedua spesies itu bisa menjalani evolusi mereka sendiri-sendiri tanpa pernah terkontaminasi lagi oleh DNA satu sama lain. Perpishan semacam inilah yang terutama merupakan penyebab awal munculnya semua spesies baru di planet ini: bahkan, seperti yang akan kita lihat, perpishan awal moyang bekicot (misalnya) dari moyang semua vertebrata termasuk kita.



Pada satu titik dalam sejarah iguana di Galapagos, terjadi suatu percabangan yang memunculkan satu spesies baru yang sangat janggal. Di salah satu pulau itu—kita tidak tahu yang mana—populasi lokal iguana darat mengubah cara hidup sepenuhnya. Bukannya memakan tumbuhan darat di lereng-lereng gunung berapi, mereka mendarat di pantai dan mulai memakan rumput laut. Seleksi alam kemudian menggugulkan individu-individu yang ahli berenang, hingga kini keturunan mereka terbiasa menyelam guna menyantap rumput laut di bawah air. Mereka disebut iguana laut, dan tidak seperti iguana darat, hanya ditemukan di Galapagos. Mereka memiliki banyak ciri aneh yang membuat mereka sesuai bagi kehidupan di laut, dan ini

membuat mereka betul-betul berbeda dari iguana darat di Galapagos maupun tempat lain mana pun di dunia. Mereka jelas berevolusi dari iguana darat, namun mereka bukanlah sepupu yang dekat betul dengan iguana darat Galapagos masa kini, sehingga mungkin mereka berevolusi dari genus lain yang kini telah punah, yang mengkolonisasi kepulauan itu dari daratan utama lama sebelum *Conolophus* yang ada sekarang. Ada beberapa ras iguana laut, namun hanya ada satu spesies, di pulau yang berbeda-beda. Suatu hari ras-ras pulau yang berbeda-beda itu barangkali akan bergeser cukup menjauh sehingga bisa disebut spesies-spesies berbeda dalam satu genus iguana laut.







Cerita yang mirip terjadi pada kura-kura raksasa, kadal lava, pecuk tuna-terbang yang aneh, burung peniru, burung *finch*, dan banyak hewan serta tumbuhan lain di Galapagos. Dan hal yang sama terjadi di seluruh dunia. Galapagos hanyalah contoh yang teramat jelas. Pulau-pulau (termasuk danau, oase, dan gunung) menghasilkan spesies-spesies baru. Sungai dapat melakukan hal yang sama. Bila satu jenis hewan sulit menyeberangi sungai, gen-gen dalam populasi di kedua sisi sungai bisa bergeser menjauh, seperti satu bahasa bisa bergeser menjadi dua dialek, yang kemudian bergeser menjadi dua bahasa berbeda. Pegunungan dapat memainkan peran yang sama dalam perpisahan. Demikian pula dengan *jarak* semata. Mencit di Spanyol mungkin dihubungkan oleh rantai macam-macam mencit yang saling berbiak di seluruh benua Asia sampai ke Tiongkok. Namun butuh waktu lama bagi suatu gen untuk berkelana dari mencit ke mencit melintasi jarak yang selebar itu, sehingga sama saja mereka berada di pulau-pulau terpisah. Dan evolusi mencit di Spanyol dan Tiongkok mungkin bergeser ke arah yang berbeda-beda.

Ketiga spesies iguana darat Galapagos hanya memiliki beberapa ribu tahun untuk bergeser menjauh dalam evolusi mereka. Setelah berlalunya beberapa ratus juta tahun, keturunan-keturunan satu spesies leluhur bisa sangat berbeda, taruhlah kecoak dengan buaya. Bahkan memang secara harfiah benar bahwa pada suatu masa pernah ada nenek moyang-moyang-moyang kecoak (dan banyak hewan lain termasuk bekicot dan kepiting) yang juga merupakan moyang agung (mari kita gunakan kata “moyang-gung”) buaya (belum lagi semua vertebrata lain). Namun kita harus mundur sangat jauh sekali, mungkin lebih daripada semiliar

tahun, sebelum kita menemukan moyang-gung yang setua dan sepurba itu. Itu waktu yang terlalu lama bagi kita untuk sekadar menebak-nebak rintangan macam apa yang awalnya memisahkan mereka. Apa pun itu, pastilah rintangan itu terdapat di laut, karena pada purbakala tidak ada hewan yang hidup di darat. Barangkali spesies moyang-gung hanya bisa hidup di terumbu karang, dan dua populasi mendapati diri masing-masing berada di sepasang terumbu karang yang dipisahkan oleh jurang dalam yang berarus deras.

Seperti yang kita lihat di bab sebelumnya, kita hanya perlu mundur 6 juta tahun untuk menemukan moyang-gung bersama paling muda yang dimiliki semua manusia dan simpanse. Itu belum begitu lama sehingga kita bisa menebak rintangan geografis yang mungkin menyebabkan pemisahan awal. Ada yang mengajukan bahwa rintangan itu adalah Lembah Retakan Besar di Afrika, dengan manusia berevolusi di sisi timur dan simpanse di sisi barat. Nantinya, garis keturunan simpanse memisah menjadi simpanse biasa dan simpanse katai atau bonobo; ada juga yang mengusulkan bahwa rintangan dalam kasus tersebut adalah sungai Kongo. Seperti yang kita lihat di bab sebelumnya, moyang-gung bersama semua mamalia yang masih ada hidup sekitar 185 juta tahun lalu. Sejak saat itu, keturunan-keturunannya telah bercabang lagi dan lagi dan lagi, menghasilkan ribuan spesies mamalia yang kita lihat kini, termasuk 231 spesies karnivora (anjing, kucing, lingsang, beruang, dsb.), 2.000 spesies pengerat, 88 spesies paus dan lumba-lumba, 196 spesies hewan bertelapak (sapi, antelop, babi, kijang, domba), 16 spesies dalam famili kuda (kuda, zebra, tapir, dan badak), 87 kelinci dan terwelu, 977 spesies kelelawar, 68 spesies kangguru, 18 spesies kera (termasuk manusia), dan banyak sekali spesies yang keburu punah (termasuk segelintir spesies manusia yang punah dan hanya diketahui dari fosil).

Adukan, seleksi, dan kesintasan

Saya ingin menyimpulkan bab ini dengan sekali lagi menuturkan kisah tersebut dengan bahasa yang agak berbeda. Saya telah menyinggung secara ringkas soal *aliran gen*; ilmuwan juga membicarakan tentang sesuatu yang disebut *kolam gen* (*gene pool*), dan sekarang saya ingin jabarkan secara lebih panjang-lebar mengenai apa artinya. Tentu saja tidak ada kolam gen yang harfiah. Kata “kolam” mengesankan sesuatu yang cair, di mana gen-gen diaduk-aduk. Namun gen hanya ditemukan di dalam sel tubuh yang hidup. Jadi apa artinya bila kita membicarakan soal kolam gen?

Dalam setiap generasi, reproduksi seksual memastikan gen-gen dikocok seperti kartu. Anda terlahir dengan gen-gen hasil kocokan dari ayah dan ibu Anda, yang berarti hasil kocokan gen keempat kakek-nenek Anda. Hal yang sama berlaku bagi setiap individu dalam populasi selama rentang waktu evolusi yang teramat panjang: ribuan tahun, puluhan ribu tahun, ratusan ribu tahun. Selama masa itu, proses pengocokan seksual ini memastikan gen-gen di dalam seluruh populasi dikocok secara menyeluruh, dengan kata lain diaduk-aduk, sehingga masuk akal bila kita membicarakan tentang kolam raksasa bergelora yang berisi gen-gen: “kolam gen”.

Anda ingat definisi kita bahwa spesies adalah sekelompok hewan atau tumbuhan yang bisa saling berbiak? Sekarang Anda bisa lihat mengapa definisi ini penting. Bila dua hewan merupakan anggota spesies yang sama dalam populasi yang sama, itu berarti gen mereka diaduk-aduk dalam kolam gen yang sama. Bila dua hewan merupakan anggota dua

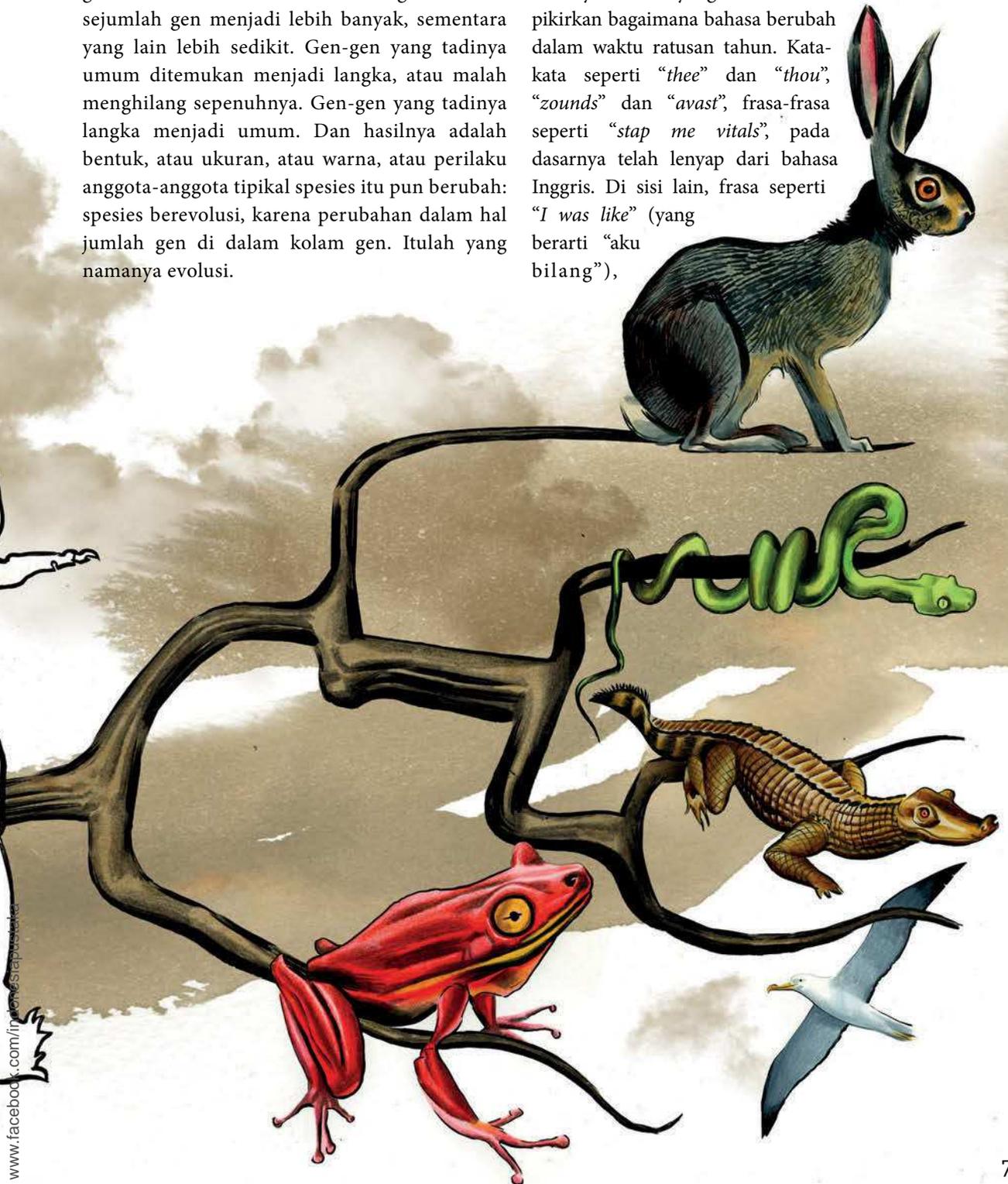
spesies berbeda, mereka tidak bisa menjadi anggota kolam gen yang sama karena DNA mereka tidak bisa bercampur dalam reproduksi seksual, bahkan meskipun mereka hidup di negara yang sama dan sering bertemu. Bila populasi-populasi dari spesies yang sama terpisah secara geografis, kolam gen mereka berkesempatan bergeser menjauh—sedemikian jauh sampai-sampai akhirnya bila mereka kebetulan bertemu lagi, mereka tidak lagi bisa saling berbiak. Kini setelah kolam-kolam gen mereka tak lagi bercampur, mereka menjadi spesies-spesies berbeda dan dapat terus menjauh selama



jutaan tahun sampai ke satu titik di mana mereka mungkin telah menjadi sedemikian berbeda satu sama lain, seperti manusia berbeda dengan kecoak.

Evolusi berarti perubahan dalam kolam gen. Perubahan dalam kolam gen berarti sejumlah gen menjadi lebih banyak, sementara yang lain lebih sedikit. Gen-gen yang tadinya umum ditemukan menjadi langka, atau malah menghilang sepenuhnya. Gen-gen yang tadinya langka menjadi umum. Dan hasilnya adalah bentuk, atau ukuran, atau warna, atau perilaku anggota-anggota tipikal spesies itu pun berubah: spesies berevolusi, karena perubahan dalam hal jumlah gen di dalam kolam gen. Itulah yang namanya evolusi.

Mengapa berbagai gen berubah seiring berlalunya generasi demi generasi? Yah, justru mengejutkan kalau tidak terjadi perubahan, mengingat lamanya waktu yang berlalu. Coba pikirkan bagaimana bahasa berubah dalam waktu ratusan tahun. Kata-kata seperti “*thee*” dan “*thou*”, “*zounds*” dan “*avast*”, frasa-frasa seperti “*stap me vitals*”, pada dasarnya telah lenyap dari bahasa Inggris. Di sisi lain, frasa seperti “*I was like*” (yang berarti “aku bilang”),



yang tidak akan bisa dipahami 20 tahun lalu, kini umum digunakan. Demikian pula kata “cool” sebagai pujian.

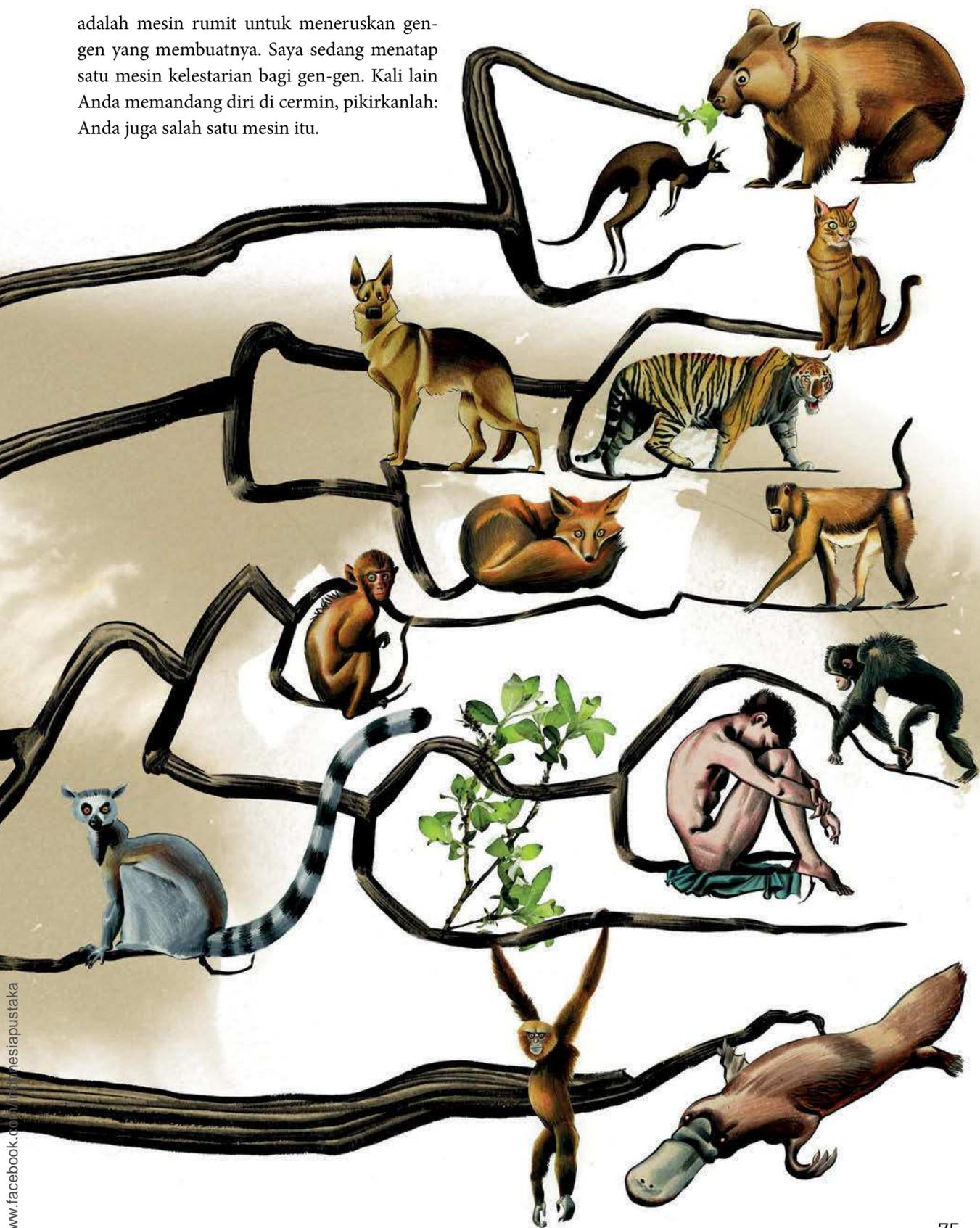
Sejauh ini dalam bab ini, saya belum perlu melangkah lebih jauh daripada gagasan bahwa kolam-kolam gen di populasi-populasi yang terpisah bisa bergeser menjauh, seperti bahasa. Namun sebenarnya, pada spesies, ada lebih banyak yang terjadi, tak hanya pergeseran. Yang “lebih banyak” ini adalah seleksi alam, proses mahapenting yang merupakan penemuan terbesar Charles Darwin. Tanpa seleksi alam pun kita bisa duga bahwa kolam-kolam gen yang kebetulan terpisah akan bergeser menjauh. Namun pergeseran itu terjadi tanpa tujuan. Seleksi alam mendorong evolusi ke arah yang bertujuan: yaitu arah menuju kelestarian. Gen-gen yang lestari dalam kolam gen adalah gen-gen yang bagus dalam hal kelestarian. Dan apa yang membuat suatu gen bagus dalam kelestarian? Gen itu membantu gen-gen lain membangun tubuh yang bagus untuk bertahan hidup dan bereproduksi: tubuh-tubuh yang bertahan cukup lama sehingga bisa mewariskan gen-gen yang membantu mereka bertahan hidup.

Cara gen melakukannya bervariasi dari spesies ke spesies. Gen-gen lestari dalam tubuh burung atau kelelawar dengan membantu hewan-hewan itu menumbuhkan sayap. Gen-gen lestari dalam tubuh

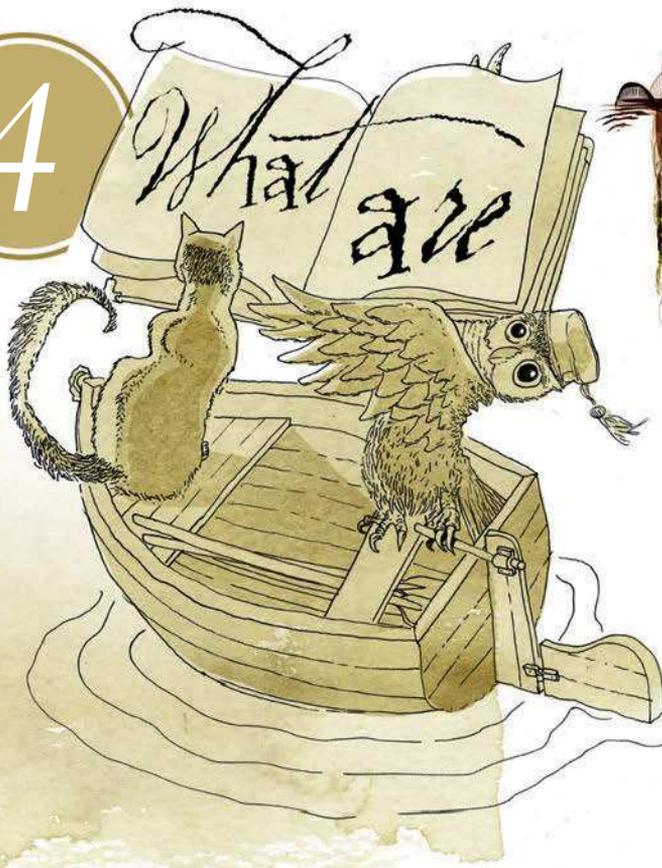
tikus mondok dengan membantu tikus mondok membangun tangan kokoh bagaikan sekop. Gen-gen lestari dalam tubuh singa dengan membantu membuat kaki-kaki yang berlari cepat, juga cakar dan gigi yang tajam. Gen-gen lestari dalam tubuh antelop dengan membantu membangun kaki-kaki yang berlari cepat, juga pendengaran dan penglihatan yang tajam. Gen-gen lestari dalam tubuh serangga daun dengan membuat serangga yang tidak bisa dibedakan dengan daun. Apa pun rinciannya, pada semua spesies yang paling penting adalah kelestarian gen dalam kolam gen. Kali berikutnya Anda melihat hewan—hewan apa saja—atau tumbuhan apa saja, pandanglah dia dan katakan kepada diri Anda sendiri: yang saya sedang lihat



adalah mesin rumit untuk meneruskan gen-gen yang membuatnya. Saya sedang menatap satu mesin kelestarian bagi gen-gen. Kali lain Anda memandang diri di cermin, pikirkanlah: Anda juga salah satu mesin itu.



4



Anggaplah Anda mengambil sepotong sesuatu barang dan memotongnya menjadi dua, menggunakan pisau silet tertipis dan tertajam yang bisa Anda temukan.



Kemudian Anda potong menjadi dua, lalu potong lagi masing-masing belahan menjadi dua, dan seterusnya, berulang-ulang.



Apakah potongan-potongan itu pada akhirnya menjadi sedemikian kecil sehingga tidak bisa dipotong menjadi lebih kecil lagi? Seberapa tipis ujung pisau silet itu? Seberapa kecil ujung tajam sebatang jarum?



Apa nama potongan terkecil yang menyusun segala sesuatu?

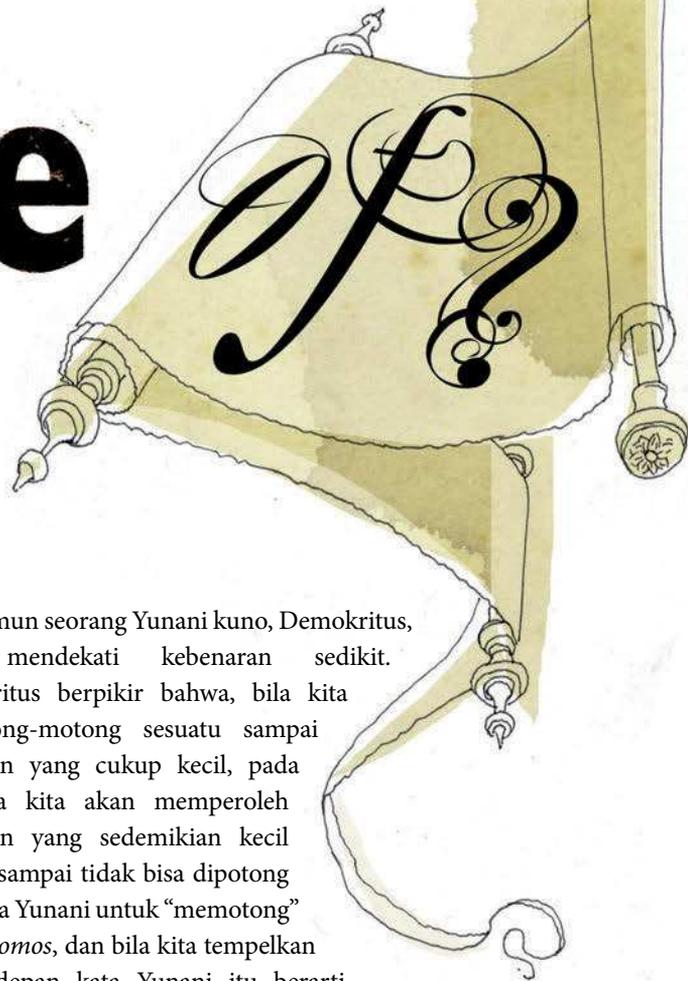
PADA ZAMAN RATU VICTORIA, salah satu buku favorit anak-anak adalah *Book of Nonsense* karya Edward Lear. Selain syair Burung Hantu dan Kucing (yang mungkin Anda tahu karena masih terkenal), keluarga Jumbly, dan si Pobble yang Tak Berjari Kaki, saya suka Resep-resep di pengujung buku. Resep Crumboblious Cutlet adalah seperti ini:

Ambil beberapa iris daging sapi, dan setelah memotong-motongnya menjadi irisan-irisan terkecil yang mungkin, terus potong-potong sampai lebih kecil lagi, delapan atau barangkali sembilan kali.

Apa yang kita dapat bila kita terus memotong-motong benda menjadi semakin kecil? Peradaban-peradaban kuno di Yunani, Tiongkok, maupun India tampaknya telah mencapai gagasan yang sama bahwa segala sesuatu terbuat dari empat "unsur": udara, air, api, dan tanah.

made

| *Segala sesuatu itu
terbuat dari apa?*



Namun seorang Yunani kuno, Demokritus, lebih mendekati kebenaran sedikit. Demokritus berpikir bahwa, bila kita memotong-motong sesuatu sampai potongan yang cukup kecil, pada akhirnya kita akan memperoleh potongan yang sedemikian kecil sampai-sampai tidak bisa dipotong lagi. Kata Yunani untuk “memotong” adalah *tomos*, dan bila kita tempelkan “a” di depan kata Yunani itu berarti “tidak” atau “tidak bisa”. Maka “atom” berarti sesuatu yang terlalu kecil sehingga tidak bisa dipotong lebih kecil lagi, dan itulah asal kata “atom” yang kita gunakan. Atom emas adalah potongan terkecil emas yang tidak bisa dipotong lebih kecil lagi. Atom besi adalah potongan terkecil besi yang tidak bisa dipotong lebih kecil lagi. Dan demikian seterusnya.





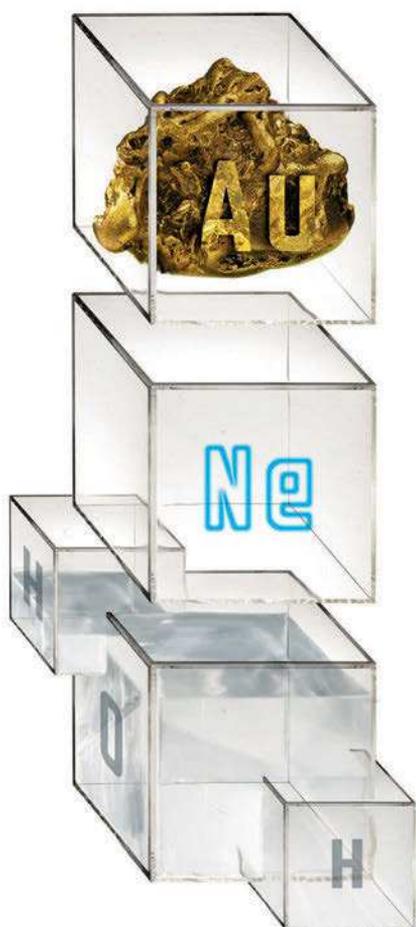
Kita kini tahu bahwa ada sekitar **100** jenis atom yang berbeda, dan hanya **90** di antaranya dapat ditemukan di alam. Yang lainnya adalah hasil godokan para ilmuwan di laboratorium, namun hanya dalam jumlah kecil.

Zat murni yang terdiri hanya dari satu jenis atom disebut unsur (kata yang sama dengan yang dulu digunakan untuk tanah, udara, api, dan air, namun dengan makna yang berbeda). Contoh-contoh unsur adalah hidrogen, oksigen, besi, klorin, tembaga, natrium, emas, karbon, merkuri, dan nitrogen. Sejumlah unsur, misalnya molibdenum, jarang ditemukan di Bumi (makanya Anda mungkin belum pernah dengar tentang molibdenum) namun lebih umum ditemukan di tempat lain di alam semesta (bila Anda bertanya-tanya bagaimana kita bisa mengetahui itu, tunggu sampai Bab 8).

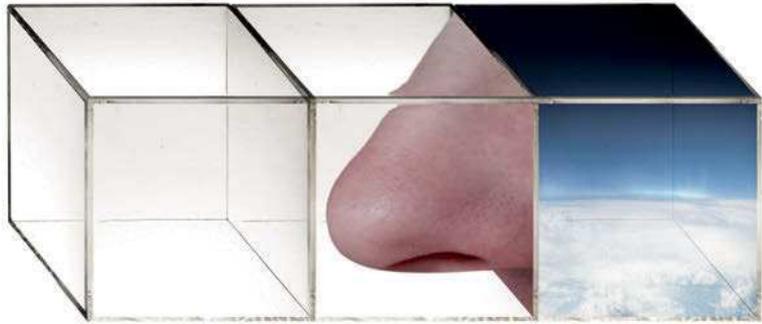
Logam-logam seperti besi, timbel, tembaga, seng, timah, dan merkuri merupakan unsur. Demikian pula gas-gas seperti oksigen, hidrogen, nitrogen, dan neon. Namun kebanyakan zat yang kita lihat di sekeliling kita bukanlah unsur, melainkan senyawa. Senyawa adalah apa yang kita dapat bila kita menggabungkan dua atau lebih atom berbeda dengan cara tertentu. Barangkali Anda pernah dengar air disebut sebagai "H₂O". Itu rumus kimia air, dan artinya

air merupakan senyawa yang terbuat dari satu atom oksigen yang bergabung dengan dua atom hidrogen. Sekelompok atom yang bergabung bersama membentuk senyawa disebut *molekul*. Sejumlah molekul sangatlah sederhana: satu molekul air, misalnya, hanya mengandung tiga atom itu saja. Molekul-molekul lain, terutama yang ada di dalam tubuh makhluk hidup, memiliki ratusan atom, semuanya tergabung dalam cara yang sangat unik. Cara atom-atom itu bergabung, juga jenis dan jumlah atom, menjadikan suatu molekul merupakan senyawa tertentu, bukan senyawa lain.

Kita juga bisa gunakan kata "molekul" untuk menjabarkan apa yang kita dapat bila dua atau lebih atom jenis yang sama bergabung. Satu molekul oksigen, gas yang kita butuhkan agar bisa bernapas, terdiri atas dua atom oksigen yang bergabung. Terkadang tiga atom oksigen bergabung membentuk sejenis molekul berbeda, disebut ozon. Jumlah atom dalam satu molekul betul-betul membuat perbedaan, meskipun bila atom-atom itu sama semua.



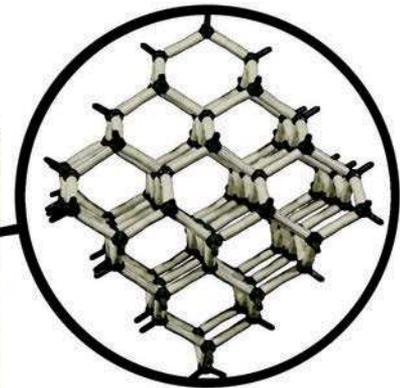
Ozon berbahaya bila terhirup, namun kita mendapatkan keuntungan dari lapisan ozon di atmosfer Bumi sebelah atas, yang melindungi kita dari bagian cahaya Matahari yang paling merusak. Salah satu alasan orang-orang Australia harus amat berhati-hati sewaktu berjemur adalah ada “lubang” di lapisan ozon di sebelah selatan Bumi.



Kristal—atom-atom yang berbaris

Kristal berlian adalah satu molekul besar, tanpa ukuran tetap, terdiri atas jutaan atom unsur karbon yang tergabung menempel, semuanya berjejer dengan cara yang sangat unik. Atom-atom itu berjarak sangat teratur di dalam kristal, sehingga Anda bisa bayangkan mereka bagaikan prajurit sedang berbaris, hanya saja mereka berbaris dalam tiga dimensi, seperti kawanan ikan. Namun jumlah “ikan” dalam kawanan itu—alias jumlah atom karbon dalam kristal berlian terkecil sekalipun—sungguh luar biasa besar, lebih daripada semua ikan (plus semua orang) di dunia. Dan “tergabung menempel” sebenarnya merupakan cara keliru untuk menjabarkan mereka bila ungkapan itu membuat Anda mengira atom-atom itu merupakan gumpalan padat karbon yang terkemas rapat tanpa jarak di antaranya. Sebenarnya, seperti yang akan kita lihat, zat yang paling “padat” terdiri atas ruang kosong. Itu perlu penjelasan lebih lanjut! Nanti saya kembali ke soal itu.

Semua kristal dibangun dengan struktur “prajurit berbaris” yang sama, dengan atom-atom tersusun berjarak teratur dalam pola tertentu yang memberikan bentuk bagi keseluruhan kristal itu. Dan memang itulah yang kita maksudkan dengan kristal. Sejumlah “prajurit” bisa “berbaris” dalam lebih daripada satu cara, menghasilkan kristal-kristal yang amat berbeda. Bila berbaris dalam cara tertentu, atom-atom karbon membentuk kristal berlian yang amat sangat keras.



ATOM-ATOM KARBON
DALAM BERLIAN

Namun bila atom-atom karbon tersusun dalam formasi berbeda, mereka membentuk kristal grafit, sedemikian lunak sehingga digunakan sebagai pelumas.

Kita menganggap kristal sebagai benda-benda cantik yang transparan, dan kita bahkan menggambarkan benda-benda lain seperti air murni sebagai “sebening kristal”. Namun sebenarnya sebagian besar benda padat terbuat dari kristal, dan sebagian besar benda padat tidaklah transparan. Segumpal besi terbuat dari banyak sekali kristal mungil yang terkemas rapat, masing-masing kristal terdiri atas jutaan atom besi, tersusun rapi “bagaikan berbaris” seperti atom-atom karbon dalam kristal berlian. Timbel, aluminium, emas, tembaga—semuanya terbuat dari kristal atom-atom yang berbeda-beda jenisnya. Demikian pula batu, seperti granit atau batu pasir—namun sering kali batu merupakan campuran banyak jenis kristal mungil berbeda yang terkemas menjadi satu.



Pasir juga merupakan kristal. Bahkan, banyak butir pasir semata merupakan potongan kecil batu, yang tergerus oleh air dan angin. Begitu juga lumpur, yang tercampur dengan air atau cairan lain. Kerap kali, butiran pasir dan butiran lumpur menyatu lagi membentuk batuan baru, disebut batuan “endapan” atau “sedimen” karena merupakan endapan pasir dan lumpur yang mengeras. (“Sedimen” adalah potongan-potongan benda padat yang mengendap di dasar cairan, misalnya di sungai, laut, atau danau.) Pasir dalam batu pasir sebagian besar terbuat dari kwarsa dan feldspar, dua kristal yang umum di kerak Bumi. Batu gamping berbeda lagi. Seperti kapur, batu gamping merupakan kalsium karbonat, yang berasal dari rangka karang dan cangkang kerang yang tergerus, termasuk cangkang makhluk-makhluk kecil bersel tunggal yang disebut foraminifera. Bila Anda melihat pantai yang sangat putih, pasirnya kemungkinan besar merupakan kalsium karbonat yang bersumber dari cangkang kerang.

Terkadang kristal sepenuhnya tersusun atas “barisan” jenis atom yang sama—semuanya berasal dari unsur yang sama. Berlian, emas, tembaga, dan besi adalah contohnya. Namun kristal lain terbuat dari dua jenis atom yang berbeda, lagi-lagi berbaris dengan aturan ketat: berselang-seling, misalnya. Garam (garam biasa, garam dapur) bukanlah unsur, melainkan senyawa dua unsur, natrium dan klorin. Dalam kristal garam, atom-atom natrium dan klorin berbaris bersama berselang-seling. Sebenarnya, dalam kasus ini mereka bukan disebut atom melainkan

“ion”, namun saya tidak akan bahas mengapa. Setiap ion natrium memiliki tetangga enam klorin, yang membentuk sudut siku-siku satu sama lain: di depan, belakang, kiri, kanan, atas, dan bawah. Dan setiap ion klorin dikelilingi oleh natrium, dalam cara yang sama. Keseluruhan tatanan itu terdiri atas banyak bujur sangkar, dan itulah mengapa kristal garam, bila kita perbesar menggunakan lensa yang kuat, tampak berbentuk kubus atau setidaknya memiliki tepi-tepi yang persegi. Banyak kristal lain tersusun atas lebih daripada satu jenis atom “berbaris”, dan banyak di antaranya ditemukan dalam batu, pasir, dan tanah.

Padat, cair, gas— bagaimana molekul bergerak

Kristal bersifat padat, namun tak semua benda bersifat padat. Ada juga cairan dan gas. Dalam gas, molekul-molekul bukan saling menempel seperti dalam kristal, melainkan melesat bebas di ruang yang tersedia, bergerak dengan lintasan lurus bagai bola biliar (tapi dalam tiga dimensi, tidak dua dimensi seperti di meja datar). Mereka melesat ke sana-sini sampai menabrak sesuatu, misalnya molekul lain atau dinding wadah, dan bila itu terjadi, mereka akan mental, lagi-lagi bagai bola biliar. Gas bisa dimampatkan, yang menunjukkan bahwa ada banyak ruang kosong di antara atom-atom dan molekul-molekul gas. Sewaktu Anda memampatkan gas, rasanya “bagaikan pegas”. Tempatkan jari Anda di ujung selang pompa sepeda, dan rasakan sifat

pegas pada gas di dalam pompa sewaktu Anda tekan pendorong pompa. Bila Anda pertahankan jari di sana, sewaktu Anda lepaskan pendorong pompa, jari Anda akan terlontar lepas. Sifat bagaikan pegas yang terasa oleh Anda itu disebut “tekanan”. Tekanan adalah efek jutaan molekul udara (campuran nitrogen, oksigen, dan beberapa gas lain) dalam pompa yang mendesak pendorong pompa (dan seluruh bagian

pompa, namun pendorong merupakan satu-satunya bagian yang dapat bergerak menanggapi). Pada tekanan tinggi, desakan terjadi dengan laju yang lebih tinggi.

Tekanan terjadi bila molekul gas dalam jumlah yang sama terkungkung dalam volume yang lebih kecil (misalnya, sewaktu Anda menekan pendorong pompa sepeda). Tekanan juga terjadi bila Anda menaikkan suhu, yang menyebabkan molekul-molekul gas melejit lebih cepat.

Cairan mirip gas, dalam hal molekul-molekulnya bergerak ke sana-ke mari atau “mengalir” (karena itulah keduanya disebut “fluida,” sementara benda padat tidak). Namun molekul-molekul cairan jauh lebih berdekatan satu sama lain daripada molekul-molekul gas. Bila kita menempatkan gas dalam tangki tertutup, gas mengisi tiap sudut dan lekuk dalam tangki sampai ke atas. Volume gas dengan cepat mengembang sehingga memenuhi seluruh tangki. Cairan juga mengisi tiap sudut dan lekuk, namun hanya sampai tingkat tertentu. Cairan dalam jumlah tertentu, tidak seperti gas dalam jumlah yang sama, mempertahankan volume yang tetap, dan gravitasi menariknya ke bawah, sehingga cairan hanya mengisi sebanyak ruang yang dibutuhkan dalam tangki, dari bawah ke atas. Itu karena molekul-molekul cairan tetap berdekatan. Namun tak seperti molekul-molekul benda padat, molekul-molekul cairan memang meluncur saling melewati, sehingga cairan berperilaku selayaknya fluida.

Benda padat bahkan tak mencoba memenuhi ruang tangki—dia mempertahankan bentuk. Itu karena molekul-molekul benda padat tidak meluncur saling melewati seperti molekul-molekul cairan, melainkan tetap berada dalam posisi yang (kira-kira) sama relatif terhadap tetangga-tetangganya. Saya katakan “kira-kira” karena dalam benda padat pun molekul-molekul juga sebenarnya bergerak (lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi): hanya mereka tidak bergerak cukup jauh dari posisi dalam “barisan” kristal sehingga bentuk mereka tak sampai terpengaruh.

Terkadang cairan bersifat “kental”, seperti sirup karamel. Cairan kental mengalir, namun sangat lambat, sehingga walaupun cairan yang sangat kental akhirnya mengisi bagian bawah tangki, butuh waktu lama untuk melakukannya. Sejumlah cairan sangatlah kental—mengalir sedemikian lambat—sehingga bisa dianggap sama saja dengan benda padat. Zat-zat semacam ini berperilaku seperti zat padat, walaupun tidak tersusun dari kristal. Contohnya adalah kaca. Kaca bisa “mengalir”, namun sedemikian lambat sehingga butuh berabad-abad bagi kita untuk menyadarinya. Jadi, demi alasan praktis, kita bisa memperlakukan kaca sebagai benda padat.





Padat, cair, dan gas adalah nama-nama yang kita berikan kepada tiga “fase” umum zat. Banyak zat yang mampu menjadi ketiganya, pada suhu yang berbeda-beda. Di Bumi, metana merupakan gas (seringkali disebut “gas rawa”, sebab gas inilah yang menimbulkan gelembung di rawa, serta terkadang tersulut dan kita melihatnya menyala sebagai “*will-o’-the-wisp*” yang menyeramkan). Namun di Titan, salah satu bulan planet Saturnus yang besar dan sangat dingin, ada danau-danau metana cair. Bila ada planet yang lebih dingin lagi, mungkin di sana ada “batu” metana beku. Kita anggap merkuri sebagai cairan, namun itu hanya berarti merkuri bersifat cair pada suhu biasa di Bumi. Merkuri adalah logam padat bila kita tinggalkan di luar di tengah musim dingin Artik. Besi adalah cairan bila kita panaskan sampai suhu yang cukup tinggi. Bahkan di sekeliling pusat Bumi yang dalam, terdapat lautan besi cair bercampur nikel cair. Siapa tahu, bisa saja ada planet-planet yang sangat panas dengan samudra besi cair di permukaan, dan barangkali ada makhluk-makhluk aneh berenang-renang di dalamnya, walaupun saya meragukan itu. Menurut standar kita, titik beku besi cukup panas, sehingga di permukaan Bumi kita biasanya menjumpainya sebagai “besi—besi dingin”*, sementara titik beku merkuri cukup dingin, sehingga kita biasanya menjumpainya sebagai “air raksa”. Di ujung lain skala suhu, merkuri maupun besi menjadi gas bila kita berikan panas yang mencukupi.

Di dalam atom

Sewaktu kita membayangkan memotong-motong zat menjadi bagian-bagian sekecil mungkin di awal bab ini, kita berhenti di atom. Atom timbel adalah objek terkecil yang masih bisa disebut timbel. Namun bisakah kita memotong suatu atom lebih jauh lagi? Dan akankah atom timbel terlihat seperti kepingan timbel yang kecil sekali? Tidak, atom timbel tidak akan terlihat seperti kepingan timbel yang kecil sekali. Atom timbel tidak akan terlihat seperti apa pun. Itu karena atom terlalu kecil untuk dilihat, dengan mikroskop berdaya tinggi sekalipun. Dan ya, kita bisa memotong atom menjadi potongan yang lebih kecil lagi—namun apa yang akan kita peroleh tidak lagi merupakan unsur yang sama, karena alasan-alasan yang akan segera kita lihat. Terlebih lagi, memotong atom sangat sulit dilakukan, dan menyebabkan terlepasnya energi dalam jumlah menakutkan. Oleh karena itulah, bagi sebagian orang, frasa “memecah atom” terdengar begitu mengerikan. Yang pertama kali memecah atom ialah sang ilmuwan besar Selandia Baru, Ernest Rutherford, pada 1919.

**Iron—cold iron*”. Coba cari di Google. Itu istilah dari penyair Rudyard Kipling, yang sangat saya sukai walaupun dia agak tidak disukai sekarang.



Walaupun kita tidak bisa melihat atom, dan walaupun kita tidak bisa memecahnya tanpa mengubahnya menjadi sesuatu yang lain, bukan berarti kita tidak bisa mencari tahu seperti apa bagian dalamnya. Seperti yang saya jelaskan di Bab I, ketika ilmuwan tidak bisa melihat sesuatu secara langsung, mereka mengajukan “model” tentang kemungkinan seperti apa sesuatu itu, dan kemudian mereka menguji model itu. Model sains adalah cara memikirkan mengenai seperti apa mungkin suatu benda itu sebenarnya. Maka model atom adalah semacam gambaran mental mengenai seperti apa bagian dalam atom itu. Model sains mungkin terlihat seperti hasil khayalan, namun bukan sekadar khayalan. Ilmuwan tidak hanya semata mengajukan model: mereka kemudian menguji model itu. Mereka katakan, “Bila model yang aku khayalkan ini betul, kita bisa duga bahwa di dunia nyata akan bisa diamati hal ini dan itu.” Mereka memperkirakan apa yang akan kita dapati bila kita melaksanakan suatu percobaan tertentu dan melakukan pengukuran-pengukuran yang tertentu juga. Model yang berhasil adalah yang prediksi-prediksinya ternyata benar, terutama bila prediksi-prediksi itu lolos melalui uji percobaan. Dan bila prediksi-prediksi itu ternyata benar, kita harap itu berarti bahwa model tersebut barangkali mewakili kebenaran, atau setidaknya sebagian kebenaran.

Terkadang prediksi-prediksi itu tidak terbukti benar, sehingga para ilmuwan kembali lagi ke awal dan menyesuaikan model itu, atau merancang model yang baru, dan kemudian mengujinya. Yang mana pun itu, proses mengajukan model dan kemudian mengujinya ini—apa yang kita sebut “metode sains”—memiliki peluang jauh lebih besar untuk menjelaskan seperti apa sebenarnya berbagai hal itu dibandingkan mitos paling imajinatif dan cantik yang diciptakan untuk menjelaskan apa yang orang-orang belum—dan sering kali, pada saat mitos itu diciptakan, tidak bisa—pahami.

Satu model awal atom yang disebut model “roti kismis”, diajukan oleh ahli fisika Inggris J.J. Thomson pada pengujung abad kesembilanbelas. Saya tidak akan jelaskan karena model tersebut sudah digantikan oleh model Rutherford yang lebih berhasil, yang pertama kali diajukan oleh Ernest Rutherford yang juga memecah atom, yang datang dari Selandia Baru ke Inggris untuk bekerja sebagai mahasiswa Thomson dan mewarisi kedudukan Thomson sebagai Profesor Fisika di Cambridge. Model Rutherford, yang nantinya dipertajam oleh mahasiswa Rutherford, ahli fisika Denmark Niels Bohr yang banyak dielaborasi, memperlakukan atom sebagai tata surya miniatur yang mungil. Ada inti di tengah atom, tempat sebagian besar zat berada. Dan ada zarah-zarah mungil yang disebut elektron yang melejit mengelilingi inti dalam “orbit” (walaupun istilah “orbit” mungkin menyesatkan karena bisa membuat Anda berpikir bahwa elektron bagaikan planet mengorbiti Matahari, sebab elektron bukanlah suatu benda bulat kecil yang berada di tempat yang pasti).



Salah satu hal mengejutkan mengenai model Rutherford/Bohr, yang barangkali mencerminkan kebenaran sejati, adalah jarak antara satu inti dan inti tetangganya sangatlah besar dibandingkan dengan ukuran inti, bahkan dalam gumpalan keras zat padat seperti berlian. Inti-inti atom berjarak sangat jauh satu sama lain. Inilah poin yang saya janji akan bahas secara lebih mendalam.

Ingatkah bahwa saya mengatakan bahwa kristal berlian adalah molekul raksasa yang terbuat dari atom-atom karbon yang bagaikan prajurit berbaris, namun berbaris dalam tiga dimensi? Nah, kita sekarang bisa memperbaiki “model” kristal berlian kita dengan memberinya skala— yaitu memberi kesan mengenai sebesar apa ukuran dan jarak di dalamnya. Anggap inti setiap atom karbon dalam kristal bukan sebagai seorang prajurit melainkan sebagai satu bola sepak, dengan elektron-elektron dalam orbit di sekelilingnya. Pada skala ini, bola sepak-bola sepak yang bersebelahan langsung dalam berlian akan berjarak lebih daripada 15 kilometer jauhnya.

Dalam jarak 15 kilometer di antara dua bola sepak itulah terdapat elektron-elektron dalam orbit di sekeliling inti atom. Namun setiap elektron, di skala “bola sepak” kita, jauh lebih kecil daripada lalat, dan lalat-lalat miniatur ini sendiri beberapa kilometer jauhnya dari bola sepak yang mereka kitari. Jadi Anda bisa lihat bahwa—secara menakjubkan—bahkan berlian yang keras sekali pun nyaris sepenuhnya merupakan

ruang kosong!

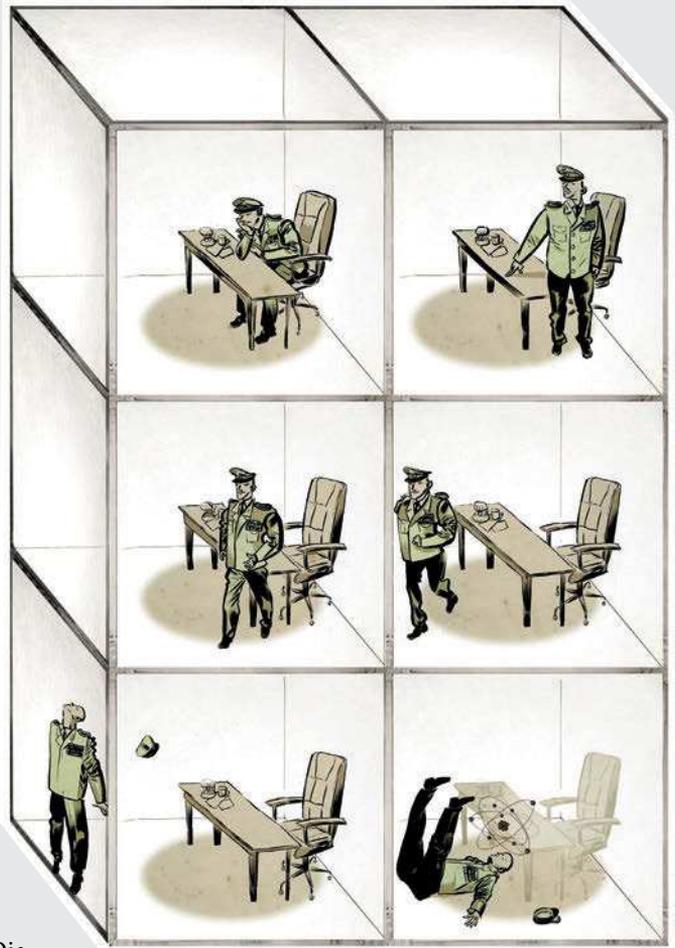
Hal yang sama juga berlaku bagi semua batu, tidak peduli seberapa keras dan padatnya. Itu juga berlaku bagi besi dan timbel. Bagi kayu terkeras pun juga demikian. Begitu juga bagi saya dan Anda. Saya telah katakan bahwa zat padat tersusun dari atom-atom yang “terkemas” menyatu, namun “terkemas” menjadi agak aneh di sini artinya karena atom-atom itu sendiri sebagian besar merupakan ruang kosong. Inti atom-atom terpisah-pisah sedemikian jauh sehingga, bila inti atom dibuat menjadi seukuran bola sepak, sepasang inti atom, akan terpisah 15 kilometer jauhnya dengan hanya segelintir lalat di antaranya.

Bagaimana bisa begitu? Bila batu nyaris seluruhnya merupakan ruang kosong, dengan titik-titik zat yang terserak-serak bagaikan bola sepak yang terpisah jarak beberapa kilometer dari tetangga-tetangga terdekatnya, bagaimana bisa batu demikian keras dan padat? Mengapa batu tidak runtuh seperti rumah-rumahan dari kartu sewaktu kita mendudukinya? Mengapa kita tidak bisa melihat menembusnya? Bila dinding

dan saya sama-sama sebagian besar merupakan ruang kosong, mengapa saya tidak bisa berjalan menembus dinding? Sebenarnya, ada sebuah kisah agak lucu mengenai seorang prajurit senior Amerika bernama Jenderal Stubblebine yang betul-betul mencoba melakukan hal itu. Ini kisahnya, yang sudah pernah saya kutip di salah satu buku saya sebelumnya.

Ini adalah kisah sejati.

Saat itu musim panas 1983. Mayor Jenderal Albert Stubblebine III sedang duduk di belakang mejanya di Arlington, Virginia, dan dia menatap nanar dindingnya, tempat berbagai penghargaan militernya digantungkan. Semua adalah bukti kariernya yang panjang dan cemerlang. Dia adalah kepala intelijen Angkatan Darat Amerika Serikat, dengan enam belas ribu prajurit di bawah komandonya... Dia menatap melewati penghargaan-penghargaannya, ke dinding itu sendiri. Ada sesuatu yang dia rasa harus dia lakukan meskipun pikiran tentang hal itu membuatnya ngeri. Dia memikirkan soal pilihan yang harus dia ambil. Dia bisa saja tetap di kantornya atau dia bisa pergi ke kantor di sebelah. Itulah pilihannya. Dan dia telah melakukannya... Dia akan pergi ke kantor sebelah... Dia berdiri, bergerak meninggalkan mejanya, dan mulai berjalan. Maksudku, pikirnya, memangnya sebagian besar atom terbuat dari apa, sih? Ruang kosong! Dia mempercepat langkahnya. Atom-atom! Dia nyaris berlari. Sebagian besar dinding terbuat dari apa? Dia berpikir. Atom-atom! Yang perlu kulakukan hanyalah melebur ke dalam ruang kosong itu... Kemudian hidung Jenderal Stubblebine menghantam dinding kantornya dengan keras. Sial, dia membatin. Jenderal Stubblebine kesal karena terus-menerus gagal berjalan menembus dinding.

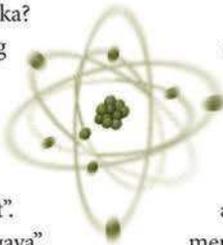


Kita mesti kasihan kepada Jenderal Stubblebine. Dia tahu bahwa dindingnya, dan tubuhnya sendiri, terbuat dari atom-atom yang berjarak sedemikian jauh satu sama lain sehingga mereka bagaikan bola sepak yang terpisah 15 kilometer jauhnya. Tentunya, bila sebagian besar dinding maupun tubuhnya merupakan ruang kosong, dia seharusnya bisa berjalan menembus dinding, menyelipkan atom-atomnya di antara atom-atom dinding. Mengapa dia gagal?

Mengapa batu dan dinding terasa keras, dan mengapa kita tidak bisa meleburkan ruang kosong kita dengan ruang kosong mereka?

Kita harus menyadari (seperti yang Jenderal Stubblebine pelajari melalui tabrakan yang keras) bahwa yang kita rasakan dan lihat sebagai zat padat lebih daripada sekadar nukleus dan elektron—"bola sepak" dan "lalat".

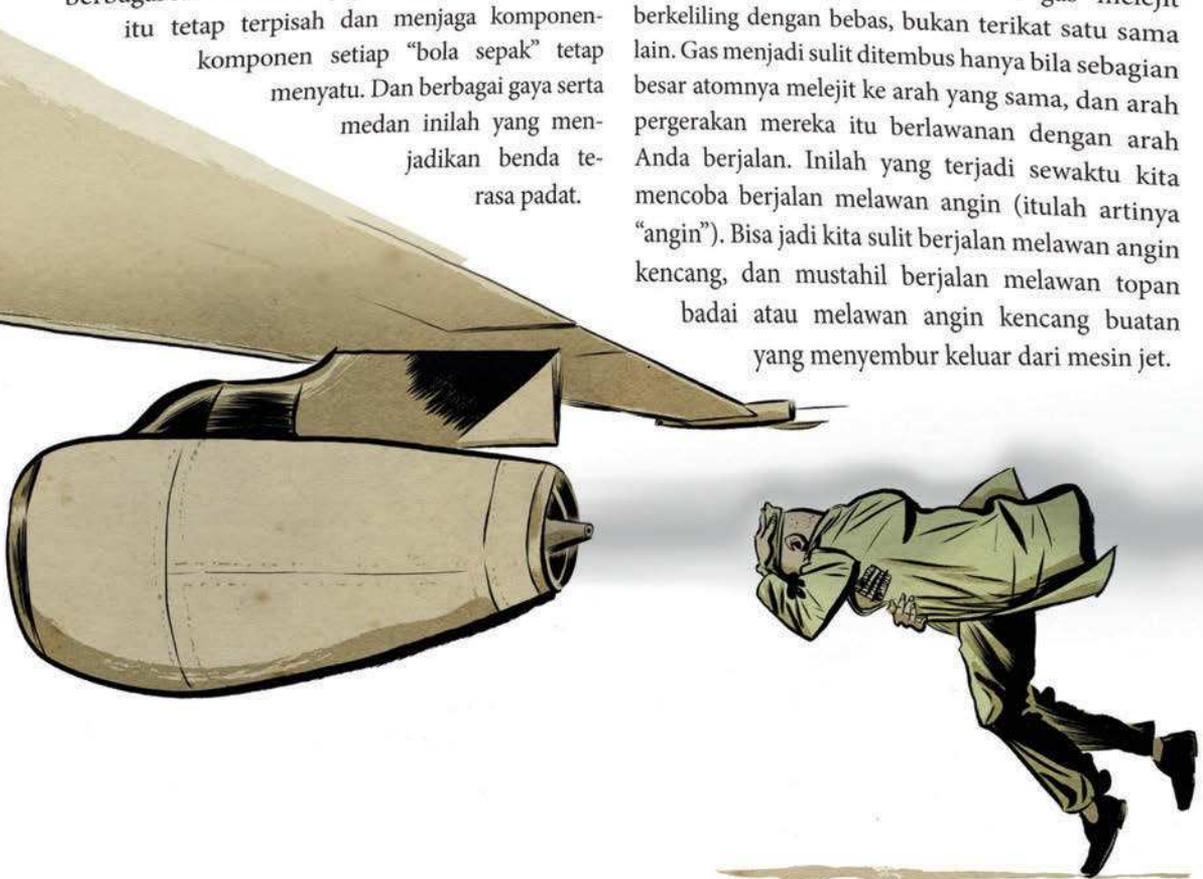
Ilmuwan membicarakan juga tentang "gaya" dan "ikatan" dan "medan", yang bertindak dengan berbagai cara untuk menjaga "bola sepak-bola sepak" itu tetap terpisah dan menjaga komponen-komponen setiap "bola sepak" tetap menyatu. Dan berbagai gaya serta medan inilah yang menjadikan benda terasa padat.

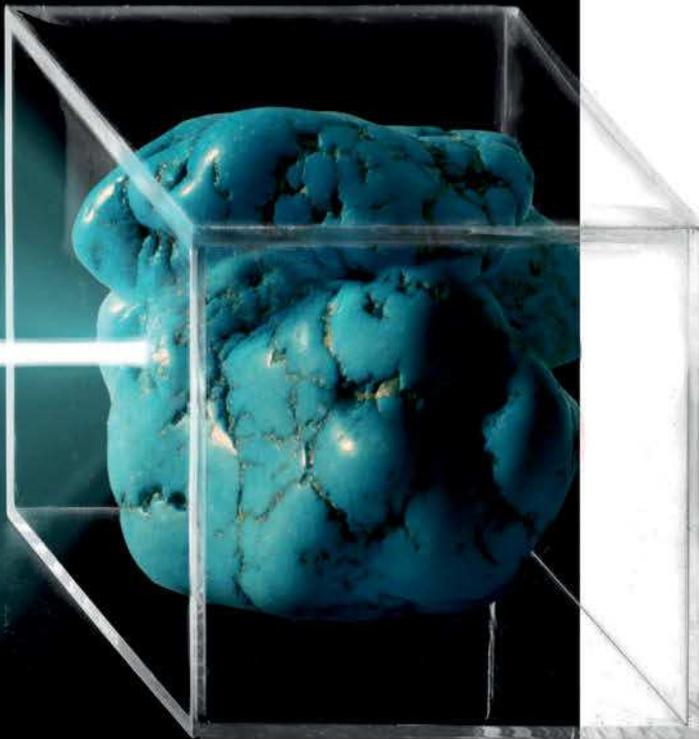


Sewaktu kita turun sampai ke benda-benda yang teramat kecil seperti atom dan nukleus, perbedaan antara "zat" dan "ruang kosong" mulai kehilangan makna. Keliru bila dikatakan bahwa inti atom merupakan "zat" seperti bola sepak, dan bahwa ada "ruang kosong" sampai ke inti atom berikutnya.

Kita mendefinisikan zat padat sebagai "apa yang tidak bisa kita tembus". Kita tidak bisa berjalan menembus dinding karena ada gaya-gaya misterius yang menautkan inti-inti atom dengan tetangganya di posisi tetap. Itulah artinya padat.

Cairan juga mirip, hanya saja berbagai gaya dan medan misterius itu menahan atom-atom bersama dengan lebih longgar, sehingga atom-atom itu meluncur melewati satu sama lain, yang berarti bahwa kita bisa berjalan menembus air, walaupun tidak secepat kita berjalan menembus udara. Udara, karena merupakan gas (campuran berbagai gas, sebenarnya), mudah ditembus, sebab atom-atom dalam gas melejit berkeliling dengan bebas, bukan terikat satu sama lain. Gas menjadi sulit ditembus hanya bila sebagian besar atomnya melejit ke arah yang sama, dan arah pergerakan mereka itu berlawanan dengan arah Anda berjalan. Inilah yang terjadi sewaktu kita mencoba berjalan melawan angin (itulah artinya "angin"). Bisa jadi kita sulit berjalan melawan angin kencang, dan mustahil berjalan melawan topan badai atau melawan angin kencang buatan yang menyembur keluar dari mesin jet.





Kita tidak bisa berjalan menembus zat padat, namun sejumlah partikel yang amat kecil seperti yang disebut foton bisa melakukannya. Berkas cahaya adalah aliran foton, dan cahaya bisa menembus beberapa macam zat padat—yang kita sebut “transparan”. Cara “bola-bola” tertata dalam kaca atau dalam air atau dalam batu permata tertentu berarti bahwa

foton

dapat lewat di antara bola-bola tersebut, walaupun menjadi agak lambat, seperti gerak kita menjadi lambat sewaktu mencoba berjalan menembus air.

Dengan beberapa kekecualian seperti kristal kuarsa, batu tidaklah transparan, dan foton tidak bisa menembus batu. Tergantung warna batunya, foton bisa diserap oleh batu ataupun dipantulkan dari permukaannya, dan hal yang sama berlaku bagi sebagian besar benda padat lainnya. Segelintir benda padat memantulkan foton dalam cara yang sangat istimewa, yaitu membentuk garis lurus, dan kita sebut benda-benda itu cermin. Namun sebagian besar benda padat menyerap banyak foton (benda-benda itu tidak transparan), dan memencarkan foton-foton yang mereka pantulkan sekalipun (tidak berlaku seperti cermin). Kita sebut benda-benda semacam itu “tak tembus cahaya” (*opaque*), dan kita juga melihat benda-benda itu memiliki warna, tergantung kepada jenis-jenis foton mana yang diserap dan jenis-jenis mana yang dipantulkan. Saya akan kembali ke topik penting mengenai warna di Bab 7, “Apa Itu Pelangi?” Sementara itu, kita perlu mengerucutkan pandangan kita ke arah yang teramat kecil, dan menengok tepat ke dalam inti atom—bola sepak—itu sendiri.

Benda terkecil

Inti atom tidak betul-betul seperti bola sepak. Itu hanya model kasar. Yang jelas inti atom tidak bulat seperti bola sepak. Bahkan tidak jelas apakah kita bisa sebut inti atom sebagai memiliki “bentuk”. Barangkali kata “bentuk” itu sendiri,

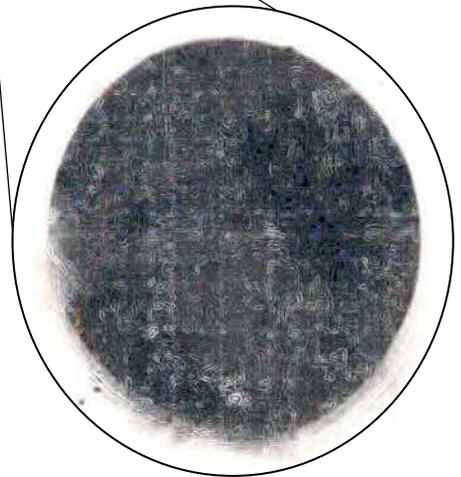
shape

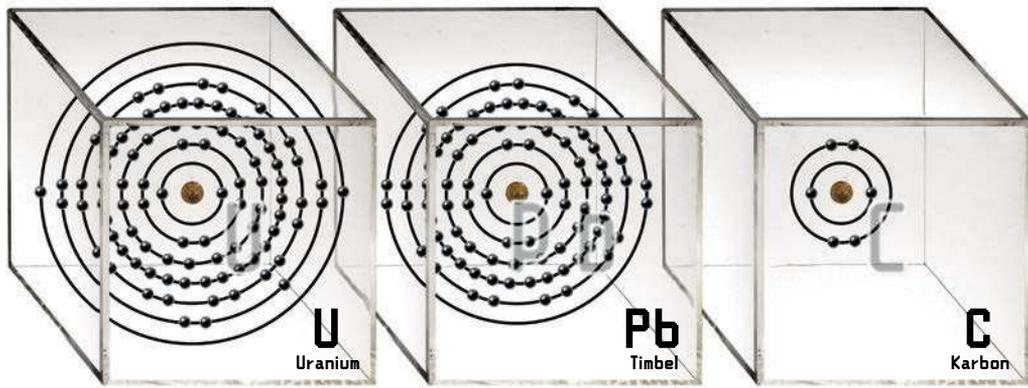
seperti kata “padat”, kehilangan segenap makna di ukuran yang sangat kecil. Dan yang sedang kita omongkan itu sangat sangatlah kecil.

Titik di ujung kalimat ini mengandung sekitar satu juta atom tinta cetak.

Setiap inti atom mengandung zarah-zarah yang lebih kecil, disebut proton dan neutron. Anda juga bisa pikirkan mereka sebagai bola, jika Anda mau, namun seperti inti atom, mereka itu sebetulnya bukan bola. Proton dan neutron ukurannya kira-kira sama. Mereka sangat sangatlah kecil, namun meskipun demikian masih 1.000 kali lebih besar daripada elektron (“lalat”) dalam orbit di sekeliling nukleus. Perbedaan utama antara proton dan neutron adalah bahwa proton memiliki muatan listrik. Elektron juga bermuatan listrik, berlawanan dengan muatan proton. Kita tidak perlu repotkan apa sebenarnya arti “muatan listrik” di sini. Neutron tidak bermuatan.

Karena elektron sangat sangat sangatlah kecil (sedangkan proton dan neutron hanya sangat sangat kecil!), maka massa atom boleh dikata hanya berasal dari proton dan neutronnya. Apa arti “massa”? Yah, Anda bisa bayangkan massa itu sebagai semacam bobot, dan Anda bisa mengukurnya menggunakan satuan yang sama dengan bobot (gram atau pon). Tapi bobot tidak sama dengan massa, dan saya harus menjelaskan perbedaannya, namun saya tunda itu sampai bab berikutnya. Untuk sekarang anggap saja “massa” sebagai sesuatu yang seperti “bobot”.





Massa suatu benda bergantung nyaris sepenuhnya kepada seberapa banyak proton dan neutron yang dimiliki benda tersebut dalam semua atomnya. Jumlah proton dalam inti atom mana pun dari unsur tertentu selalu sama, dan setara dengan jumlah elektron dalam orbit di sekeliling nukleus, walaupun elektron-elektron tidak memberikan sumbangan berarti ke massa karena terlampau kecil. Atom hidrogen hanya memiliki satu proton (dan satu elektron). Atom uranium memiliki 92 proton. Timbel punya 82. Karbon punya 6. Untuk setiap angka dari 1 sampai 100 (dan beberapa angka selebihnya), hanya ada satu unsur yang memiliki proton sejumlah itu (dan elektron dalam jumlah yang sama). Saya tidak akan cantumkan semua, namun mudah melakukannya (Lalla, istri saya, bisa menyebutkan semua unsur di luar kepala, dengan kecepatan tinggi, trik yang dia pelajari

sendiri sebagai latihan bagi ingatannya dan sarana untuk membantunya tertidur).

Jumlah proton (atau elektron) yang dimiliki suatu unsur disebut “nomor atom” unsur tersebut. Jadi kita bisa mengidentifikasi suatu unsur bukan hanya melalui namanya melainkan juga melalui nomor atomnya yang unik. Misalnya, unsur nomor 6 adalah karbon; unsur nomor 82 adalah timbel. Unsur-unsur itu disusun dengan rapi dalam tabel yang disebut tabel berkala—saya tidak akan bahas mengapa namanya demikian, walaupun sebenarnya menarik. Namun kini saatnya kembali, seperti yang saya janjikan, ke pertanyaan mengapa, sewaktu kita memotong-motong sekeping timbel (sebagai contoh) menjadi kepingan yang terus semakin kecil, kita akhirnya akan mentok di suatu titik di mana, bila kita potong-potong lagi timbel tersebut, dia tak lagi merupakan timbel. Satu atom timbel

TABEL BERKALA UNSUR

1 H 1.0079 Hidrogen																	2 He 4.0026 Helium						
3 Li 6.941 Litium	4 Be 9.0122 Berilium	Nomor atom- Lambang- Nomor massa H -Nomor massa Hydrogen -Nama unsur																5 B 10.81 Boron	6 C 12.01 Karbon	7 N 14.007 Nitrogen	8 O 15.999 Oksigen	9 F 18.998 Fluorin	10 Ne 20.180 Neon
11 Na 22.990 Natrium	12 Mg 24.305 Magnesium	Ne - gas Ga - cair Fe - padat Bh - buatan																13 Al 26.982 Aluminium	14 Si 28.086 Silikon	15 P 30.974 Fosfor	16 S 32.065 Belerang	17 Cl 35.453 Klorin	18 Ar 39.948 Argon
19 K 39.098 Kalium	20 Ca 40.078 Kalsium	21 Sc 44.956 Skandium	22 Ti 47.867 Titanium	23 V 50.942 Vanadium	24 Cr 51.998 Kromium	25 Mn 54.938 Mangan	26 Fe 55.845 Besi	27 Co 58.933 Kobalt	28 Ni 58.693 Nikel	29 Cu 63.546 Tembaga	30 Zn 65.39 Seng	31 Ga 69.723 Galium	32 Ge 72.64 Germanium	33 As 74.922 Arsenik	34 Se 78.96 Selenium	35 Br 79.904 Bromin	36 Kr 83.80 Krypton						
37 Rb 85.468 Rubidium	38 Sr 87.62 Strontium	39 Y 88.906 Yttrium	40 Zr 91.224 Zirkonium	41 Nb 92.906 Niobium	42 Mo 95.94 Molibdenum	43 Tc (98) Teknetium	44 Ru 101.07 Rutenium	45 Rh 102.91 Rhodium	46 Pd 106.42 Paladium	47 Ag 107.87 Perak	48 Cd 112.41 Kadmium	49 In 114.82 Indium	50 Sn 118.71 Timah	51 Sb 121.76 Antimoni	52 Te 127.60 Telurium	53 I 126.90 Yodium	54 Xe 131.29 Xenon						
55 Cs 132.91 Cesium	56 Ba 137.33 Barium	57-71 La-Lu Lantanida	72 Hf 178.49 Hafnium	73 Ta 180.95 Tantalum	74 W 183.84 Tungsten	75 Re 186.21 Renium	76 Os 190.23 Osmium	77 Ir 192.22 Iridium	78 Pt 195.08 Platinum	79 Au 196.97 Emas	80 Hg 200.59 Merkuri	81 Tl 204.38 Thalium	82 Pb 207.2 Timbel	83 Bi 208.98 Bismuth	84 (209) Po Polonium	85 (210) At Astatin	86 (222) Rn Radon						
87 Fr (223) Francium	88 Ra (226) Radium	89-103 Ac-Lr Aktinida	104 (261) Rf Rutherfordium	105 (262) Db Dubnium	106 (265) Sg Seaborgium	107 (264) Bh Bohrium	108 (277) Hs Hassium	109 (268) Mt Meitnerium	110 (281) Uu Ununnilium	111 (272) Uu Unununium	112 (285) Uu Ununbium	114 (289) Uuq Ununquadium											
Lantanida																							
57 La 138.91 Lantanum	58 Ce 140.12 Cesium	59 Pr 140.91 Praseodim	60 Nd 144.24 Neodim	61 Pm (145) Prometium	62 Sm 150.36 Samarium	63 Eu 151.96 Europium	64 Gd 157.25 Gadolinium	65 Tb 158.93 Terbium	66 Dy 162.50 Dysprosium	67 Ho 164.93 Holmium	68 Er 167.26 Erbium	69 Tm 168.93 Thulium	70 Yb 173.04 Ytterbium	71 Lu 174.97 Lutetium	Aktinida								
89 (227) Ac Aktinium	90 Th 232.04 Torium	91 Pa 231.04 Protaktinium	92 U 238.03 Uranium	93 (237) Np Neptunium	94 (241) Pu Plutonium	95 (243) Am Americium	96 (247) Cm Curium	97 (247) Bk Berkelium	98 (261) Cf Californium	99 (265) Es Einsteinium	100 (267) Fm Fermium	101 (271) Md Mendelevium	102 (288) No Nobelium	103 (287) Lr Lawrencium									

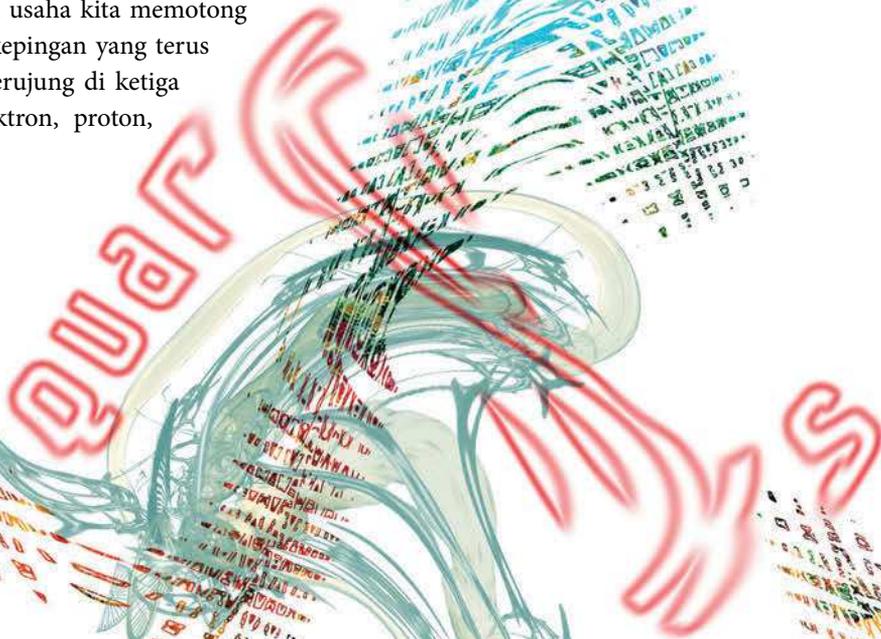
memiliki 82 proton. Bila kita pecah lagi atom sehingga tak lagi memiliki 82 proton, atom itu pun tak lagi merupakan timbel.

Jumlah neutron dalam inti atom tidak setetat jumlah proton: banyak unsur memiliki versi-versi berbeda, disebut isotop, dengan jumlah neutron yang berbeda-beda. Misalnya, ada tiga isotop karbon, disebut Karbon-12, Karbon-13, dan Karbon-14. Angka-angka tersebut mengacu kepada massa atom, yang merupakan jumlah proton dan neutron. Masing-masing isotop karbon itu memiliki enam proton. Karbon-12 punya enam neutron, Karbon-13 punya tujuh neutron, sementara Karbon-14 punya delapan neutron. Sejumlah isotop, misalnya Karbon-14, bersifat radioaktif, yang berarti bisa berubah menjadi unsur-unsur lain dengan laju yang bisa diperkirakan, walaupun pada saat yang tidak terperkirakan. Para ilmuwan dapat memanfaatkan sifat itu untuk membantu mereka mengukur usia fosil. Karbon-14 digunakan untuk mengukur usia benda-benda yang lebih muda daripada sebagian besar fosil, misalnya kayu kapal kuno.

Nah, apakah usaha kita memotong benda menjadi kepingan yang terus semakin kecil berujung di ketiga partikel ini: elektron, proton,

dan neutron? Tidak—proton dan neutron pun ada bagian dalamnya. Proton dan neutron mengandung benda-benda yang lebih kecil lagi, disebut quark. Tapi saya tidak akan bicarakan soal itu di dalam buku ini. Bukan karena saya pikir Anda tidak akan paham. Melainkan karena saya tahu *saya* tidak paham! Di sini kita memasuki ranah keajaiban yang misterius. Dan penting untuk menyadari kapan kita mencapai batas hal yang kita ketahui. Bukan artinya kita tidak akan pernah memahami hal-hal itu. Barangkali suatu hari nanti kita akan paham, dan para ilmuwan sedang menyelidiki semua itu dengan penuh harapan keberhasilan. Namun kita harus tahu apa yang kita tidak pahami, dan mengakuinya kepada diri sendiri, sebelum kita bisa mulai mencari tahu lebih banyak. Ada ilmuwan-ilmuwan yang memahami setidaknya sesuatu mengenai ranah keajaiban benda-benda yang teramat kecil, namun saya bukan salah seorang di antaranya.

Saya tahu keterbatasan saya.





OKTANA

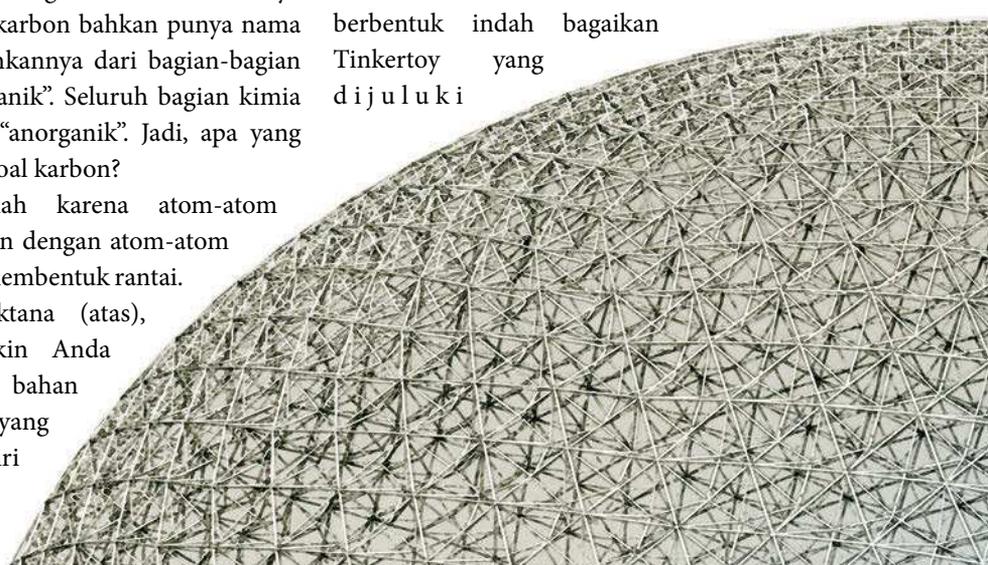
Karbon—perancah kehidupan

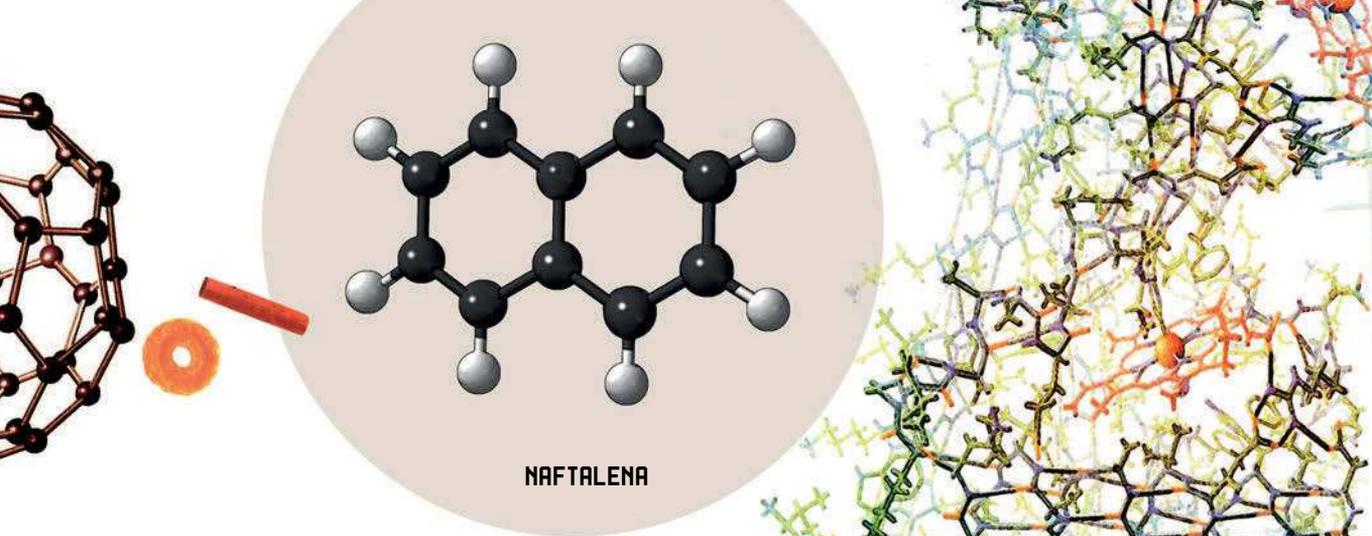
Semua unsur istimewa dalam cara yang berbeda-beda. Namun salah satu unsur, karbon, sedemikian istimewa sehingga saya ingin mengakhiri bab ini dengan membicarakannya secara singkat. Kimia karbon bahkan punya nama sendiri, yang memisahkannya dari bagian-bagian lain kimia: kimia “organik”. Seluruh bagian kimia sisanya adalah kimia “anorganik”. Jadi, apa yang sedemikian istimewa soal karbon?

Jawabannya adalah karena atom-atom karbon saling bertautan dengan atom-atom karbon lain sehingga membentuk rantai. Senyawa kimiawi oktana (atas), yang, seperti mungkin Anda ketahui, merupakan bahan bensin, adalah rantai yang cukup pendek, terdiri

atas delapan karbon atom (gumpalan-gumpalan hitam dalam ilustrasi) dengan atom-atom hidrogen (gumpalan-gumpalan abu-abu) menonjol ke samping. Yang menakjubkan pada karbon adalah bahwa unsur ini dapat menyusun rantai sepanjang apa pun, sebagian di antaranya secara harfiah sepanjang ratusan atom karbon. Terkadang rantai-rantai itu membentuk lingkaran. Misalnya, di atas kanan ada naftalena (zat bahan kamper), yang molekul-molekulnya juga terbuat dari karbon yang dilekati hidrogen, membentuk dua lingkaran. Kimia karbon agak mirip dengan perangkat konstruksi mainan yang disebut Tinkertoy.

Di laboratorium, ahli-ahli kimia telah berhasil menggabung-gabungkan atom-atom karbon, tidak hanya membentuk lingkaran-lingkaran sederhana melainkan membentuk molekul-molekul berbentuk indah bagaikan Tinkertoy yang di j u l u k i



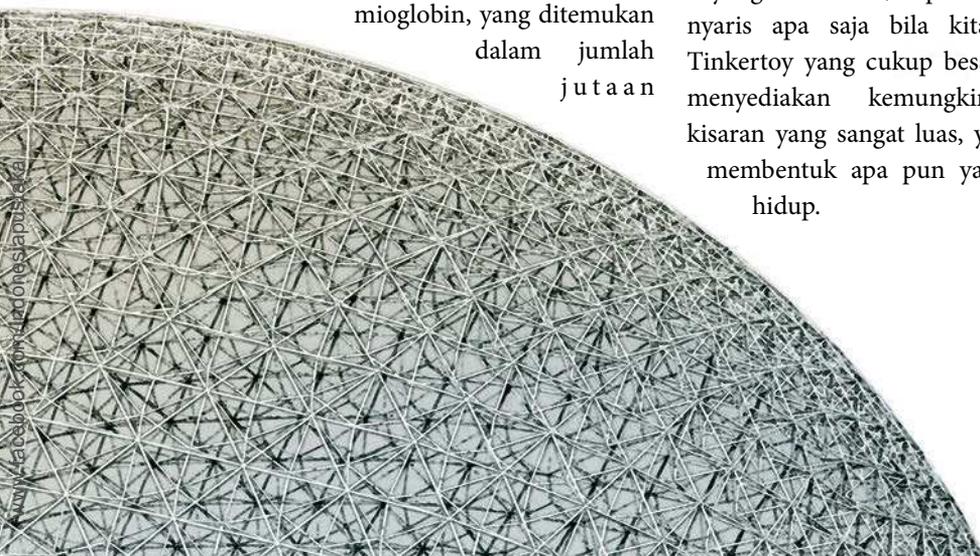


Buckyballs dan Buckytubes. “Bucky” adalah nama panggilan Buckminster Fuller, arsitek masyhur Amerika yang menciptakan kubah geodesik. Kita bisa lihat hubungannya bila kita tengok gambar di bawah. Buckyballs dan Buckytubes yang dibuat para ilmuwan merupakan molekul buatan. Keduanya menunjukkan cara menggabungkan atom karbon menjadi struktur-struktur seperti perancah yang besarnya bisa tak terbatas. (Belum lama ini diumumkan kabar menarik bahwa Buckyballs telah terdeteksi di antariksa, dalam debu yang mengambang dekat satu bintang yang jauh.) Kimia karbon menawarkan kemungkinan molekul dalam jumlah nyaris tak terbatas, semuanya dengan bentuk berbeda, dan ribuan jenis yang berbeda ditemukan di dalam tubuh makhluk hidup. Di

atas ada molekul sangat besar yang disebut mioglobin, yang ditemukan dalam jumlah

di dalam semua otot kita. Ilustrasinya tidak menunjukkan satu per satu atom, hanya ikatan-ikatan yang menghubungkan mereka.

Tidak semua atom dalam mioglobin adalah atom karbon, namun atom-atom karbon-lah yang bergabung dalam struktur-struktur perancah mirip-Tinkertoy yang menarik itu. Dan itulah yang betul-betul memungkinkan adanya kehidupan. Sewaktu kita pikirkan bahwa mioglobin hanyalah satu contoh di antara ribuan molekul yang sama rumitnya dalam sel-sel hidup, kita barangkali bisa bayangkan bahwa, seperti kita bisa membangun nyaris apa saja bila kita memiliki perangkat Tinkertoy yang cukup besar, maka kimia karbon menyediakan kemungkinan bentuk dalam kisaran yang sangat luas, yang dibutuhkan untuk membentuk apa pun yang serumit organisme hidup.



www.rabudok.com/karongslaputskid

Lho, kok tidak ada mitos?

Bab ini tidak biasa karena tidak diawali dengan sederetan mitos. Ini semata karena sulit sekali menemukan mitos apa pun mengenai topiknya. Tidak seperti, taruhlah, Matahari, atau pelangi, atau gempa, dunia hal-hal yang teramat kecil tidak pernah diamati oleh bangsa-bangsa zaman dulu. Kalau kita pikirkan sejenak, itu tidaklah mengejutkan. Mereka tidak punya cara untuk mengetahui bahwa ranah itu ada, jadi tentu saja mereka tidak menciptakan mitos apa pun untuk menjelaskannya! Baru setelah mikroskop diciptakan pada abad keenam belas—lah orang-orang menemukan bahwa kolam dan danau, tanah dan debu, bahkan tubuh kita sendiri, penuh makhluk hidup mungil, terlalu kecil untuk dilihat, namun rumit dan memiliki kecantikan tersendiri—atau barangkali menakutkan, tergantung bagaimana Anda memikirkannya.

Makhluk di gambar di bawah adalah tungau debu—berkerabat jauh dengan laba-laba namun terlalu kecil untuk dilihat selain sebagai bintik-bintik mungil. Ada ribuan tungau debu di setiap rumah, merayap di semua karpet dan semua ranjang, sangat mungkin termasuk di rumah Anda juga.

Bila bangsa-bangsa primitif dulu mengetahui keberadaan tungau debu, Anda bisa bayangkan mitos dan legenda apa saja yang mungkin mereka reka-reka untuk menjelaskan tungau debu! Namun sebelum ditemukannya mikroskop, keberadaan tungau debu terbayangkan saja tidak—jadi tidak ada mitos mengenai tungau debu. Dan, meskipun kecil, seekor tungau debu pun mengandung lebih daripada seratus triliun atom.

Tungau debu terlalu kecil untuk kita lihat, namun sel-sel yang menyusun mereka bahkan lebih kecil lagi. Bakteri yang hidup di dalam tubuh me-



reka—dan kita—dalam jumlah amat besar, bahkan berukuran lebih kecil lagi.

Dan atom jauh jauh lebih kecil daripada bakteri. Seluruh dunia terbuat dari benda-benda yang luar biasa kecil, terlalu kecil untuk dilihat dengan mata telanjang—dan tidak ada satu pun mitos atau kisah, bahkan yang ada dalam sebagian kitab suci yang oleh sementara orang, bahkan hingga kini, dianggap diturunkan kepada kita oleh ilah yang tahu segala, menyebut-nyebut soal itu! Kalau kita tengok semua mitos itu, kita bisa lihat bahwa semuanya tidak mengandung pengetahuan apa pun yang telah digali dengan sabar oleh sains. Mereka tidak memberi tahu kita soal seberapa besar atau seberapa tua semesta ini; mereka tidak memberi

tahu kita bagaimana cara menyembuhkan kanker; mereka tidak menjelaskan gravitasi ataupun mesin pembakaran internal; mereka tidak memberi tahu kita soal kuman, atau fusi nuklir, atau listrik, atau anestesi. Bahkan, secara tidak mengherankan, kisah-kisah dalam beberapa kitab suci tidak mengandung informasi tentang dunia ini lebih banyak daripada yang diketahui oleh bangsa-bangsa masa lalu yang pertama kali mulai menuturkan kisah-kisah itu! Bila kisah-kisah itu betul-betul ditulis, atau disampaikan, atau diilhami, oleh sosok yang serba tahu, tidakkah menurut Anda aneh bila mereka tidak berkata apa-apa mengenai hal-hal yang penting dan bermanfaat ini?



5

why do we have NIGHT

**Mengapa ada malam dan siang,
musim dingin dan musim panas?**

HIDUP KITA didominasi oleh dua irama akbar, yang satu jauh lebih lambat daripada yang lainnya. Irama yang cepat adalah silih-bergantinya gelap dan terang setiap hari, yang berulang setiap 24 jam sekali, sementara irama yang lambat adalah silih-bergantinya musim dingin dan musim panas setiap tahun, yang berulang setiap 365 hari lebih sedikit. Tidak mengejutkan kalau kedua irama itu menimbulkan berbagai mitos. Siklus siang-malam terutama sangat kaya mitos karena drastisnya cara Matahari seolah bergerak dari timur ke barat. Beberapa bangsa bahkan menganggap Matahari sebagai kereta emas, dikendarai oleh dewa melintasi langit.

Bangsa Aborigin Australia terisolasi di benua-pulau mereka selama setidaknya 40.000 tahun, dan mereka memiliki sejumlah mitos tertua di dunia. Sebagian besar mitos itu berlatar zaman misterius yang disebut Kala Mimpi (*Dreamtime*), ketika dunia baru bermula dan dihuni oleh berbagai hewan serta manusia leluhur berukuran raksasa. Berbagai suku Aborigin berbeda memiliki mitos berbeda-beda tentang Kala Mimpi. Yang pertama ini berasal dari suku yang hidup di pegunungan Flinders di Australia Selatan.

Ada dua ekor kadal yang berteman pada waktu Kala Mimpi. Salah satunya merupakan goanna (nama Australia untuk biawak besar) sementara yang satunya lagi cicak (kadal kecil lucu yang memiliki bantalan isap di kaki-kakinya, sehingga bisa memanjat permukaan vertikal). Kedua teman itu menemukan bahwa sejumlah teman mereka yang lain telah dibantai oleh sang "Perempuan Matahari" dan kawan-anjing dingo kuningnya. Si goanna besar,

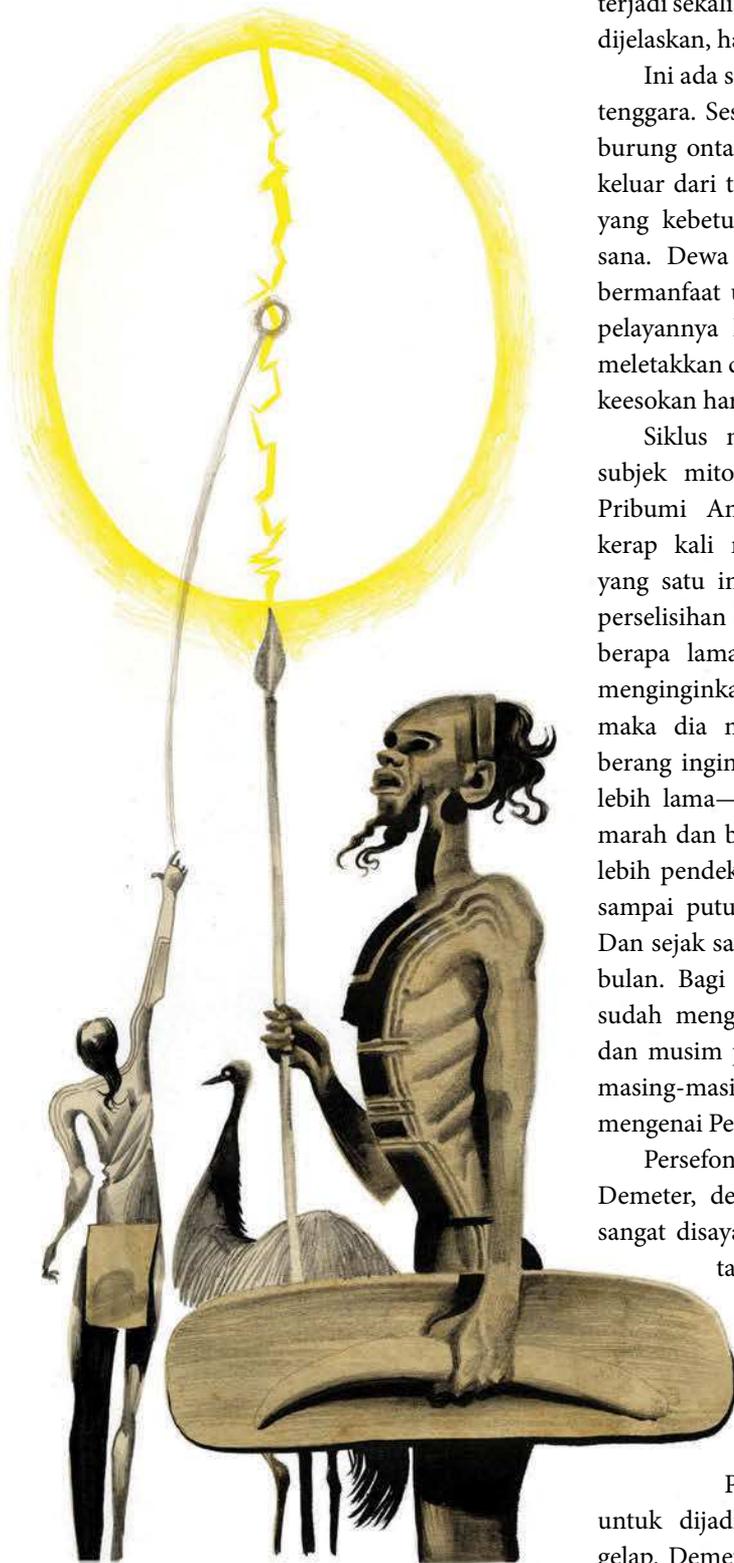


And d'ay, WINTER and SUMMER?



yang marah kepada sang Perempuan Matahari, melempar bumerangnya ke arah Perempuan Matahari yang lantas terkena bumerang dan terjatuh dari langit. Matahari hilang di cakrawala barat dan dunia pun ditelan kegelapan. Kedua ekor kadal itu panik dan dengan putus asa berusaha menghantam Matahari agar kembali ke langit, supaya terang kembali. Si goanna mengambil bumerang lain dan melemparkannya ke arah barat, di tempat sang surya menghilang. Seperti yang mungkin Anda tahu, bumerang merupakan senjata luar biasa yang kembali ke pelemparnya, maka itu kedua kadal itu berharap bumerang itu akan membawa kembali Matahari ke langit. Ternyata itu tidak terjadi. Mereka lalu mencoba melempar bumerang ke berbagai arah, dengan harapan suram untuk mengembalikan Matahari. Akhirnya, goanna hanya tinggal punya sebilah bumerang, dan dalam keputusasaan dia melemparkannya ke timur, arah sebaliknya dari tempat Matahari menghilang. Kali ini, sewaktu bumerang itu kembali, Matahari terbawa bersamanya. Sejak saat itu, Matahari mengulang-ulangi pola yang sama berupa menghilang di barat dan muncul kembali di timur.





Banyak mitos dan legenda dari seluruh penjuru dunia memiliki ciri janggal yang sama: suatu insiden tertentu terjadi sekali, dan kemudian, untuk alasan yang tak pernah dijelaskan, hal itu terjadi lagi dan lagi untuk selamanya.

Ini ada satu lagi mitos Aborigin, kali ini dari Australia tenggara. Seseorang melempar sebutir telur emu (sejenis burung onta dari Australia) ke langit. Matahari menetas keluar dari telur itu dan menyulut setumpuk kayu bakar yang kebetulan (karena alasan entah apa) ada di atas sana. Dewa langit menyadari bahwa cahaya Matahari bermanfaat untuk manusia, dan dia menyuruh pelayan-pelayannya keluar setiap malam sejak saat itu, untuk meletakkan cukup kayu bakar di langit yang akan terbakar keesokan harinya.

Siklus musim yang lebih lama juga merupakan subjek mitos di seluruh penjuru dunia. Mitos-mitos Pribumi Amerika Utara, seperti banyak mitos lain, kerap kali menampilkan tokoh hewan. Dalam mitos yang satu ini, dari suku Tahltan di Kanada barat, ada perselisihan antara Landak dan Berang-berang mengenai berapa lama seharusnya musim berlangsung. Landak menginginkan musim dingin berlangsung lima bulan, maka dia mengangkat lima jarinya. Namun Berang-berang ingin musim dingin berlangsung berbulan-bulan lebih lama—sesuai jumlah lekukan di ekornya. Landak marah dan bersikeras menginginkan musim dingin yang lebih pendek. Dia secara dramatis menggigit ibu jarinya sampai putus dan mengangkat empat jari yang tersisa. Dan sejak saat itu, musim dingin pun berlangsung empat bulan. Bagi saya mitos ini agak mengecewakan, sebab sudah mengasumsikan bahwa akan ada musim dingin dan musim panas, dan hanya menjelaskan berapa bulan masing-masing musim akan berlangsung. Mitos Yunani mengenai Persefone setidaknya lebih bagus dalam segi ini.

Persefone adalah putri dewa utama Zeus. Ibunya adalah Demeter, dewi kesuburan Bumi dan panen. Persefone sangat disayangi oleh Demeter, yang dia bantu menjaga tanaman pangan. Namun Hades, dewa dunia bawah, alam orang mati, juga mencintai Persefone. Suatu hari, sewaktu Persefone sedang bermain-main di padang bunga, jurang besar membuka dan Hades muncul dari bawah di atas keretanya; disambarnya

Persefone dan dibawanya ke bawah tanah untuk dijadikan ratu kerajaan bawah tanahnya yang gelap. Demeter sedemikian berduka atas hilangnya putri



tersayangnya sehingga dia berhenti menumbuhkan tanaman, dan orang-orang mulai kelaparan. Akhirnya Zeus mengirimkan Hermes, pembawa pesan para dewa, ke dunia bawah untuk menjemput Persefone kembali ke alam kehidupan yang terang. Sayangnya, ternyata Persefone telah memakan enam biji delima sewaktu berada di dunia bawah, dan ini berarti (menurut logika yang harus kita terima saja sejauh menyangkut mitos) dia harus kembali ke dunia bawah selama enam bulan (karena satu biji berarti satu bulan) dalam setiap tahun. Maka Persefone hidup di atas tanah selama setengah tahun, diawali pada musim semi dan berlanjut sampai musim panas. Selama masa ini, tumbuhan berkembang dan semua makhluk pun gembira. Namun pada musim dingin, ketika Persefone harus kembali ke Hades karena dia menelan biji-biji delima menyebalkan itu, tanah pun dingin dan gersang dan tiada yang tumbuh.



What **really** changes day to night, WINTER to SUMMER?

SEBENARNYA apa yang mengubah siang jadi malam, musim dingin jadi musim panas?

SETIAP KALI sesuatu berubah menurut irama dengan presisi tinggi, para ilmuwan menduga bahwa entah sesuatu itu berayun-ayun seperti bandul atau sesuatu itu berotasi: berputar terus dan terus. Dalam perihal irama harian dan musiman kita, yang kedualah yang terjadi. Irama musiman itu dijelaskan oleh Bumi yang mengorbit berkeliling Matahari dalam waktu setahun, pada jarak sekitar 152 juta kilometer. Sementara irama harian dijelaskan oleh berputarnya Bumi pada porosnya bagaikan gasing.

Ilusi bahwa Matahari bergerak melintasi langit ya hanya itu—suatu ilusi. Namanya ilusi *pergerakan relatif*. Anda pastilah sudah cukup sering menjumpai ilusi macam ini. Anda sedang berada di kereta, yang sedang berhenti di stasiun, bersebelahan dengan rangkaian kereta lain. Mendadak Anda seolah mulai “bergerak”. Namun kemudian Anda menyadari bahwa Anda sebenarnya tidak sedang bergerak sama sekali. Yang bergerak sebenarnya

kereta yang kedua, ke arah berlawanan. Saya ingat merasa terusik oleh ilusi itu ketika pertama kali saya naik kereta. (Saya pastilah masih sangat kecil, sebab saya juga ingat satu hal lain yang tidak saya pahami dalam perjalanan kereta pertama itu. Sewaktu kami sedang menunggu di peron, orang tua saya terus mengatakan hal-hal seperti “Kereta kita akan segera datang” dan “Ini dia kereta kita datang”, dan kemudian “Ini kereta kita sekarang”. Saya bersemangat sekali menaikinya karena itulah kereta *kami*. Saya berjalan bolak-balik di koridor, mengagumi segalanya, dan sangat bangga karena saya pikir kami *memiliki* kereta itu seluruhnya.)

Ilusi pergerakan relatif juga bekerja dengan cara lain. Anda pikir kereta lain yang telah bergerak, namun ternyata kereta Anda sendirilah

yang bergerak. Bisa jadi sulit membedakan antara gerakan semu dan gerakan sesungguhnya. Tentu saja mudah bila kereta Anda tersentak ketika akan berjalan, tentu saja, tapi tidak demikian halnya bila kereta Anda bergerak dengan sangat mulus. Ketika kereta Anda menyusul kereta yang lebih lambat, terkadang Anda tertipu mengira kereta Anda diam sementara kereta satunya berjalan mundur ke belakang.

Sama halnya dengan Matahari dan Bumi. Matahari sebenarnya tidak bergerak melintasi langit kita dari timur ke barat. Yang sebenarnya terjadi adalah Bumi, seperti nyaris segala sesuatu di alam semesta (termasuk Matahari sendiri, ngomong-ngomong, namun itu bisa kita abaikan), berputar-putar. Secara teknis kita katakan Bumi berputar di “poros”-nya; Anda bisa anggap poros seperti semacam gandar yang menembus bola Bumi dari Kutub Utara sampai Kutub Selatan. Matahari nyaris diam sepenuhnya relatif terhadap Bumi (tidak relatif terhadap benda-benda langit lain di alam semesta, namun saya hanya akan menuliskan mengenai

bagaimana kelihatannya bagi kita di sini, di Bumi). Kita berputar terlalu mulus sehingga tak merasakan gerakan itu, dan udara yang kita hirup berputar bersama kita. Bila tidak, kita akan merasakan udara bagaikan angin yang menghantam kencang, sebab kita berputar dengan kecepatan seribu enam ratus kilometer per jam. Setidaknya, itulah kecepatan putaran di khatulistiwa; jelaslah kita berputar lebih lambat semakin kita mendekati Kutub Utara atau Selatan karena tanah yang kita injak hanya perlu menempuh jarak yang lebih pendek untuk menyelesaikan satu putaran mengelilingi poros. Oleh karena kita tidak bisa merasakan perputaran planet kita, dan udara berputar bersama kita, yang terjadi sama seperti pada dua kereta. Satu-satunya cara kita bisa mengetahui bahwa kita bergerak adalah mengamati benda-benda yang tidak ikut berputar bersama kita: benda-benda seperti bintang dan Matahari. Apa yang kita lihat adalah pergerakan relatif, dan—seperti halnya dengan kereta—kita seolah-olah berdiri diam sementara bintang dan Matahari bergerak melintasi langit kita.



Seorang pemikir terkenal bernama Wittgenstein (W-nya dibaca mirip V) pernah menanyakan teman sekaligus muridnya, Elizabeth Anscombe,

"Mengapa orang-orang bilang wajar saja bila kita berpikir Matahari berputar mengelilingi Bumi, dan bukannya Bumi yang berputar pada porosnya?"

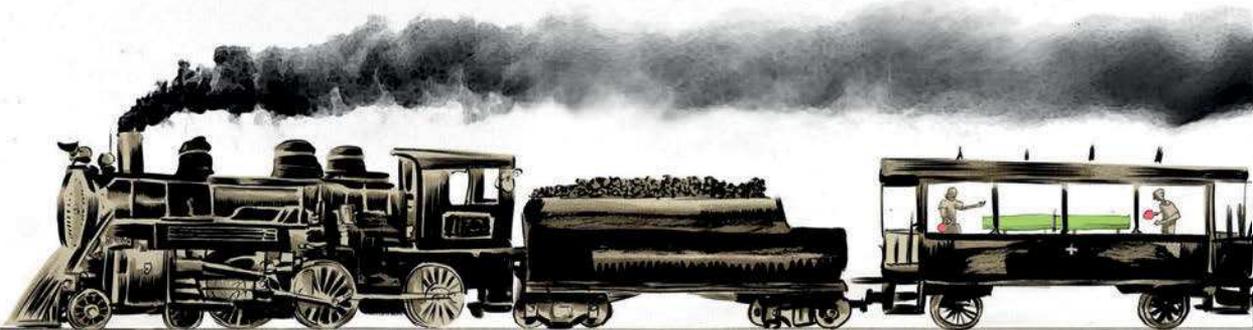
Nona Anscombe menjawab,

*"Saya pikir itu karena **kelihatannya** Matahari bergerak mengelilingi Bumi."*

"Nah," Wittgenstein membalas,

"Seperti apakah jadinya bila Bumi kelihatan berputar mengelilingi porosnya?"

Coba Anda jawab itu!



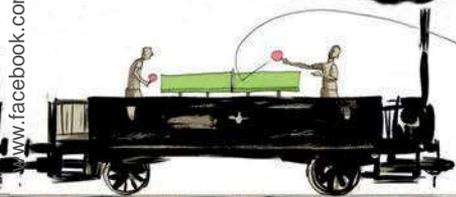
Bila Bumi berputar pada porosnya dengan kecepatan seribu enam ratus kilometer per jam, lantas kenapa bila kita melompat lurus ke udara, kita tidak jatuh di tempat yang berbeda? Yah, sewaktu Anda naik kereta dengan kecepatan 160 km per jam, Anda bisa melompat ke udara dan tetap saja mendarat di tempat yang sama di kereta. Anda bisa anggap diri Anda dilempar ke depan oleh kereta sewaktu Anda melompat, namun tidak terasa demikian karena segala sesuatu bergerak maju dengan kecepatan yang sama. Anda bisa lempar bola lurus ke atas dalam kereta dan jatuhnya akan tetap lurus. Anda bisa bermain pingpong tanpa gangguan dalam kereta, asalkan kereta itu berjalan mulus dan tidak menambah atau menurunkan kecepatan ataupun melejit menikung. (Namun hanya dalam gerbong tertutup. Bila Anda mencoba bermain pingpong di gerbong tanpa atap, bolanya akan tertiuip menjauh. Ini karena udara bergerak bersama Anda dalam gerbong tertutup, namun tidak ketika Anda berdiri di gerbong tanpa atap.) Sewaktu Anda bergerak dengan laju tetap dalam gerbong kereta yang tertutup, tidak peduli seberapa cepatnya, Anda sama saja berdiri diam sejauh menyangkut pingpong atau apa pun lainnya yang terjadi di kereta. Tapi, bila kereta bertambah cepat (atau lambat), dan Anda melompat ke udara, Anda akan jatuh di tempat yang berbeda! Dan permainan pingpong dalam kereta yang sedang bertambah kecepatan, menurunkan kecepatan, atau menikung akan menjadi permainan yang aneh, walaupun udara di dalam gerbong tidak bergerak relatif terhadap gerbong itu. Kita akan kembali ke soal ini nanti, dalam kaitannya dengan seperti apa yang terjadi sewaktu kita melempar-lempar benda di dalam stasiun antariksa yang mengorbit.

Bekerja seharian—dan setahunan

Malam digantikan oleh siang, dan siang digantikan oleh malam, selagi bagian dunia yang kebetulan sedang kita pijak berputar menghadap Matahari, atau berputar menjauhinya. Namun yang nyaris sama dramatisnya, setidaknya bagi yang hidup jauh dari khatulistiwa, adalah perubahan musiman dari malam yang pendek dan siang yang panjang dan panas pada musim panas menjadi malam yang panjang dan siang yang pendek dan dingin pada musim dingin.

Perbedaan antara malam dan siang sungguh dramatis—sedemikian dramatis sehingga kebanyakan spesies hewan hanya dapat aktif dengan baik pada siang atau malam hari saja, namun tidak keduanya. Mereka biasanya tidur pada masa “tidak aktif”. Manusia dan kebanyakan burung tidur pada malam hari dan aktif hidup pada siang hari. Landak dan jaguar serta banyak mamalia lainnya aktif saat malam dan tidur saat siang.

Begitu juga, hewan memiliki berbagai cara untuk mengatasi perbedaan antara musim dingin dan musim panas. Banyak mamalia yang menumbuhkan lapisan rambut tebal dan panjang untuk musim dingin, yang kemudian rontok pada musim semi. Banyak burung, dan juga mamalia, bermigrasi, terkadang menempuh jarak yang sangat jauh, guna menghabiskan musim dingin dekat khatulistiwa, kemudian bermigrasi kembali ke daerah lintang tinggi (utara yang jauh atau selatan yang jauh) untuk musim panas, di mana hari yang panjang dan malam yang pendek menyediakan makanan yang berlimpah. Sejenis burung laut yang disebut dara laut Artika melakukan migrasi ekstrem. Dara laut Artika menghabiskan musim panas utara di Artik. Kemudian, ketika musim gugur di utara dimulai, mereka bermigrasi ke selatan—namun mereka





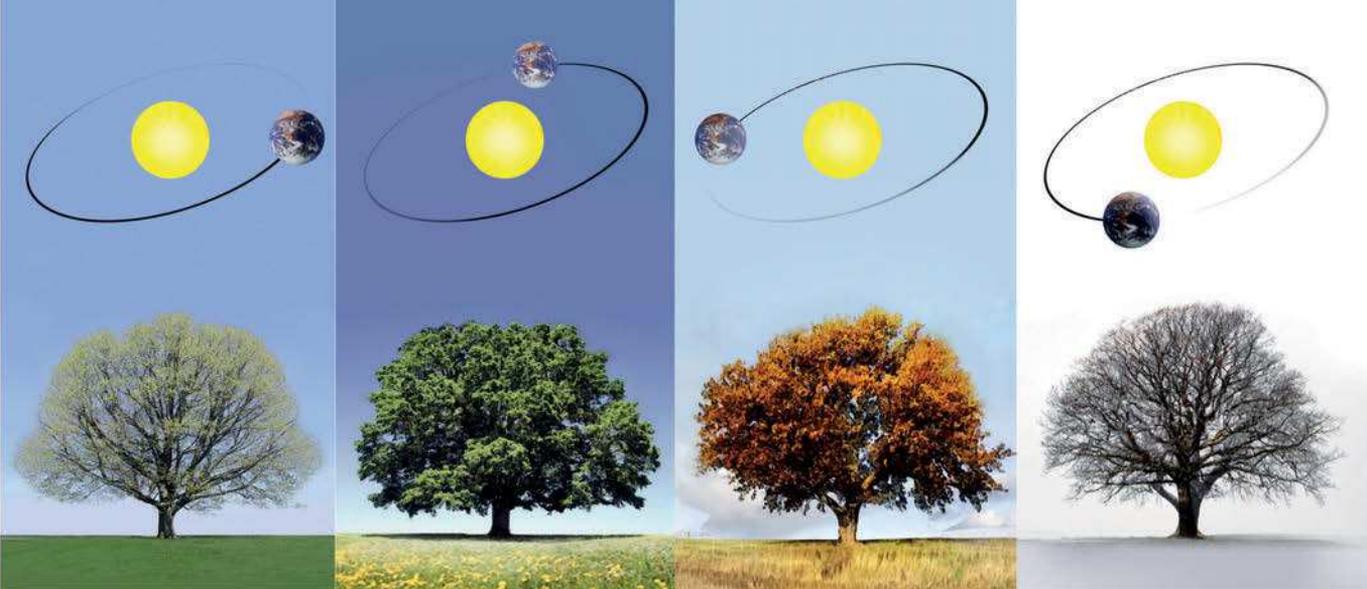
tidak berhenti di wilayah tropik, melainkan terus terbang sampai ke Antartika. Buku-buku terkadang menjabarkan Antartika sebagai tempat dara laut Artika “melewatkan musim dingin”, namun tentu saja itu keliru: saat burung-burung itu sampai di Antartika, musim panas selatan sedang berlangsung. Dara laut Artika bermigrasi sedemikian jauh sehingga mereka memperoleh dua musim panas: tidak ada “tempat melewati musim dingin” karena mereka tidak mengalami musim dingin. Saya jadi teringat pernyataan bercanda seorang teman saya yang tinggal di Inggris saat musim panas, dan kemudian pergi ke Afrika tropis untuk “bertahan melalui musim dingin”!

Satu lagi cara hewan menghindari musim dingin adalah tidur sepanjang musim tersebut. Istilahnya “hibernasi”, dari *hibernus*, kata Latin yang berarti “bersifat musim dingin”. Beruang, bajing tanah, banyak mamalia, dan cukup banyak hewan lain berhibernasi. Sejumlah hewan terus-menerus tidur selama musim dingin; sebagian lain tidur nyaris sepanjang waktu, terkadang menggeliat dan beraktivitas malas-malasan, kemudian tidur lagi. Biasanya suhu tubuh mereka turun drastis selama hibernasi dan segala sesuatu dalam tubuh mereka melambat sampai nyaris berhenti: mesin internal mereka nyaris tidak berdetak. Bahkan ada sejenis katak di Alaska yang bisa membeku di dalam blok es, lalu cair pada musim semi dan si katak kembali aktif sesudahnya.

Bahkan hewan-hewan yang—seperti kita—tidak berhibernasi atau bermigrasi untuk menghindari musim dingin harus beradaptasi dengan musim yang berubah. Daun bertunas pada musim semi dan gugur pada musim gugur (makanya disebut musim *gugur* atau *fall* di Amerika), sehingga pepohonan yang rimbun menghijau pada musim panas menjadi tidak menarik dan gundul di musim dingin. Anak domba terlahir pada musim semi, sehingga mereka memperoleh keuntungan berupa suhu hangat dan rumput segar sewaktu mereka bertumbuh besar. Kita mungkin tidak menumbuhkan lapisan rambut tebal yang panjang pada musim dingin, namun kita kerap kali mengenakannya.

Okelah kita tidak bisa mengabaikan musim yang berubah, namun apakah kita memahaminya? Banyak orang yang tidak. Bahkan ada saja sejumlah orang yang tidak memahami bahwa Bumi perlu satu tahun untuk mengelilingi Matahari—justru itu yang namanya *satu tahun*! Menurut satu jajak pendapat, ada 19 persen orang Britania yang berpikir Bumi mengelilingi Matahari dalam waktu satu bulan, dan persentase yang sama juga didapati di negara-negara Eropa lain.

Bahkan di antara orang-orang yang memahami apa artinya satu tahun, ada banyak yang berpikir Bumi lebih dekat



dengan Matahari pada musim panas, dan lebih jauh pada musim dingin. Coba katakan itu kepada orang Australia yang menyantap hidangan Natal barbekyu sambil mengenakan bikini di pantai yang panas! Begitu Anda ingat bahwa di belahan Bumi selatan Desember adalah pertengahan musim panas sementara Juni adalah pertengahan musim dingin, Anda pun sadar bahwa musim tidak mungkin disebabkan oleh perubahan jauh-dekatnya Bumi ke Matahari. Harus ada penjelasan lain.

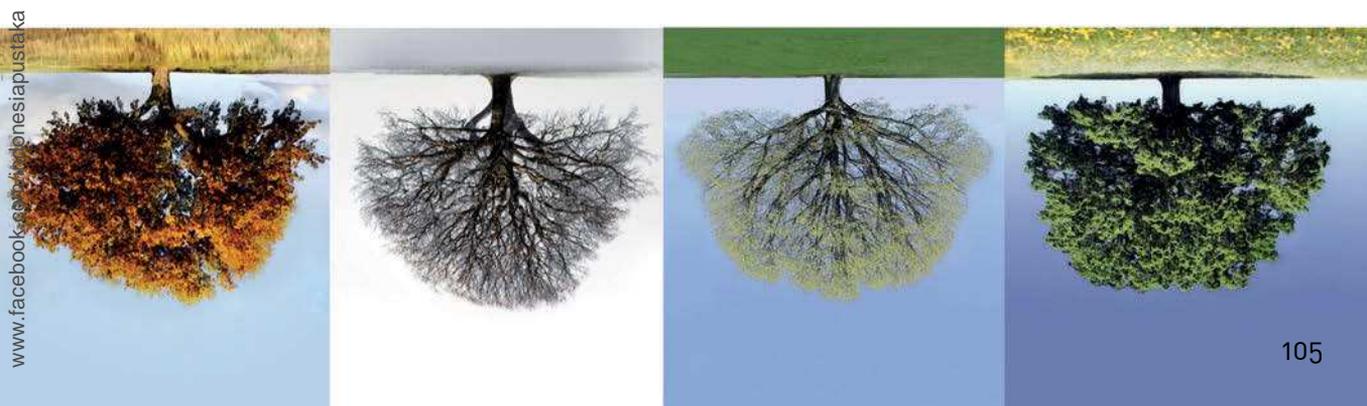
Kita tidak bisa mencari penjelasan lebih jauh lagi sebelum kita tengok apa yang membuat suatu benda langit mengorbit benda langit lain. Jadi itulah yang akan kita lakukan berikutnya.

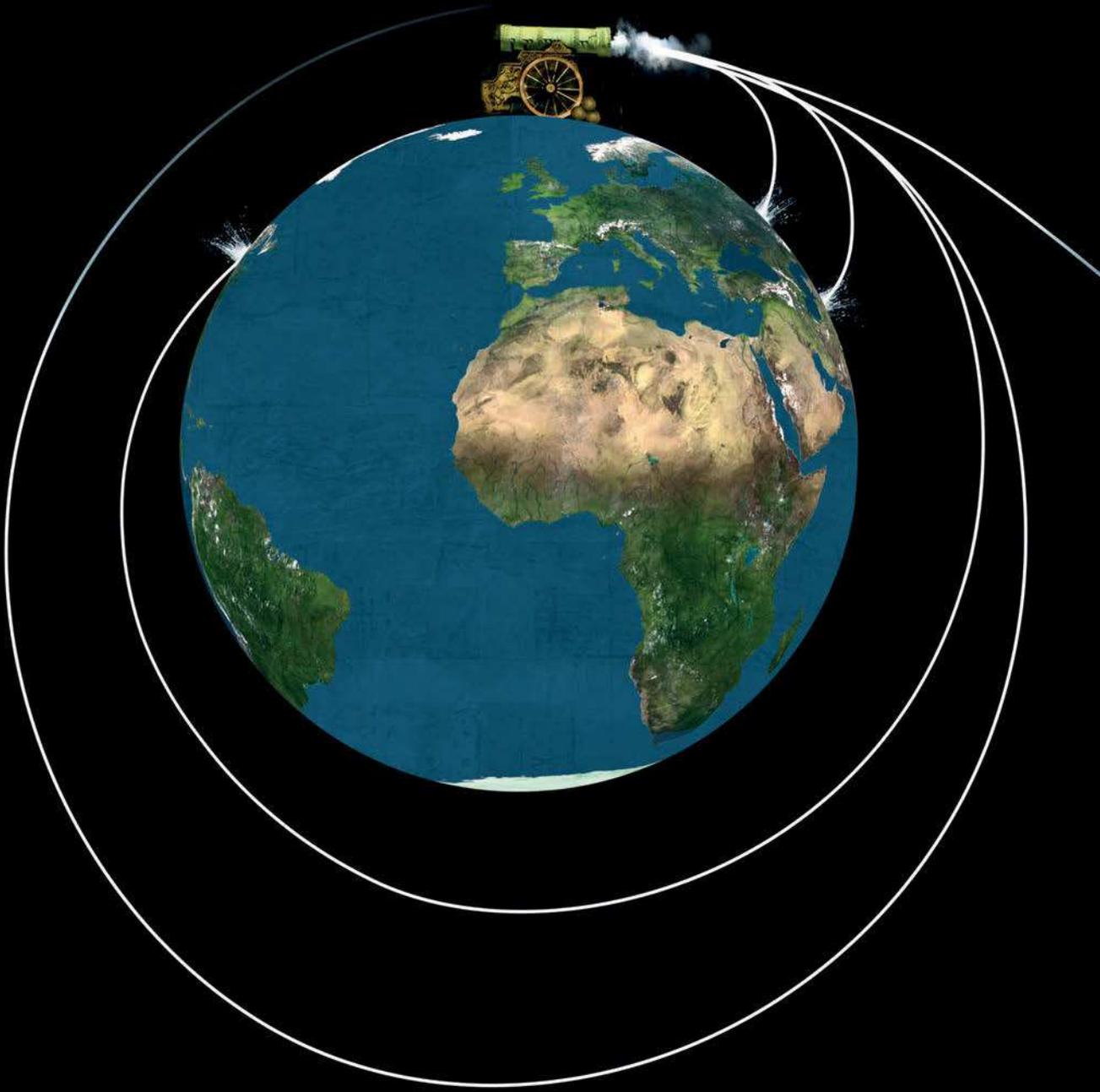
Dalam orbit

Mengapa planet-planet tetap berada dalam orbit mereka mengelilingi Matahari? Mengapa benda bisa tetap berada dalam orbit mengelilingi sesuatu yang lain? Hal ini dipahami pertama kali pada abad ketujuhbelas oleh Sir Isaac Newton, salah seorang ilmuwan terbesar yang pernah ada. Newton

menunjukkan bahwa semua orbit dikendalikan oleh gravitasi—gaya gravitasi yang sama dengan yang menarik apel yang jatuh ke tanah, namun dalam skala yang lebih besar. (Sayangnya, cerita bahwa Newton memperoleh gagasan itu ketika kepalanya kejatuhan apel barangkali tidaklah benar.)

Newton membayangkan meriam di puncak gunung yang sangat tinggi, dengan larasnya diarahkan secara mendatar ke arah laut (gunung itu ada di pinggir laut). Setiap peluru yang ditembakkan meriam itu tampaknya bergerak lurus mendatar awalnya, namun pada saat yang sama jatuh menuju laut. Kombinasi pergerakan keluar melewati atas laut dan jatuh ke laut menghasilkan kurva yang menekuk dengan anggun, berpuncak ke bunyi ceburan. Penting untuk diingat bahwa peluru meriam itu terus-menerus jatuh, bahkan di bagian awal kurva yang lebih datar. Peluru meriam itu bukannya bergerak datar beberapa lama, kemudian berubah pikiran mendadak seperti tokoh kartun yang menyadari bahwa dia harusnya terjatuh dan karenanya mulai melakukannya! Peluru meriam itu mulai jatuh





begitu meninggalkan laras meriam, namun Anda tidak melihat pergerakannya ke bawah karena bola itu bergerak (nyaris) mendarat juga, dan dengan cukup cepat.

Sekarang marilah kita buat meriam yang lebih besar dan kuat, sehingga peluru meriam bisa bergerak beberapa kilometer sebelum akhirnya tercebur ke laut. Masih tetap ada kurva menurun, namun kurva itu sangat melandai, sangat “datar”. Arah pergerakan nyaris mendarat untuk jarak yang cukup jauh, namun tetap saja bola tersebut jatuh sepanjang waktu.

Sekarang mari bayangkan meriam yang lebih besar lagi, dan jauh lebih kuat: sedemikian kuat sehingga peluru meriam bergerak jauh sekali sebelum jatuh ke laut. Kini lengkungan Bumi mulai disadari keberadaannya. Bola itu masih terus “jatuh”, namun karena permukaan planet melengkung, “mendarat” kini mulai menjadi aneh artinya. Peluru meriam itu masih bergerak mengikuti kurva yang anggun, seperti sebelumnya. Namun sewaktu peluru meriam perlahan bergerak melengkung menuju laut, laut melengkung menjauh darinya sebab planet berbentuk bundar. Oleh karena itu peluru meriam butuh waktu semakin lama sebelum akhirnya tercebur ke laut. Bola itu masih terus jatuh, namun kini jatuh *mengelilingi* planet.

Anda bisa melihat ke mana arah argumen ini menuju. Sekarang kita bisa bayangkan meriam yang sedemikian kuat sehingga peluru meriam yang ditembakkan terus bergerak mengelilingi Bumi sampai tiba kembali ke titik awalnya. Bola itu terus “jatuh”, namun kurva gerak jatuhnya berkesesuaian dengan lengkungan Bumi sehingga bola pun bergerak mengelilingi planet ini tanpa kunjung mendekati ke laut. Bola itu jadi *berada dalam orbit* dan akan tetap mengorbiti Bumi sampai waktu yang tidak terbatas, dengan anggapan tidak ada tahanan udara yang akan memperlambatnya (namun pada kenyataannya tahanan itu ada). Bola itu akan tetap “jatuh”, namun kurva gerak jatuhnya yang berlama-lama akan mengelilingi Bumi, lagi dan lagi. Peluru meriam akan berperilaku bagaikan bulan miniatur. Bahkan sebenarnya itulah artinya satelit—”bulan” buatan. Semua satelit “jatuh” namun tak pernah benar-benar turun. Satelit-satelit yang digunakan

untuk meneruskan panggilan telepon jarak jauh atau sinyal televisi berada dalam orbit khusus yang disebut orbit geostasioner. Ini berarti laju mereka mengelilingi Bumi telah dengan cerdas diatur sehingga tepat sama dengan laju Bumi berputar pada porosnya sendiri: dengan kata lain, satelit itu mengelilingi Bumi satu kali setiap 24 jam. Ini berarti, kalau kita pikir-pikir, satelit-satelit itu selalu melayang di atas titik yang tepat sama pada permukaan Bumi. Itulah mengapa kita bisa mengarahkan antena parabola kita dengan tepat ke arah satelit tertentu yang memancarkan sinyal televisi ke bawah.

Ketika suatu benda, misalnya stasiun antariksa, berada dalam orbit, benda itu terus “jatuh” dan semua benda di dalam stasiun antariksa, terlepas dari apakah kita anggap mereka ringan atau berat, jatuh dengan laju yang sama. Ini saat yang bagus untuk berhenti sebentar dan menjelaskan perbedaan antara massa dan bobot, seperti yang saya janjikan di bab sebelumnya.

Semua benda dalam stasiun antariksa yang mengorbit tidaklah berbobot. Namun bukan artinya mereka tidak bermassa. Massa mereka, seperti yang kita lihat di bab sebelumnya, bergantung kepada jumlah proton dan neutron yang mereka kandung. Bobot adalah tarikan gravitasi terhadap massa Anda. Di Bumi kita dapat menggunakan bobot untuk mengukur massa sebab tarikan tersebut (kurang lebih) sama di mana saja. Namun karena planet yang lebih masif memiliki gravitasi yang lebih kuat, bobot Anda berubah, tergantung di planet mana Anda berada, sedangkan massa Anda tetap sama di mana pun Anda berada—bahkan ketika Anda sedang sepenuhnya tidak berbobot dalam stasiun antariksa yang mengorbit. Anda tidak berbobot di stasiun antariksa karena Anda dan mesin timbangan sama-sama “jatuh” dengan laju yang sama (fenomena yang disebut “jatuh bebas”); sehingga kaki Anda tidak akan memberikan tekanan kepada mesin timbangan itu, sehingga Anda terukur tidak berbobot.

Namun walaupun Anda tidak berbobot, Anda sama sekali bukan tidak bermassa. Bila Anda melompat dengan penuh semangat menjauhi “lantai” stasiun antariksa, Anda akan melejit ke

arah “langit-langit” (tidak jelas yang mana lantai yang mana langit-langit!) dan, tidak peduli seberapa pun jauhnya Anda dari langit-langit, kepala Anda akan terbentur dan terasa sakit, seolah-olah Anda jatuh kepala duluan. Dan segala sesuatu yang lain di dalam stasiun antariksa akan tetap punya massanya juga. Bila Anda bawa peluru meriam dalam kabin bersama Anda, peluru tersebut akan mengambang tanpa bobot, yang mungkin membuat Anda berpikir peluru meriam tersebut sama ringannya dengan bola pantai berukuran sama. Namun bila Anda mencoba melemparnya melintasi kabin, Anda akan segera tahu bahwa peluru meriam itu tidaklah seringan bola pantai. Akan sulit sekali melemparkannya, dan Anda mungkin mendapati diri terlontar ke belakang, ke arah berlawanan, bila Anda mencobanya. Peluru meriam itu akan terasa berat, walaupun tidak menunjukkan kecenderungan khusus untuk bergerak “ke bawah” ke arah lantai stasiun antariksa. Bila Anda sukses melempar peluru meriam itu melintasi ruangan, dia akan berperilaku seperti benda berat apa pun sewaktu menubruk sesuatu yang menghalangi jalannya, dan tidak akan bagus akibatnya bila Anda hantam kepala salah satu rekan astronot Anda dengannya, baik secara langsung maupun setelah terpantul dari dinding. Bila peluru meriam tersebut menubruk peluru meriam lain, keduanya akan saling memantul dengan kesan “berat” yang sesungguhnya, tidak seperti, contohnya, sepasang bola pingpong, yang juga akan saling memantul namun dengan ringan. Saya harap contoh itu membuat Anda bisa merasakan perbedaan antara bobot dan massa. Di ruang antariksa, peluru meriam memiliki jauh lebih banyak massa daripada balon, walaupun keduanya berbobot sama—nol.



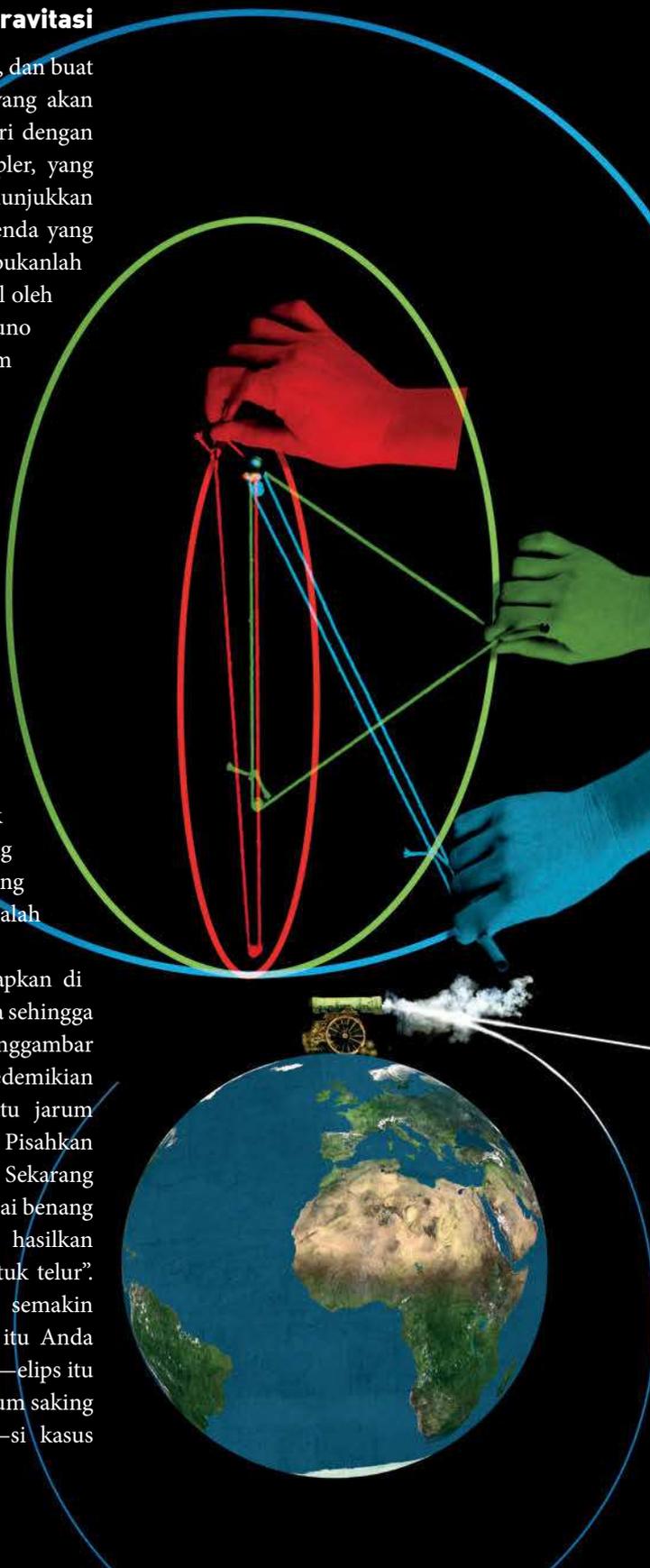


Telur, elips, dan meloloskan diri dari gravitasi

Mari kembali ke meriam kita di puncak gunung, dan buat meriamnya menjadi semakin kuat lagi. Apa yang akan terjadi? Nah, kini kita harus mengakrabkan diri dengan temuan ilmuwan besar Jerman, Johannes Kepler, yang hidup tak lama sebelum Newton. Kepler menunjukkan bahwa kurva anggun yang ditempuh benda-benda yang mengorbiti benda lain di antariksa sebenarnya bukanlah lingkaran, melainkan sesuatu yang telah dikenal oleh ahli-ahli matematika sejak masa Yunani kuno sebagai “elips”. Elips adalah bentuk semacam mirip telur (hanya “semacam”: telur bukan elips sempurna). Lingkaran adalah kasus khusus elips—pikirkanlah sebutir telur yang amat tumpul, telur yang amat pendek dan melebar sehingga bentuknya mirip bola pingpong.

Ada cara mudah untuk menggambar elips, sekaligus meyakinkan diri sendiri bahwa lingkaran merupakan kasus khusus elips. Ambil seutas benang dan ikat kedua ujungnya menjadi satu, membentuk simpul serapi dan sekecil yang Anda bisa. Sekarang tancapkan jarum di setumpuk kertas, lilitkan benang ke sekeliling jarum, tancapkan pensil melalui ujung lain lengkungan benang, tarik sampai tegang dan menggambarlah berkeliling jarum dengan lengkungan benang merentang sepenuhnya. Tentu saja hasil gambar Anda adalah lingkaran.

Berikutnya, ambil jarum kedua dan tancapkan di tumpukan kertas, tepat di sebelah jarum pertama sehingga keduanya bersentuhan. Anda tetap akan menggambar sebuah lingkaran karena kedua jarum itu sedemikian dekat sehingga mereka terhitung sebagai satu jarum tunggal. Namun di sinilah bagian menariknya. Pisahkan kedua jarum itu beberapa sentimeter jauhnya. Sekarang ketika Anda menggambar dengan bantuan simpai benang yang merentang penuh, bentuk yang Anda hasilkan bukan lagi lingkaran, melainkan elips “berbentuk telur”. Semakin jauh Anda tempatkan kedua jarum, semakin sempit elipsnya. Semakin dekat kedua jarum itu Anda tempatkan, semakin lebar—semakin membulat—elips itu sampai, ketika kedua jarum itu menjadi satu jarum saking dekatnya, elips itu akan menjadi lingkaran—si kasus khusus.



Sekarang, setelah kita bertemu si elips, kita bisa kembali ke meriam super kuat kita. Meriam tersebut telah menembakkan peluru meriam ke orbit yang kita asumsikan nyaris melingkar. Bila kita buat meriam itu menjadi lebih kuat lagi, yang terjadi adalah orbit itu menjadi elips yang semakin “terentang”, semakin kurang bulat. Ini disebut orbit “eksentrik”. Peluru meriam kita melejit cukup jauh dari Bumi, kemudian kembali dan jatuh. Bumi adalah salah satu dari kedua “jarum”. “Jarum” yang satu lagi tidak betul-betul ada sebagai benda padat, namun Anda bisa bayangkan sebagai jarum khayalan di antariksa sana. Jarum khayalan itu membantu sebagian orang untuk memahami perhitungan matematikanya, namun bila membuat Anda bingung, lupakan saja. Yang penting adalah menyadari bahwa Bumi tidak berada di pusat “telur” itu. Orbit merentang sangat lebih jauh dari Bumi di satu sisi (sisi “jarum khayalan”) daripada sisi satunya lagi (sisi di mana Bumi sendiri yang menjadi “jarum”).

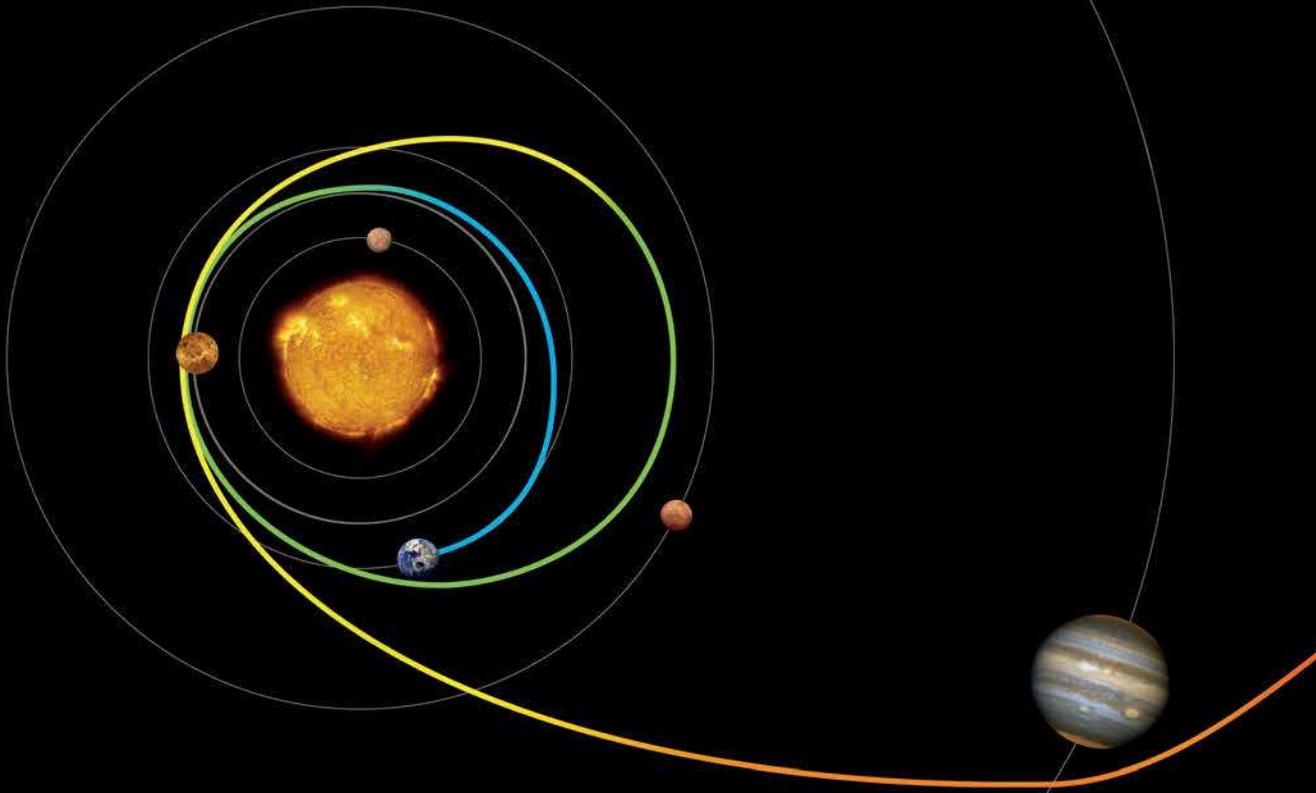
Kita terus jadikan meriam kita semakin kuat. Peluru meriam itu kini bergerak jauh, jauh sekali dari Bumi dan nyaris tak tertarik kembali sehingga jatuh ke Bumi. Elips orbit kini sangat panjang dan merentang. Dan pada akhirnya akan ada satu titik di mana orbit tak lagi berbentuk elips: kita menembakkan peluru meriam itu semakin cepat, dan kini kecepatan ekstra itu mendorongnya melewati titik tak dapat balik, di mana gravitasi Bumi tak lagi bisa memanggilnya kembali. Peluru meriam itu telah mencapai “kecepatan lepas” dan menghilang untuk selamanya (atau sampai ditangkap oleh gravitasi benda lain, misalnya Matahari).

Meriam kita yang lama-kelamaan semakin kuat merupakan ilustrasi semua tahap menuju dan melebihi pemantapan suatu orbit. Pertama-tama peluru jatuh begitu saja ke laut. Kemudian, selagi kita menembakkan peluru demi peluru dengan kekuatan yang semakin meningkat, kurva yang mereka tempuh menjadi semakin horisontal sampai peluru itu mencapai kecepatan yang dibutuhkan untuk mencapai orbit yang nyaris melingkar (ingatlah bahwa lingkaran merupakan kasus khusus elips). Kemudian, seiring semakin meningkatnya

kecepatan tembakan, orbit menjadi kurang melingkar dan semakin memanjang, semakin jelas bentuk elipsnya. Terakhir, ‘elips’ menjadi sedemikian memanjang sehingga tidak lagi menjadi elips: peluru mencapai kecepatan lepas dan malah melejit hilang.

Orbit Bumi di sekeliling Matahari secara teknis merupakan elips, namun nyaris merupakan lingkaran, si kasus khusus. Itu berlaku untuk semua planet lain kecuali Pluto (yang sekarang pun tidak lagi dianggap planet). Komet, di sisi lain, memiliki orbit seperti telur yang sangat panjang dan tipis. Kedua “jarum” yang digunakan untuk menggambar elipsnya terpisah sangat jauh.

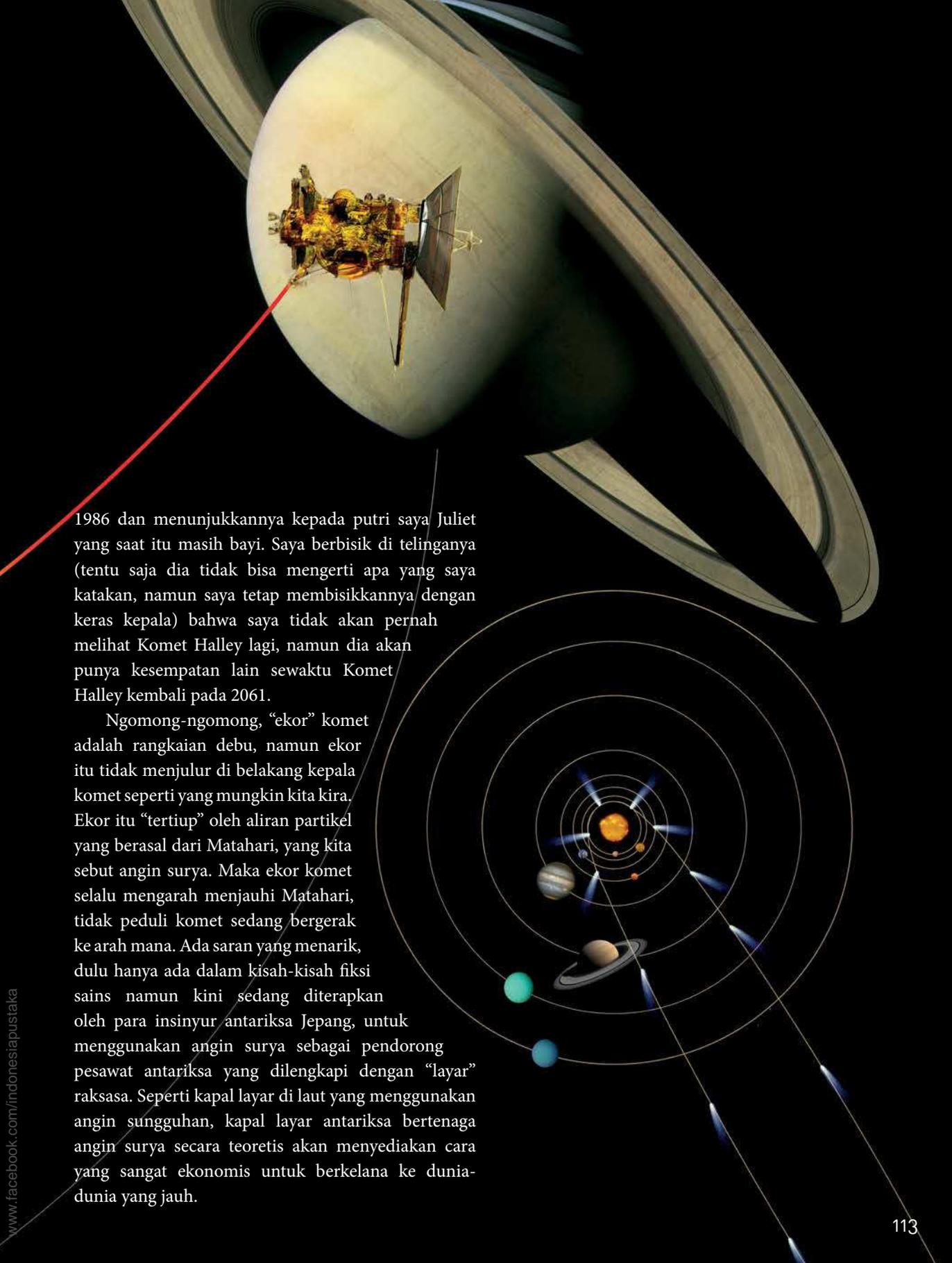
Salah satu dari kedua “jarum” bagi komet adalah Matahari. Sekali lagi, “jarum” yang satu lagi bukanlah benda nyata di antariksa: cukup Anda bayangkan saja. Ketika komet berada di jarak terjauhnya dari Matahari (disebut “aphelion”, dibaca “ap-helion”), komet bergerak dengan kecepatan yang paling lambat. Komet itu jatuh bebas sepanjang waktu, namun terkadang jatuhnya menjauhi Matahari, bukan mendekatnya. Perlahan-lahan dia memutar di pojok aphelion, kemudian jatuh ke arah Matahari, jatuh semakin cepat sampai melesat di sekeliling Matahari (si “jarum” satu lagi) dan mencapai kecepatan tertinggi ketika berada di titik terdekat dengan Matahari, disebut perihelion. (“Perihelion” dan “aphelion” berasal dari nama dewa Matahari dalam mitologi Yunani, Helios; *peri* adalah kata Yunani untuk “dekat” sementara *apo* berarti “jauh.”) Komet melejit cepat di sekeliling Matahari di perihelion, dan terus melewatinya pada kecepatan tinggi di sisi lain perihelion. Setelah melontarkan dirinya sendiri di sekeliling Matahari, komet itu perlahan-lahan kehilangan kecepatan sewaktu jatuh menjauhi Matahari sampai ke aphelion, tempat dia berada pada kecepatan terlambat; dan siklus itu terus-menerus berulang.



Para insinyur antariksa menggunakan sesuatu yang disebut efek lontaran ketapel untuk meningkatkan penghematan bahan bakar roket. Wahana antariksa Cassini, yang dirancang untuk mengunjungi planet Saturnus yang jauh, bergerak ke sana dengan rute yang tampaknya seperti berputar-putar, namun sebenarnya dirancang dengan cerdas untuk mengeksploitasi efek lontaran ketapel. Cassini menggunakan jauh lebih sedikit bahan bakar roket daripada yang diperlukan bila terbang langsung ke Saturnus, dengan cara meminjam gravitasi dan gerakan orbit tiga planet yang dilewatinya—Venus (dua kali), kemudian berayun mengelilingi Bumi kembali, lalu dorongan terakhir yang kuat dari Jupiter. Dalam setiap kasus, Cassini jatuh mengelilingi planet bagaikan komet, memperoleh kecepatan dengan bergantung kepada ujung ekor gravitasinya sewaktu planet itu melejit mengelilingi Matahari. Keempat dorongan dari lontaran ketapel melemparkan Cassini ke arah

sistem Saturnus yang terdiri atas cincin-cincin dan 62 bulan, dan sejak saat itu Cassini telah mengirimkan foto-foto menakjubkan ke Bumi dari situ.

Kebanyakan planet, seperti yang saya sebutkan, mengorbit Matahari dalam elips yang nyaris melingkar. Pluto tidak biasa, bukan hanya karena terlalu kecil untuk dipanggil planet lagi, namun juga karena memiliki orbit yang sangat eksentrik. Sebagian besar waktu, Pluto berada di luar orbit Neptunus, namun di perihelion Pluto menukik ke dalam dan jadi berposisi lebih dekat ke Matahari daripada Neptunus, yang orbitnya nyaris melingkar. Tapi orbit Pluto sekalipun tidak seeksentrik orbit komet. Komet yang paling terkenal, Komet Halley, bisa kita lihat hanya di dekat perihelion, sewaktu dia paling dekat dengan Matahari dan memantulkan sinar Matahari. Orbit elipsnya membawanya jauh, jauh sekali, dan dia kembali ke sekitar kita hanya setiap 75 atau 76 tahun sekali. Saya melihatnya pada

The image is a composite illustration. In the upper left, a satellite with a large solar panel and a red laser beam is shown. In the upper right, a large ringed planet, likely Saturn, is depicted. In the lower right, a diagram of the solar system shows the Sun at the center, with planets and their orbits. A probe trajectory is shown starting from the Sun and heading towards the outer planets. The background is a dark space with some light streaks.

1986 dan menunjukkannya kepada putri saya Juliet yang saat itu masih bayi. Saya berbisik di telinganya (tentu saja dia tidak bisa mengerti apa yang saya katakan, namun saya tetap membisikkannya dengan keras kepala) bahwa saya tidak akan pernah melihat Komet Halley lagi, namun dia akan punya kesempatan lain sewaktu Komet Halley kembali pada 2061.

Ngomong-ngomong, “ekor” komet adalah rangkaian debu, namun ekor itu tidak menjulur di belakang kepala komet seperti yang mungkin kita kira. Ekor itu “tertiup” oleh aliran partikel yang berasal dari Matahari, yang kita sebut angin surya. Maka ekor komet selalu mengarah menjauhi Matahari, tidak peduli komet sedang bergerak ke arah mana. Ada saran yang menarik, dulu hanya ada dalam kisah-kisah fiksi sains namun kini sedang diterapkan oleh para insinyur antariksa Jepang, untuk menggunakan angin surya sebagai pendorong pesawat antariksa yang dilengkapi dengan “layar” raksasa. Seperti kapal layar di laut yang menggunakan angin sungguhan, kapal layar antariksa bertenaga angin surya secara teoretis akan menyediakan cara yang sangat ekonomis untuk berkelana ke dunia-dunia yang jauh.

Cara miring melihat musim panas

Sekarang setelah kita memahami orbit, kita bisa kembali ke pertanyaan mengapa ada musim dingin dan musim panas. Anda tentu ingat bahwa sebagian orang salah mengira bahwa itu karena kita lebih dekat dengan Matahari saat musim panas dan lebih jauh saat musim dingin. Itu penjelasan yang bagus bila orbit Bumi seperti orbit Pluto. Bahkan memang musim dingin dan musim panas Pluto (dua-duanya jauh lebih dingin daripada musim apa pun yang kita alami di sini) disebabkan tepat oleh cara seperti itu.

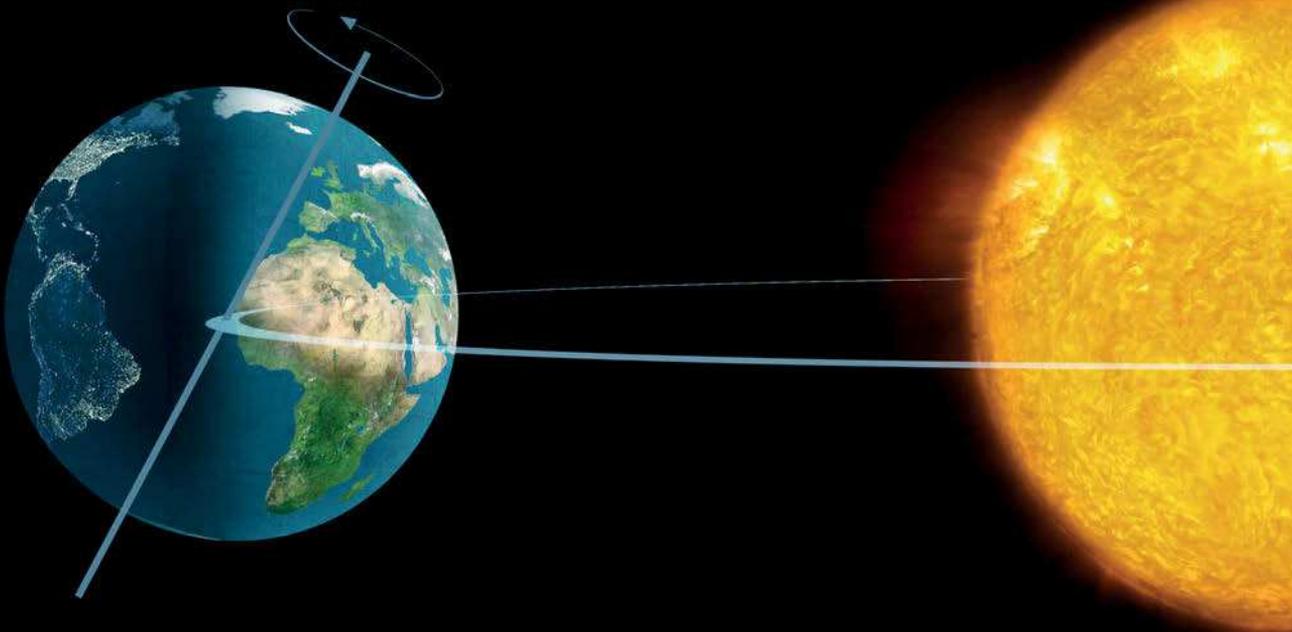
Tapi orbit Bumi berbentuk mendekati lingkaran, sehingga kedekatan planet kita dengan Matahari tidak mungkin menjadi penyebab musim yang berubah. Malah, Bumi sebenarnya lebih dekat dengan Matahari (perihelion) pada Januari dan paling jauh (aphelion) pada Juli, namun orbit elipsnya sedemikian nyaris melingkar sehingga hampir tidak ada perbedaan mencolok.

Nah kalau begitu, apa yang sebenarnya menyebabkan perbedaan antara musim dingin dan musim panas? Sesuatu yang berbeda. Bumi berputar pada porosnya, dan poros itu miring. Kemiringan inilah alasan sebenarnya mengapa kita

memiliki musim yang berbeda-beda. Mari lihat bagaimana kerjanya.

Seperti yang saya katakan sebelumnya, kita bisa anggap poros Bumi sebagai gandar, batang yang menembus bola Bumi dan mencuat di Kutub Utara dan Kutub Selatan. Sekarang anggaplah orbit Bumi berkeliling Matahari sebagai roda yang jauh lebih besar, dengan porosnya sendiri, kali ini menembus Matahari, dan mencuat keluar di “kutub utara” dan “kutub selatan” Matahari. Kedua gandar ini bisa saja tepat sejajar satu sama lain, sehingga Bumi tidak memiliki “kemiringan”—kalau seperti itu, Matahari tengah hari akan selalu tampak berada tepat di atas kepala di khatulistiwa, dan panjang siang dan malam akan sama di mana-mana. Tidak akan ada musim yang berbeda-beda. Khatulistiwa akan selalu panas, dan suhu semakin dingin bila kita bergerak semakin jauh dari khatulistiwa dan menuju ke kutub yang mana pun. Kita bisa memperoleh kesejukan dengan bergerak menjauhi khatulistiwa, namun tidak dengan cara menanti musim dingin karena tidak akan ada musim dingin untuk dinanti. Tidak ada musim panas, tidak ada musim apa pun juga.

Tapi pada kenyataannya kedua gandar itu tidak sejajar. Gandar (poros) perputaran Bumi sendiri miring relatif terhadap gandar (poros) orbit kita



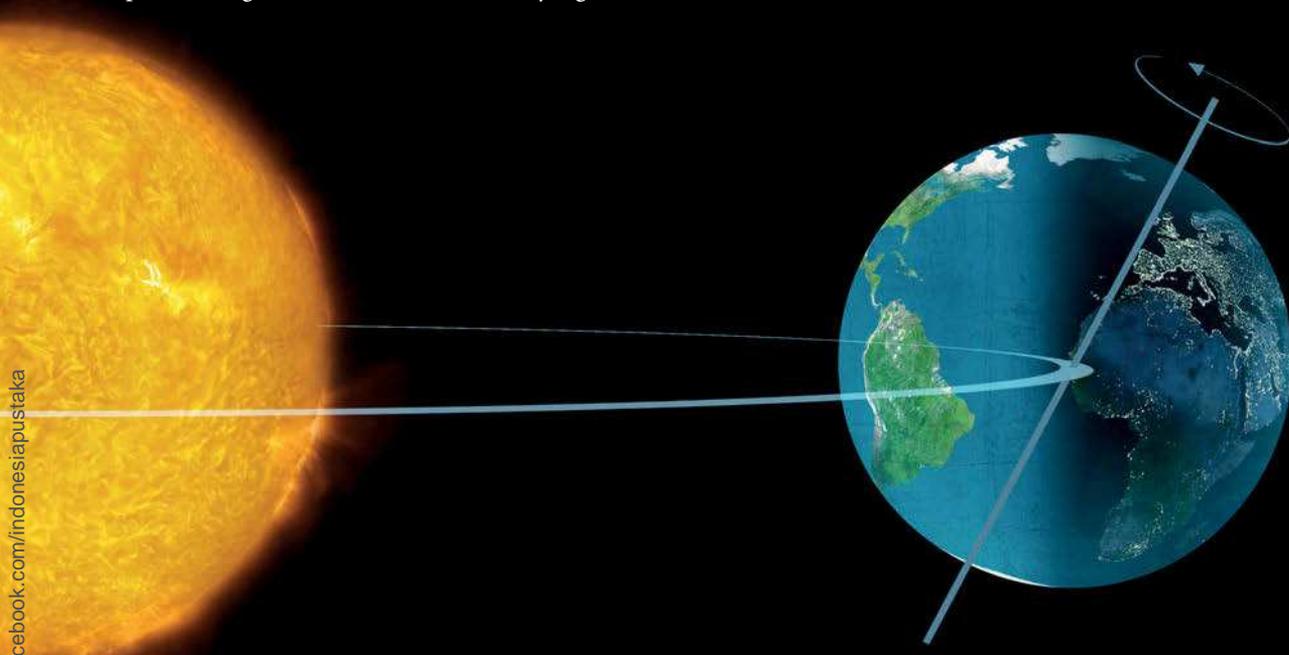
mengelilingi Matahari. Kemiringan itu tidak besar-besar amat—sekitar 23,5 derajat. Kalau besarnya 90 derajat (yang merupakan kemiringan Planet Uranus) Kutub Utara akan mengarah tepat ke Matahari pada satu waktu dalam setahun (yang bisa kita sebut tengah musim panas utara) dan mengarah tepat membelakangi Matahari pada tengah musim dingin utara. Bila Bumi seperti Uranus, saat tengah musim panas Matahari akan berada di atas kepala sepanjang waktu di Kutub Utara (tidak akan ada malam di sana), sementara di Kutub Selatan sedingin es dan gelap, tanpa tanda-tanda ada siang hari. Dan sebaliknya enam bulan kemudian.

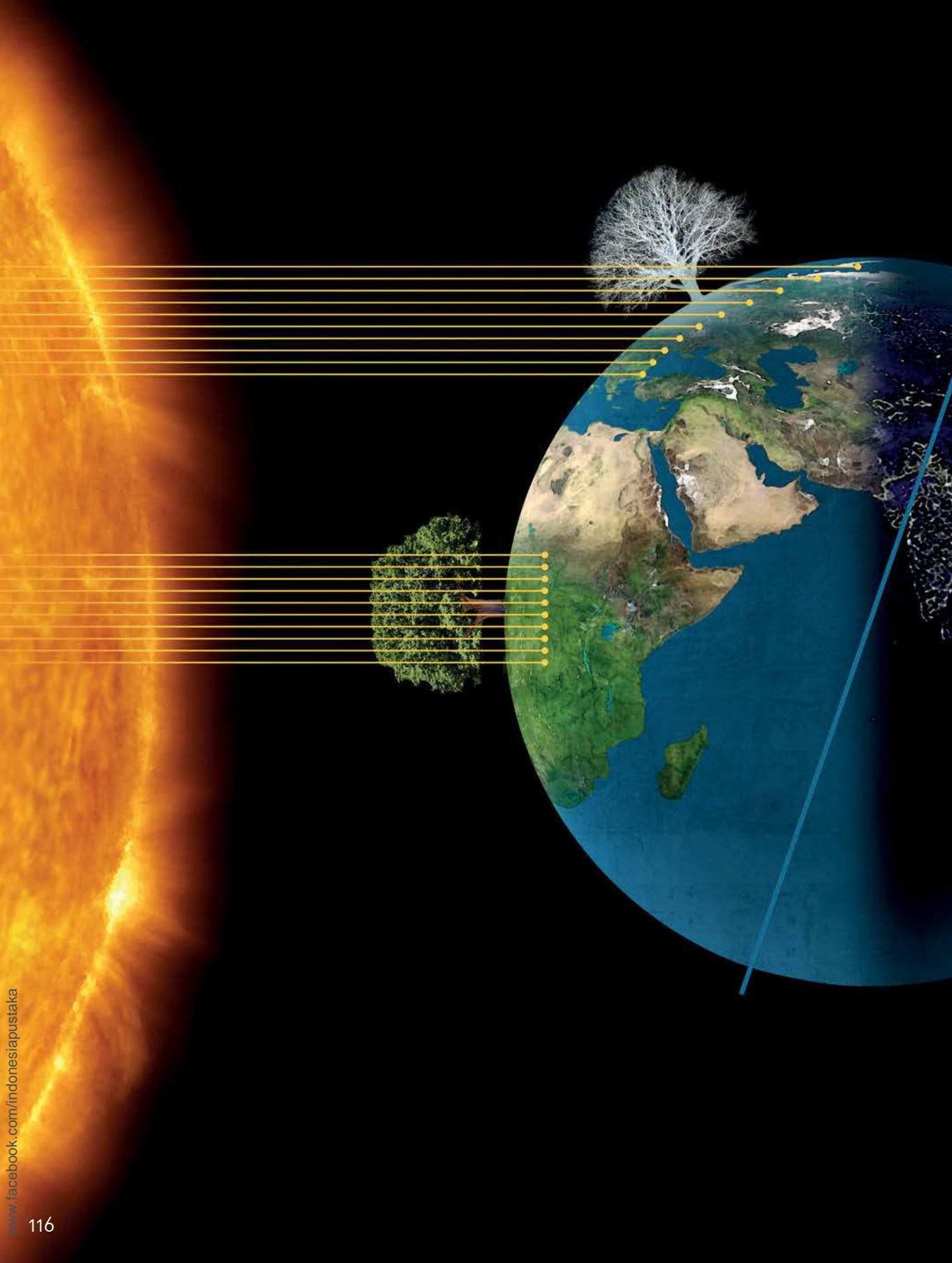
Karena planet kita sebenarnya hanya miring 23,5 derajat, bukan 90 derajat, maka kita kira-kira seperempat jalan dari ekstrem tanpa musim bila poros Bumi tidak miring sama sekali menuju ekstrem Uranus yang miring nyaris sepenuhnya. Artinya, seperti di Uranus, Matahari tidak pernah tenggelam di Kutub Utara Bumi saat tengah musim panas. Hari pun selalu siang; namun, tak seperti di Uranus, Matahari tidak berada tepat di atas kepala. Matahari tampak seolah menempuh jalur melengkung di langit sewaktu Bumi berotasi, namun tidak pernah benar-benar tenggelam di bawah cakrawala. Itu berlaku di seluruh Lingkaran Artik. Bila Anda berdiri tepat di Lingkaran Artik, taruhlah di ujung barat

laut Eslandia, pada hari tengah musim panas, Anda akan melihat Matahari melayang cepat di sepanjang cakrawala selatan saat tengah malam, namun tidak pernah benar-benar tenggelam. Kemudian Matahari akan bergerak melengkung ke posisi tertingginya (tidak terlalu tinggi) saat tengah hari.

Di Skotlandia utara, yang sedikit di luar Lingkaran Artik, Matahari tengah musim panas terbenam di bawah cakrawala cukup jauh untuk mewujudkan semacam malam—namun malam yang tidak terlalu gelap, karena Matahari tidak pernah terlalu jauh di bawah cakrawala.

Jadi, kemiringan sumbu Bumi menjelaskan mengapa kita punya musim dingin (ketika bagian planet tempat kita berada miring menjauhi Matahari) dan musim panas (ketika bagian tersebut mengarah ke Matahari), dan mengapa siang hari pendek pada musim dingin namun panjang pada musim panas. Namun apakah itu menjelaskan mengapa musim dingin begitu dingin sedangkan musim panas begitu panas? Mengapa Matahari terasa lebih panas sewaktu letaknya tepat di atas kepala daripada ketika menggantung rendah, dekat cakrawala? Itu kan Matahari yang sama, jadi seharusnya kan panasnya sama dari sudut mana pun kita melihatnya? Tidak.





Anda bisa lupa kan fakta bawa kita sedikit lebih dekat ke Matahari sewaktu miring ke arahnya. Perbedaan itu kecil sekali (hanya beberapa ribu kilometer) dibandingkan dengan jarak total dari Matahari (sekitar 152 juta kilometer), dan masih tidak ada artinya dibandingkan dengan perbedaan antara jarak Matahari saat perihelion dan jarak Matahari saat aphelion (sekitar 4,8 juta kilometer). Bukan, salah satu yang berpengaruh adalah sudut sinar Matahari saat menghantam kita, dan satu lagi adalah fakta bahwa siang hari lebih panjang pada musim panas dan lebih pendek pada musim dingin. *Sudut* itulah yang membuat Matahari terasa lebih panas pada tengah hari dibanding sore hari, dan sudut itulah yang menyebabkan lebih penting memakai tabir surya pada tengah hari dibanding sore hari. Kombinasi sudut dan panjang hari-lah yang menjadikan tumbuhan bertumbuh lebih banyak pada musim panas dibanding musim dingin, dan juga segala sesuatu yang bergantung kepada tumbuhan.

Jadi mengapa sudut ini menyebabkan perbedaan sebesar itu? Ini satu cara menjelaskannya.

Bayangkan Anda sedang berjemur saat tengah hari pada musim panas, dan

Matahari berada tinggi di atas kepala. Setiap jengkal kulit di tengah punggung Anda dihantam oleh foton-foton (partikel-partikel kecil cahaya) dengan laju yang bisa Anda hitung dengan alat ukur cahaya. Nah, bila Anda berjemur pada tengah hari musim dingin, ketika Matahari relatif rendah di langit akibat kemiringan Bumi, cahaya mencapai Bumi pada sudut yang lebih tumpul, lebih “condong”: oleh karena itu, sejumlah tertentu foton “dibagi-bagi” ke area kulit yang lebih luas. Ini berarti setiap jengkal kulit memperoleh foton dalam jumlah lebih sedikit daripada saat tengah musim panas. Yang berlaku bagi kulit Anda berlaku juga bagi dedaunan tumbuhan, dan itu sangat penting artinya karena tumbuhan menggunakan cahaya Matahari untuk membuat makanan.

Malam dan siang, musim dingin dan musim panas: itulah irama akbar silih-berganti yang mengatur kehidupan kita, dan kehidupan semua makhluk hidup—kecuali barangkali yang hidup di laut dalam yang gelap dan dingin. Satu lagi irama yang tidak terlalu penting bagi kita namun sangat berarti bagi makhluk-makhluk lain, misalnya yang hidup di pesisir pantai, adalah irama yang ditimbulkan oleh bulan yang mengorbit, yang pengaruhnya paling besar terasa pada naik-surutnya pasang. Siklus bulan adalah subjek mitos-mitos kuno dan mengusik—tentang serigala jadi-jadian dan vampir, misalnya. Namun saya harus dengan berat hati tinggalkan obrolan soal ini sekarang dan berlanjut membahas Matahari itu sendiri.

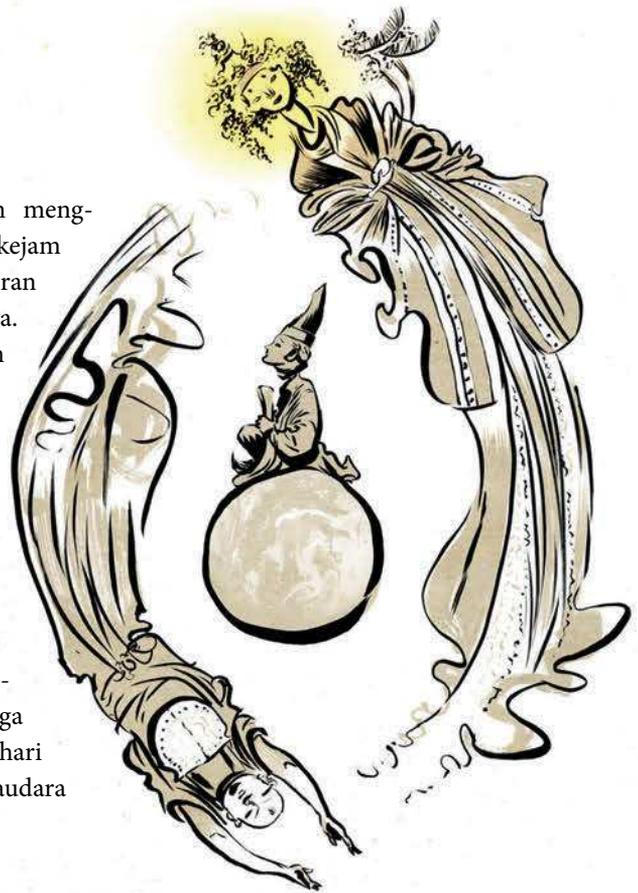


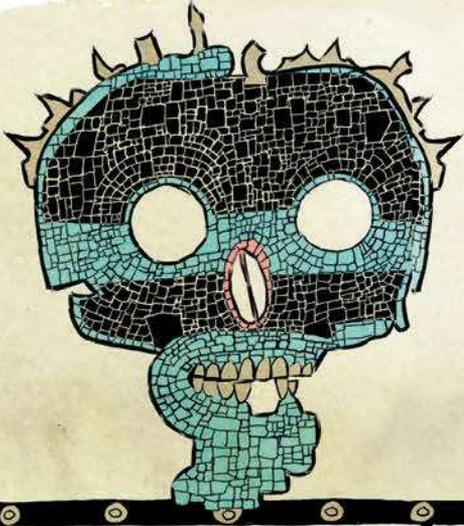
6

WHAT IS THE SUN?

| Apa itu Matahari?

MATAHARI sedemikian terang, sedemikian menghibur di iklim yang dingin, sedemikian kejam memanggang di iklim yang panas, sehingga tak heran banyak bangsa yang memujanya sebagai dewa. Pemujaan Matahari seringkali dilangsungkan bersama-sama pemujaan Bulan, dan Matahari dan Bulan kerap dianggap sebagai berjenis kelamin berbeda. Suku Tiv dari Nigeria dan bagian-bagian lain Afrika barat percaya bahwa Matahari adalah putra dewa agung mereka Awondo, sementara Bulan adalah putri Awondo. Suku Barotse dari Afrika tenggara beranggapan Matahari adalah suami Bulan, bukan saudara lelakinya. Mitos-mitos seringkali memperlakukan Matahari sebagai laki-laki dan Bulan sebagai perempuan, namun bisa juga sebaliknya. Dalam agama Shinto dari Jepang, Matahari adalah dewi Amaterasu, sementara bulan adalah saudara laki-lakinya Tsukuyomi.

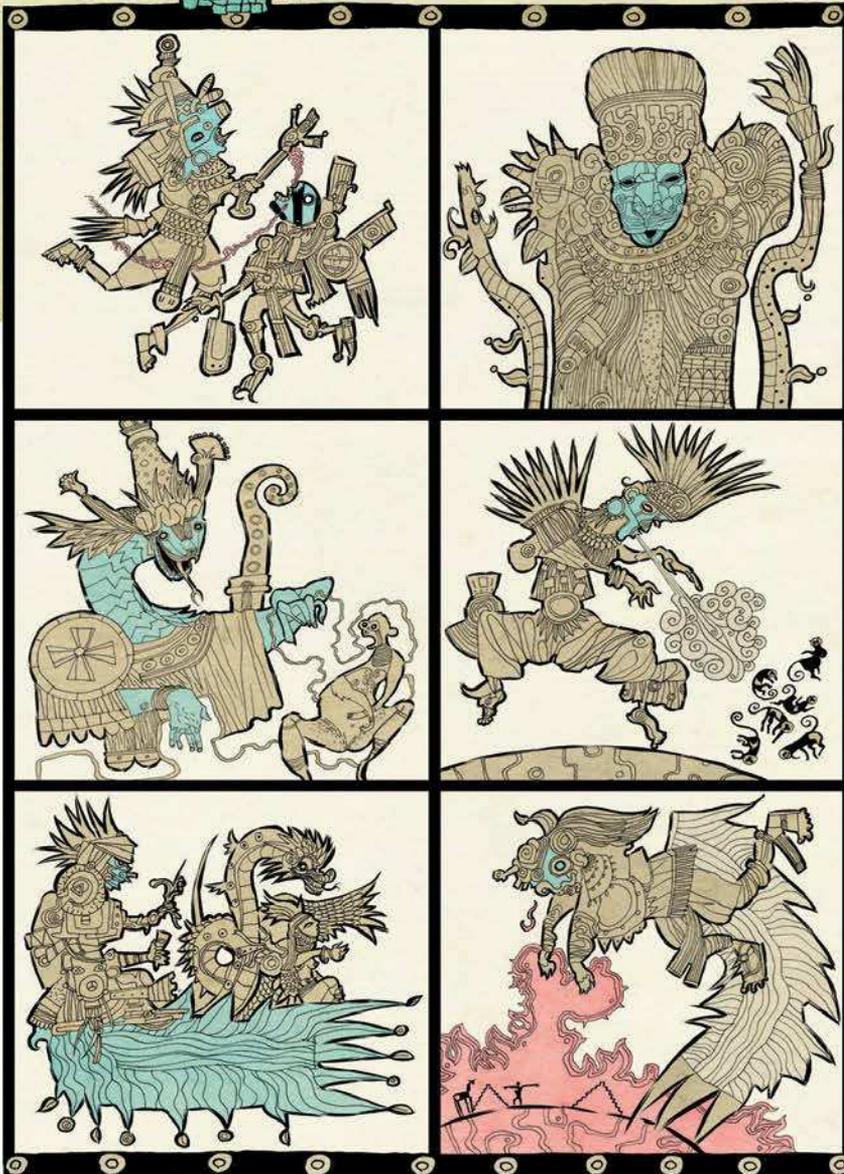




Peradaban-peradaban akbar yang berkembang di Amerika Selatan dan Tengah sebelum orang-orang Spanyol tiba pada abad keenambelas memuja Matahari. Bangsa Inka di Andes percaya bahwa Matahari dan Bulan merupakan nenek moyang mereka. Bangsa Aztek di Meksiko memiliki banyak dewa yang sama dengan peradaban-peradaban yang lebih tua di wilayah tersebut, misalnya bangsa Maya. Beberapa dewa mereka berhubungan dengan Matahari, atau dalam beberapa kasus merupakan Matahari itu sendiri. Mitos “Lima Matahari” Aztek menyatakan bahwa ada empat dunia sebelum yang sekarang, masing-masing dengan Matahari-nya sendiri. Keempat dunia itu lebih dulu hancur, secara bergantian, akibat bencana, yang sering kali direkayasa oleh para dewa. Matahari

pertama adalah dewa yang disebut Tezcatlipoca Hitam; dia bertarung dengan saudara lelakinya, Quetzalcoatl, yang menghantamnya dengan gada sampai terjatuh dari langit. Setelah masa kegelapan, tanpa Matahari, Quetzalcoatl menjadi Matahari kedua. Saat murka, Tezcatlipoca mengubah semua manusia menjadi monyet, dan semua monyet itu ditiup pergi oleh Quetzalcoatl, yang lantas pensiun dari posisi Matahari kedua.

Dewa Tlaloc lalu menjadi Matahari ketiga. Kesal karena Tezcatlipoca membawa lari istrinya Xochiquetzal, Tlaloc merajuk dan menolak mengizinkan hujan turun, sehingga terjadi kekeringan parah. Manusia memohon-mohon agar diberi hujan, dan Tlaloc menjadi sedemikian muak dengan permintaan mengiba mereka sehingga dia turunkan saja hujan api. Hujan api membakar dunia, dan para dewa harus mulai dari awal lagi.

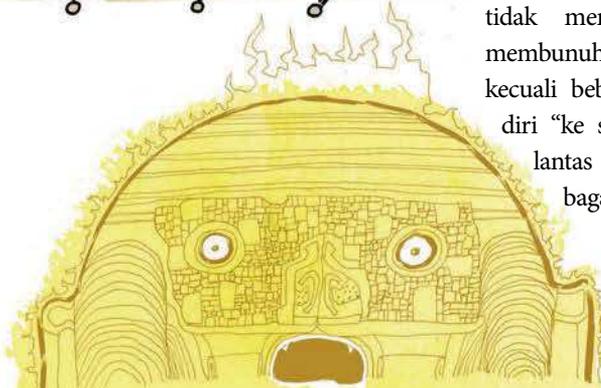


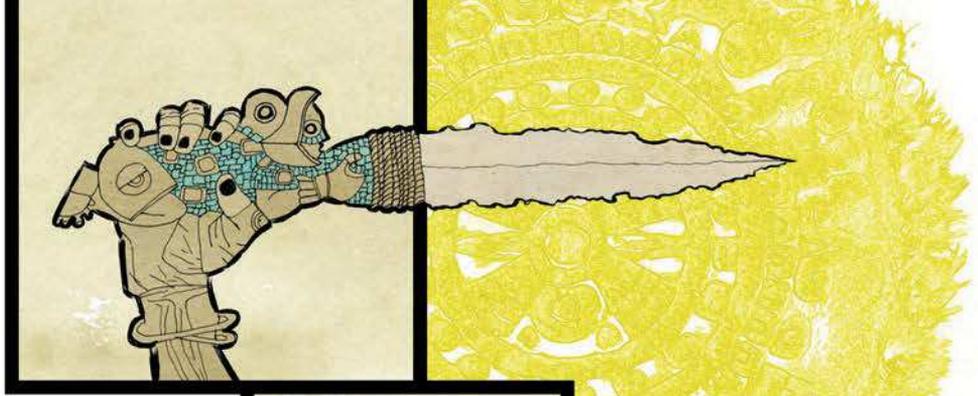


Matahari keempat adalah istri baru Tlaloc, Chalchiuhtlicue. Awalnya dia bekerja dengan baik, namun kemudian Tezcatlipoca membuatnya sedemikian kecewa sehingga dia menangis mencururkan air mata darah selama 52 tahun tanpa berhenti. Air matanya menenggelamkan dunia sepenuhnya, dan lagi-lagi para dewa harus mulai lagi dari nol. Aneh tidak sih, ngomong-ngomong, betapa persisnya rincian-rincian kecil yang disebutkan dalam mitos? Bagaimana ceritanya bangsa Aztek memutuskan bahwa Chalchiuhtlicue menangis selama 52 tahun, bukan 51 atau 53?



Matahari kelima, yang dipercaya orang-orang Aztek sebagai yang saat ini masih kita lihat di langit, adalah dewa Tonatiuh, terkadang dikenal sebagai Huitzilopochtli. Ibunya, Coatlicue, melahirkannya setelah tanpa sengaja hamil akibat seberkas bulu burung. Itu mungkin terdengar aneh, namun hal-hal semacam itu terdengar normal saja bagi orang-orang yang dibesarkan dengan mitos-mitos tradisional (satu lagi dewi Aztek dihormati oleh kundur, yang merupakan kulit kering dari buah sejenis labu). Keempat ratus putra Coatlicue sedemikian marah sewaktu mengetahui bahwa ibu mereka hamil lagi, sehingga mereka berusaha memenggalnya. Tapi pada saat genting dia melahirkan Huitzilopochtli. Putranya itu terlahir bersenjata lengkap dan tidak membuang-buang waktu membunuh ke-400 saudara tirinya, kecuali beberapa yang melarikan diri "ke selatan". Huitzilopochtli lantas menjalankan tugas sebagai Matahari kelima.





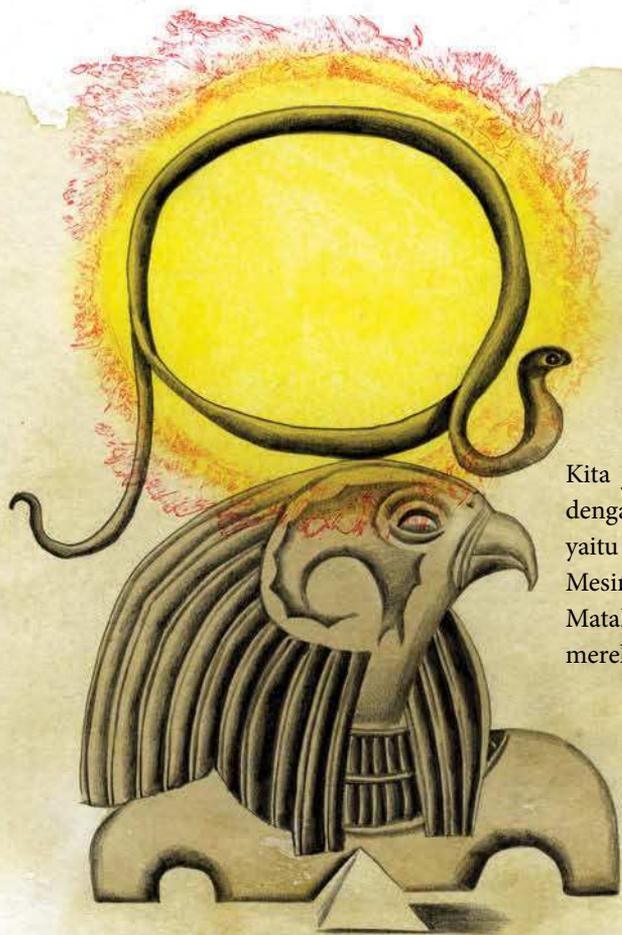
Bangsa Aztek percaya mereka harus mengurbankan manusia untuk menyenangkan hati dewa Matahari, kalau tidak dia tak akan terbit di timur setiap pagi. Tampaknya tidak terpikir oleh mereka untuk mencoba-coba tidak mempersembahkan kurban, sekadar mencari tahu apakah Matahari tetap terbit atau tidak bila tak diberi kurban. Pengurbanan itu sendiri terkenal sadis. Pada ujung masa kejayaan Aztek, ketika orang Spanyol tiba (membawa kesadisan ala mereka sendiri), kultus pemujaan Matahari memuncak dengan klimaks berdarah-darah. Diperkirakan antara 20.000 dan 80.000 manusia dikurbankan untuk pentahbisan-ulang Kuil Agung Tenochtitlan pada 1487. Berbagai pemberian bisa dipersembahkan untuk menyenangkan hati sang



Dewa Matahari, namun yang dia paling sukai adalah darah manusia, dan jantung manusia yang masih berdetak. Salah satu tujuan utama perang adalah mengumpulkan banyak tawanan untuk dikurbankan, biasanya dengan mencerabut jantung. Upacara biasanya berlangsung di tempat tinggi (agar dekat Matahari), misalnya di puncak salah satu piramida mengagumkan yang membuat bangsa Aztek, Maya, dan

Inka ternama. Empat pendeta memegang korban di atas altar, sementara pendeta kelima menghunus pisau. Dia bekerja secepat mungkin mengeluarkan jantung korban sehingga masih berdetak ketika diangkat ke arah Matahari. Sementara itu jenazah yang berdarah-darah dan tak lagi berjantung digulirkan menuruni lereng bukit atau piramida sampai ke dasar, untuk diambil oleh orang-orang tua dan kemudian dipotong-potong, sering kali untuk dimakan dalam ritual santapan.





Kita juga mengasosiasikan piramida dengan satu lagi peradaban kuno, yaitu peradaban Mesir. Orang-orang Mesir Kuno juga merupakan pemuja Matahari. Salah satu dewa tertinggi mereka adalah dewa Matahari Ra.



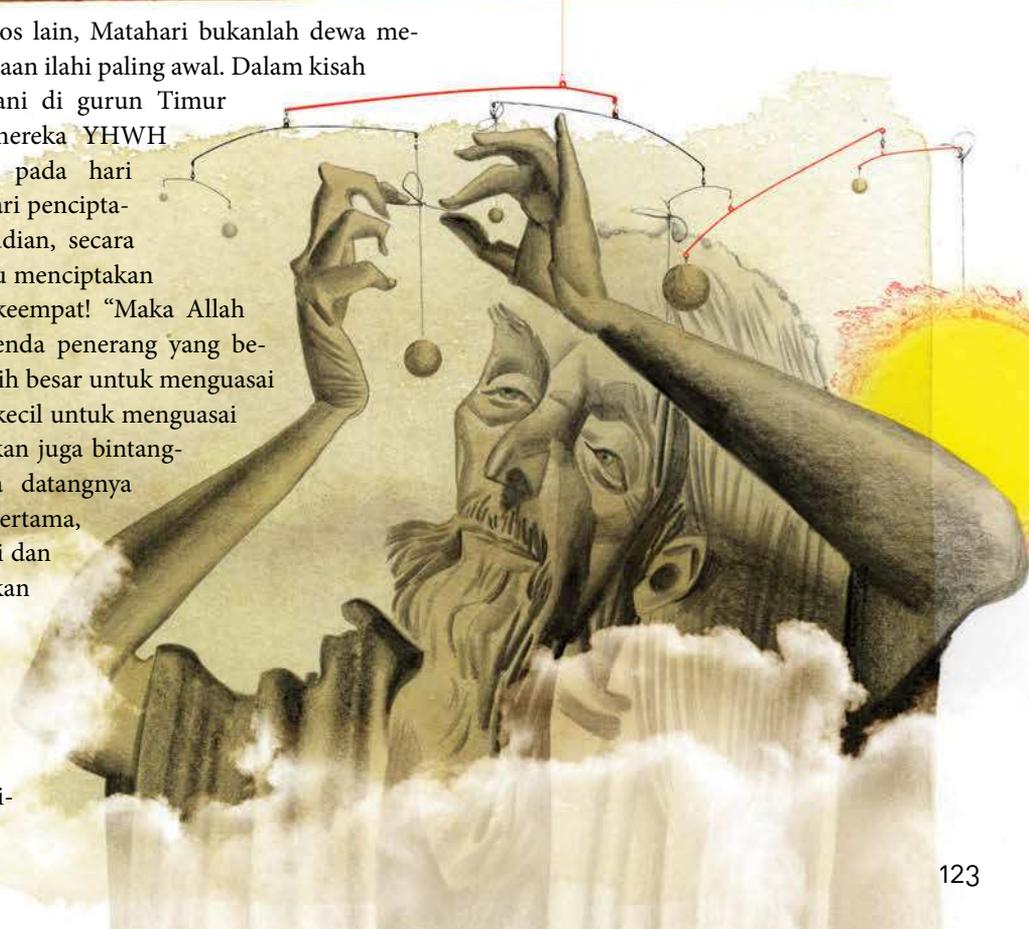
Salah satu legenda Mesir menganggap lengkungan langit sebagai tubuh dewi Nut, yang melengkung di atas Bumi. Setiap malam sang dewi menelan Matahari, dan kemudian di pagi berikutnya melahirkannya lagi.



Berbagai bangsa, termasuk orang-orang Yunani Kuno dan Nors, memiliki legenda tentang Matahari sebagai kereta yang dihela melintasi langit. Dewa Matahari Yunani disebut Helios, dan dari namanya telah lahir berbagai istilah sains yang berkaitan dengan Matahari, seperti yang kita lihat di Bab 5.

Dalam mitos-mitos lain, Matahari bukanlah dewa melainkan salah satu ciptaan ilahi paling awal. Dalam kisah penciptaan suku Ibrani di gurun Timur Tengah, ilah suku mereka YHWH menciptakan terang pada hari pertama dari enam hari penciptannya—namun kemudian, secara mengejutkan, dia baru menciptakan Matahari pada hari keempat! “Maka Allah menjadikan kedua benda penerang yang besar itu, yakni yang lebih besar untuk menguasai siang dan yang lebih kecil untuk menguasai malam, dan menjadikan juga bintang-bintang.” Dari mana datangnya terang pada hari pertama, sebelum ada Matahari dan bintang, tak diceritakan kepada kita.

Saatnya beralih ke kenyataan, dan sifat sejati Matahari, seperti yang diketahui dari bukti-bukti sains.

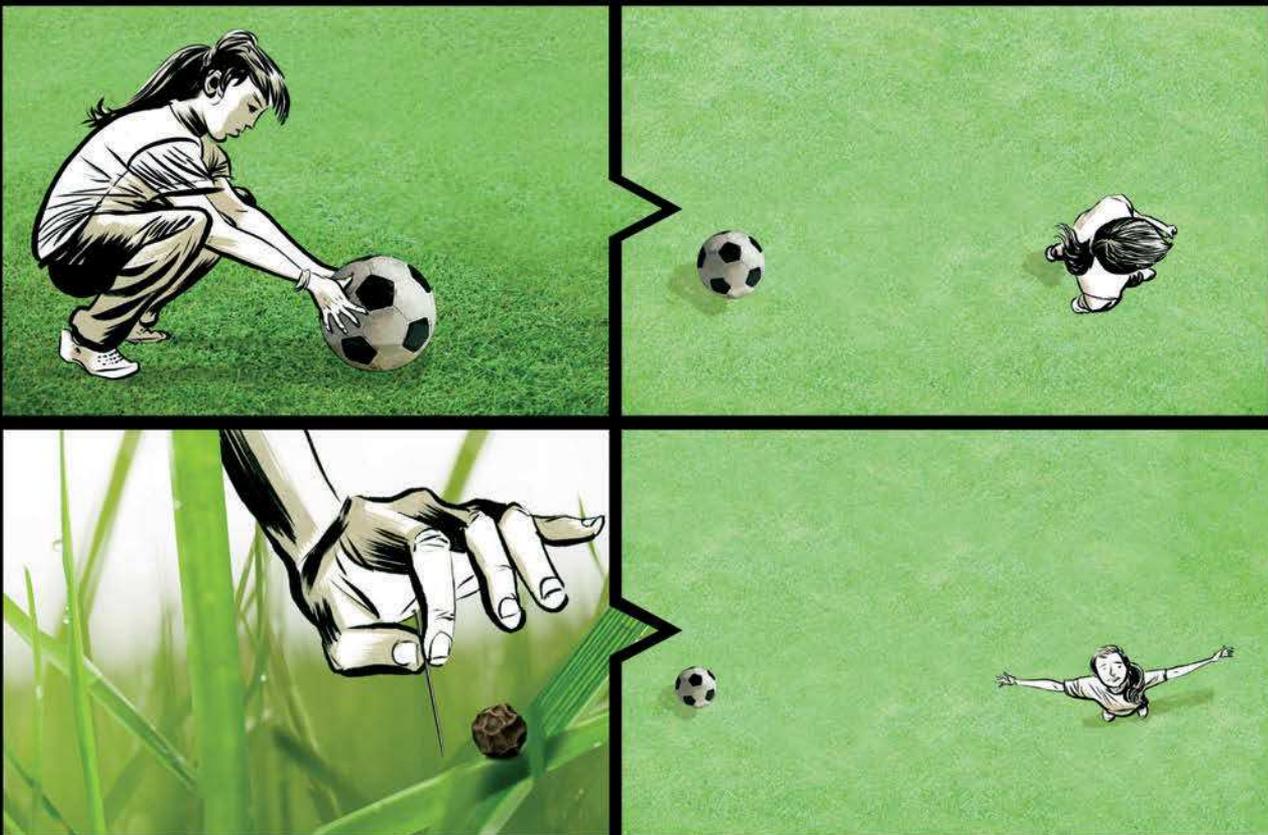


|SEBENARNYA apa itu Matahari?

What is the sun, really?

Matahari adalah suatu bintang. Dia tak berbeda dari banyak bintang lain, hanya saja kebetulan kita berada di dekatnya sehingga Matahari tampak jauh lebih besar dan terang daripada bintang-bintang lain. Untuk alasan yang sama, Matahari, tak seperti bintang lain, terasa panas, merusak mata kita bila kita pandang langsung terus-menerus, dan membakar kulit kita sampai merah-merah bila kita terlalu lama berada di luar di bawah siraman sinarnya. Matahari bukan sekadar *sedikit* lebih dekat daripada bintang lain mana pun; Matahari jauh lebih dekat. Sulit memahami betapa jauh bintang-bintang lain, saking besarnya antariksa. Sebenarnya bukan sekadar susah, melainkan nyaris mustahil.

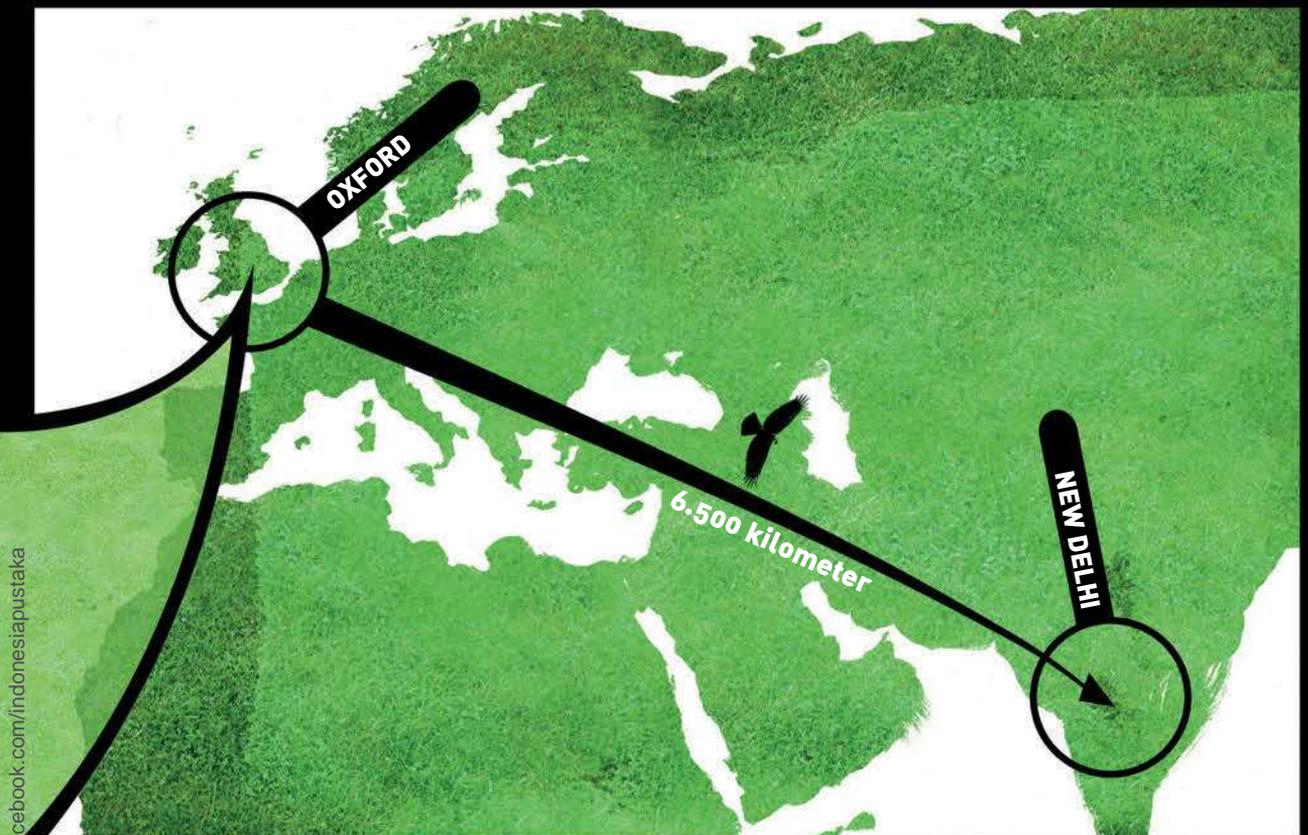
Ada buku indah berjudul *Earthsearch* karya John Cassidy, yang berupaya memahami hal tersebut, menggunakan model skala.



1. Keluarlah ke lapangan yang luas dan letakkan satu bola sepak untuk mewakili Matahari.
2. Kemudian berjalanlah 25 meter menjauh dan jatuhkan sebutir lada untuk mewakili ukuran Bumi dan jaraknya dari Matahari.
3. Bulan, pada skala yang sama, diwakili ujung jarum, yang jaraknya hanya 5 sentimeter jauhnya dari butiran lada.
4. Namun bintang terdekat lainnya, Proxima Centauri, pada skala yang sama, akan diwakili bola sepak lain (yang agak lebih kecil) yang terletak kira-kira... sebentar...

...6.500 kilometer jauhnya!

Mungkin ada planet yang mengorbit Proxima Centauri, mungkin juga tidak, namun jelas ada planet-planet yang mengorbit bintang-bintang lain, mungkin sebagian besar bintang. Dan jarak antara setiap bintang dan planet-planetnya biasanya kecil dibandingkan jarak antara bintang-bintang itu sendiri.

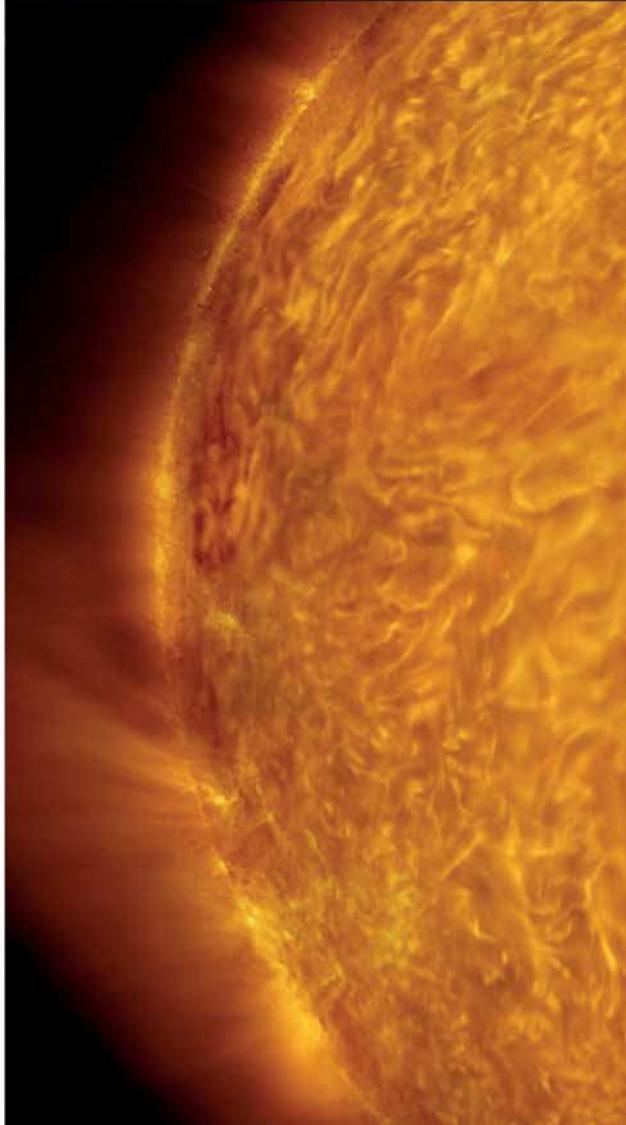


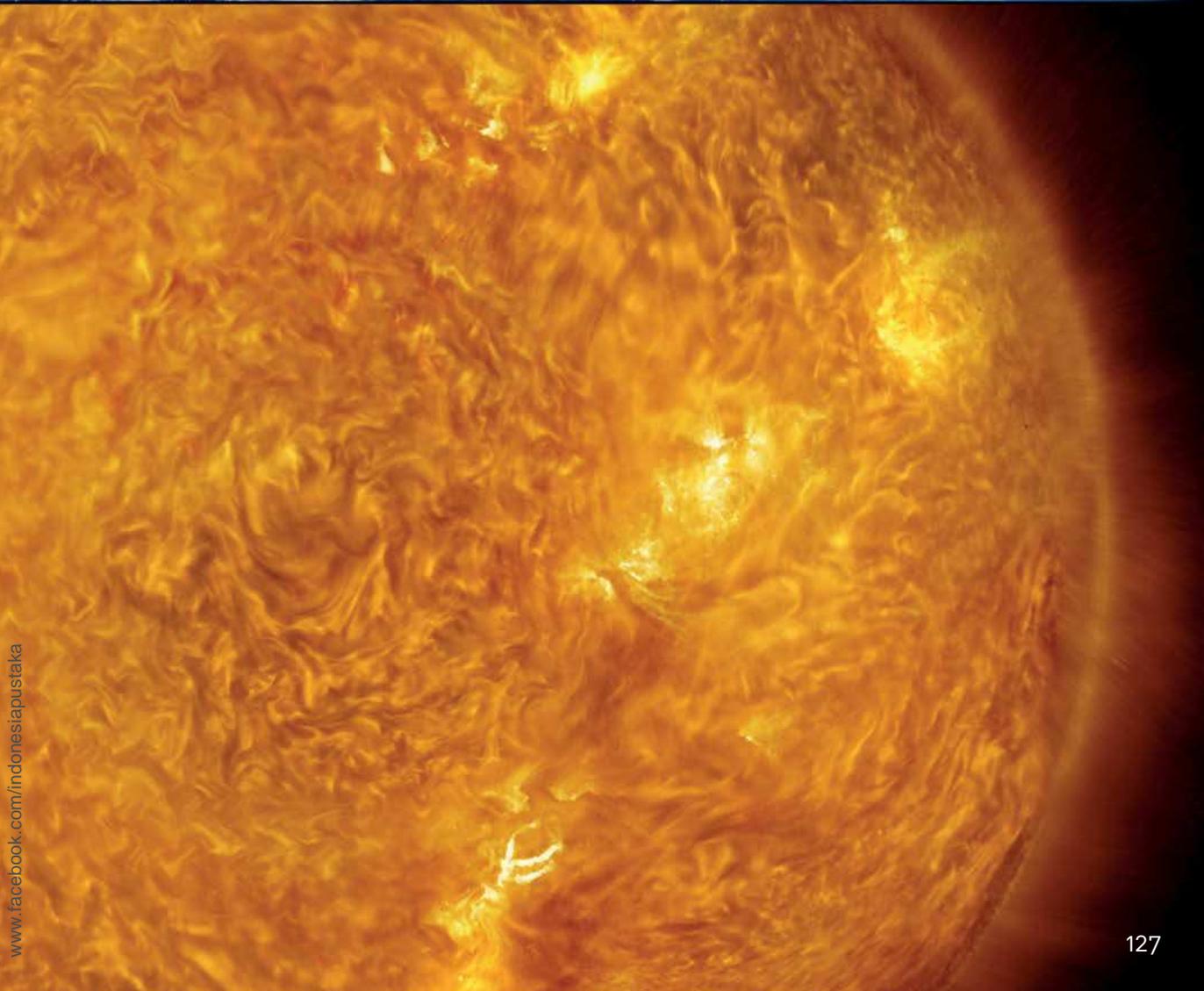
Bagaimana bintang bekerja

Perbedaan antara bintang (seperti Matahari) dan planet (seperti Mars atau Jupiter) adalah bahwa bintang terang dan panas, dan kita melihat bintang karena cahaya yang dihasilkannya sendiri, sementara planet relatif dingin dan kita lihat hanya karena cahaya yang dipantulkan dari bintang terdekat yang diorbiti. Dan perbedaan itu sendiri menghasilkan perbedaan ukuran. Ini alasannya.

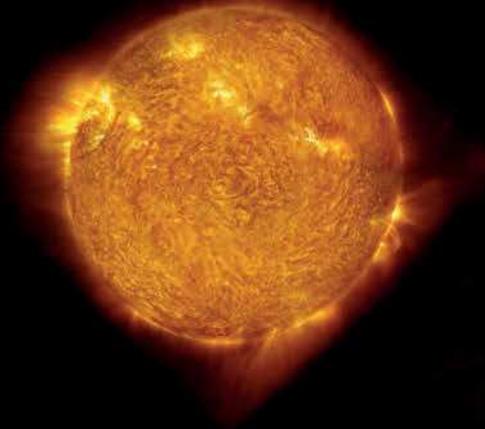
Semakin besar benda apa pun, semakin kuat tarikan gravitasi ke arah pusatnya. Segala sesuatu menarik segala sesuatu dengan gravitasi. Bahkan Anda dan saya saling tarik-menarik dengan gaya gravitasi. Namun tarikan itu terlalu lemah untuk disadari kecuali setidaknya salah satu benda yang dimaksudkan berukuran besar. Bumi besar, maka kita merasakan tarikan kuat ke arahnya, dan bila kita menjatuhkan sesuatu, benda itu pun jatuh “ke bawah”—alias menuju pusat Bumi.

Bintang jauh lebih besar daripada planet seperti Bumi, sehingga tarikan gravitasinya jauh lebih kuat. Bagian tengah bintang besar mengalami tekanan yang sangat besar karena gaya gravitasi raksasa menarik semua zat dalam bintang ke arah pusatnya. Dan semakin besar tekanan di dalam bintang, semakin panas suhunya. Sewaktu suhu menjadi sangat tinggi—jauh lebih panas daripada yang bisa Anda ataupun saya bayangkan—bintang mulai berperilaku seperti semacam bom hidrogen yang bekerja lambat, melepaskan banyak sekali panas dan cahaya, dan kita melihatnya bersinar terang di langit malam. Panas yang intens cenderung menyebabkan bintang mengembang seperti balon, namun pada saat yang sama gravitasi menariknya kembali. Ada keseimbangan antara dorongan panas keluar dan tarikan gravitasi ke dalam. Bintang bertindak sebagai termostatnya sendiri. Semakin panas dia, semakin dia mengembang; dan semakin besar ukurannya, semakin berkurang konsentrasi massa zat di pusatnya, sehingga bintang mendingin sedikit. Ini berarti bintang mulai mengerut lagi, dan lantas memanasi lagi, demikian seterusnya. Saya tuturkan cerita ini seolah bintang berdenyut keluar-masuk bagaikan jantung berdegup, namun bukan seperti itu. Bintang bertahan di ukuran sedang, yang menjaga bintang pada suhu yang tepat agar tetap seperti itu.





Saya awalnya mengatakan bahwa Matahari hanyalah satu bintang yang mirip dengan banyak bintang lain, namun sebenarnya ada banyak jenis bintang, dan ukurannya pun sangat bervariasi. Matahari kita (bawah) tidak terlalu besar, dibandingkan bintang-bintang lain. Ukurannya sedikit lebih besar daripada Proxima Centauri, namun jauh lebih kecil daripada banyak bintang lain.



Bintang apakah yang terbesar? Tergantung bagaimana kita mengukurnya. Bintang yang paling besar garis tengahnya adalah VY Canis Majoris. Dari sisi ke sisi (diameter), ukurannya 2.000 kali Matahari. Padahal diameter Matahari 100 kali diameter Bumi. Tapi, VY Canis Majoris sedemikian tipis dan ringan sehingga, meskipun ukurannya besar, massanya hanya sekitar 30 kali Matahari, bukannya miliaran kali lipat seperti seharusnya seandainya zatnya sama rapatnya. Yang lain, misalnya Bintang Pistol, dan bintang-bintang yang belum lama ditemukan seperti Eta Carinae dan R136a1 (bukan nama yang mudah diingat!), 100 kali lipat lebih masif daripada Matahari, atau bahkan lebih. Dan massa Matahari lebih daripada 300.000 kali massa Bumi, yang berarti massa Eta Carinae 30 juta kali massa Bumi.

Bila bintang raksasa seperti R136a1 memiliki planet, planet-planet itu pastilah sangat jauh darinya, kalau tidak planetnya akan langsung terpenggang menjadi uap. Gravitasinya sedemikian besar (akibat massanya yang besar) sehingga planet-planetnya bisa jadi terletak sangat jauh dan tetap tertahan dalam orbit di sekelilingnya. Bila ada planet semacam itu, dan ada yang tinggal di situ, R136a1 barangkali akan terlihat sama besarnya bagi mereka seperti Matahari bagi kita, sebab walaupun R136a1 jauh lebih besar, letaknya juga sangat lebih jauh—harus di jarak yang tepat dan ukuran tampak yang tepat untuk mempertahankan kehidupan, kalau tidak kehidupan tidak akan ada di sana!



Riwayat hidup bintang

Tapi sebenarnya, kecil kemungkinan ada planet yang mengorbiti R136a1, apalagi ada kehidupan di planet tersebut. Alasannya adalah bintang-bintang yang teramat besar memiliki rentang hidup yang sangat pendek. R136a1 barangkali hanya sekitar sejuta tahun usianya, yang kurang daripada seperseribu usia Matahari kita sejauh ini: tidak cukup waktu bagi kehidupan untuk berevolusi.

Matahari merupakan bintang yang lebih kecil, lebih “jamak”: jenis bintang yang memiliki riwayat hidup yang berlangsung selama miliaran tahun (tidak hanya jutaan), dan selama itu Matahari mengalami serangkaian tahap yang lama, agak mirip dengan anak yang bertumbuh, menjadi dewasa, melewati usia paro-baya, dan pada akhirnya menjadi lanjut usia dan mati. Bintang-bintang jamak sebagian besar terdiri atas hidrogen, unsur yang paling sederhana (lihat Bab 4). “Bom hidrogen yang bekerja lambat” di bagian dalam

bintang mengubah hidrogen menjadi helium, unsur nomor dua paling sederhana (satu lagi yang diberi nama berdasarkan dewa Matahari Yunani, Helios), melepaskan energi dalam jumlah teramat besar dalam bentuk panas, cahaya, dan berbagai macam radiasi lainnya. Anda tentu ingat saya berkata bahwa ukuran bintang adalah keseimbangan antara dorongan panas ke luar dan tarikan gravitasi ke dalam? Nah, keseimbangan ini bertahan kira-kira tetap sama, menjaga bintang itu menggelegak selama beberapa miliar tahun, sampai dia mulai kehabisan bahan bakar. Yang biasanya terjadi adalah bintang itu runtuh ke dalam dirinya sendiri di bawah pengaruh gravitasi yang tidak terkendali—dan pada saat itu neraka pun terlepas (kita bisa bayangkan sesuatu yang mirip neraka di bagian dalam bintang).



Riwayat hidup bintang terlalu panjang untuk diamati para ahli astronomi selain sepenggal kecil potretnya. Untungnya, sewaktu mereka memindai langit dengan teleskop, para ahli astronomi dapat menemukan berbagai bintang, masing-masing pada tahap perkembangan berbeda-beda: sejumlah bintang “bayi” terlihat sedang terbentuk dari awan gas dan debu, seperti Matahari kita empat setengah miliar tahun lalu; banyak bintang “paro-baya” seperti bintang kita; serta sejumlah bintang tua dan sekarat, yang memberi kita gambaran apa yang akan terjadi kepada Matahari kita dalam waktu beberapa miliar tahun lagi. Para ahli astronomi telah membangun “kebun binatang” kaya bintang, dengan semua ukuran dan tahap dalam daur hidup bintang. Setiap anggota “kebun binatang” menunjukkan seperti apa bintang-bintang lain dulu terlihat, atau akan terlihat seperti apa nantinya.

Bintang biasa seperti Matahari kita akhirnya kehabisan hidrogen dan, seperti yang sudah saya jabarkan, mulai “membakar” helium sebagai gantinya (kata itu saya letakkan dalam tanda kutip karena sebenarnya yang terjadi bukan benar-benar pembakaran, melainkan sesuatu yang jauh lebih panas). Pada tahap itu, bintang disebut “raksasa merah”. Matahari akan menjadi raksasa merah dalam waktu sekitar lima miliar tahun, yang berarti saat ini Matahari kira-kira berada pada pertengahan daur hidupnya. Jauh sebelum itu, planet kecil malang kita sudah akan menjadi terlalu panas untuk ditinggali. Dalam dua miliar tahun, Matahari akan 15 persen lebih terang daripada sekarang, yang berarti Bumi akan menjadi seperti Venus saat ini. Tidak ada yang bisa hidup di Venus: suhunya melebihi 400 derajat Celsius. Tapi dua miliar tahun adalah waktu yang lama sekali, dan nyaris pasti manusia sudah akan punah jauh sebelum itu, sehingga tidak akan ada seorang pun yang tertinggal dan terpanggang. Atau mungkin teknologi kita akan sudah cukup maju sehingga kita bisa memindahkan Bumi ke orbit yang lebih nyaman. Nantinya, ketika helium juga habis, sebagian besar Matahari akan menghilang dalam awan debu dan reruntuhan, meninggalkan inti kecil yang disebut katai putih, yang akan mendingin dan memudar.

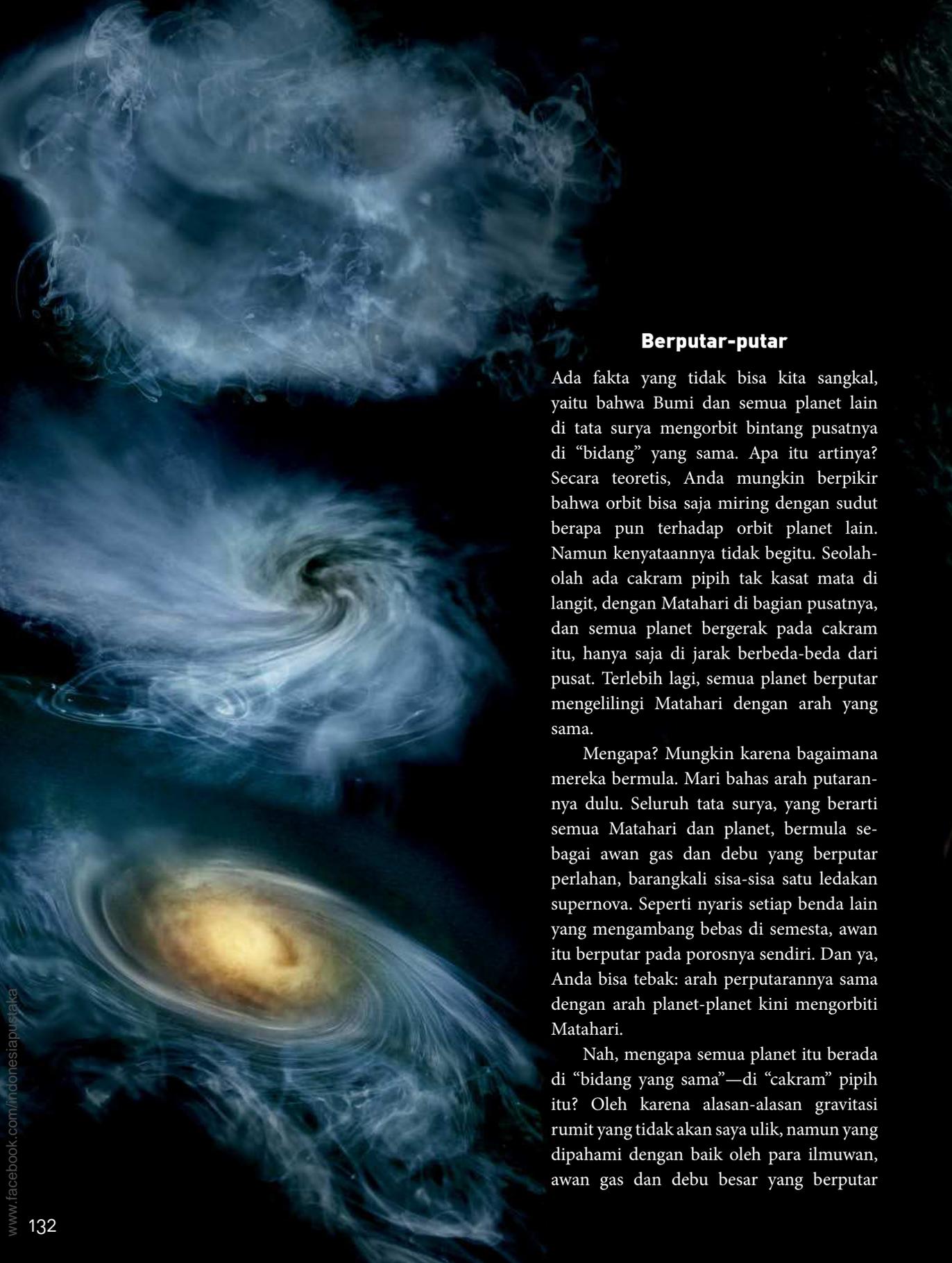
Supernova dan debu bintang



Bintang-bintang yang jauh lebih besar dan panas daripada Matahari kita, seperti bintang-bintang raksasa yang baru saja kita bicarakan, tamat riwayatnya dengan cara berbeda. Monster-monster ini “membakar” habis hidrogen dengan jauh lebih cepat, dan tungku nuklir “bom hidrogen” bintang-bintang itu tak hanya menabrak-nabrakkan inti hidrogen untuk membuat inti helium. Tungku yang lebih panas di bintang-bintang yang lebih besar terus menabrak-nabrakkan inti-inti helium untuk membuat unsur-unsur yang lebih berat, dan demikian seterusnya sampai dihasilkan beraneka ragam atom yang lebih berat. Unsur-unsur yang lebih berat ini mencakup karbon, oksigen, nitrogen, dan besi (namun sejauh ini tidak ditemukan unsur yang lebih berat daripada besi): unsur-unsur yang melimpah di Bumi, dan di dalam tubuh kita semua. Setelah waktu yang relatif pendek, bintang yang sangat besar seperti ini akhirnya hancur sendiri dalam ledakan maharaksasa yang disebut supernova, dan dalam ledakan-ledakan inilah unsur-unsur yang lebih berat daripada besi terbentuk.

Apa jadinya bila Eta Carinae meledak sebagai supernova besok? Yang bakal terjadi adalah biangnya segala ledakan. Namun jangan khawatir: kita baru akan mengetahuinya 8.000 tahun lagi, karena selama itulah waktu yang dibutuhkan cahaya untuk merambat menempuh jarak yang sangat jauh antara Eta Carinae dan kita (dan tidak ada yang merambat lebih cepat daripada cahaya). Kalau begitu, bagaimana kalau Eta Carinae meledak 8.000 tahun silam? Yah, kalau demikianlah yang terjadi, cahaya dan radiasi lain dari ledakan itu dapat mencapai kita kapan saja sekarang. Saat kita melihatnya, kita akan tahu bahwa Eta Carinae meledak 8.000 tahun silam. Baru sekitar 20 supernova yang pernah terlihat dalam sejarah tercatat. Ilmuwan Jerman Johannes Kepler melihat salah satunya pada 9 Oktober 1604. Gambar bawah di halaman ini menunjukkan sisa-sisa ledakan yang kita lihat sekarang: reruntuhan bintang telah mengembang sejak Kepler pertama kali melihatnya. Ledakan itu sendiri sebenarnya terjadi sekitar 20.000 tahun sebelumnya, kira-kira ketika manusia Neanderthal punah.

Supernova, tidak seperti bintang-bintang biasa, dapat menciptakan unsur-unsur yang lebih berat daripada besi: misalnya timbel dan uranium. Ledakan raksasa supernova menghamburkan semua unsur yang telah dibuat oleh bintang, dan kemudian oleh supernova-nya, termasuk unsur-unsur yang dibutuhkan bagi kehidupan, jauh melintasi antariksa. Akhirnya awan-awan debu itu, yang kaya akan unsur-unsur berat, akan memulai siklus itu lagi, berkondensasi untuk membentuk bintang dan planet baru. Itulah tempat asal zat di planet kita, dan itulah mengapa planet kita mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan untuk membuat kita, karbon, nitrogen, oksigen, dan lain sebagainya: mereka berasal dari debu yang tersisa setelah supernova yang telah lama lenyap menyulut kosmos. Inilah asal-usul frasa puitis “Kita adalah debu bintang”. Secara harfiah memang betul. Tanpa ledakan supernova yang terkadang terjadi (namun sangat langka), unsur-unsur yang dibutuhkan untuk kehidupan tidak akan ada.

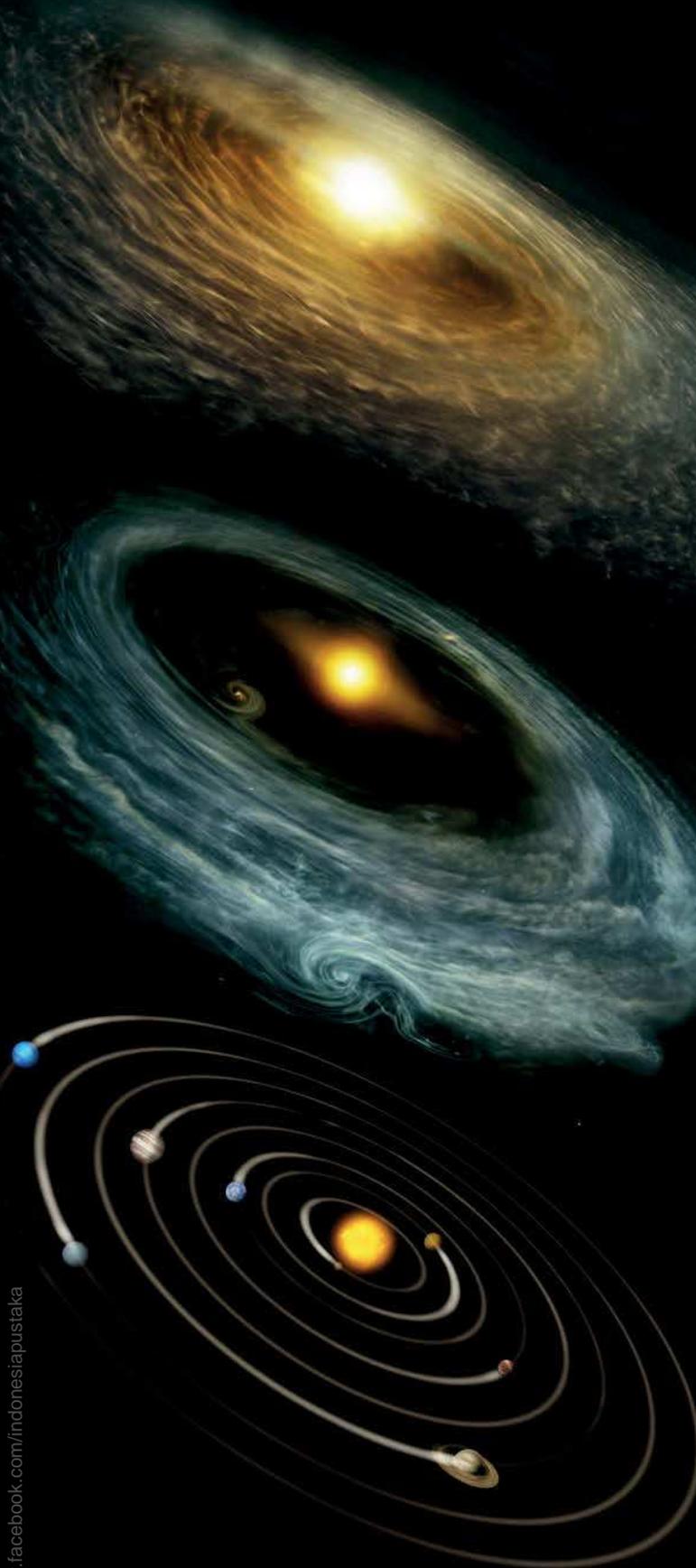


Berputar-putar

Ada fakta yang tidak bisa kita sangkal, yaitu bahwa Bumi dan semua planet lain di tata surya mengorbit bintang pusatnya di “bidang” yang sama. Apa itu artinya? Secara teoretis, Anda mungkin berpikir bahwa orbit bisa saja miring dengan sudut berapa pun terhadap orbit planet lain. Namun kenyataannya tidak begitu. Seolah-olah ada cakram pipih tak kasat mata di langit, dengan Matahari di bagian pusatnya, dan semua planet bergerak pada cakram itu, hanya saja di jarak berbeda-beda dari pusat. Terlebih lagi, semua planet berputar mengelilingi Matahari dengan arah yang sama.

Mengapa? Mungkin karena bagaimana mereka bermula. Mari bahas arah putarannya dulu. Seluruh tata surya, yang berarti semua Matahari dan planet, bermula sebagai awan gas dan debu yang berputar perlahan, barangkali sisa-sisa satu ledakan supernova. Seperti nyaris setiap benda lain yang mengambang bebas di semesta, awan itu berputar pada porosnya sendiri. Dan ya, Anda bisa tebak: arah perputarannya sama dengan arah planet-planet kini mengorbiti Matahari.

Nah, mengapa semua planet itu berada di “bidang yang sama”—di “cakram” pipih itu? Oleh karena alasan-alasan gravitasi rumit yang tidak akan saya ulik, namun yang dipahami dengan baik oleh para ilmuwan, awan gas dan debu besar yang berputar



di antariksa cenderung membentuk diri menjadi cakram yang berputar, dengan gumpalan masif di bagian tengah. Dan itulah yang sepertinya terjadi pada tata surya kita. Debu dan gas dan keping-keping kecil zat tidak terus-menerus menjadi gas dan debu. Gaya gravitasi menarik mereka menuju tetangga-tetangga mereka, dengan cara yang sebelumnya saja jabarkan dalam bab ini. Mereka bergabung dengan tetangga-tetangga itu dan membentuk gumpalan-gumpalan zat yang lebih besar. Semakin besar bongkahannya, semakin besar daya tarik gravitasinya. Jadi, yang terjadi dalam cakram kita yang memutar itu adalah gumpalan-gumpalan yang besar menjadi semakin besar, karena menyedot tetangga-tetangganya.

Gumpalan yang paling besar menjadi Matahari kita di pusat. Gumpalan-gumpalan lain, yang cukup besar untuk menarik gumpalan-gumpalan yang lebih kecil ke arah mereka namun cukup jauh dari Matahari sehingga tidak tersedot ke arahnya, menjadi planet. Bila dibaca ke arah luar dari yang paling dekat dengan Matahari, kini kita menyebut mereka Merkurius, Venus, Bumi, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus. Daftar-daftar lama menempatkan Pluto setelah Neptunus, namun kini Pluto dianggap terlalu kecil untuk disebut planet.

Asteroid dan Bintang Jatuh

Dalam situasi yang berbeda, satu planet lain bisa terbentuk, di antara orbit Mars dan Jupiter. Namun potongan-potongan kecil yang seharusnya bisa bergabung menjadi satu untuk membentuk planet satu lagi itu terhambat jalannya, barangkali karena keberadaan gravitasi Jupiter yang mengancam, dan sampai kini mereka ada sebagai cincin reruntuhan yang mengorbit, disebut sabuk asteroid. Asteroid-asteroid itu menggerombol di antara orbit Mars dan Jupiter, lokasi di mana se-

harusnya planet satu lagi itu berada seandainya saja potongan-potongan itu dulu menyatu. Cincin-cincin di sekeliling planet Saturnus juga ada karena alasan yang serupa. Mereka semestinya bisa berkondensasi menyatu menjadi satu bulan lagi (Saturnus sudah punya 62 bulan, sehingga cincin-cincin itu seharusnya menjadi bulan ke-63), namun mereka tetap menjadi cincin batu dan debu yang terpisah. Di sabuk asteroid milik Matahari—yang setara dengan cincin-cincin Saturnus—sejumlah keping reruntuhan cukup besar untuk disebut planetesimal (semacam “planet tidak jadi”). Yang paling besar, disebut Ceres, lebarnya nyaris 1.000 kilometer, cukup besar untuk berbentuk kira-kira bulat seperti planet, namun sebagian besar asteroid hanyalah bebatuan berbentuk tidak teratur dan gumpalan-gumpalan debu. Mereka saling bertubrukan dari waktu ke waktu, bagaikan



bola biliar, dan terkadang salah satu di antaranya tertendang keluar dari sabuk asteroid dan bahkan mungkin mendekati planet lain, misalnya Bumi.

Kita cukup sering melihat mereka, terbakar di atmosfer bagian atas sebagai “bintang jatuh” atau “meteor”.



Yang lebih jarang, satu meteor mungkin cukup besar untuk selamat melalui gesekan atmosfer dan mendarat keras di Bumi. Pada 9 Oktober 1992, satu meteor pecah di atmosfer, dan pecahan sebesar kira-kira batu bata besar menghantam mobil di Peekskill, Negara Bagian New York. Meteor yang jauh lebih besar, seukuran rumah, meledak di atas Siberia pada 30 Juni 1908, menyulut kebakaran wilayah hutan yang luas.



Para ilmuwan kini punya bukti bahwa satu meteor yang bahkan lebih besar lagi menghantam Yucatán, yang kini terletak di Amerika Tengah, 65 juta tahun lalu, menyebabkan bencana global, yang barangkali memunahkan dinosaurus. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa energi yang dilepaskan oleh tumbukan pembawa bencana itu ratusan kali lipat lebih besar daripada yang dilepaskan bila semua senjata nuklir di dunia diledakkan secara bersamaan di Yucatán. Saat itu pastilah terjadi berbagai gempa dahsyat, tsunami raksasa, kebakaran hutan di seluruh dunia, serta awan tebal debu dan asap yang membuat permukaan Bumi gelap selama bertahun-tahun.



Bencana itu membuat tumbuhan, yang membutuhkan sinar Matahari, kelaparan, dan hewan, yang membutuhkan tumbuhan, kelaparan. Yang ajaib bukanlah kepunahan dinosaurus, melainkan bertahan hidupnya mamalia leluhur kita. Barangkali ada populasi kecil yang bertahan dengan berhibernasi di bawah tanah.



Cahaya kehidupan kita

Saya ingin mengakhiri bab ini dengan membiarkan arti penting Matahari bagi kehidupan. Kita tidak tahu apakah ada kehidupan di tempat lain di alam semesta ini (saya akan bahas pertanyaan itu di bab lain nanti), namun kita tahu bahwa, bila memang ada kehidupan di luar sana, maka nyaris pasti letaknya dekat dengan bintang. Kita juga bisa katakan bahwa, bila kehidupan itu setidaknya mirip dengan kehidupan yang kita punya, maka planet tempatnya berada pastilah berjarak-tampak kira-kira sama dari bintangnya seperti jarak kita dengan Matahari kita. Yang saya maksud dengan “jarak-tampak” adalah jarak yang dipersepsikan oleh bentuk kehidupan itu sendiri. Jarak sejatinya bisa jadi jauh lebih besar, seperti yang kita lihat pada contoh bintang raksasa-super R136a1. Namun bila jarak-tampaknya sama, Matahari mereka akan terlihat berukuran kira-kira sama dengan Matahari kita di mata kita, yang berarti jumlah panas dan cahaya yang diterima dari bintang itu akan kira-kira sama.

Mengapa kehidupan harus dekat dengan bintang? Karena semua kehidupan membutuhkan energi, dan sumber energi yang gamblang adalah cahaya bintang. Di Bumi, tumbuhan mengumpulkan cahaya Matahari dan menjadikan energinya tersedia bagi semua makhluk hidup lain. Tumbuhan bisa dikatakan makan dari sinar Matahari. Tumbuhan juga butuh hal-hal lain, misalnya karbon dioksida dari udara, serta air dan mineral dari tanah. Namun tumbuhan memperoleh energi dari cahaya Matahari, dan menggunakannya untuk membuat gula, yang merupakan semacam bahan

bakar yang memberikan tenaga bagi segala sesuatu hal lain yang mereka perlu lakukan.

Kita tidak bisa membuat gula tanpa energi. Dan begitu kita memperoleh gula, kita bisa “membakarnya” untuk kembali mengeluarkan energinya—walaupun tidak semua energi itu akan kita peroleh kembali; selalu ada yang hilang dalam prosesnya. Sewaktu kita sebut “membakar”, bukan artinya ada asap ada api. Pembakaran dalam pengertian harfiah hanyalah salah satu jalan untuk melepaskan energi dalam bahan bakar. Ada cara-cara yang lebih terkendali untuk membiarkan energi mengalir keluar sedikit demi sedikit, secara perlahan dan bermanfaat.

Anda bisa anggap daun hijau sebagai pabrik tipis yang seluruh atap datarnya merupakan satu panel surya raksasa, memerangkap sinar Matahari dan menggunakannya untuk menggerakkan mesin-mesin produksi di bawah atapnya. Inilah mengapa daun tipis dan pipih—agar luas permukaannya yang dijatuhkan sinar Matahari menjadi besar. Produk akhir pabrik itu adalah berbagai jenis gula. Gula lantas disalurkan melalui pembuluh-pembuluh di daun ke keseluruhan bagian tumbuhan, di mana gula digunakan untuk membuat zat-zat lain, misalnya pati, yang merupakan cara menyimpan energi yang lebih praktis daripada gula. Pada akhirnya, energi dilepaskan dari pati atau gula untuk membuat semua bagian tubuh lain tumbuhan.

Sewaktu tumbuhan dimakan oleh herbivora (yang artinya ya “pemakan tumbuhan”), semisal antelop atau kelinci, energi diteruskan ke herbivora—dan lagi-lagi, sebagian di antaranya hilang dalam proses. Herbivora menggunakan energi untuk membangun badan mereka dan menggerakkan otot-otot saat mereka melakukan berbagai aktivitas. Aktivitas mereka tentu saja mencakup merumput atau memakan



lebih banyak lagi tumbuhan. Energi yang menggerakkan otot herbivora sewaktu mereka berjalan dan mengunyah dan bertarung dan kawin pada dasarnya berasal dari Matahari, melalui tumbuhan.

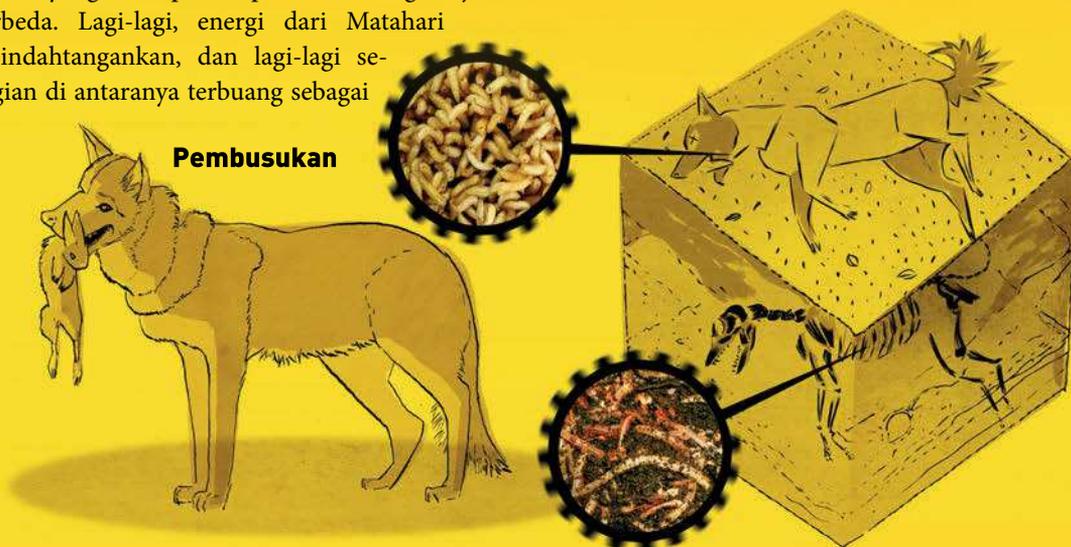
Kemudian hewan lain—"pemakan daging" atau "karnivora"—datang dan memakan herbivora. Energi diteruskan lagi (dan lagi-lagi sebagian di antaranya hilang dalam perpindahan), dan energi tersebut menggerakkan otot-otot karnivora saat mereka melakukan berbagai aktivitas. Dalam kasus ini, aktivitas itu mencakup memburu lebih banyak lagi herbivora untuk dimakan, juga berbagai hal lain yang mereka lakukan, seperti kawin dan bertarung dan memanjat pohon dan, dalam kasus mamalia, membuat susu untuk anak-anak. Tetap saja, Matahari-lah yang pada dasarnya menyediakan energi tersebut, meskipun kini energi mencapai hewan melalui jalan yang sangat tidak langsung. Dan di setiap tahap rute yang tidak langsung itu, sebagian cukup besar energi itu hilang—hilang sebagai panas, yang bersumbangsih terhadap tugas tak bermanfaat yaitu memanaskan seluruh alam semesta.

Hewan-hewan lain, parasit, makan dari tubuh hidup herbivora maupun karnivora. Sekali lagi, energi yang menjadi tenaga bagi parasit pada dasarnya berasal dari Matahari, dan sekali lagi tidak semuanya digunakan sebab sebagian terbuang sebagai panas.

Terakhir, ketika makhluk hidup mati, entah itu tumbuhan atau herbivora atau karnivora atau tumbuhan, makhluknya mungkin dimakan oleh pemakan bangkai seperti kumbang pengubur, atau mungkin membusuk—dimakan oleh bakteri dan jamur, yang merupakan pemakan bangkai jenis berbeda. Lagi-lagi, energi dari Matahari dipindahtangankan, dan lagi-lagi sebagian di antaranya terbuang sebagai

panas. Itulah mengapa tumpukan kompos itu panas. Semua panas dalam tumpukan kompos pada akhirnya berasal dari Matahari, terperangkap oleh panel-panel surya di daun setahun sebelumnya. Ada burung Australasia menarik bernama maleo, yang menggunakan panas tumpukan kompos untuk mengerami telurnya. Tidak seperti burung lain, yang duduk mengerami telur dan memanaskannya dengan panas tubuh, maleo membangun tumpukan kompos besar tempat dia meletakkan telurnya. Maleo mengatur suhu tumpukan ini dengan menumpukkan lebih banyak kompos di bagian atas agar suhunya semakin panas, atau menyingkirkan sebagian kompos untuk menurunkan suhunya. Namun semua burung pada dasarnya menggunakan energi surya untuk mengerami telur, baik itu melalui suhu tubuh mereka atau melalui tumpukan kompos.

Terkadang tumbuhan tidak dimakan, melainkan terbenam menjadi lahan gambut. Selama berabad-abad, tumbuhan terkompresi menjadi lapisan-lapisan gambut oleh lapisan-lapisan baru yang bertambah di sebelah atas. Orang-orang di Irlandia barat atau pulau-pulau Skotlandia menggali gambut dan memotong-motongnya menjadi gumpalan-gumpalan seukuran bata, yang mereka sulut sebagai bahan bakar, untuk menghangatkan rumah mereka pada musim dingin. Sekali lagi, cahaya Matahari yang terperangkap—dalam kasus ini terperangkap berabad-abad sebelumnya—energinya dilepaskan dalam api dan tungku masak di Galway dan Hebrides.



Dalam kondisi yang tepat, selama jutaan tahun, gambut bisa menjadi termampatkan dan mengalami transformasi, sehingga pada akhirnya menjadi batu bara. Bila beratnya sama, batu bara merupakan bahan bakar yang lebih efisien daripada gambut dan terbakar di suhu yang jauh lebih tinggi, dan memang api dan tungku batu bara-lah yang menggerakkan revolusi industri abad kedelapanbelas dan kesembilanbelas.

Panas kuat dari pabrik baja atau tanur, kotak-kotak api berpijar yang menggerakkan mesin-mesin uap zaman Victoria bergemuruh di sepanjang rel besi ataupun menggerakkan kapal-kapal mereka membelah lautan: semua panas itu pada awalnya berasal dari Matahari, melalui dedaunan hijau tumbuhan yang hidup 300 juta tahun lalu.

Sejumlah “pabrik gelap Satanik” dalam masa revolusi industri digerakkan oleh tenaga uap, namun banyak pabrik benang yang ada terlebih dahulu digerakkan oleh kincir air. Pabrik dibangun di dekat sungai yang mengalir cepat, yang disalurkan agar mengalir melalui kincir. Kincir air memutar gandar atau as gardan, yang membentang di sepanjang pabrik. Di sepanjang as gardan itu, berbagai sabuk dan roda gigi menggerakkan berbagai mesin pintal, mesin pembersih wol, dan mesin tenun. Bahkan mesin-mesin itu pada dasarnya digerakkan oleh Matahari. Begini ceritanya.

Kincir air digerakkan oleh air, yang ditarik ke tempat yang lebih rendah oleh gravitasi. Namun

cara itu hanya bekerja karena terus-menerus ada pasokan air di tempat tinggi, dan dari situ air bisa mengalir ke bawah. Air itu dipasok dalam bentuk hujan, dari awan, yang turun di perbukitan dan pegunungan. Sementara awan memperoleh air dari penguapan laut, danau, sungai, dan genangan di Bumi. Penguapan membutuhkan energi, dan energi itu berasal dari Matahari. Jadi pada dasarnya energi yang menggerakkan kincir air yang memutar sabuk dan roda gigi mesin pintal dan mesin tenun berasal dari Matahari.

Nantinya pabrik-pabrik benang itu digerakkan oleh mesin-mesin uap bertenaga batu bara—lagi-lagi menggunakan energi yang pada dasarnya berasal dari Matahari. Namun sebelum beralih sepenuhnya ke uap, pabrik-pabrik itu melalui tahap antara. Pabrik mempertahankan kincir air besar untuk menggerakkan mesin tenun dan sisir tenun, namun menggunakan mesin uap untuk memompa air ke dalam tangki, dan dari situ air mengalir turun melewati kincir air, lalu dipompa lagi ke atas. Jadi, terlepas dari apakah air dinaikkan oleh Matahari ke awan, atau dinaikkan oleh mesin uap berbahan bakar batu bara ke tangki, tetap saja energi itu pada awalnya berasal dari Matahari. Perbedaannya adalah bahwa mesin uap digerakkan oleh cahaya Matahari yang dikumpulkan oleh tumbuhan jutaan tahun lalu dan disimpan sebagai batu bara di bawah tanah, sementara kincir air di sungai digerakkan oleh cahaya Matahari dari beberapa minggu lalu





Tidak akan ada gunanya bagi kita bila secara harfiah kita membakar gula dan makanan lain kita dengan api! Pembakaran adalah cara yang boros dan merusak untuk mengambil kembali energi Matahari yang tersimpan. Yang terjadi dalam sel-sel kita sedemikian lambat dan teratur secara teliti sehingga menyerupai air yang mengalir menuruni bukit dan menggerakkan serangkaian kincir air. Reaksi kimiawi bertenaga Matahari yang berlangsung di dalam dedaunan hijau untuk membuat gula melakukan hal yang setara dengan memompa air ke atas bukit. Reaksi-reaksi kimiawi dalam sel-sel hewan dan tumbuhan yang menggunakan energi itu—untuk menggerakkan otot, misalnya—memperoleh energi tersebut dalam tahap-tahap yang terkendali dengan hati-hati, langkah demi langkah. Bahan bakar benergi tinggi, gula atau apa pun itu, dibujuk melepaskan energi secara bertahap, melalui serangkaian reaksi kimiawi, masing-masing reaksi mendorong reaksi berikutnya, bagaikan air mengalir menuruni serangkaian air terjun kecil, memutar kincir-kincir air kecil satu demi satu.

Apa pun perinciannya, semua kincir air dan roda gigi dan as gardan kehidupan pada dasarnya digerakkan oleh Matahari. Barangkali bangsa-bangsa kuno akan semakin menyembah Matahari dengan taat seandainya saja mereka menyadari seberapa besar ketergantungan kehidupan terhadapnya. Apa yang kini saya pikirkan adalah seberapa banyak bintang lain memberikan tenaga bagi mesin-mesin kehidupan di planet-planet yang mengorbit bintang-bintang itu. Namun itu harus menunggu sampai bab berikutnya.

dan disimpan dalam bentuk air di puncak bukit. Jenis “cahaya Matahari tersimpan” ini disebut energi potensial, karena air memiliki potensi—tenaga di dalamnya—untuk melakukan kerja seraya bergerak turun.

Ini memberi kita cara yang bagus untuk memahami bagaimana tumbuhan diberi energi oleh Matahari. Ketika tumbuhan menggunakan sinar Matahari untuk membuat gula, itu bagaikan memompa air ke atas bukit, atau ke dalam tangki di atap pabrik. Ketika tumbuhan (atau herbivora yang memakan tumbuhan, atau karnivora yang memakan tumbuhan) menggunakan gula (atau pati yang terbuat dari gula, atau daging yang terbuat dari pati), kita bisa anggap gula itu dibakar: dibakar perlahan untuk memberikan tenaga bagi otot, misalnya, seperti batu bara dibakar cepat untuk menghasilkan uap yang menggerakkan as gardan di pabrik.

What

is

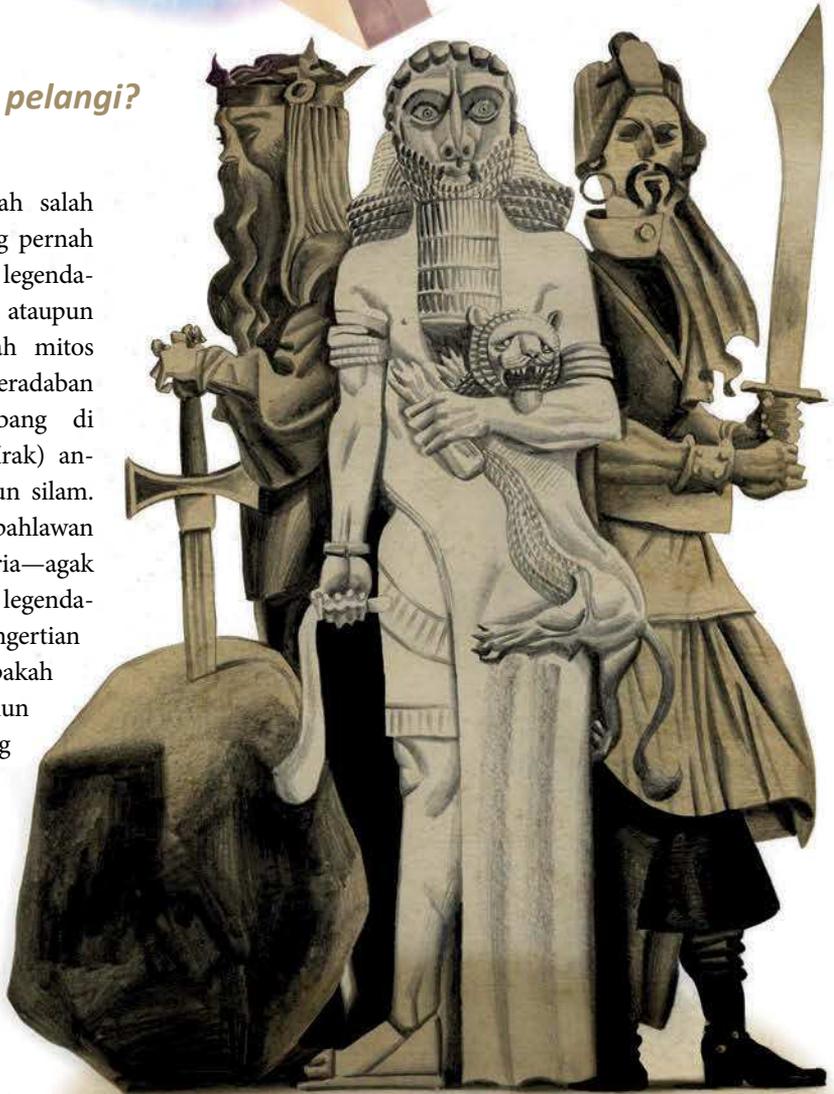
a



| Apa itu pelangi?

EPIK Gilgamesh adalah salah satu kisah tertua yang pernah ditulis. Lebih tua daripada legenda-legenda bangsa Yunani ataupun Yahudi, Gilgamesh adalah mitos kepahlawanan kuno peradaban Sumeria, yang berkembang di Mesopotamia (sekarang Irak) antara 5.000 dan 6.000 tahun silam. Gilgamesh adalah raja pahlawan agung dalam mitos Sumeria—agak mirip Raja Arthur dalam legenda-legenda Britania, dalam pengertian tidak ada yang tahu apakah dia betul-betul ada, namun ada banyak kisah yang dituturkan mengenai-nya. Seperti pahlawan Yunani Odiseus (Ulysses) dan pahlawan Arab Sinbad sang Pelaut, Gilgamesh menempuh p e n g e m b a r a a n - pengembaraan epik, dan dia bertemu banyak hal dan orang aneh dalam perjalanan-perjalanannya. Salah

satunya adalah mengenai seorang laki-laki tua (laki-laki yang sangat, sangat tua, berabad-abad usianya) bernama Utnapishtim, yang menceritakan kepada Gilgamesh satu kisah aneh mengenai dirinya sendiri. Yah, kisah itu tampak aneh bagi Gilgamesh, namun mungkin tidak begitu aneh bagi Anda karena Anda pernah mendengar cerita yang mirip... tentang seorang laki-laki tua lain dengan nama berbeda.

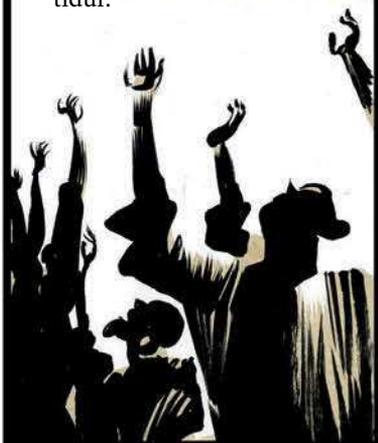




rainbow?



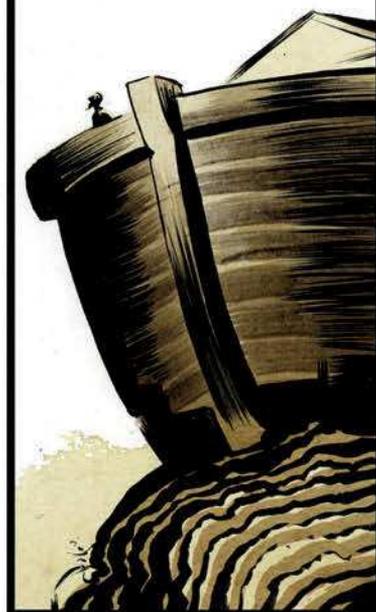
Utnapashtim mengisahkan kepada Gilgamesh tentang suatu peristiwa, berabad-abad sebelumnya, ketika dewa-dewa marah kepada manusia karena kita sedemikian berisik sehingga mereka tidak bisa tidur.



Dewa tertinggi, Enlil, mengusulkan untuk menurunkan banjir raksasa guna menghancurkan semua orang, sehingga para dewa bisa tidur tenang. Namun dewa air, Ea, memutuskan untuk memperingatkan Utnapashtim. Ea memberi tahu Utnapashtim untuk merubuhkan rumahnya dan membangun bahtera.



Bahtera itu haruslah sangat besar, sebab Utnapashtim harus membawa serta “benih semua makhluk hidup” di dalamnya.



Utnapashtim membangun bahtera itu tepat pada waktunya, sebelum hujan turun selama enam hari dan enam malam tanpa henti. Banjir yang terjadi karenanya menenggelamkan semua orang dan segala sesuatu yang tidak berada di dalam bahtera yang aman. Pada hari ketujuh angin reda dan air menjadi tenang dan diam.



Utnapashtim membuka tingkap bahtera yang tertutup rapat dan melepaskan seekor merpati. Merpati itu terbang menjauh, mencari daratan, namun gagal menemukannya dan kembali. Kemudian Utnapashtim melepaskan burung layang-layang, namun hal yang sama terjadi.



Akhirnya Utnapashtim melepaskan gagak. Gagak itu tidak kembali, yang menunjukkan kepada Utnapashtim bahwa ada daratan kering di suatu tempat dan gagak itu telah menemukannya.



Pada akhirnya, bahtera itu mendarat di puncak gunung yang menonjol keluar dari air. Dewi Ishtar lalu menciptakan pelangi pertama, sebagai bukti janji para dewata untuk tidak lagi menurunkan banjir dahsyat. Maka begitulah pelangi terlahir, menurut legenda kuno Sumeria.

Yah, saya bilang ceritanya pasti akrab dengan Anda. Semua anak yang dibesarkan di negara-negara Kristen, Yahudi, atau Islam pasti akan dengan segera mengenali bahwa ceritanya mirip dengan kisah tentang Bahtera Nuh yang beredar kemudian, dengan satu-dua perbedaan kecil. Nama sang pembangun bahtera berubah dari Utnapashtim menjadi Nuh. Dewa-dewa yang berjumlah banyak dalam legenda yang lebih tua berubah menjadi satu tuhan dalam kisah versi Yahudi-Kristen-Islam. “Benih semua makhluk hidup” menjadi “dari segala yang hidup, dari segala makhluk, dari semuanya haruslah engkau bawa satu pasang”—atau, seperti kata lirik lagu, “*the animals went in two by two*”—dan yang dimaksudkan Epik Gilgamesh pastilah hal yang serupa. Kisah Nuh mungkin penuturan-ulang legenda Utnapashtim yang lebih tua. Legenda itu merupakan dongeng rakyat yang disebarluaskan, dan diwariskan dari abad ke abad. Kita sering kali menemukan bahwa legenda yang tampaknya kuno ternyata berasal dari legenda yang lebih tua lagi, biasanya dengan beberapa nama atau perincian lain diubah. Dan yang satu ini, dalam kedua versi, berakhir dengan pelangi.



Dalam Epik Gilgamesh maupun Kitab Kejadian, pelangi merupakan bagian penting cerita. Kejadian secara spesifik mengatakan bahwa pelangi sebenarnya merupakan busur Tuhan, yang ditempatkan di langit sebagai bukti janji kepada Nuh dan keturunannya.

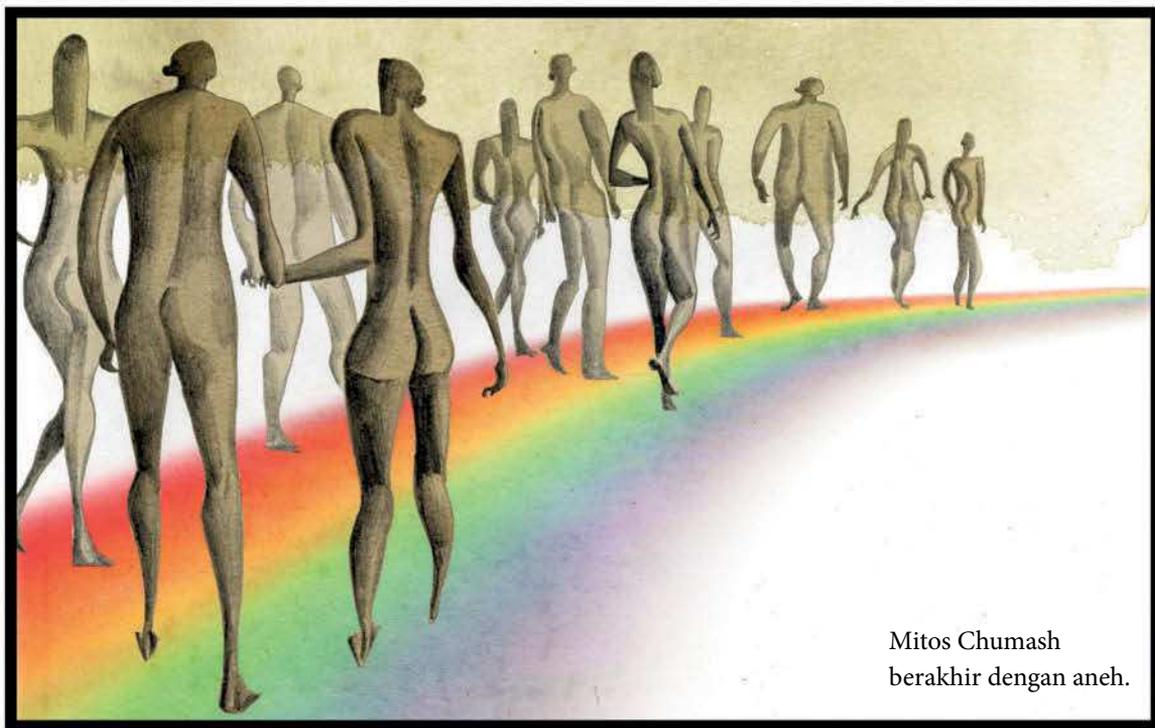
Ada satu lagi perbedaan antara kisah Nuh dan kisah Sumeria yang lebih tua mengenai Utnapashtim. Dalam versi Nuh, alasan kekesalan Tuhan terhadap manusia adalah karena manusia sudah kelewatan jahatnya. Dalam kisah versi Sumeria, kejahatan manusia-nya mungkin menurut Anda tidak begitu parah. Kita sekadar membuat sedemikian banyak ke-

bisingan sehingga para dewa tak bisa tidur! Saya pikir itu lucu. Dan tema manusia berisik sehingga para dewa tidak bisa terlelap muncul, secara terpisah, dalam legenda suku Chumash di Pulau Santa Cruz, lepas pesisir California.

Suku Chumash percaya bahwa mereka diciptakan di pulau mereka (yang jelas bukan disebut Santa Cruz saat itu, karena nama yang ini berasal dari bangsa Spanyol) dari biji tumbuhan ajaib oleh dewi Bumi Hutaash, yang merupakan istri Ular Langit (yang sekarang kita kenal sebagai Bima Sakti, yang bisa kita lihat saat malam yang amat gelap di perdesaan, namun tidak terlihat bila kita hidup di perkotaan di mana ada terlalu banyak polusi cahaya). Manusia di

pulau itu menjadi sangat banyak, dan, seperti juga dalam Epik Gilgamesh, kelewat berisik sehingga mengganggu ketenangan dewi Hutash. Kebisingan itu membuatnya terjaga sepanjang malam. Namun bukannya mencoba menenggelamkan mereka semua, seperti dewa-dewa Sumeria dan Yahudi, Hutash bersikap lebih ramah. Dia memutuskan bahwa sebagian di antara mereka harus pindah dari Santa Cruz, ke daratan utama sehingga mereka tak akan bisa terdengar olehnya. Dia pun membangun jembatan untuk mereka seberangi. Dan jembatan itu adalah... ya, pelangi!





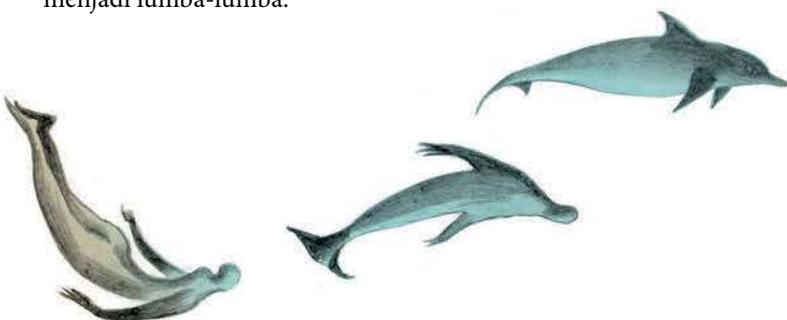
Mitos Chumash berakhir dengan aneh.



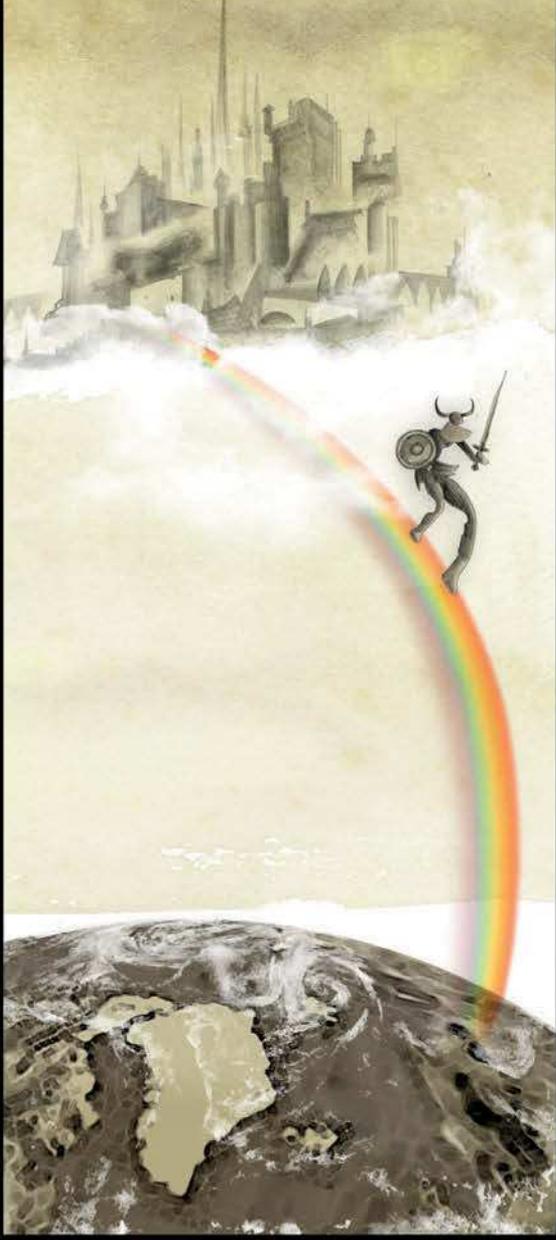
Ketika orang-orang sedang menyeberangi jembatan pelangi, sebagian manusia yang berisik memandang ke bawah—dan mereka sedemikian ketakutan karena ketinggian sehingga mereka pening.



Mereka jatuh dari pelangi ke dalam laut, di mana mereka berubah menjadi lumba-lumba.



Gagasan bahwa pelangi merupakan jembatan juga muncul dalam mitologi-mitologi lain. Dalam mitos-mitos Nors (Viking) kuno, pelangi dipandang sebagai jembatan rapuh yang digunakan para dewa untuk melakukan perjalanan ke Bumi dari kahyangan.



Banyak bangsa, misalnya di Persia, Afrika barat, Malaysia, Australia, dan Amerika, memandang pelangi sebagai ular besar yang menjulang keluar dari tanah untuk meminum hujan.



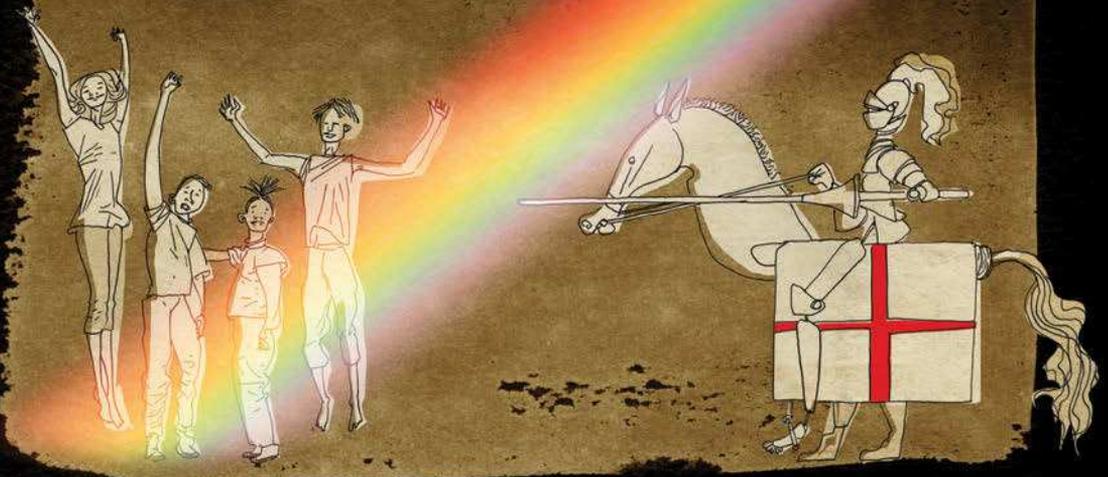
Kira-kira bagaimana ya semua legenda ini bermula? Siapa yang menggubahnya, dan mengapa sebagian orang akhirnya percaya bahwa yang diceritakan benar-benar terjadi? Pertanyaan-pertanyaan ini menarik dan tidak mudah dijawab. Namun ada satu pertanyaan yang bisa kita jawab: apa *sebenarnya* pelangi itu?

The real magic of the rainbow

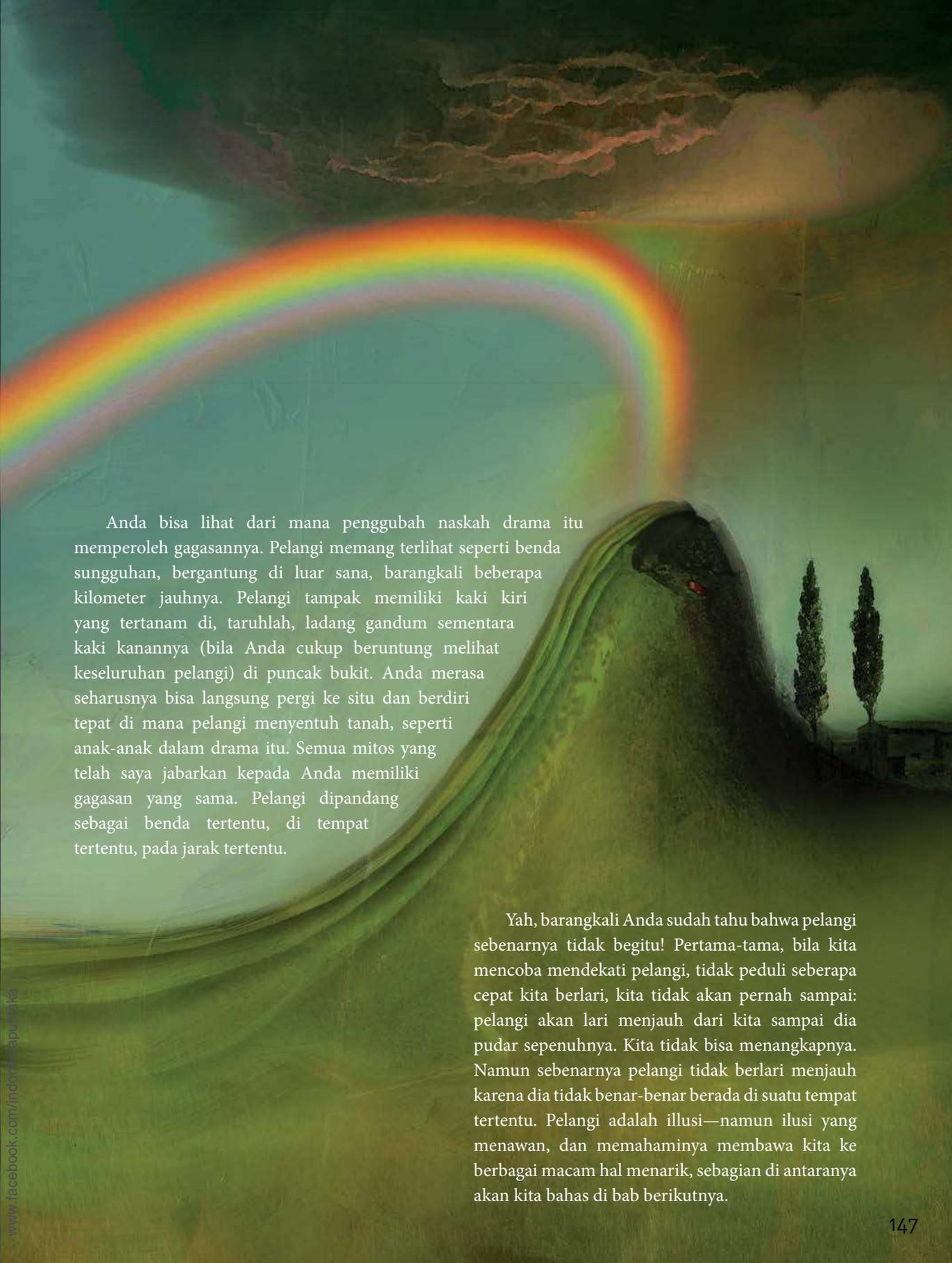
| Sihir sejati pelangi

SEWAKTU SAYA BERUSIA kira-kira sepuluh, saya dibawa ke London untuk menonton drama anak-anak berjudul *Where the Rainbow Ends*. Anda nyaris pasti belum pernah menontonnya karena gaya drama itu kelewat patriotik sekaligus usang bagi teater-teater modern untuk dipentaskan. Drama itu mengenai bagaimana istimewanya menjadi orang Inggris, dan pada puncaknya, anak-anak diselamatkan oleh Santo George, santo pelindung Inggris (bukan Britania, sebab Skotlandia, Wales, dan Irlandia punya santo pelindung sendiri-sendiri). Namun yang saya ingat paling jelas bukanlah Santo George tapi pelangi itu sendiri. Anak-anak dalam drama mendatangi tempat di mana terdapat ujung pelangi, dan kami menyaksikan mereka berjalan-jalan di bagian tengah pelangi, di mana pelangi menyentuh tanah. Drama itu dipentaskan dengan cerdas, dengan lampu-lampu sorot berwarna-warni menyorot menembus kabut yang berputar-putar, dan anak-anak itu berjalan sempoyongan dalam kondisi terpengaruh mantra. Saya pikir pada kira-kira saat itulah Santo George yang berbaju zirah mengkilap dan berhelm perak muncul, dan kami, anak-anak yang menonton, terperangah melihat adegan itu ketika anak-anak di panggung berteriak-teriak:

'Santo George! Santo George! Santo George!'



Tapi pelangi itulah yang memikat daya khayal saya. Peduli amat dengan Santo George: bayangkan indahnnya berdiri tepat di kaki pelangi raksasa!



Anda bisa lihat dari mana penggubah naskah drama itu memperoleh gagasannya. Pelangi memang terlihat seperti benda sungguhan, bergantung di luar sana, barangkali beberapa kilometer jauhnya. Pelangi tampak memiliki kaki kiri yang tertanam di, taruhlah, ladang gandum sementara kaki kanannya (bila Anda cukup beruntung melihat keseluruhan pelangi) di puncak bukit. Anda merasa seharusnya bisa langsung pergi ke situ dan berdiri tepat di mana pelangi menyentuh tanah, seperti anak-anak dalam drama itu. Semua mitos yang telah saya jabarkan kepada Anda memiliki gagasan yang sama. Pelangi dipandang sebagai benda tertentu, di tempat tertentu, pada jarak tertentu.

Yah, barangkali Anda sudah tahu bahwa pelangi sebenarnya tidak begitu! Pertama-tama, bila kita mencoba mendekati pelangi, tidak peduli seberapa cepat kita berlari, kita tidak akan pernah sampai: pelangi akan lari menjauh dari kita sampai dia pudar sepenuhnya. Kita tidak bisa menangkapnya. Namun sebenarnya pelangi tidak berlari menjauh karena dia tidak benar-benar berada di suatu tempat tertentu. Pelangi adalah ilusi—namun ilusi yang menawan, dan memahaminya membawa kita ke berbagai macam hal menarik, sebagian di antaranya akan kita bahas di bab berikutnya.

Cahaya terbuat dari apa?

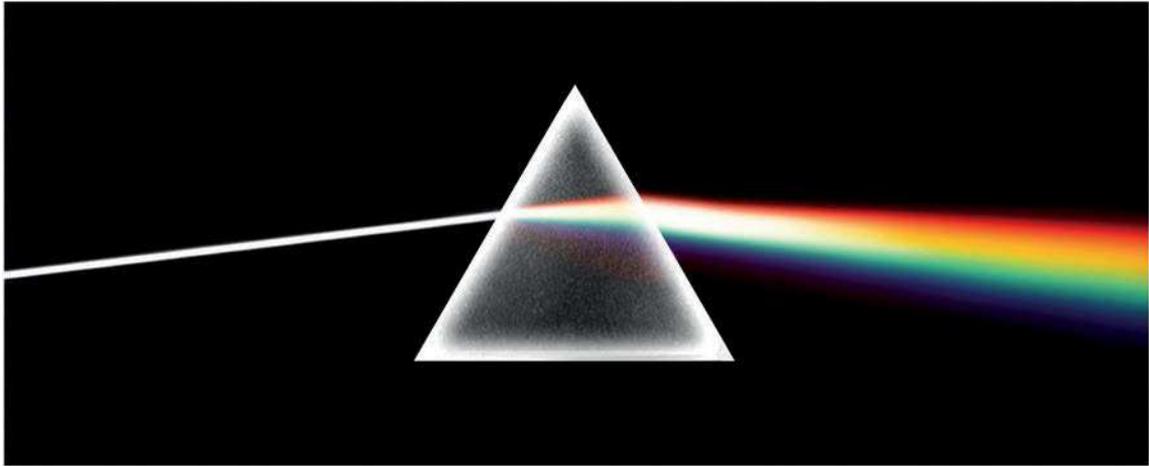
Pertama-tama, kita perlu memahami sesuatu yang disebut spektrum. Spektrum ditemukan pada masa Raja Charles II—kira-kira 350 tahun silam—oleh Isaac Newton, yang mungkin merupakan ilmuwan terbesar sepanjang masa (dia menemukan berbagai hal lain selain spektrum, seperti yang kita lihat di bab mengenai siang dan malam). Newton menemukan bahwa cahaya putih sebenarnya merupakan campuran semua warna berbeda. Bagi seorang ilmuwan, itulah *artinya* putih.

Bagaimana Newton menemukan spektrum? Dia membuat percobaan. Pertama-tama dia menggelapkan kamarnya sehingga tidak ada cahaya yang bisa masuk, kemudian dia menyingkap tirai sedikit, sehingga seberkas cahaya Matahari putih setipis pensil masuk. Newton kemudian membiarkan berkas sinar itu melewati prisma, yang merupakan semacam bongkahan kaca berbentuk segitiga.



Apa yang dilakukan prisma adalah menyebarkan berkas putih yang sempit itu; namun berkas tersebar yang muncul dari prisma tidak lagi putih.

Berkas itu berwarna-warni seperti pelangi, dan Newton memberi nama kepada pelangi yang dia buat: spektrum. Begini cara kerjanya.



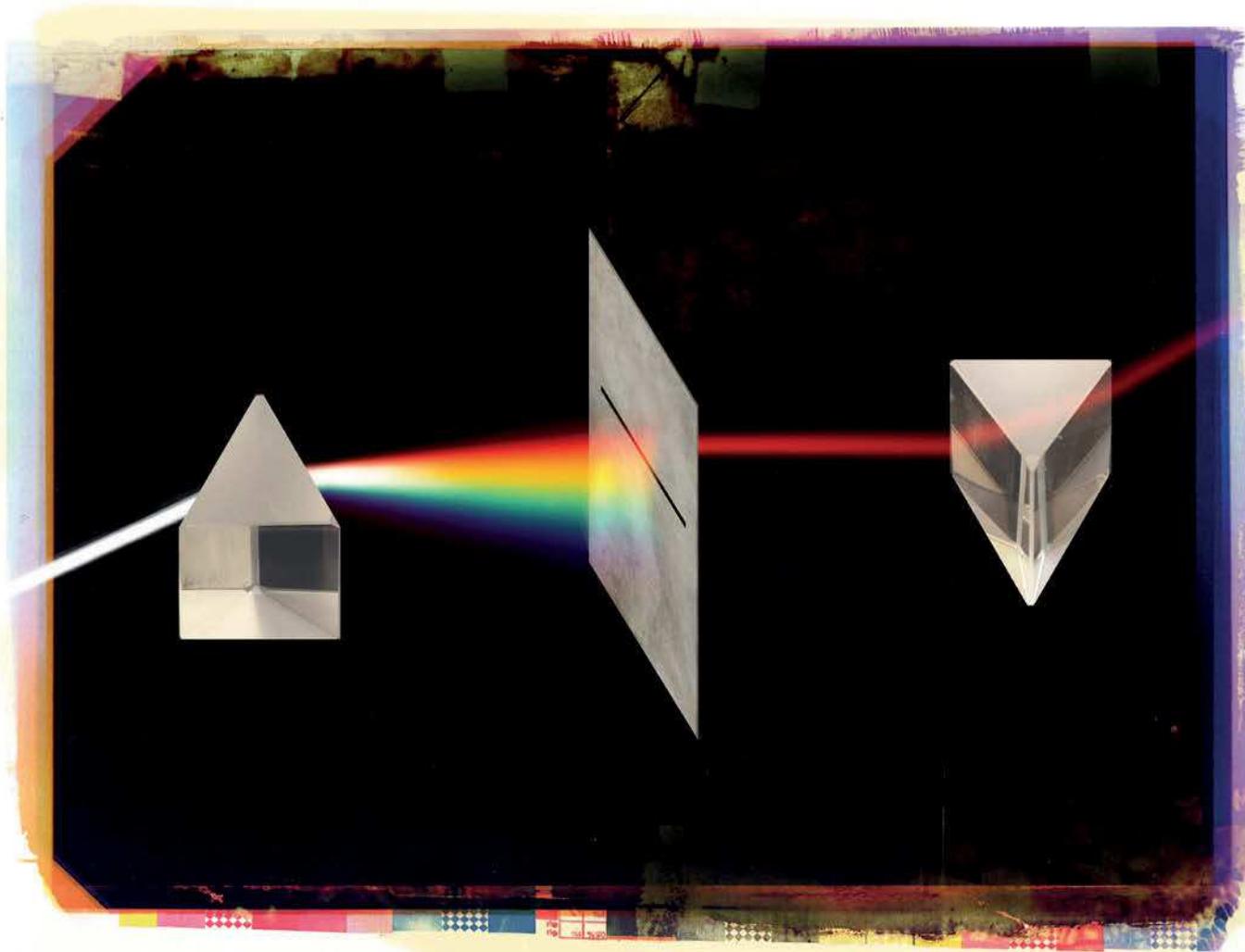
Sewaktu berkas cahaya merambat melalui udara dan menghantam kaca, cahaya pun membengkok. Pembengkokan itu disebut refraksi. Refraksi tidak harus disebabkan oleh kaca: air juga memberikan

efek yang sama, dan ini penting sewaktu kita kembali membahas pelangi nanti. Refraksi-lah yang membuat dayung terlihat bengkok sewaktu kita mencelupkannya ke dalam sungai. Jadi, cahaya



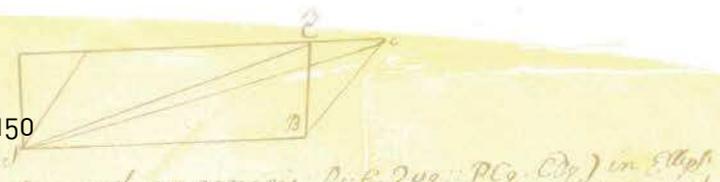
terbengkokkan ketika menghantam kaca atau air. Di situlah poin pentingnya. *Sudut* pembengkokan agak berbeda, bergantung kepada apa warna cahayanya. Cahaya merah membengkok dengan sudut yang lebih lancip daripada cahaya biru. Jadi, bila cahaya putih sebenarnya merupakan campuran cahaya berwarna-warni, seperti yang ditebak Newton, apa yang akan terjadi bila kita

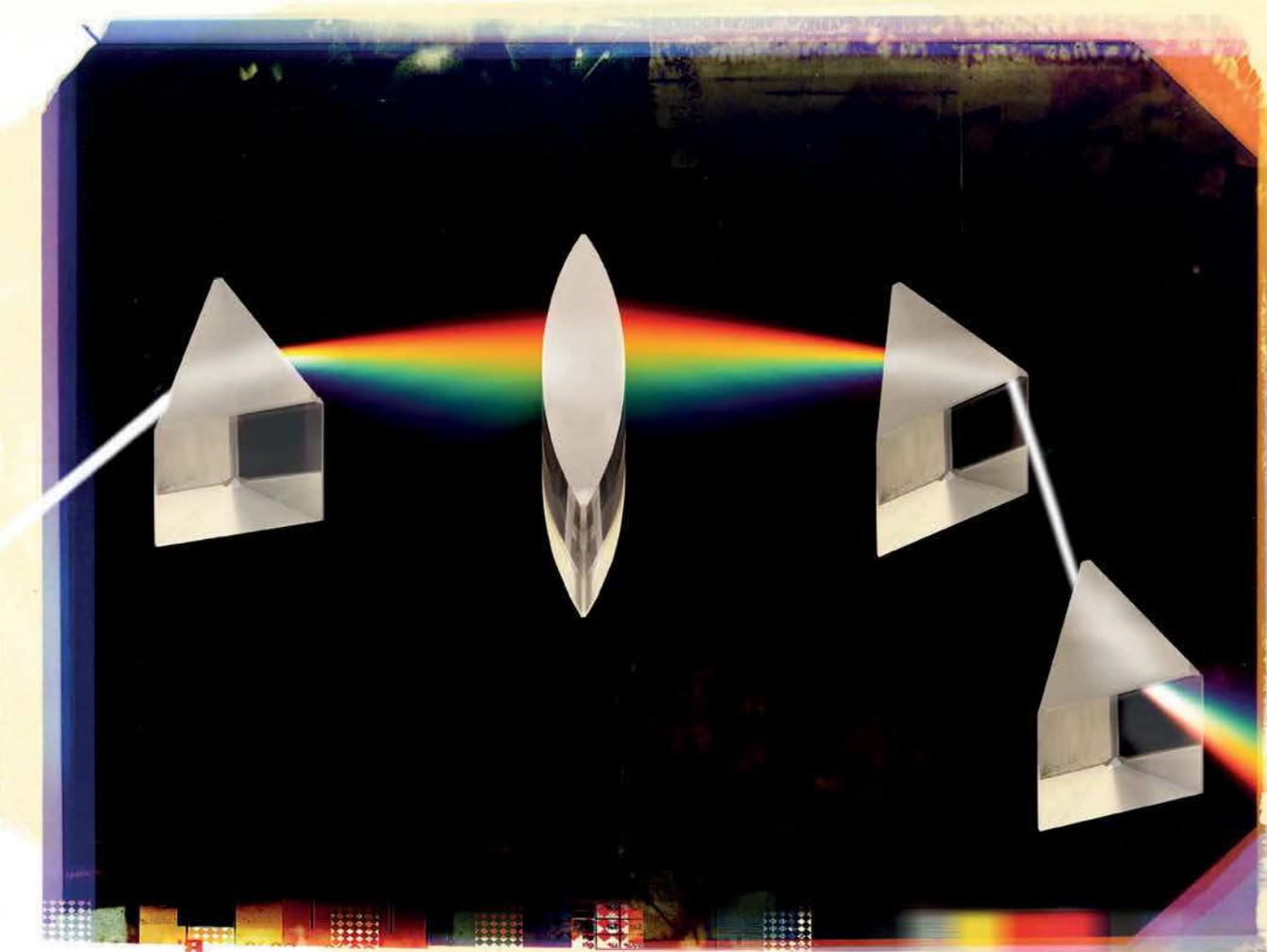
bengkokkan cahaya putih melalui prisma? Cahaya biru akan membengkok lebih jauh daripada cahaya merah, sehingga terpisah sewaktu muncul dari sisi lain prisma. Cahaya hijau dan kuning akan berada di antara keduanya. Hasilnya adalah spektrum Newton: semua warna pelangi, tersusun dalam urutan pelangi yang benar—merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, ungu.



Newton bukan orang pertama yang membuat pelangi dengan prisma. Ada orang-orang lain yang telah memperoleh hasil yang sama. Namun banyak di antara mereka mengira prisma entah bagaimana “memberi warna” kepada cahaya putih, seperti menambahkan zat pewarna. Gagasan Newton berbeda. Dia berpikir bahwa cahaya putih merupakan campuran semua warna, dan prisma sekadar memisah-misahkan warna-warna itu. Dia benar, dan dia membuktikannya dengan sepasang percobaan yang rapi. Pertama-tama, dia ambil prisma, seperti sebelumnya, dan menempatkan celah sempit di jalur yang dilewati berkas cahaya

berwarna-warni ketika keluar dari prisma, sehingga hanya salah satunya, misalnya berkas merah, yang melewati celah itu. Kemudian dia tempatkan prisma lain di jalur berkas cahaya merah yang sempit ini. Prisma kedua membengkokkan cahaya, seperti biasa. Namun yang keluar darinya hanya cahaya merah. Tidak ada warna lain yang ditambahkan, seperti yang seharusnya terjadi seandainya prisma menambahkan warna seperti zat pewarna. Hasil yang Newton dapatkan tepat seperti apa yang dia harapkan, menyokong teorinya bahwa cahaya putih merupakan campuran cahaya segala warna.





Percobaan kedua lebih cerdas lagi, menggunakan tiga prisma. Percobaan tersebut dinamakan Experimentum Crucis Newton, yang merupakan bahasa Latin untuk “percobaan kritis”—atau bisalah kita katakan “percobaan yang benar-benar menggolkan argumen”.

Di kiri gambar sebelah atas kita bisa lihat cahaya putih datang melalui celah di tirai Newton dan melewati prisma pertama, yang memencarkannya menjadi semua warna pelangi. Warna-warna pelangi yang terpecah kemudian melewati lensa, yang menyatukan semua kembali sebelum melewati prisma Newton kedua. Prisma kedua

berefek menyatukan warna-warna pelangi kembali menjadi cahaya putih. Itu saja sudah membuktikan argumen Newton dengan kuat. Namun hanya untuk memastikan, dia kemudian melewatkan berkas cahaya putih itu melalui prisma ketiga, yang kembali menyebarkan warna-warna dalam pelangi! Inilah serapi-rapinya percobaan yang bisa kita harapkan, membuktikan bahwa cahaya putih memang sebenarnya campuran semua warna.



Exp. 17. ob familia da 2 ut. POF. Anguli ad
 P.C. + fant recti ob P.F. 2t. perpendiculari. Ang. ad
 C.C. = es quia fant alterni inter duas
 ...
 ...
 ...

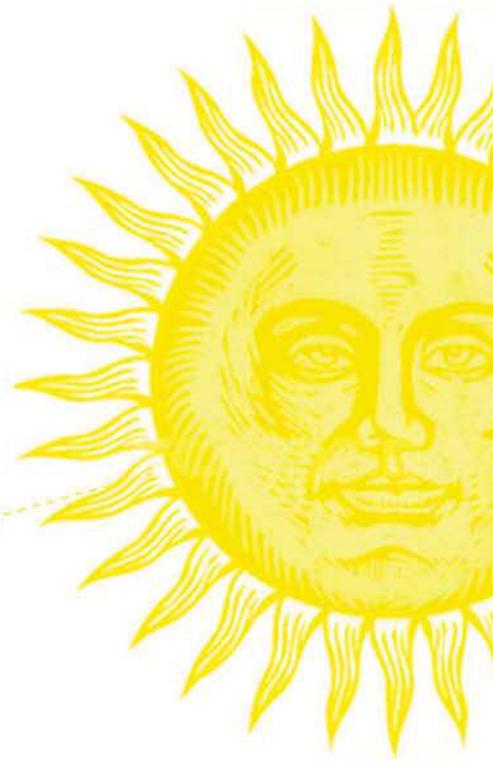
Bagaimana tetes hujan menimbulkan pelangi



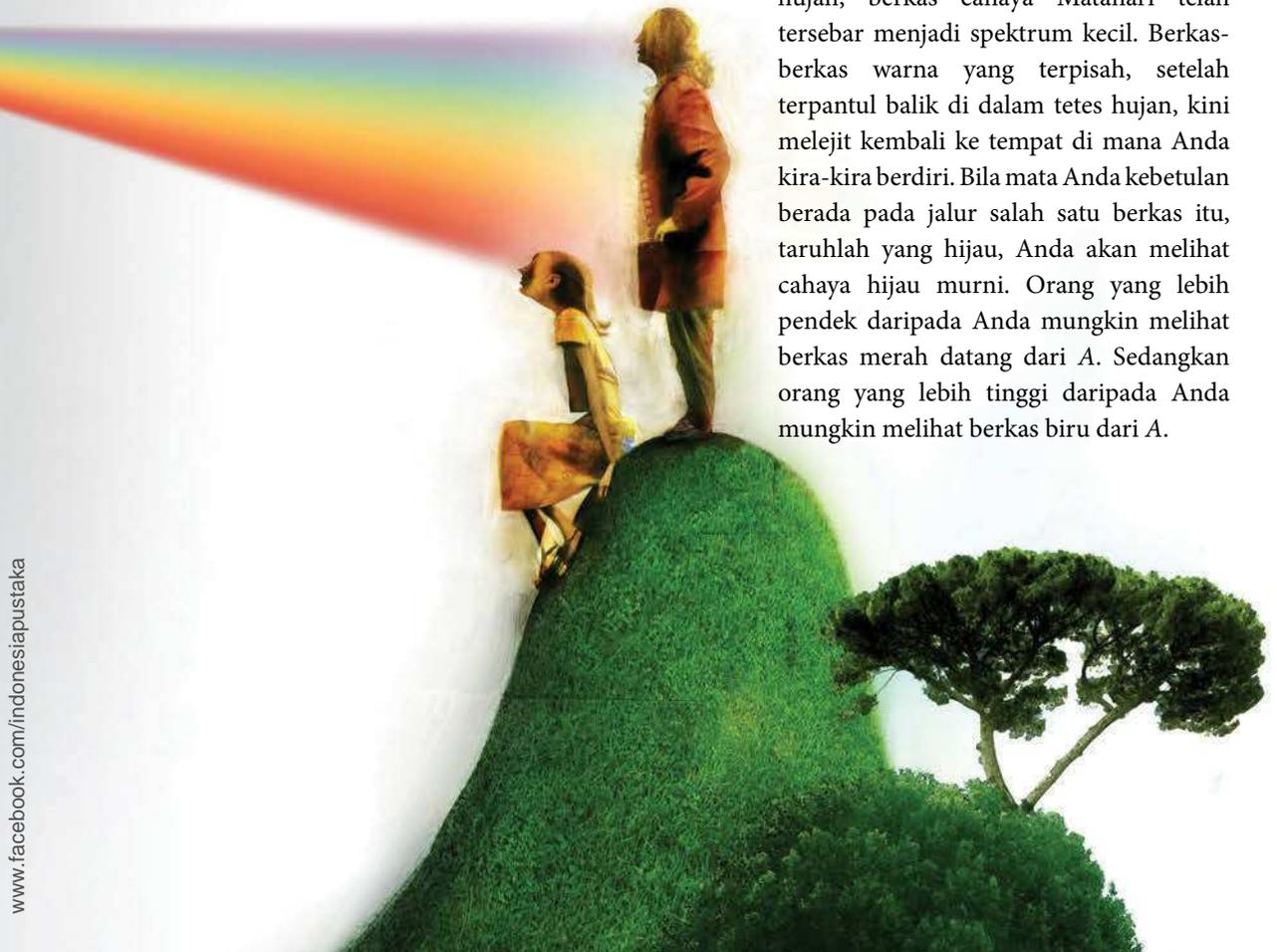
Okelah, prisma menyebarkan warna, namun ketika kita memandang pelangi di langit, di atas sana tidak ada prisma raksasa yang tergantung. Memang tidak, tapi ada jutaan tetes hujan. Jadi, apakah setiap tetes hujan bertindak sebagai prisma mungil? Agak seperti itu, tapi tidak mirip-mirip amat juga.

Jika ingin melihat pelangi, kita harus memastikan Matahari ada *di belakang* kita sewaktu kita memandang hujan badai. Setiap tetes hujan lebih mirip sebuah bola kecil, bukan prisma, dan sinar berperilaku berbeda sewaktu menghantam bola dibandingkan sewaktu menghantam prisma. Perbedaannya adalah bahwa sisi jauh tetes hujan bertindak sebagai cermin mungil. Dan itulah mengapa Matahari harus ada di belakang kita bila kita ingin melihat pelangi. Sinar dari Matahari berjungkir-balik di dalam setiap tetes hujan dan terpantul ke bawah-belakang, menghantam mata Anda.

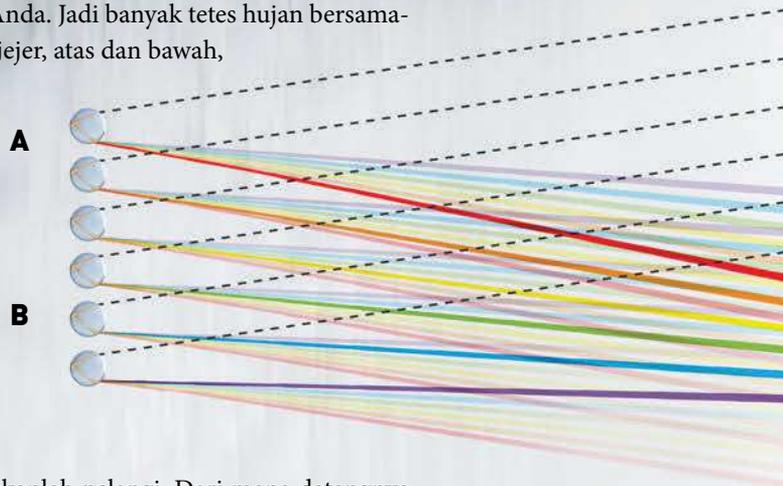
Begitu cara kerjanya. Anda berdiri dengan Matahari di atas di *belakang* Anda dan menatap hujan yang turun di kejauhan. Cahaya Matahari menghantam satu tetes hujan (tentu saja cahaya Matahari menghantam banyak tetes hujan lain juga, tapi itu kita bahas nanti). Mari sebut tetes hujan yang satu ini *A*. Berkas cahaya putih menghantam *A* di permukaan sebelah atas yang lebih dekat ke Matahari, tempat dia terbelokkan, seperti yang terjadi bila cahaya putih menghantam permukaan prisma Newton. Dan tentu saja cahaya merah lebih sedikit terbelokkan daripada cahaya biru, sehingga spektrum sudah memisah-misah. Sekarang semua berkas warna-warni merambat melalui tetes hujan sampai menghantam sisi jauhnya. Bukannya tembus ke udara, berkas warna-warni terpantulkan lagi ke arah sisi dekat tetes hujan, kali ini ke bagian bawah sisi dekat. Dan sewaktu melewati sisi dekat tetes hujan, berkas cahaya lagi-lagi terbelokkan. Lagi-lagi cahaya merah lebih sedikit terbelokkan daripada biru.



Jadi, sewaktu meninggalkan tetes hujan, berkas cahaya Matahari telah tersebar menjadi spektrum kecil. Berkas-berkas warna yang terpisah, setelah terpantul balik di dalam tetes hujan, kini melejit kembali ke tempat di mana Anda kira-kira berdiri. Bila mata Anda kebetulan berada pada jalur salah satu berkas itu, taruhlah yang hijau, Anda akan melihat cahaya hijau murni. Orang yang lebih pendek daripada Anda mungkin melihat berkas merah datang dari *A*. Sedangkan orang yang lebih tinggi daripada Anda mungkin melihat berkas biru dari *A*.



Tidak seorang pun melihat spektrum penuh dari satu tetes hujan mana pun. Masing-masing kita hanya melihat satu warna murni. Namun kita semua mengatakan kita melihat pelangi, dengan semua warnanya. Bagaimana bisa? Yah, sejauh ini kita baru membicarakan tentang satu tetes hujan, disebut *A*. Ada jutaan tetes hujan lain, dan mereka semua berperilaku dengan cara yang sama. Sewaktu Anda menatap berkas merah *A*, ada satu tetes hujan lain yang disebut *B*, yang letaknya lebih rendah daripada *A*. Anda tidak melihat berkas merah *B* sebab berkas tersebut menghantam perut Anda. Namun berkas biru *B* berada di posisi yang tepat sehingga menghantam mata Anda. Dan ada tetes-tetes hujan lain yang lebih rendah daripada *A* namun lebih tinggi daripada *B*, yang berkas-berkas merah dan birunya tidak mengenai mata Anda namun yang berkas-berkas kuning atau hijaunya menghantam mata Anda. Jadi banyak tetes hujan bersama-sama menciptakan spektrum lengkap, berjejer, atas dan bawah,

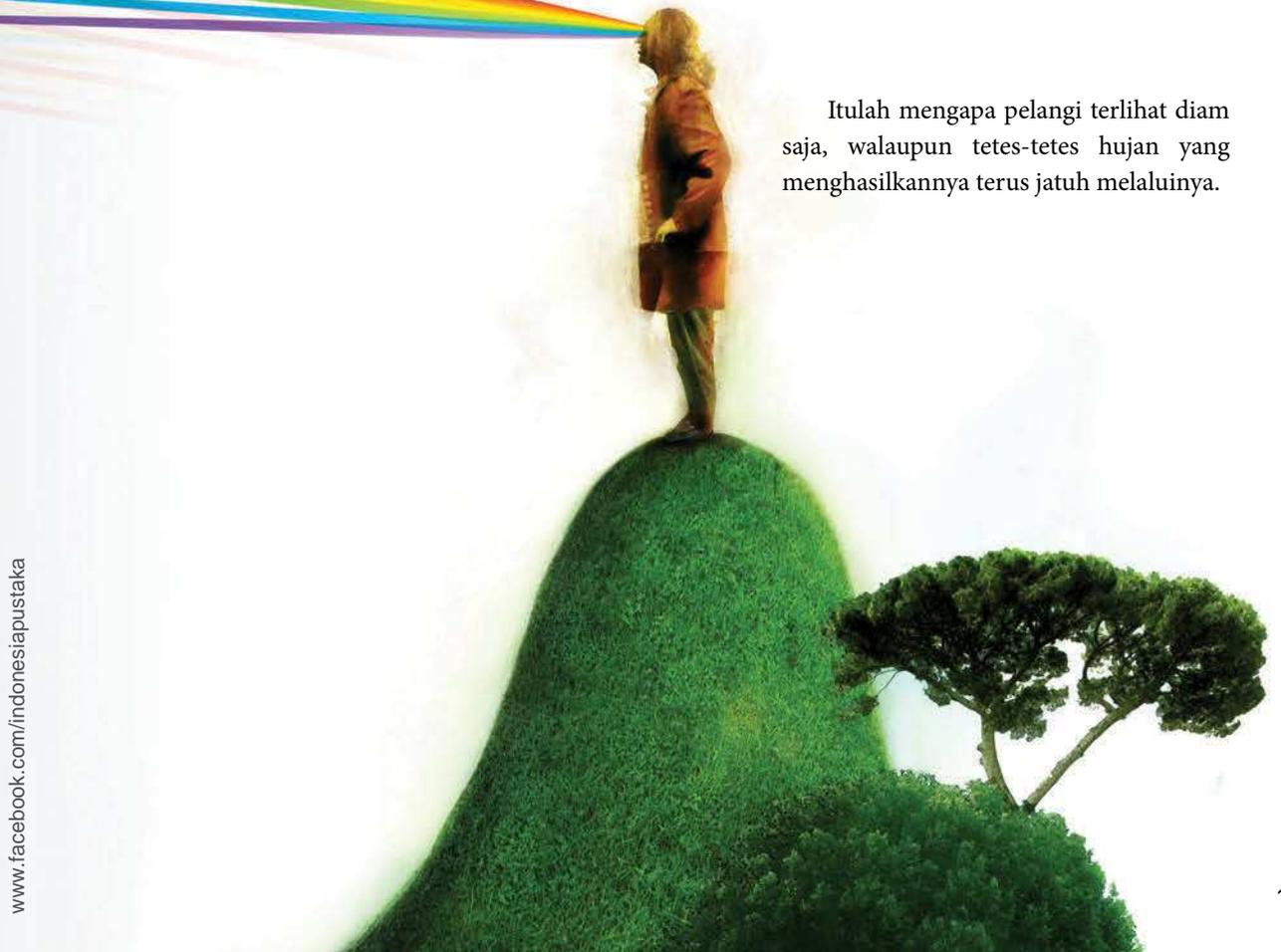


Namun jejeran dari atas ke bawah bukanlah pelangi. Dari mana datangnya sisa pelangi? Jangan lupa bahwa ada tetes-tetes hujan lain, membentang dari satu sisi guyuran hujan ke sisi yang lain dan pada segala macam ketinggian. Dan tentu saja tetes-tetes hujan inilah yang menghasilkan sisa pelangnya bagi Anda. Setiap pelangi yang Anda lihat, ngomong-ngomong, mencoba membentuk lingkaran sempurna, dengan mata Anda di tengahnya—seperti pelangi yang sepenuhnya melingkar yang terkadang kita lihat sewaktu sedang menyirami kebun dengan selang dan Matahari bersinar melalui semprotan air. Satu-satunya alasan kita biasanya tidak melihat keseluruhan lingkaran pelangi adalah karena terhalangi tanah.

Jadi itulah mengapa kita melihat pelangi dalam setiap sepersekian detik. Namun pada sepersekian detik berikutnya, semua tetes pelangi telah jatuh ke posisi yang lebih rendah. *A* kini telah jatuh ke posisi yang tadinya ditempati *B*, sehingga kini Anda melihat berkas biru *A*, bukan berkas hijaunya. Dan kini Anda tidak bisa melihat berkas *B* yang mana pun (meski anjing di kaki Anda bisa). Dan tetes hujan baru (*C*, yang berkas-berkasnya sebelumnya tidak terlihat sama sekali oleh Anda) kini telah jatuh ke posisi yang tadinya ditempati *A*, dan kini Anda melihat berkas merahnya.



Itulah mengapa pelangi terlihat diam saja, walaupun tetes-tetes hujan yang menghasilkannya terus jatuh melaluinya.

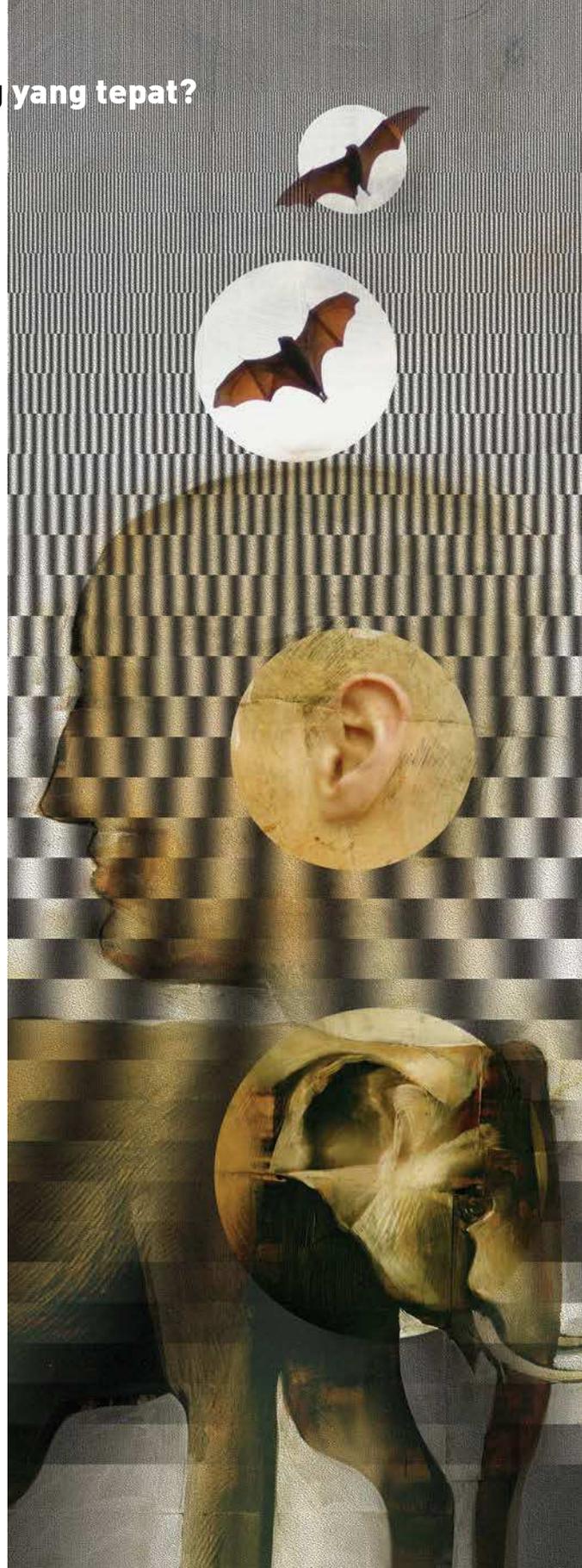


Pada panjang gelombang yang tepat?

Sekarang mari tengok apa sebenarnya spektrum itu—kisaran berurutan warna-warna dari merah ke jingga, kuning, hijau, dan biru sampai nila dan ungu. Ada apa di cahaya merah yang membuatnya bengkok dengan sudut lebih lancip daripada cahaya biru?

Cahaya dapat dianggap sebagai getaran: gelombang. Sebagaimana bunyi adalah getaran di udara, cahaya terdiri atas apa yang disebut getaran elektromagnetik. Saya tidak akan coba jelaskan apa itu getaran elektromagnetik karena butuh waktu lama (dan saya tidak yakin bahwa saya sepenuhnya memahaminya). Intinya di sini adalah bahwa walaupun sinar sangat berbeda dari suara, kita bisa omongkan soal getaran berfrekuensi tinggi (berpanjang gelombang pendek) dan berfrekuensi rendah (berpanjang gelombang panjang) dalam cahaya, seperti bunyi. Bunyi bernada tinggi—trebel atau soprano—berarti getaran berfrekuensi tinggi, atau berpanjang gelombang pendek. Bunyi berfrekuensi rendah, atau berpanjang gelombang panjang, adalah bunyi bas yang dalam. Padanannya dengan cahaya: merah (berpanjang gelombang panjang) adalah bas, kuning itu bariton, hijau tenor, biru alto, sementara ungu (berpanjang gelombang pendek) adalah trebel.

Ada bunyi-bunyi yang bernada terlalu tinggi untuk kita dengar. Bunyi semacam itu disebut ultrasonik; kelelawar bisa mendengarnya dan menggunakan gemanya untuk mempelajari lingkungan. Juga ada bunyi yang terlalu rendah nadanya untuk kita dengar. Bunyi semacam itu disebut infrasonik; gajah, paus, dan beberapa jenis hewan lain menggunakan gemuruh rendah ini untuk saling berhubungan. Nada-nada bas terdalam dari organ katedral besar nyaris terlalu rendah untuk didengar: Anda seolah “merasakannya” menggetarkan seluruh tubuh Anda. Kisaran bunyi yang bisa manusia dengar merupakan pita frekuensi di tengah, antara ultrasonik, yang terlalu tinggi untuk kita dengar (tapi bisa didengar kelelawar), dan infrasonik, yang



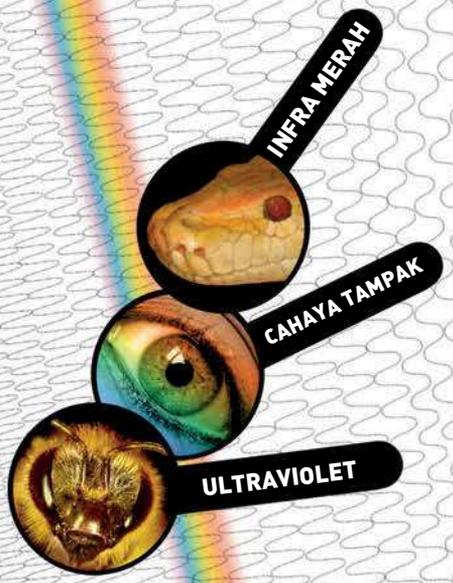
terlalu rendah untuk kita dengar (tapi bisa didengar gajah).

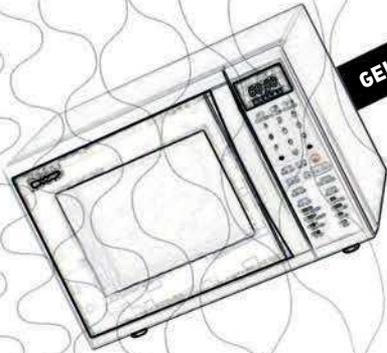
Hal yang sama berlaku bagi cahaya. Padanan warna jeritan ultrasonik kelelawar adalah ultraviolet, yang berarti “melebihi ungu”. Walaupun kita tidak bisa melihat cahaya ultraviolet, serangga bisa. Ada sejumlah bunga yang memiliki belang-belang atau pola-pola lain untuk merayu serangga agar menyerbuki mereka, pola-pola yang hanya bisa terlihat dalam kisaran panjang gelombang ultraviolet. Mata serangga dapat melihat pola-pola itu, namun kita membutuhkan peralatan untuk “menerjemahkan” pola-pola itu menjadi bagian spektrum yang terlihat. Bunga *evening primrose* di sebelah kanan terlihat kuning bagi kita, tanpa pola, tanpa belang. Namun bila kita memotretnya dengan cahaya ultraviolet, mendadak kita melihat belang-belang berbentuk bintang. Pola di foto bawah sebenarnya bukan putih, melainkan ultraviolet. Karena kita tidak bisa melihat ultraviolet, kita harus merepresentasikan pola itu dalam suatu warna yang bisa kita lihat, dan orang yang membuat foto tersebut memutuskan untuk menggunakan hitam dan putih. Dia bisa saja memilih biru atau warna lain.

Spektrum terus berlanjut sampai ke frekuensi-frekuensi yang lebih tinggi, jauh melebihi ultraviolet, jauh melewati apa yang masih bisa serangga lihat. Sinar X dapat dianggap sebagai “cahaya” ber“nada” lebih tinggi lagi daripada ultraviolet. Sinar gamma bahkan bernada lebih tinggi lagi.

Di ujung lain spektrum, serangga tidak bisa melihat merah, namun kita bisa. Yang melebihi merah adalah “inframerah”, yang tidak bisa kita lihat, walaupun bisa kita rasakan sebagai panas (dan sejumlah ular sangat peka terhadapnya, dan menggunakannya untuk mendeteksi mangsa). Saya kira lebah bisa menyebut merah “infra-jingga”. “Nada bas” yang lebih dalam daripada inframerah adalah gelombang mikro, yang bisa kita gunakan untuk memasak. Dan bas yang lebih dalam





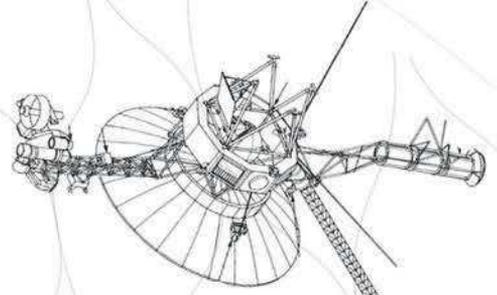


GELOMBANG MIKRO

lagi (berpanjang gelombang panjang) adalah gelombang radio.

Yang sebenarnya agak mengejutkan adalah bahwa cahaya yang bisa dilihat manusia—spektrum atau “pelangi” warna-warna tampak di antara ungu yang “bernada” agak lebih tinggi dan merah yang “bernada” agak lebih rendah—adalah pita sempit di tengah-tengah spektrum yang sangat luas, berkisar dari sinar gamma di ujung bernada tinggi sampai gelombang radio di ujung bernada rendah. Nyaris seluruh spektrum itu tak terlihat oleh mata kita.

Matahari dan bintang memancarkan berkas-berkas elektromagnetik dengan segala frekuensi atau “nada”, mulai dari gelombang radio di ujung “bass” sampai sinar-sinar kosmik di ujung “trebel”. Walaupun kita tidak bisa melihat di luar pita sempit cahaya tampak, dari merah sampai ungu, kita punya peralatan yang bisa mendeteksi gelombang elektromagnetik tak tampak. Foto supernova di Bab 6 diambil dengan memanfaatkan sinar X dari supernova tersebut. Warna-warna dalam foto itu adalah warna-warna semu, seperti putih semu yang digunakan untuk menunjukkan pola di bunga *evening primrose*. Pada foto supernova, warna semu digunakan untuk mewakili panjang gelombang sinar X yang berbeda-beda. Para ilmuwan yang disebut



GELOMBANG RADIO

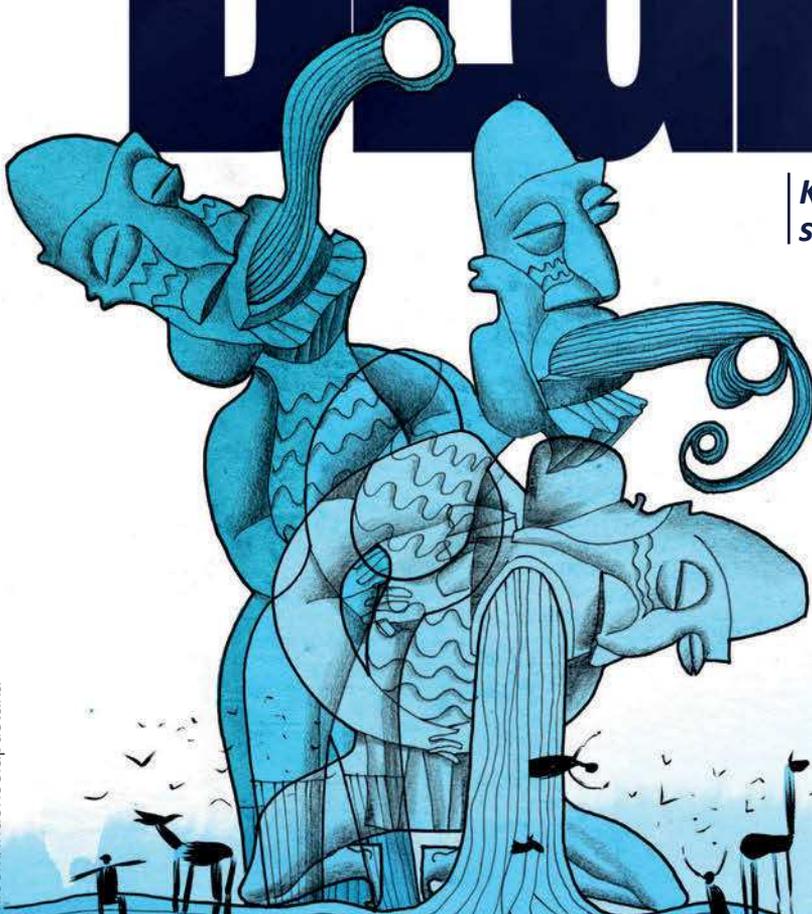
ahli astronomi radio mengambil “foto” bintang memanfaatkan gelombang radio, bukan gelombang cahaya tampak atau sinar X. Peralatan yang mereka gunakan disebut teleskop radio. Sejumlah ilmuwan lain mengambil foto langit di ujung lain spektrum, dengan sinar X. Kita mempelajari hal yang berbeda-beda mengenai bintang-bintang dan mengenai alam semesta dengan memanfaatkan bagian spektrum yang berbeda-beda. Fakta bahwa mata kita hanya bisa melihat melalui celah mungil di bagian tengah spektrum yang luas, bahwa kita hanya bisa melihat pita tipis dalam kisaran luas gelombang elektromagnetik yang bisa dilihat peralatan sains, adalah ilustrasi indah kekuatan sains untuk memicu imajinasi kita: contoh indah sihir yang nyata.

Dalam bab berikutnya kita akan mempelajari sesuatu yang lebih mengagumkan lagi mengenai pelangi. Memisah-misahkan sinar dari bintang yang jauh menjadi spektrum dapat memberi tahu kita bukan hanya terbuat dari apa bintang tersebut, melainkan juga seberapa tua usianya. Dan bukti jenis itulah—bukti pelangi—yang memungkinkan kita mengetahui seberapa tua alam semesta ini: kapan semua itu bermula? Kedengarannya mungkin mustahil, namun itu semua akan diungkapkan di bab berikutnya.

8

WHEN AND HOW DID EVERYTHING BEGIN?

*Kapan dan bagaimana
segalanya bermula?*



MARI MULAI dengan satu mitos Afrika dari salah satu suku Bantu, Boshongo dari Kongo. Pada awalnya tidak ada daratan, hanya perairan yang gelap, dan juga—yang penting—dewa Bumba. Bumba sakit perut dan memuntahkan Matahari. Cahaya dari Matahari mengusir kegelapan, dan panas dari Matahari mengeringkan sebagian air, menyisakan daratan. Tapi sakit perut Bumba belum juga hilang, jadi dia pun memuntahkan Bulan, bintang, hewan-hewan, dan manusia.

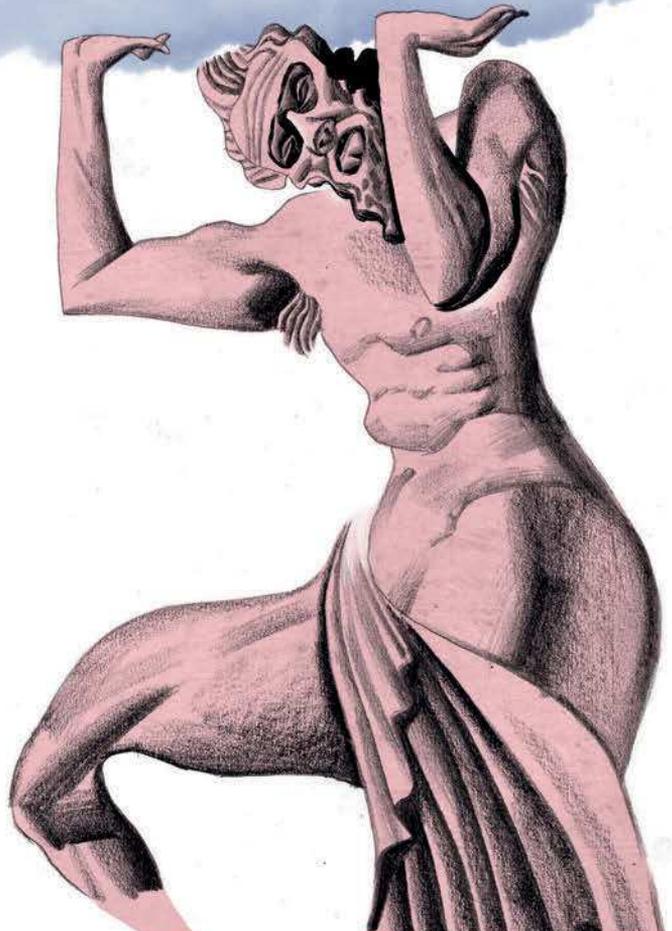
Banyak mitos asal-usul Tiongkok melibatkan tokoh bernama Pan Gu, terkadang digambarkan sebagai laki-laki raksasa berambut gondrong dengan kepala bertanduk. Inilah salah satu mitos mengenai Pan Gu. Pada awalnya tidak ada perbedaan jelas antara Langit dan Bumi: semua itu hanyalah kekacauan kental yang mengelilingi sebutir telur hitam besar. Di dalam telur itulah meringkuk Pan Gu. Pan Gu terlelap di dalam telur itu selama 18.000 tahun. Sewaktu akhirnya dia terjaga, dia ingin melarikan diri, maka dia angkat kapaknya untuk membuka jalan keluar. Sebagian isi telur itu berat dan mengendap, membentuk Bumi. Sebagian di antaranya ringan dan mengambang ke atas, membentuk Langit. Bumi dan Langit lalu mengembang dengan laju (setara) 3 meter per hari selama 18.000 tahun berikutnya.





Sejumlah versi cerita itu menyatakan Pan Gu mendorong Langit dan Bumi agar memisah, dan setelahnya dia sedemikian kelelahan sehingga dia pun mati. Berbagai potongan tubuhnya kemudian menjadi semesta yang kita ketahui. Napasnya menjadi angin, suaranya menjadi halilintar; kedua matanya menjadi Bulan dan Matahari, otot-ototnya menjadi tanah pertanian sementara pembuluh-pembuluhnya menjadi jalan. Keringatnya menjadi hujan, sementara rambutnya menjadi bintang-bintang. Manusia merupakan keturunan pinjal dan kutu yang tadinya hidup di tubuhnya.

Ngomong-ngomong, cerita Pan Gu mendorong Langit dan Bumi hingga terpisah agak mirip dengan mitos Yunani (yang kemungkinan tidak berkaitan) mengenai Atlas, yang juga menyangga langit (walaupun, anehnya, lukisan-lukisan dan patung-patung Atlas biasanya menggambarkan dia menyangga Bumi di bahunya).

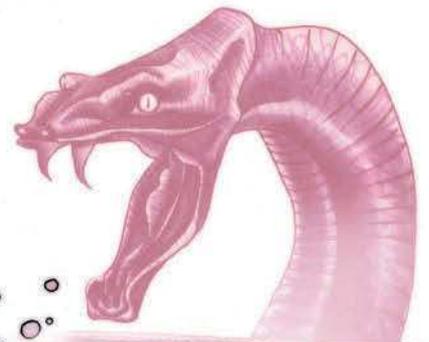


Yang berikut ini adalah satu di antara sekian banyak mitos asal-usul dari India. Sebelum bermulanya waktu, membentanglah samudra gelap raksasa ketiadaan, dengan seekor ular raksasa bergelung di permukaannya. Di dalam gelungan ular itu tidurlah Dewa Wisnu. Pada akhirnya Dewa Wisnu terbangun oleh suara dengungan rendah dari dasar samudra ketiadaan, dan sebatang teratai tumbuh dari pusarnya. Di tengah bunga teratai itu duduklah Brahma. Wisnu memerintahkan kepada Brahma untuk menciptakan dunia. Maka Brahma pun melakukannya. Tidak masalah! Dan semua makhluk hidup juga, sekalian. Mudah!

Yang membuat saya sedikit kecewa di semua mitos asal-usul ini adalah bahwa mereka diawali dengan asumsi

keberadaan tokoh yang sudah hidup sebelum semesta itu ada—Bumba atau Brahma atau Pan Gu, atau Unkulukulu (Pencipta menurut bangsa Zulu) atau Abassie (Nigeria) atau Laki-laki Tua di Langit (Salish, suku pribumi Amerika di Kanada). Coba Anda pikirkan, bukankah seharusnya ada semacam semesta terlebih dahulu, sebagai tempat bagi tokoh pencipta itu untuk bekerja? Tidak satu pun mitos itu memberikan penjelasan mengenai bagaimana pencipta semesta itu sendiri (biasanya disebut berjenis kelamin laki-laki) muncul.

Jadi berbagai mitos asal-usul tidak memberi kita penjelasan memuaskan. Sekarang mari beralih ke apa yang kita ketahui mengenai kisah sebenarnya tentang asal-mula alam semesta.



**HOW DID
EVERYTHING
BEGIN
REALLY?**

*SEBENARNYA bagaimana
segalanya bermula?*

APAKAH ANDA ingat dari Bab 1 bahwa ilmuwan bekerja dengan menyusun “model” tentang seperti apa sebenarnya dunia nyata? Mereka kemudian menguji masing-masing model dengan menggunakannya untuk membuat prediksi mengenai hal-hal yang semestinya kita lihat—atau hasil-hasil pengukuran yang semestinya bisa kita peroleh—bila model itu benar. Pada pertengahan abad kedupuluh ada dua model yang bersaing mengenai bagaimana alam semesta muncul, disebut model “keadaan tunak” (*steady state*) dan model “ledakan besar” (*big bang*). Model keadaan tunak sangat anggun, namun akhirnya terbukti salah—dengan kata lain, prediksi-prediksi yang didasarkan pada model tersebut terbukti keliru. Menurut model keadaan tunak, tidak pernah ada asal mula: alam semesta senantiasa ada dalam kondisi yang kurang-lebih sama dengan sekarang. Di sisi lain, model ledakan besar mengajukan bahwa alam semesta dimulai pada suatu saat tertentu dalam waktu, dalam suatu ledakan yang berjenis aneh. Prediksi-prediksi yang dibuat berdasarkan model ledakan besar terus-menerus terbukti benar, maka kini model tersebut diterima secara umum oleh sebagian besar ilmuwan.

Menurut versi modern model ledakan besar, seluruh alam semesta yang bisa diamati meledak dan muncul antara 13 dan 14 miliar tahun lalu. Mengapa saya bilang “yang bisa diamati”? “Alam semesta yang bisa diamati” berarti segala sesuatu yang kita punya buktinya. Mungkin saja ada semesta-semesta lain yang tidak bisa diakses oleh semua indera dan peralatan kita. Sejumlah ilmuwan berspekulasi, barangkali dengan daya khayal tinggi, bahwa ada “multisemesta”: “buih” bergelembung-gelembung yang terdiri atas banyak semesta, di mana semesta kita hanyalah salah satu “gelembung”-nya. Atau mungkin alam semesta yang bisa diamati—alam semesta di mana kita hidup, dan satu-satunya alam semesta yang kita punya bukti langsung mengenai—adalah satu-satunya alam semesta yang ada. Yang jelas, dalam bab ini saya membatasi diri pada alam semesta yang bisa diamati. Alam semesta yang bisa diamati tampaknya bermula dalam ledakan besar, dan

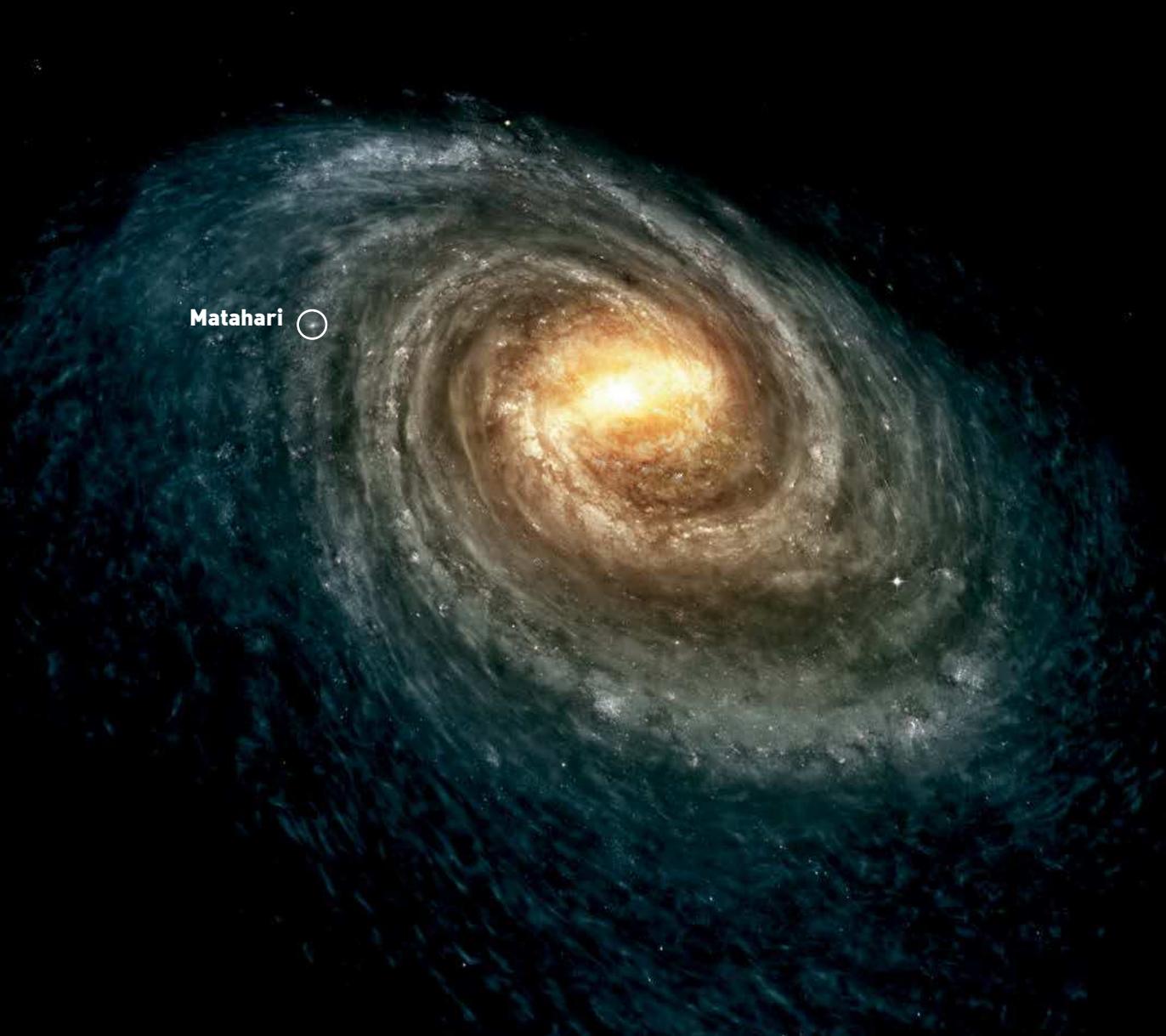
peristiwa luar biasa ini terjadi kurang dari 14 miliar tahun lalu.

Sejumlah ilmuwan berpendapat bahwa waktu sendiri bermula dalam ledakan besar, dan kita tidak bisa mempertanyakan apa yang terjadi sebelum ledakan besar sama seperti kita tidak bisa mempertanyakan apa yang terletak di utara Kutub Utara. Anda tidak mengerti itu? Saya juga. Namun saya bisa dibilang mengerti bukti bahwa ledakan besar terjadi, dan kapan. Itulah yang dibahas dalam bab ini.

Pertama-tama, saya perlu jelaskan apa artinya galaksi. Kita sudah lihat, dalam analogi kita mengenai bola sepak di Bab 6, bahwa bintang-bintang sangat berjauhan satu sama lain dibandingkan dengan planet-planet yang mengorbiti Matahari kita. Namun, sejauh-jauhnya jarak di antara mereka, bintang-bintang sebenarnya masih menggugus menjadi kelompok-kelompok; dan kelompok semacam itu disebut galaksi. Ini ada gambar empat galaksi:



Setiap galaksi menunjukkan pola memutar putih yang sebenarnya tersusun atas miliaran bintang, juga awan-awan debu dan gas.



Matahari ○

Matahari kita hanyalah salah satu bintang yang menyusun galaksi tertentu bernama Bimasakti. Dalam bahasa Inggris, Bimasakti disebut “Jalan Susu” (Milky Way) karena pada malam-malam yang gelap kita bisa melihat sebagian galaksi tersebut dari ujungnya. Kita melihatnya sebagai goresan atau jalur misterius berwarna putih melintas langit, yang mungkin kita sangka sebagai awan halus yang panjang sampai kita sadari apa sebenarnya itu—dan saat kita sadar, pemikiran itu pun membuat kita terpana kagum. Karena kita berada di galaksi Bimasakti, kita tidak akan pernah bisa melihat keseluruhan kegemilangannya, namun di atas adalah gambaran seniman mengenai Bimasakti

jika dilihat dari sebelah luar, dengan tanda yang menunjukkan posisi kita. Posisi kita ditandai sebagai “Matahari” karena dalam skala ini tidak ada jarak berarti antara Matahari dan planet-planetnya.

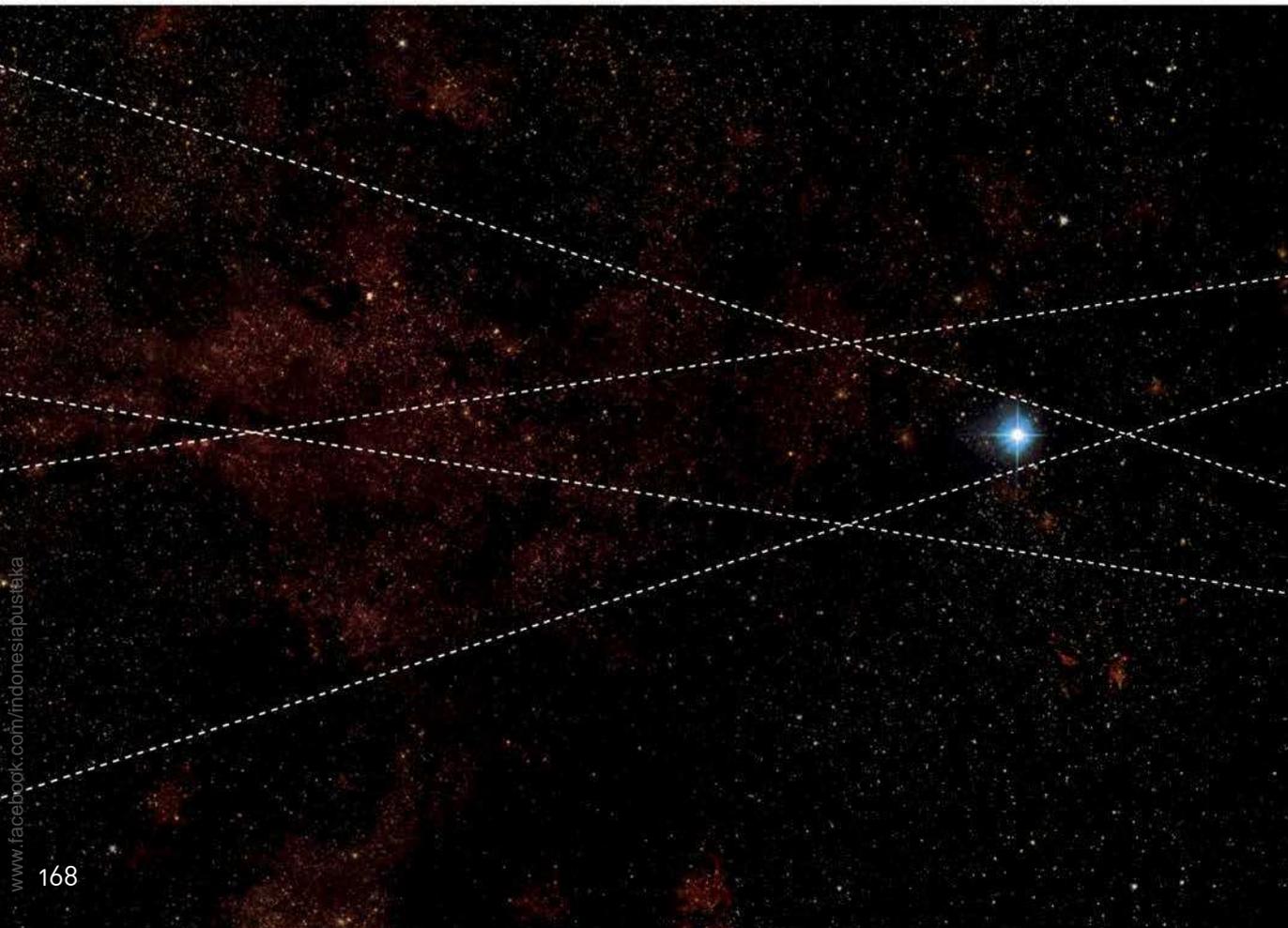
Dan ini ada foto (kanan)—bukan buatan seniman melainkan foto betulan yang diambil melalui teleskop—ratusan galaksi, yang masing-masing merupakan segugus besar miliaran bintang, seperti Bimasakti kita. Saya tidak bisa tidak terkagum-kagum setiap kali saya melihat foto ini, memikirkan bahwa setiap bercak kecil sinar itu adalah galaksi utuh, sebanding dengan Bimasakti. Namun ini adalah fakta nyata. Alam semesta—alam semesta kita yang bisa diamati—adalah tempat yang teramat besar.



Poin penting berikutnya adalah ini. Kita bisa mengukur seberapa jauh masing-masing galaksi dari kita. Bagaimana caranya? Intinya, bagaimana kita tahu seberapa jauhnya suatu benda di alam semesta? Untuk bintang-bintang yang dekat, metode terbaik memanfaatkan sesuatu yang disebut “paralaks”. Angkat jari Anda di depan wajah dan pandanglah dengan mata kiri tertutup. Sekarang buka mata kiri Anda dan tutup mata kanan Anda. Teruslah menggonta-ganti mata yang dibuka, dan Anda akan sadari bahwa posisi jari Anda tampak melompat-lompat dari sisi ke sisi. Ini karena ada perbedaan antara sudut pandang kedua mata Anda. Geser jari Anda semakin dekat, dan lompatan-lompatan itu menjadi semakin besar. Geser jari Anda menjauh dan lompatan-lompatan itu menjadi semakin kecil. Yang perlu Anda ketahui adalah seberapa jauh mata Anda terpisah, dan Anda bisa menghitung jarak dari mata ke jari berdasarkan ukuran lompatan. Itulah yang disebut metode paralaks untuk menaksir jarak.

Sekarang, amatilah satu bintang di langit malam, bergonta-ganti mata. Bintang itu tidak melompat sama sekali. Jaraknya kelewat jauh. Supaya bintang “melompat” dari sisi ke sisi, mata Anda harus terpisah jutaan kilometer! Bagaimana kita bisa memperoleh efek yang sama seperti bergonta-ganti mata yang terpisah jutaan kilometer? Kita bisa memanfaatkan fakta bahwa orbit Bumi di sekeliling Matahari memiliki diameter 300 juta kilometer. Kita ukur posisi bintang yang dekat, dengan latar bintang-bintang lain. Kemudian, enam bulan kemudian, sewaktu Bumi berada 300 juta kilometer jauhnya di sisi orbit yang satu lagi, kita ukur lagi posisi bintang itu. Bila bintang itu cukup dekat, posisinya akan “melompat”. Dari panjang lompatan itu, mudah untuk menghitung seberapa jauh bintang tersebut.

Tapi, sayangnya, metode paralaks hanya bisa digunakan untuk bintang-bintang yang dekat. Untuk bintang-bintang jauh, dan tentunya untuk galaksi-

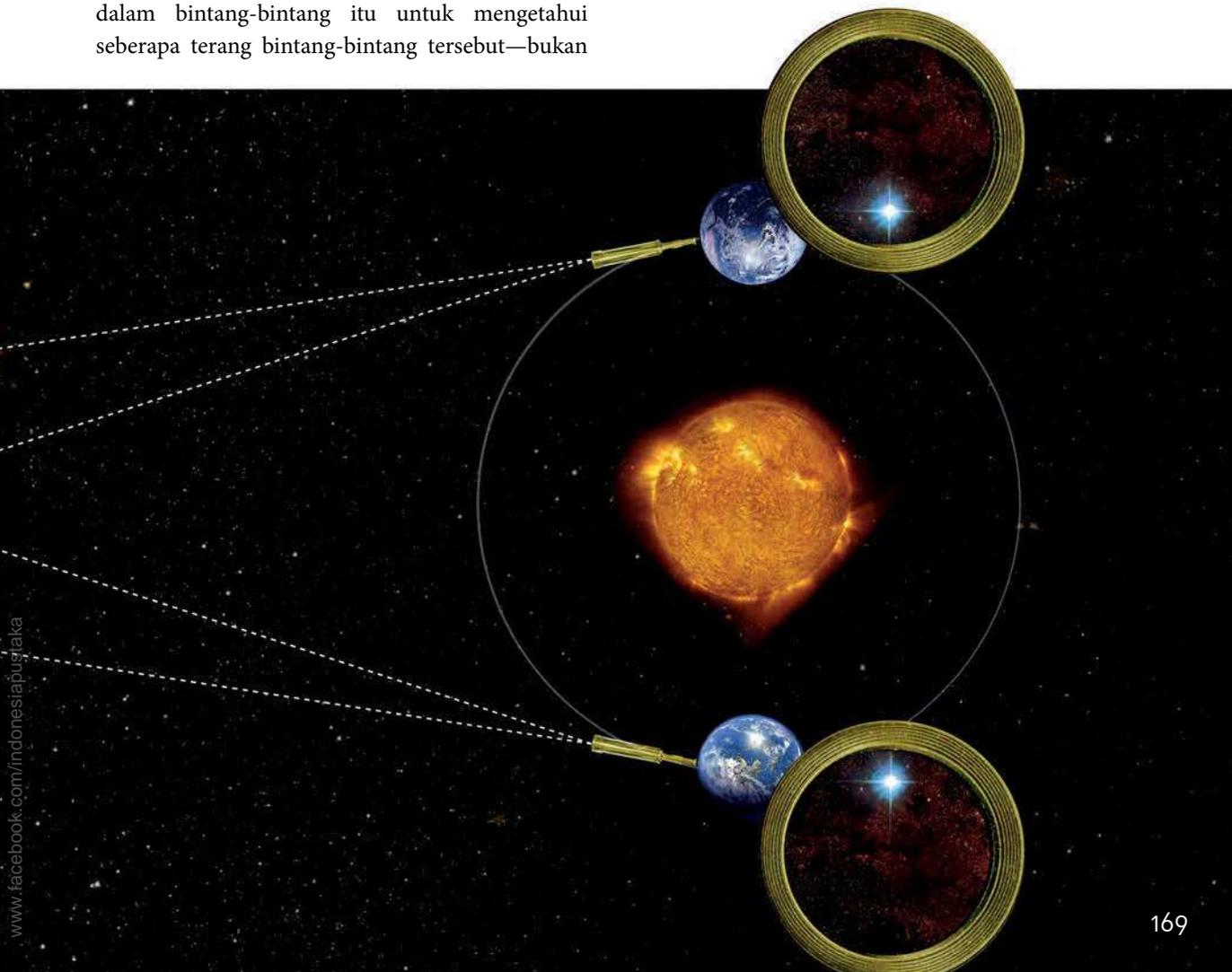


galaksi lain, kedua “mata” kita yang bergonta-ganti harus terpisah lebih jauh daripada 300 juta kilometer. Kita harus mencari metode lain. Anda mungkin berpikir bahwa Anda bisa menghitungnya dengan cara mengukur seberapa terangnya galaksi tersebut tampak bersinar: tentunya galaksi yang lebih jauh akan tampak lebih redup daripada galaksi yang lebih dekat? Masalahnya adalah dua galaksi mungkin kecerahannya *sangat* berbeda. Itu bagaikan memperkirakan seberapa jauh sebatang lilin yang menyala. Bila sejumlah lilin lebih terang daripada yang lain, bagaimana kita bisa tahu bahwa kita sedang memandangi lilin terang yang jauh sekali, atau lilin redup yang dekat?

Untungnya, para ahli astronomi memiliki bukti bahwa jenis-jenis bintang istimewa tertentu merupakan apa yang mereka sebut “lilin standar”. Mereka cukup paham mengenai apa yang terjadi dalam bintang-bintang itu untuk mengetahui seberapa terang bintang-bintang tersebut—bukan

berdasarkan penglihatan mata kita, melainkan kecerahan bintang-bintang itu sesungguhnya, intensitas cahaya (atau mungkin sinar X atau jenis radiasi lain yang bisa kita ukur) sebelum memulai perjalanan panjangnya menuju teleskop-teleskop kita. Mereka juga tahu bagaimana mengidentifikasi “lilin-lilin” istimewa ini; maka, asalkan mereka bisa menemukan setidaknya salah satu bintang semacam itu dalam satu galaksi, para ahli astronomi bisa menggunakannya, dengan bantuan perhitungan-perhitungan matematis yang mantap, untuk memperkirakan seberapa jauh galaksi tersebut.

Maka kita punya metode paralaks untuk mengukur jarak yang sangat pendek; dan ada “tangga” berbagai macam lilin standar yang bisa kita gunakan untuk mengukur kisaran jarak yang semakin jauh, merentang bahkan sampai ke galaksi-galaksi yang teramat jauh.



Pelangi dan ingsutan merah

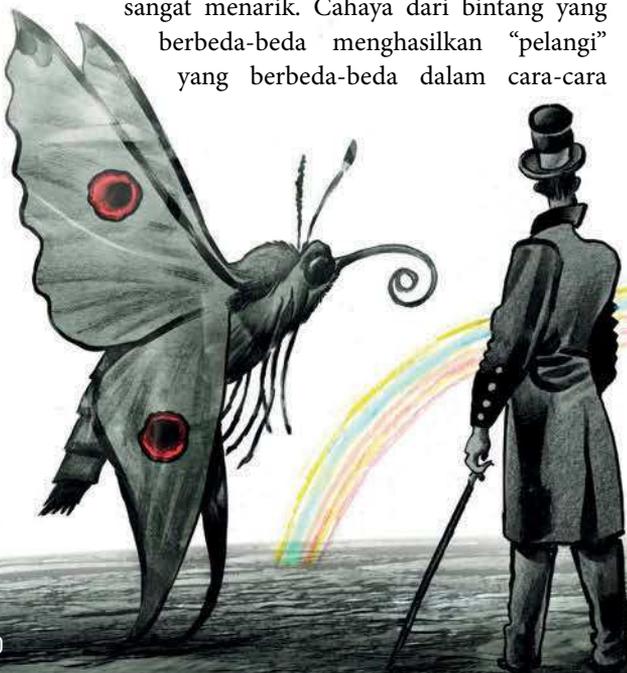
Oke, jadi kita sekarang tahu galaksi itu apa, dan bagaimana menghitung jaraknya dari kita. Untuk langkah berikutnya dalam argumen ini, kita perlu memanfaatkan spektrum cahaya, yang sudah kita temui di Bab 7 mengenai pelangi. Saya pernah diminta menyumbangkan satu bab untuk buku berisi nominasi temuan terpenting yang diajukan para ilmuwan yang diundang. Menyenangkan, namun saya agak terlambat sehingga semua temuan yang gamblang sudah keburu disambar orang: roda, mesin cetak, telepon, komputer, dan lain sebagainya. Jadi saya pilih peralatan yang saya yakin tidak akan dipilih orang lain, dan tentunya sangat penting walaupun tidak banyak orang yang pernah menggunakannya (dan saya harus mengaku saya sendiri belum pernah menggunakannya). Saya memilih *spektroskop*.

Spektroskop adalah mesin pelangi. Bila disambungkan ke teleskop, spektroskop menangkap cahaya dari salah satu bintang atau galaksi tertentu dan memencarkannya sebagai spektrum, seperti yang Newton lakukan dengan prisma. Namun spektroskop lebih canggih daripada prisma Newton, karena memungkinkan kita melakukan pengukuran-pengukuran persis di sepanjang spektrum cahaya bintang yang terpecah. Pengukuran apa? Apa yang bisa diukur dalam pelangi? Nah, di sinilah segalanya mulai menjadi sangat menarik. Cahaya dari bintang yang berbeda-beda menghasilkan “pelangi” yang berbeda-beda dalam cara-cara



yang amat khusus, dan itu bisa memberitahukan banyak hal mengenai bintang kepada kita.

Apakah itu berarti cahaya bintang memiliki beraneka ragam warna baru yang aneh, warna-warna yang tidak pernah kita lihat di Bumi? Tidak, jelas tidak. Anda sudah lihat, di Bumi, semua warna yang mata kita bisa lihat. Apakah menurut Anda itu mengecewakan? Sewaktu saya masih anak-anak, saya menyukai buku-buku Doctor Doolittle karya Hugh Lofting. Dalam salah satu buku itu, sang dokter terbang ke Bulan, dan terpesona karena bisa melihat kisaran warna yang sepenuhnya baru, tidak pernah terlihat oleh mata manusia. Saya sangat menyukai pemikiran itu. Bagi saya pemikiran tersebut mewakili gagasan menarik bahwa Bumi yang kita akrabi mungkin bukanlah cerminan segala sesuatu di alam semesta. Sayangnya, meskipun gagasan itu indah, kisah itu tidak benar—*tidak mungkin* benar. Itu berdasarkan temuan Newton bahwa semua warna yang kita lihat terkandung dalam cahaya putih dan semuanya terungkap ketika warna putih dipencarkan oleh prisma. Tidak ada warna di luar kisaran yang akrab dengan kita. Seniman mungkin menyajikan berbagai nuansa dan semburat warna, namun semuanya adalah kombinasi warna-warna komponen dasar cahaya putih. Warna-warna yang kita lihat di dalam kepala kita hanyalah label-



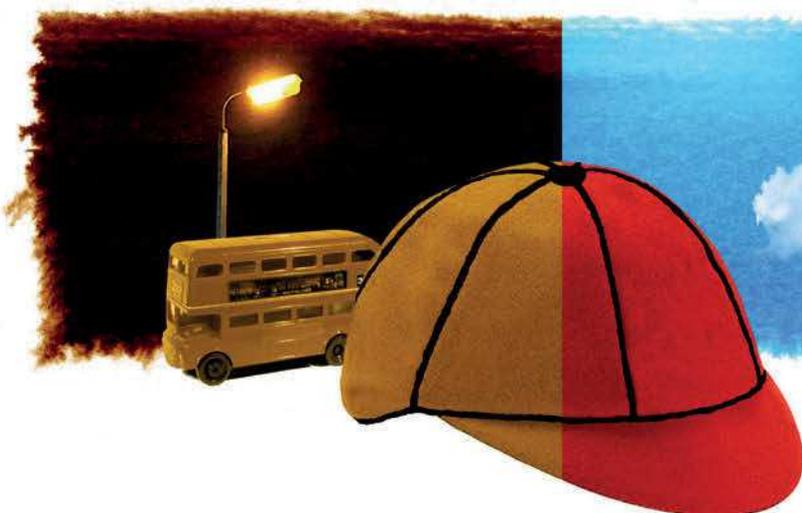
label yang dibuat oleh otak guna mengidentifikasi cahaya dengan panjang gelombang berbeda-beda. Kita sudah menjumpai kisaran lengkap panjang gelombang di Bumi sini. Bulan maupun bintang tak lagi punya kejutan-kejutan yang bisa mereka tawarkan dalam perihal warna. Sedihnya.

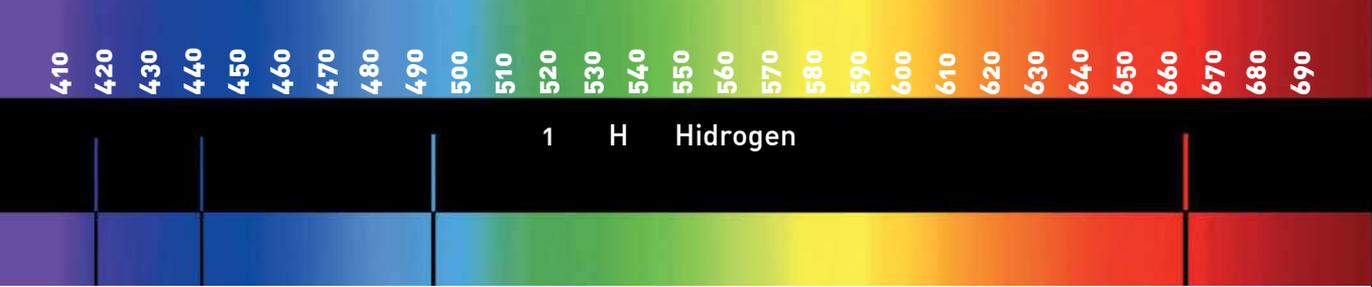
Jadi apa yang saya maksudkan sewaktu saya katakan bahwa bintang yang berbeda-beda menghasilkan pelangi yang berbeda-beda, dengan perbedaan yang bisa kita ukur menggunakan spektroskop? Yah, ternyata ketika cahaya bintang dipisah-pisahkan oleh spektroskop, pola-pola aneh berupa garis-garis hitam tipis muncul di tempat-tempat yang amat tertentu di sepanjang spektrum. Atau terkadang garis-garis itu bukan hitam melainkan berwarna, dan warna latarnya adalah hitam—perbedaan yang sebentar lagi akan saya jelaskan. Pola garis-garis itu terlihat seperti kode batang, mirip kode batang yang kita lihat pada benda-benda yang kita beli di toko untuk identifikasi di kasir. Bintang yang berbeda-beda memiliki pelangi yang sama namun pola garis yang berbeda-beda di sepanjang pelangi itu—dan pola ini memang semacam kode batang, sebab mengandung banyak informasi mengenai bintang itu dan apa bahan penyusunnya.

Tidak hanya cahaya bintang yang menunjukkan garis-garis kode batang. Cahaya di Bumi juga, sehingga kita mampu menyelidiki, di laboratorium, apa yang menimbulkan garis-garis itu. Dan ternyata penyebab timbulnya kode batang tersebut adalah *unsur-unsur* yang berbeda. Natrium, misalnya, memiliki garis-garis menonjol di bagian spektrum kuning. Cahaya natrium (dihasilkan oleh busur

listrik dalam uap natrium) berpendar kuning. Alasannya dipahami oleh para ahli fisika, namun tidak oleh saya, sebab saya ahli biologi yang tidak memahami teori kuantum.

Sewaktu saya bersekolah di kota Salisbury di Inggris selatan, saya ingat betapa sangat terkejutnya saya akan pemandangan janggal berupa topi sekolah merah terang saya di bawah sorotan cahaya kuning lampu jalan. Topi saya tidak lagi terlihat merah, melainkan cokelat kekuningan. Demikian pula bus tingkat yang merah terang. Alasannya sebagai berikut. Seperti banyak kota Inggris pada masa itu, Salisbury menggunakan lampu uap natrium untuk penerangan jalan. Lampu macam itu memancarkan cahaya hanya di wilayah sempit spektrum yang tercakup oleh garis-garis khas natrium, dan garis-garis paling terang natrium ada di wilayah kuning. Boleh dikata, lampu natrium memancarkan cahaya kuning murni, sangat berbeda dari cahaya Matahari yang putih atau cahaya agak kekuningan dari bola lampu listrik biasa. Karena nyaris tidak ada merah sama sekali dalam cahaya yang dipancarkan lampu natrium, tidak ada cahaya merah yang bisa dipantulkan oleh topi saya. Bila Anda bertanya-tanya apa yang membuat topi, atau bus, berwarna merah, jawabannya adalah bahwa molekul-molekul zat pewarna, atau cat, menyerap sebagian besar warna lain kecuali merah. Maka di bawah cahaya putih, yang mengandung semua panjang gelombang, sebagian besar cahaya merah dipantulkan. Di bawah lampu jalanan uap natrium, tidak ada cahaya merah untuk dipantulkan—itulah penyebab warna cokelat kekuningan topi saya.





Natrium hanyalah salah satu contoh. Anda bisa ingat dari Bab 4 bahwa setiap unsur memiliki “nomor atom” uniknya sendiri, yaitu jumlah proton dalam intinya (dan juga jumlah elektron yang mengorbit inti). Yah, karena alasan-alasan yang berkaitan dengan orbit-orbit elektron-elektronnya, setiap unsur juga memiliki efek unik terhadap sinar. Unik seperti kode batang... bahkan, kode batang itu ya mirip sekali dengan pola garis-garis dalam spektrum cahaya bintang. Kita bisa tahu yang mana di antara 92 unsur yang terdapat secara alami yang ada di suatu bintang dengan cara memisahkan-misahkan cahaya bintang di dalam spektroskop dan mengamati garis-garis kode batang di dalam spektrumnya.

Ada satu situs web tempat Anda bisa memilih unsur mana pun yang Anda suka dan melihat kode batang spektrumnya: http://chemlinks.beloit.edu/BlueLight/moviepages/ab_em_el.htm. Geser saja penunjuknya sampai ke unsur yang Anda inginkan. Unsur-unsur itu disusun berdasarkan nomor atom, dari hidrogen dan seterusnya.

Misalnya, di atas adalah gambar untuk hidrogen, unsur 1 (sebab hidrogen hanya punya satu proton, ingat). Anda akan lihat bahwa hidrogen menghasilkan empat batang, satu di bagian ungu spektrum, satu di bagian biru gelap, satu di biru pucat, dan satu di merah (panjang gelombang warna yang berbeda-beda dicantumkan di sebelah atas).

Guna memahami gambar-gambar di situs web itu, kita harus perjelas dulu sepasang rincian yang bisa jadi membingungkan. Pertama-tama, perhatikan dua cara bagaimana batang-batang itu muncul: sebagai garis-garis berwarna di latar hitam (di bagian atas gambar) dan sebagai garis-garis

hitam di latar berwarna (di bagian bawah gambar). Ini disebut spektrum emisi (warna di latar hitam) dan spektrum absorpsi (hitam di latar berwarna). Mana yang Anda dapat bergantung kepada apakah unsur yang dimaksud memancarkan sinar (seperti bila unsur natrium berpendar dalam lampu jalan natrium) atau menghalangi sinar (seperti yang sering terjadi sewaktu suatu unsur ada di dalam bintang). Saya tidak akan ambil pusing dengan perbedaan itu. Poin pentingnya adalah batang-batang itu muncul di tempat-tempat yang sama di sepanjang spektrum pada kedua kasus. Pola batang kode sama saja, untuk unsur tertentu mana pun, terlepas dari apakah garis-garisnya hitam atau berwarna.

Rincian rumit lainnya adalah sejumlah batang jauh lebih menonjol daripada yang lainnya. Sewaktu mengamati cahaya dari bintang dengan spektroskop, kita biasanya hanya melihat batang-batang yang sangat menonjol. Namun situs web tersebut menunjukkan semua garis kepada kita, termasuk yang kabur, yang mungkin terlihat di laboratorium namun biasanya tidak terlihat di cahaya bintang. Natrium adalah contoh yang bagus. Demi kepraktisan, cahaya natrium adalah kuning dan batang-batangnya yang menonjol tampak di bagian kuning spektrum: Anda bisa lupakan batang-batang yang lain meskipun keberadaan mereka menarik, karena mereka membuat pola-pola itu terlihat semakin mirip kode batang.

Inilah spektrum emisi natrium, dengan hanya tiga garis kode batang terkuat yang ditunjukkan. Anda bisa lihat bagaimana kuning mendominasi.



Jadi, karena setiap unsur memiliki pola kode batang berbeda, kita bisa amati cahaya dari bintang apa pun dan mengetahui unsur-unsur apa saja yang ada di bintang tersebut. Memang itu cukup pelik karena kode batang beberapa unsur berbeda mungkin tercampur-baur. Namun ada cara memilah-milahnya. Betapa menakjubkan alat yang bernama spektroskop itu!

Masih ada yang lebih keren lagi. Spektrum natrium di dasar halaman sebelah adalah apa yang akan Anda lihat bila Anda mengamati cahaya dari lampu jalanan Salisbury, atau dari bintang yang tidak terlalu jauh. Sebagian besar bintang yang kita lihat—misalnya, bintang-bintang di rasi zodiak yang terkenal—terletak di galaksi kita sendiri. Dan gambar spektrum cahaya natrium yang ditunjukkan di sini adalah apa yang Anda lihat bila Anda mengamati yang mana saja di antara bintang-bintang itu. Namun bila Anda mengamati spektrum natrium dari bintang di galaksi berbeda, gambar yang Anda peroleh berbeda secara menarik. Di sebelah atas halaman ini ada pola kode batang cahaya natrium di tiga tempat berbeda: di Bumi (atau dari bintang yang dekat), dari bintang yang jauh di galaksi yang dekat, dan dari galaksi yang sangat jauh.

Pertama-tama amatilah pola kode batang cahaya natrium dari galaksi yang jauh (gambar sebelah bawah), dan bandingkan dengan kode batang yang dihasilkan oleh cahaya natrium di Bumi (gambar sebelah atas). Anda bisa lihat pola batang yang sama, berjarak sama. Namun seluruh pola itu bergeser ke arah ujung merah spektrum. Bagaimana kita bisa tahu bahwa unsur itu tetap natrium? Jawabannya adalah karena pola jarak antara batang-batang itu tetap sama. Itu belum tampak meyakinkan bila hanya terjadi pada natrium. Namun hal yang sama terjadi pada semua

unsur. Di setiap kasus kita melihat pola jarak yang sama, khas untuk unsur bersangkutan, namun bergeser bersama-sama di sepanjang spektrum menuju ujung merah. Terlebih lagi, untuk galaksi mana pun, semua kode batang bergeser dengan jarak yang sama di sepanjang spektrum.

Bila Anda amati gambar tengah, yang menunjukkan kode batang natrium dalam cahaya dari galaksi yang agak dekat dengan galaksi kita—lebih dekat daripada galaksi-galaksi teramat jauh yang saya bicarakan di paragraf sebelumnya namun lebih jauh daripada bintang-bintang di galaksi Bima Sakti kita sendiri—Anda melihat pergeseran menengah. Anda melihat pola jarak yang sama, yang merupakan kekhasan natrium, namun belum bergeser terlalu jauh. Garis pertama bergeser pada spektrum menjauhi biru gelap, namun belum sampai ke hijau: baru sejauh biru muda. Dan kedua garis di kuning (yang berkombinasi menjadikan warna kuning lampu jalanan Salisbury) sama-sama bergeser ke arah yang sama, menuju ujung merah spektrum, namun belum sampai ke merah seperti sinar dari galaksi yang jauh: baru sedikit masuk ke jingga.

Natrium hanyalah satu contoh saja. Unsur lain menunjukkan pergeseran yang sama di sepanjang spektrum ke arah merah. Semakin jauh galaksi, semakin besar pergeseran ke arah merah. Ini disebut “ingsutan Hubble” (*Hubble shift*), sebab ditemukan oleh ahli astronomi Amerika, Edwin Hubble, yang setelah dia berpulang namanya juga diabadikan sebagai nama teleskop Hubble—yang kebetulan digunakan untuk memotret galaksi-galaksi teramat jauh yang ditunjukkan di halaman 167. Sebutan lainnya adalah “ingsutan merah” (*red shift*), karena pergeseran itu berlangsung di sepanjang spektrum ke arah merah.



Mundur ke ledakan besar

Apa artinya insutan merah? Untungnya, para ilmuwan memahaminya dengan baik. Insutan merah adalah contoh sesuatu yang disebut “insutan Doppler” (*Doppler shift*). Insutan Doppler dapat terjadi setiap kali ada gelombang—dan cahaya, seperti yang kita lihat di bab sebelumnya, merupakan gelombang. Insutan Doppler sering kali disebut “efek Doppler” dan lebih akrab dengan kita dalam bentuk gelombang bunyi. Sewaktu Anda berdiri di tepi jalan mengamati mobil-mobil melaju cepat, bunyi setiap mesin mobil seolah turun nadanya sewaktu melewati Anda. Anda tahu bahwa bunyi mesin mobil sebenarnya tetap sama,

jadi mengapa nadanya seolah turun? Jawabannya adalah insutan Doppler, dan penjelasannya sebagai berikut.

Bunyi merambat melalui udara sebagai gelombang tekanan udara yang berubah. Sewaktu kita mendengar nada mesin mobil—atau terompet sajalah, soalnya bunyinya lebih enak daripada mesin—gelombang bunyi merambat melalui udara ke segala arah dari sumber bunyi. Telinga kita kebetulan terletak di salah satu arah itu, menangkap perubahan tekanan udara yang disebabkan oleh terompet, dan otak kita mendengar perubahan itu sebagai bunyi. Jangan bayangkan molekul-molekul



udara mengalir dari terompet sampai ke telinga kita. Bukan seperti itu: kalau yang begitu namanya angin, dan angin merambat ke satu arah saja, sedangkan gelombang bunyi merambat ke luar ke segala arah, bagaikan gelombang di permukaan kolam sewaktu kita menjatuhkan kerikil ke dalamnya.

Gelombang paling mudah dimengerti adalah yang disebut “Mexican Wave” (atas), yaitu orang-orang di stadion olahraga besar berdiri dan kemudian duduk lagi berturutan, masing-masing melakukannya segera setelah orang di sampingnya (misalkan sisi kirinya) melakukannya. Gelombang berdiri lalu duduk bergerak cepat mengelilingi sta-

dion. Sebenarnya tidak ada yang berpindah dari tempat duduk mereka, hanya gelombangnya saja yang merambat. Bahkan gelombang itu merambat jauh lebih cepat daripada kemampuan orang berlari.

Yang merambat di kolam adalah gelombang perubahan permukaan air. Yang menjadikannya gelombang adalah molekul-molekul air sendiri tidak melejit ke arah luar menjauhi kerikil. Molekul-molekul air hanya naik dan turun, seperti orang-orang di stadion. Sebenarnya tidak ada yang betul-betul merambat ke arah luar menjauhi kerikil. Hanya terlihatnya seperti itu karena titik tinggi dan titik rendah air bergerak ke arah luar.

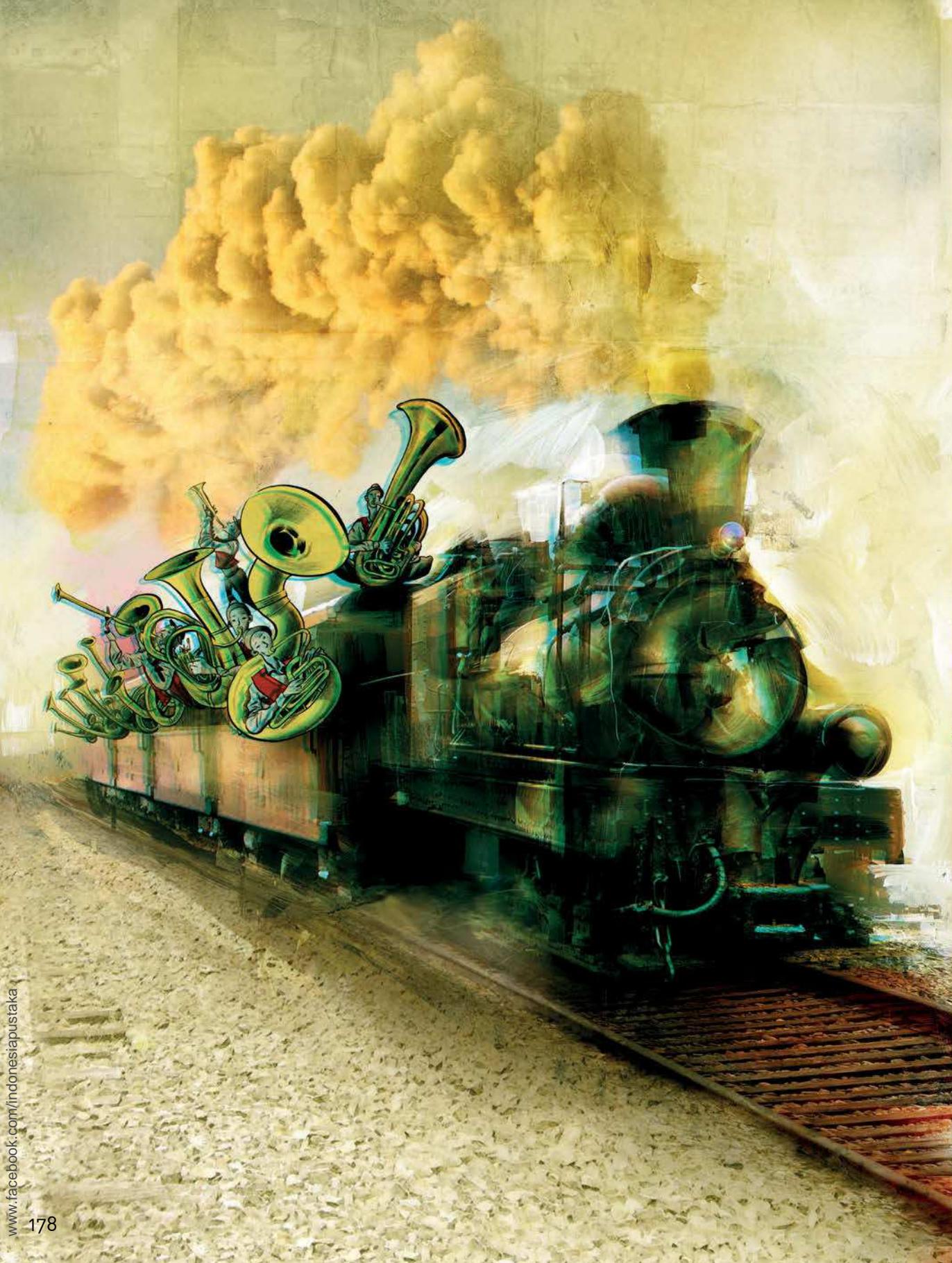
Gelombang bunyi agak berbeda. Yang merambat dalam kasus bunyi adalah gelombang perubahan tekanan udara. Molekul-molekul udara bergoyang-goyang sedikit, maju-mundur, menjauhi terompet atau apa pun sumber bunyinya, lalu kembali lagi. Sewaktu melakukan itu, mereka membentur molekul-molekul udara tetangganya dan menyebabkan yang dibentur bergoyang-goyang maju-mundur juga. Molekul-molekul itu kemudian juga membentur tetangga-tetangga mereka dan hasilnya adalah gelombang benturan molekul—yang menimbulkan gelombang perubahan tekanan—merambat menjauhi terompet ke segala arah. Dan gelombang itulah yang merambat dari terompet ke telinga kita, bukannya molekul-molekul udara itu sendiri. Gelombang itu merambat dengan kecepatan tetap, terlepas dari apakah sumber bunyi itu adalah terompet atau suara orang berbicara atau mobil: sekitar 1.225 kilometer per jam di udara (empat kali lebih cepat dalam air, dan lebih cepat lagi di sejumlah benda padat). Bila kita memainkan nada yang lebih tinggi di terompet, kecepatan rambat gelombang tetap sama, namun jarak antara puncak-puncak gelombang (*panjang gelombang*) menjadi lebih pendek. Mainkan nada rendah, dan puncak-puncak gelombang menjadi semakin berjauhan, namun gelombang itu tetap merambat dengan kecepatan yang sama. Jadi nada tinggi memiliki panjang gelombang yang lebih pendek daripada nada yang lebih rendah.

Itulah yang namanya gelombang suara. Sekarang perihal pergeseran Doppler. Bayangkan seorang peniup terompet berdiri di lereng bukit berselju, memainkan nada yang dipanjang-panjangkan. Anda menaiki kereta luncur dan melesat melewati si pemain terompet (saya pilih kereta luncur, bukan mobil, sebab kereta luncur tidak berbunyi sehingga Anda bisa mendengar terompet itu). Apa yang akan Anda dengar? Puncak-puncak gelombang yang berurutan meninggalkan terompet dengan jarak tetap satu sama lain, sesuai dengan nada yang dipilih pemain terompet untuk dimainkan.

Namun ketika Anda melesat ke arah si pemain terompet, telinga Anda akan menangkap puncak-puncak gelombang yang berurutan dengan kecepatan yang lebih tinggi daripada ketika Anda berdiri diam di puncak bukit. Walhasil nada terompet itu akan terdengar lebih tinggi daripada yang sebenarnya. Kemudian, setelah Anda melesat melewati sang pemain terompet, telinga Anda akan menghantam puncak-puncak gelombang yang berurutan dengan kecepatan yang lebih rendah (jarak di antara puncak-puncak gelombang itu terkesan lebih jauh, sebab setiap puncak gelombang merambat ke arah yang sama dengan kereta luncur anda), sehingga nadanya akan terdengar lebih rendah daripada sebenarnya. Hal yang sama berlaku bila telinga Anda tidak bergerak sementara sumber bunyi bergerak. Konon (saya tidak tahu benar atau tidak, tapi ceritanya bagus) Christian Doppler, sang ilmuwan Austria yang menemukan efek ini, menyewa sekelompok pemain alat tiup







untuk bermain di gerbong kereta terbuka, guna menunjukkan insutan Doppler. Lagu yang dimainkan band itu mendadak merosot ke kunci yang lebih rendah sewaktu kereta melewati hadirin yang terkagum-kagum.

Gelombang cahaya beda lagi—tidak mirip Mexican Wave dan tidak mirip gelombang bunyi. Namun gelombang bunyi memiliki efek Doppler versinya sendiri. Ingatlah bahwa ujung merah spektrum memiliki panjang gelombang yang lebih besar daripada ujung biru, dengan hijau di tengah-tengah. Anggaplah semua pemain band di gerbong kereta Christian Doppler mengenakan seragam kuning. Sewaktu kereta melesat ke arah Anda, mata Anda menangkap puncak-puncak gelombang dengan kecepatan lebih tinggi daripada seandainya kereta itu diam saja. Jadi ada sedikit pergeseran warna seragam menuju bagian hijau di spektrum. Nah, sewaktu kereta bergerak melewati Anda dan

kemudian menjauhi Anda, yang sebaliknya terjadi, dan seragam anggota-anggota band terlihat sedikit lebih merah.

Hanya ada satu hal yang salah dengan ilustrasi ini. Agar Anda mengamati insutan biru atau insutan merah, kereta itu harus bergerak dengan kecepatan jutaan kilometer per jam. Tidak ada kereta yang bisa bergerak cukup cepat agar efek Doppler pada warna terlihat. Namun galaksi-galaksi melakukannya. Pergeseran spektrum ke arah ujung merah, yang bisa Anda lihat dengan jelas pada posisi garis-garis kode batang natrium di gambar halaman 172, menunjukkan bahwa galaksi-galaksi yang sangat jauh bergerak menjauhi kita dengan kecepatan ratusan juta kilometer per jam. Dan semakin jauh letak mereka (seperti yang diukur dengan “lilin-lilin standar” yang saya sebutkan di atas), semakin cepat mereka bergerak menjauhi kita (semakin besar insutan merahnya).



Semua galaksi di alam semesta melesat menjauhi satu sama lain, yang berarti mereka juga menjauh dari kita. Tidak peduli ke arah mana Anda bidikkan teleskop Anda, galaksi-galaksi yang lebih jauh bergerak menjauhi kita (dan satu sama lain) dengan kecepatan yang terus meningkat. Seluruh alam semesta—seluruh ruang itu sendiri—mengembang dengan laju kolosal.

Kalau demikian, Anda mungkin bertanya, mengapa ruang tampak mengembang hanya di level galaksi? Mengapa bintang-bintang di dalam satu galaksi tidak saling menjauh? Mengapa Anda dan saya tidak saling menjauh? Jawabannya adalah gugus benda-benda yang berdekatan satu sama lain, seperti segala sesuatu di dalam satu galaksi, merasakan tarikan terkuat dari gravitasi tetangga-tetangga mereka. Ini menjaga mereka tetap bersama-sama, sementara benda-benda jauh—galaksi-galaksi lain—menjauh seiring pengembangan alam semesta.

Nah, ini ada sesuatu yang menakutkan. Para ahli astronomi telah mengamati pengembangan itu dan menyelidiki sampai jauh ke masa lalu. Seolah-olah mereka membuat film mengenai alam semesta yang mengembang, dengan galaksi-galaksi melesat menjauh, dan kemudian memutar mundur film

tersebut. Bukannya bergegas-gegas saling menjauhi, dalam film yang diputar mundur galaksi-galaksi itu menyatu. Dan dari film itu para ahli astronomi bisa menghitung mundur ke momen ketika pengembangan alam semesta semestinya dimulai. Mereka bahkan bisa menghitung kapan momen itu terjadi. Itulah caranya mereka bisa tahu bahwa pengembangan itu mulai terjadi antara 13 dan 14 milyar tahun lalu. Itulah momen ketika alam semesta itu sendiri bermula—momen yang disebut

“ledakan besar”

“Model-model” alam semesta yang ada saat ini mengasumsikan bahwa bukan hanya alam semesta yang bermula dalam ledakan besar itu: waktu dan ruang itu sendiri juga bermula dalam ledakan besar. Jangan minta saya menjelaskannya karena, berhubung saya bukan ahli kosmologi, saya sendiri tidak paham. Namun sekarang barangkali Anda bisa paham mengapa saya menominasikan spektroskop sebagai salah satu temuan terpenting dalam sejarah. Pelangi bukan hanya indah untuk dilihat. Pelangi juga memberitahukan kepada kita kapan segala sesuatu bermula, termasuk waktu dan ruang. Bagi saya, itu membuat pelangi lebih indah lagi.



9

ARE

WE

E

| *Apakah kita sendirian?*



alone?

SEPENGETAHUAN saya, hanya ada sedikit, Skalaupun ada, mitos kuno mengenai kehidupan makhluk asing di tempat lain di alam semesta ini, barangkali karena gagasan mengenai alam semesta yang jauh lebih besar daripada dunia kita sendiri belum begitu lama dikenal manusia. Baru pada 1500-an para ilmuwan bisa memahami bahwa

Bumi mengelilingi Matahari, dan bahwa ada planet-planet lain yang melakukan hal yang sama. Namun jarak dan jumlah bintang, belum lagi galaksi-galaksi lain, tidak diketahui dan tidak terbayangkan sampai zaman yang relatif modern. Dan belum begitu lama juga sejak manusia pertama kali menyadari bahwa arah yang kita sebut atas di salah satu bagian dunia



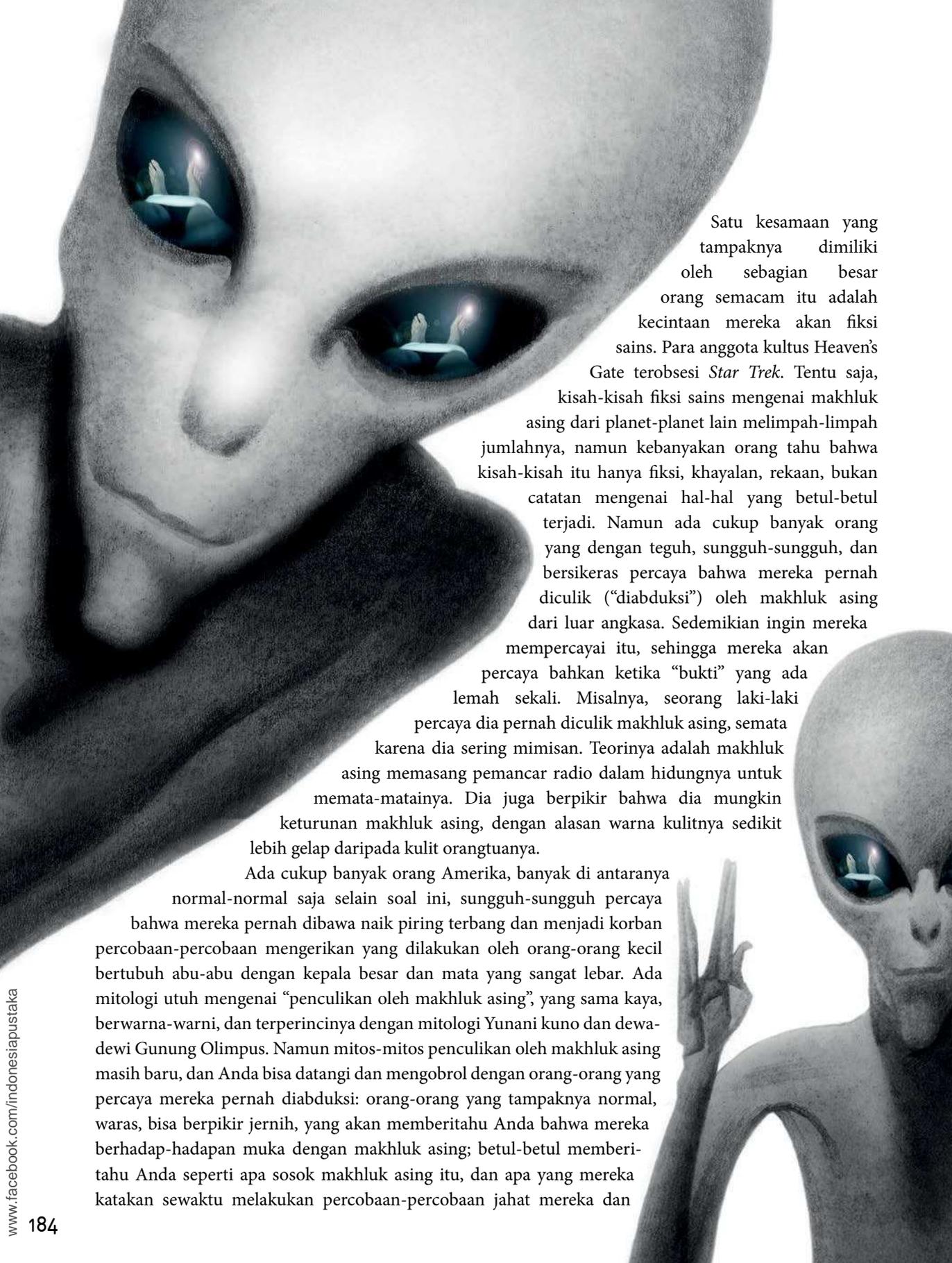
(taruhlah Kalimantan) berarti bawah bagi bagian dunia yang lain (dalam kasus ini, Brazil). Sebelum itu, orang-orang pikir yang namanya “atas” itu arah yang sama saja di mana pun, ke arah tempat para dewa tinggal, “di atas” langit.

Sejak lama ada banyak sekali legenda dan kepercayaan mengenai makhluk-makhluk asing yang janggal di dekat kita: setan, roh, jin, hantu... dan lain sebagainya. Namun di bab ini, ketika saya menanyakan ‘Apakah kita sendirian?’ yang saya maksudkan adalah ‘Apakah ada bentuk-bentuk kehidupan di dunia-dunia lain di tempat lain di alam semesta?’ Seperti yang sudah saya katakan, mitos-mitos mengenai makhluk asing dalam pengertian ini jarang ditemukan di antara suku-suku primitif. Tapi, mitos-mitos tersebut justru banyak bertebaran di antara penghuni kota modern. Mitos-mitos modern ini menarik karena, tidak seperti mitos-mitos kuno, kita betul-betul bisa amati waktu mereka bermula. Kita menyaksikan mitos-mitos dikhayalkan tepat di depan mata kita. Maka yang tersaji dalam bab ini adalah mitos-mitos modern.

Di California pada Maret 1997, kultus religius bernama Heaven’s Gate menemui akhir menyedihkan ketika ke-39 anggotanya meminum racun. Mereka bunuh diri karena percaya UFO dari luar angkasa akan membawa jiwa mereka ke dunia lain. Ketika itu komet terang bernama Hale-Bopp terlihat jelas di langit dan kultus itu percaya—sebab pemimpin spiritual mereka menyampaikannya kepada mereka—bahwa pesawat antariksa asing menyertai komet itu dalam perjalanannya. Mereka membeli teleskop untuk mengamatinya, namun mengembalikan teleskop itu ke toko karena “tidak berfungsi”. Bagaimana mereka tahu teleskop itu tidak berfungsi? Karena mereka tidak bisa melihat pesawat antariksa itu menggunakan teleskop tersebut!

Apakah pemimpin kultus tersebut, seorang laki-laki bernama Marshall Applewhite, percaya omong kosong yang dia ajarkan kepada para pengikutnya? Barangkali iya, sebab dia ada di antara orang-orang yang menenggak racun, jadi sepertinya dia memang sungguh-sungguh percaya! Banyak pemimpin kultus sok-sokan membuat agama baru semata agar bisa memiliki para pengikut perempuannya, namun Marshall Applewhite adalah satu di antara beberapa anggota kultus yang sebelumnya menjalani kebiri, sehingga barangkali seks bukanlah hal utama dalam pikirannya.





Satu kesamaan yang tampaknya dimiliki oleh sebagian besar orang semacam itu adalah kecintaan mereka akan fiksi sains. Para anggota kultus Heaven's Gate terobsesi *Star Trek*. Tentu saja, kisah-kisah fiksi sains mengenai makhluk asing dari planet-planet lain melimpah-limpah jumlahnya, namun kebanyakan orang tahu bahwa kisah-kisah itu hanya fiksi, khayalan, rekaan, bukan catatan mengenai hal-hal yang betul-betul terjadi. Namun ada cukup banyak orang yang dengan teguh, sungguh-sungguh, dan bersikeras percaya bahwa mereka pernah diculik ("diabduksi") oleh makhluk asing dari luar angkasa. Sedemikian ingin mereka mempercayai itu, sehingga mereka akan percaya bahkan ketika "bukti" yang ada lemah sekali. Misalnya, seorang laki-laki percaya dia pernah diculik makhluk asing, semata karena dia sering mimisan. Teorinya adalah makhluk asing memasang pemancar radio dalam hidungnya untuk memata-matainya. Dia juga berpikir bahwa dia mungkin keturunan makhluk asing, dengan alasan warna kulitnya sedikit lebih gelap daripada kulit orangtuanya.

Ada cukup banyak orang Amerika, banyak di antaranya normal-normal saja selain soal ini, sungguh-sungguh percaya bahwa mereka pernah dibawa naik piring terbang dan menjadi korban percobaan-percobaan mengerikan yang dilakukan oleh orang-orang kecil bertubuh abu-abu dengan kepala besar dan mata yang sangat lebar. Ada mitologi utuh mengenai "penculikan oleh makhluk asing", yang sama kaya, berwarna-warni, dan terperinci dengan mitologi Yunani kuno dan dewa-dewi Gunung Olympus. Namun mitos-mitos penculikan oleh makhluk asing masih baru, dan Anda bisa datang dan mengobrol dengan orang-orang yang percaya mereka pernah diabduksi: orang-orang yang tampaknya normal, waras, bisa berpikir jernih, yang akan memberitahu Anda bahwa mereka berhadapan-hadapan muka dengan makhluk asing; betul-betul memberitahu Anda seperti apa sosok makhluk asing itu, dan apa yang mereka katakan sewaktu melakukan percobaan-percobaan jahat mereka dan

menancap-nancapkan jarum ke tubuh manusia (dan tentu saja makhluk asing bisa berbicara bahasa Inggris!).

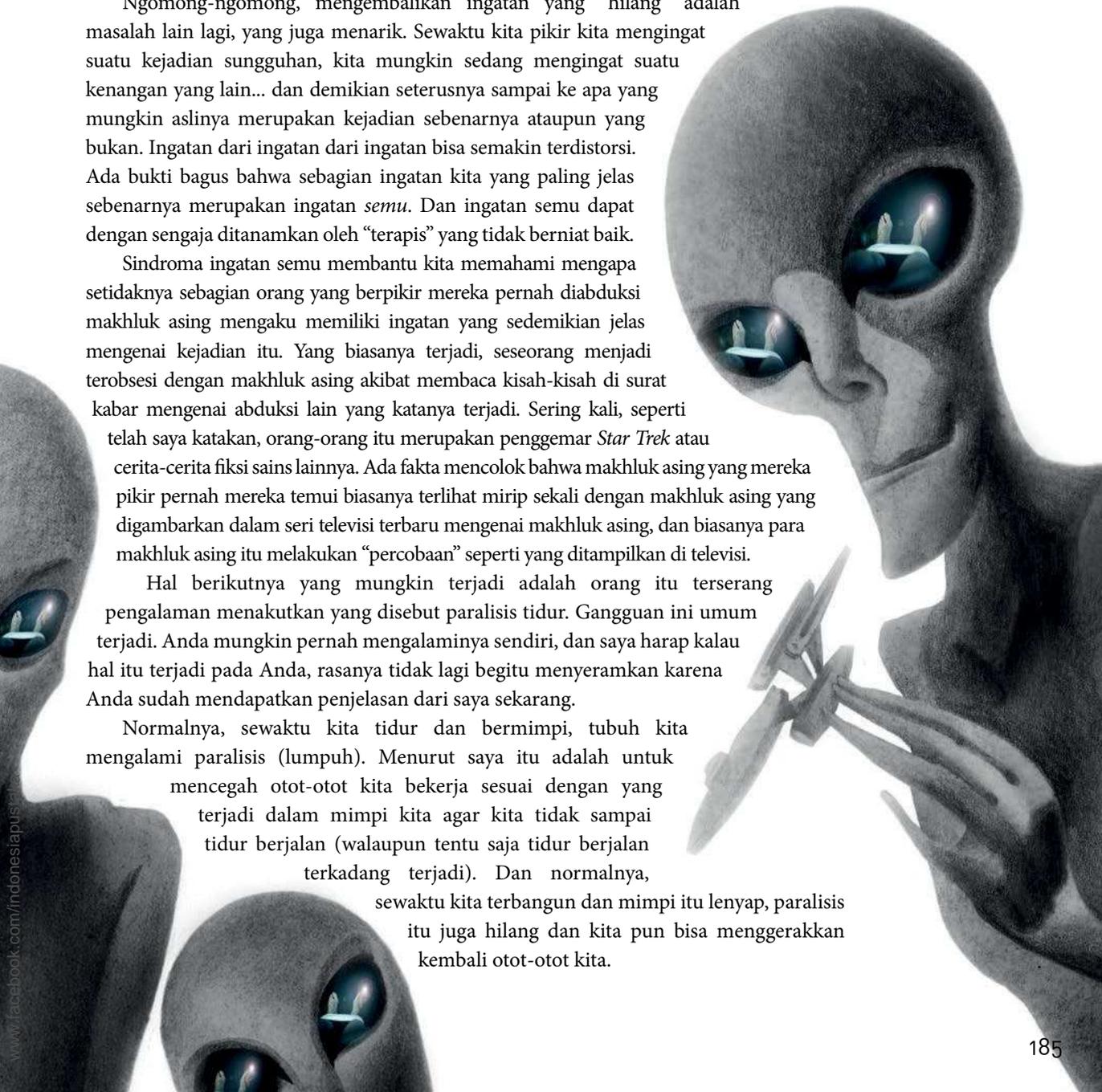
Susan Clancy adalah salah satu dari beberapa ahli psikologi yang telah melakukan penelitian terperinci mengenai orang-orang yang mengklaim bahwa mereka pernah diabduksi. Tidak semuanya memiliki ingatan jelas mengenai peristiwa itu, atau bahkan ingat sama sekali. Mereka menjelaskan itu dengan mengatakan bahwa tentunya para makhluk asing telah menggunakan suatu teknik keji untuk menghapus ingatan setelah selesai melakukan percobaan dengan tubuh mereka. Terkadang mereka mendatangi seorang ahli hipnotis, atau psikoterapis, yang membantu mereka “mengembalikan ingatan yang hilang”.

Ngomong-ngomong, mengembalikan ingatan yang “hilang” adalah masalah lain lagi, yang juga menarik. Sewaktu kita pikir kita mengingat suatu kejadian sungguhan, kita mungkin sedang mengingat suatu kenangan yang lain... dan demikian seterusnya sampai ke apa yang mungkin aslinya merupakan kejadian sebenarnya ataupun yang bukan. Ingatan dari ingatan dari ingatan bisa semakin terdistorsi. Ada bukti bagus bahwa sebagian ingatan kita yang paling jelas sebenarnya merupakan ingatan *semu*. Dan ingatan semu dapat dengan sengaja ditanamkan oleh “terapis” yang tidak berniat baik.

Sindroma ingatan semu membantu kita memahami mengapa setidaknya sebagian orang yang berpikir mereka pernah diabduksi makhluk asing mengaku memiliki ingatan yang sedemikian jelas mengenai kejadian itu. Yang biasanya terjadi, seseorang menjadi terobsesi dengan makhluk asing akibat membaca kisah-kisah di surat kabar mengenai abduksi lain yang katanya terjadi. Sering kali, seperti telah saya katakan, orang-orang itu merupakan penggemar *Star Trek* atau cerita-cerita fiksi sains lainnya. Ada fakta mencolok bahwa makhluk asing yang mereka pikir pernah mereka temui biasanya terlihat mirip sekali dengan makhluk asing yang digambarkan dalam seri televisi terbaru mengenai makhluk asing, dan biasanya para makhluk asing itu melakukan “percobaan” seperti yang ditampilkan di televisi.

Hal berikutnya yang mungkin terjadi adalah orang itu terserang pengalaman menakutkan yang disebut paralisis tidur. Gangguan ini umum terjadi. Anda mungkin pernah mengalaminya sendiri, dan saya harap kalau hal itu terjadi pada Anda, rasanya tidak lagi begitu menyeramkan karena Anda sudah mendapatkan penjelasan dari saya sekarang.

Normalnya, sewaktu kita tidur dan bermimpi, tubuh kita mengalami paralisis (lumpuh). Menurut saya itu adalah untuk mencegah otot-otot kita bekerja sesuai dengan yang terjadi dalam mimpi kita agar kita tidak sampai tidur berjalan (walaupun tentu saja tidur berjalan terkadang terjadi). Dan normalnya, sewaktu kita terbangun dan mimpi itu lenyap, paralisis itu juga hilang dan kita pun bisa menggerakkan kembali otot-otot kita.



Namun terkadang ada penundaan antara kembalinya kesadaran benak kita dan kembalinya kemampuan otot-otot kita bergerak, dan itulah yang disebut paralisis tidur. Memang menakutkan, seperti yang bisa Anda bayangkan. Kita sudah terbangun, dan kita bisa melihat tempat tidur kita dan segala sesuatu di dalamnya, namun kita tidak bisa bergerak. Paralisis tidur sering kali disertai halusinasi menakutkan. Orang merasa dikelilingi oleh bahaya menakutkan, yang tidak bisa mereka sebutkan. Terkadang mereka bahkan melihat hal-hal yang sebenarnya tidak ada, seperti dalam mimpi. Dan, juga seperti dalam mimpi, bagi sang pemimpi hal-hal itu terlihat nyata.

Nah, kalau kita melihat halusinasi sewaktu terserang paralisis tidur, akan seperti apakah halusinasi itu? Seorang penggemar fiksi sains modern mungkin sekali melihat orang-orang kecil berwarna abu-abu dengan kepala besar dan mata lebar. Pada abad-abad sebelumnya, sebelum ada fiksi sains, halusinasi yang diperoleh orang-orang berbeda-beda: mereka melihat dedemit, barangkali, atau serigala jadi-jadian; vampir pengisap darah, atau (kalau beruntung) malaikat bersayap yang cantik.

Intinya, apa yang orang lihat sewaktu mengalami paralisis tidur bukan betul-betul ada, melainkan ditarik dalam benak dari rasa takut masa lalu, legenda, atau fiksi. Bahkan meskipun mereka tidak berhalusinasi, pengalaman itu sedemikian menakutkan sehingga, ketika mereka akhirnya terbangun, korban paralisis tidur sering kali percaya bahwa sesuatu yang mengerikan telah terjadi kepada mereka. Bila Anda sebelumnya sudah takut pada vampir, sesudah bangun mungkin Anda yakin sekali bahwa vampir pengisap darah telah menyerang Anda. Bila saya sebelumnya telah percaya

abduksi oleh makhluk asing, bangun-bangun saya mungkin percaya bahwa saya diabduksi dan ingatan saya kemudian dihapus oleh makhluk asing.

Hal berikutnya yang biasanya terjadi kepada korban paralisis tidur adalah bahwa, bahkan bila mereka sebenarnya tidak berhalusinasi soal makhluk asing dan percobaan-percobaan mengerikan pada saat itu, upaya mereka merekonstruksi dengan penuh ketakutan akan apa yang mereka curigai telah terjadi, malah membentuk ingatan semu. Proses itu seringkali dibantu oleh teman dan keluarga, yang dengan bersemangat mendesak mereka untuk memberikan keterangan yang semakin terperinci mengenai apa yang terjadi, dan bahkan mendorong mereka dengan pertanyaan-pertanyaan yang mengarah: "Apa ada makhluk asing di situ? Warnanya apa? Abu-abu? Apakah matanya lebar sekali seperti dalam film-film?" Bahkan pertanyaan-pertanyaan bisa jadi cukup untuk menanamkan atau melekatkan ingatan yang semu. Kalau kita pertimbangkan ini, tidak heran bahwa jajak pendapat pada 1992 menyimpulkan bahwa nyaris empat juta orang Amerika pikir mereka pernah diabduksi makhluk asing.

Teman saya, ahli psikologi Sue Blackmore, menyebutkan bahwa paralisis tidur kemungkinan besar juga merupakan penyebab khayalan-khayalan mengerikan zaman dulu, sebelum gagasan mengenai makhluk asing dari luar angkasa menjadi populer. Pada zaman pertengahan, orang-orang mengaku didatangi pada tengah malam oleh "inkubus" (setan laki-laki yang mendatangi korban perempuan untuk berhubungan seks dengannya) atau "sukubus" (setan perempuan yang mendatangi korban laki-laki untuk ber-

hubungan



seks dengannya). Salah satu efek paralisis tidur adalah bahwa, bila kita mencoba bergerak, rasanya seolah-olah ada yang menindih kita. Ini bisa dengan mudah diartikan oleh korban yang ketakutan sebagai serangan seksual. Legenda di Newfoundland menyebut-nyebut soal “Old Hag” yang mendatangi orang-orang di malam hari dan menindih dada mereka. Dan ada legenda di Indocina mengenai “Hantu Kelabu” yang mendatangi orang-orang saat gelap dan melumpuhkan mereka.

Jadi kita punya pemahaman yang baik mengenai mengapa orang percaya mereka pernah diculik makhluk asing, dan kita bisa mengaitkan mitos-mitos modern mengenai abduksi makhluk asing dengan mitos-mitos yang terlebih dahulu mengenai inkubus dan sukubus yang haus seks, atau vampir dengan gigi taring panjang yang bertandang pada malam hari dan mengisap darah kita. Tidak ada bukti bagus sama sekali bahwa planet ini pernah dikunjungi oleh makhluk asing dari luar angkasa (ataupun juga oleh inkubus, sukubus, atau setan jenis apa pun). Namun masih tersisa pertanyaan mengenai apakah sebenarnya ada makhluk hidup di planet-planet lain. Hanya karena mereka belum pernah mengunjungi kita, bukan berarti mereka tidak ada. Bisakah proses evolusi yang sama, atau bahkan proses yang sangat berbeda yang barangkali hanya sedikit menyerupai evolusi kita, telah berlangsung di planet-planet selain planet kita?



**SEBENARNYA adakah
kehidupan di planet lain?**

IS THERE **REALLY** LIFE ON OTHER PLANETS?

TIDAK ADA YANG TAHU. Bila Anda memaksa saya untuk memilih jawaban ya atau tidak, saya akan katakan ya, dan barangkali ada di jutaan planet. Tapi peduli amat soal pendapat saya? Tidak ada bukti langsung. Salah satu kehebatan terbesar sains adalah bahwa para ilmuwan tahu kapan mereka tidak tahu jawaban atas suatu pertanyaan. Mereka dengan riang mengakui bahwa mereka tidak tahu. Dengan riang, karena tidak mengetahui jawaban merupakan tantangan menarik untuk mencoba menemukannya.

Suatu hari kita mungkin memiliki bukti kuat mengenai kehidupan di planet-planet lain. Dan kemudian barulah kita bisa tahu dengan pasti. Untuk saat ini, hal terbaik yang bisa dilakukan seorang ilmuwan adalah mencatat jenis informasi yang dapat mengurangi ketidakpastian, yang dapat membawa kita dari tebak-tebakan ke perkiraan kemungkinan. Dan hal itu sendiri merupakan hal yang menarik dan menantang untuk dilakukan.

Hal pertama yang kita mungkin tanyakan adalah ada berapa banyak planet di alam semesta.

Sampai belum lama ini, tidak salah bila kita percaya bahwa yang ada hanyalah planet-planet yang mengelilingi Matahari kita, sebab planet-planet tidak bisa terdeteksi oleh teleskop yang paling besar sekali pun. Kini kita punya bukti bagus bahwa banyak bintang memiliki planet, dan nyaris setiap hari ditemukan planet-planet “ekstra-solar” yang baru. Planet ekstra-solar adalah planet yang mengorbit bintang lain selain Matahari (*sol* adalah kata Latin untuk Matahari sementara *extra* adalah kata Latin yang berarti di luar).

Anda mungkin pikir bahwa cara paling gampang untuk mendeteksi planet adalah dengan melihatnya melalui teleskop. Sayangnya, planet-planet terlalu redup untuk dilihat dari jarak yang sangat jauh—planet tidak memiliki sinar sendiri melainkan hanya memantulkan sinar bintang—sehingga kita tidak bisa melihat planet secara langsung. Kita harus mengandalkan metode-metode tidak langsung, dan metode terbaik lagi-lagi adalah memanfaatkan spektroskop, instrumen yang kita temui di Bab 8. Begini caranya.

Ketika satu benda langit mengorbiti benda lain yang berukuran kira-kira sama, mereka saling mengorbiti, sebab mereka mengeluarkan gaya gravitasi yang nyaris sama besar terhadap satu sama lain. Sejumlah bintang terang yang kita lihat di langit sebenarnya merupakan dua bintang—disebut bintang biner—yang saling mengorbiti satu sama lain bagaikan dua ujung barbel yang dihubungkan oleh tangkai yang tak terlihat. Ketika satu benda langit lebih kecil daripada yang lain, seperti dalam hal planet dan bintangnya, yang lebih kecil melesat mengelilingi yang lebih besar, sementara yang lebih besar hanya membuat sedikit gerakan tidak kentara sebagai tanggapan terhadap tarikan gravitasi dari benda yang lebih kecil. Kita mengatakan Bumi mengorbit Matahari, namun sebenarnya Matahari juga membuat gerakan-gerakan kecil sebagai tanggapan terhadap gravitasi Bumi. Dan planet yang

sebesar Jupiter dapat memiliki efek cukup berarti terhadap posisi bintangnya. Gerakan-gerakan tidak kentara oleh bintang terlalu kecil untuk dihitung sebagai “mengelilingi” planet, namun cukup besar untuk dideteksi oleh alat-alat kita, walaupun kita tidak bisa melihat planet tersebut sama sekali.

Cara kita mendeteksi gerakan-gerakan ini pun menarik. Semua bintang terlalu jauh bagi kita untuk bisa betul-betul terlihat bergerak, bahkan dengan teleskop yang kuat sekalipun. Namun, anehnya, walaupun kita tidak bisa melihat pergerakan bintang, kita bisa mengukur kecepatan pergerakannya. Itu terdengar janggal, namun di sinilah gunanya spektroskop. Ingat insytan Doppler di Bab 8? Ketika pergerakan bintang kebetulan menjauhi kita, cahaya dari bintang tersebut akan mengalami insytan merah. Ketika pergerakan bintang mengarah ke kita, cahayanya akan mengalami insytan biru. Dengan demikian, bila satu bintang memiliki planet yang mengorbitnya, spektroskop akan menunjukkan kepada kita pola insytan merah-biru-merah-biru yang berdenyut secara berirama, dan waktu pergeseran-pergeseran teratur itu bisa memberitahukan kepada kita panjang tahun suatu planet. Tentu saja lebih rumit hitungannya bila ada lebih daripada satu planet. Namun para ahli astronomi sangat menguasai matematika dan mereka bisa mengatasi keruwetan itu. Ketika saya menulis ini (Januari 2011), sudah 484 planet yang mengorbiti 408 bintang dideteksi dengan cara ini. Saat Anda membaca buku ini, pastilah sudah lebih banyak lagi yang ditemukan.

Ada metode-metode lain untuk mendeteksi planet. Misalnya, ketika satu planet melintasi wajah bintangnya, sebagian kecil wajah bintang itu tertutupi atau mengalami gerhana—seperti ketika kita melihat Bulan menimbulkan gerhana Matahari, hanya saja Bulan terlihat jauh lebih besar karena letaknya sangat lebih dekat.



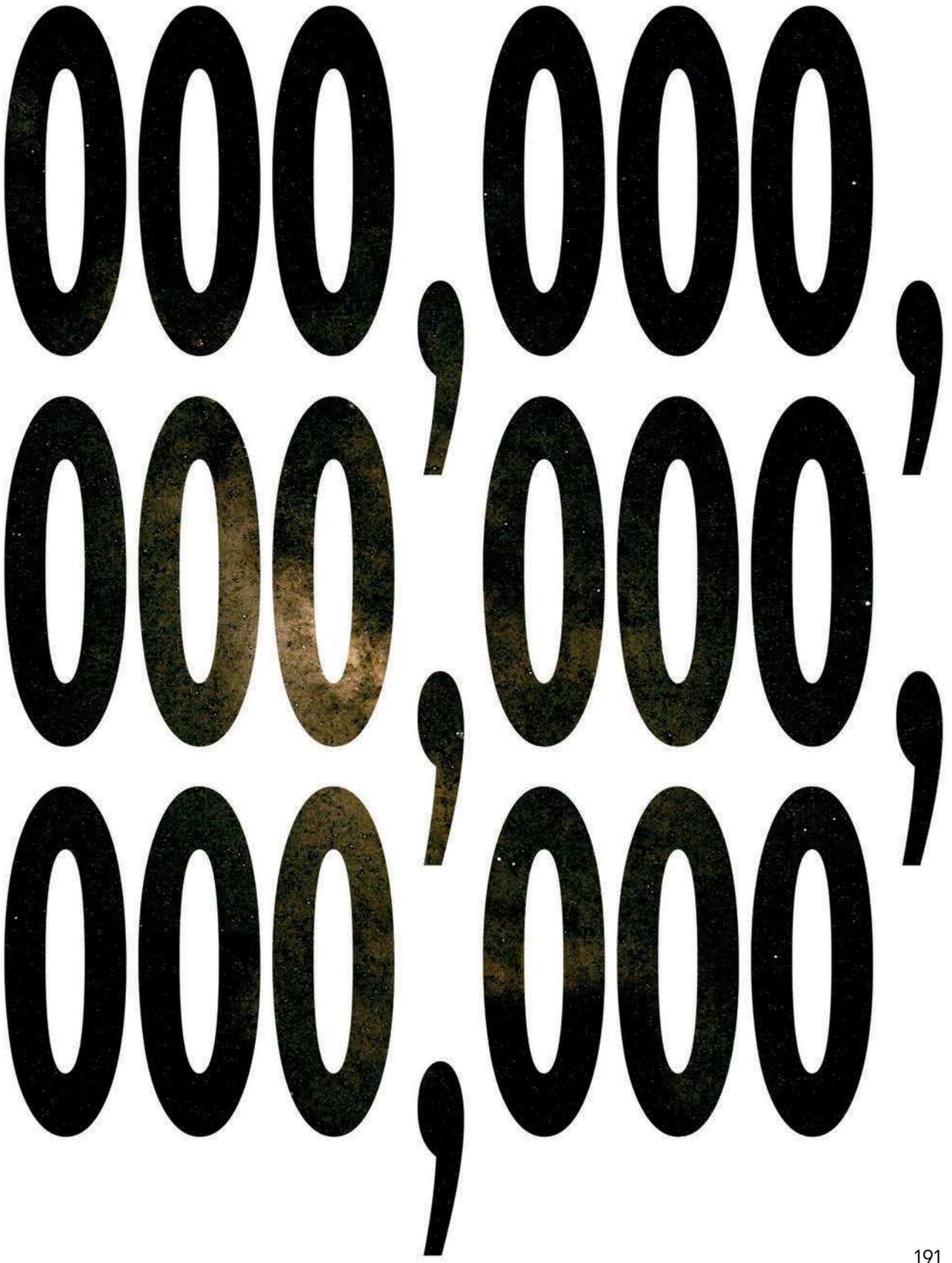
10,000,

Ketika suatu planet masuk ke posisi di antara kita dan bintangnya, bintang tersebut menjadi agak sedikit meredup, dan terkadang alat-alat kita cukup sensitif untuk mendeteksi peredupan itu. Sejauh ini, 110 planet telah ditemukan dengan cara demikian. Dan ada beberapa metode lain juga, yang telah mendeteksi 35 planet lain. Sejumlah planet telah dideteksi dengan lebih daripada satu teknik, dan total jendral kini sudah ditemukan 519 planet yang mengorbiti bintang-bintang di galaksi kita selain Matahari.

Dalam galaksi kita, mayoritas sangat besar bintang yang kita selidiki untuk mencari planet ternyata memang memiliki planet. Jadi, bila kita anggap galaksi kita bukan suatu kekecualian, kita barangkali bisa simpulkan bahwa sebagian besar bintang di alam semesta memiliki planet yang mengorbit di sekeliling mereka. Jumlah bintang di galaksi kita adalah sekitar 100 milyar, sementara jumlah galaksi di alam semesta kira-kira nyaris sama. Itu berarti kurang-lebih total 10.000 milyar milyar bintang. Sekitar 10 persen bintang yang diketahui dijabarkan para ahli astronomi sebagai “mirip Matahari”. Bintang-bintang yang sangat berbeda dari Matahari kita, walaupun punya planet, kecil kemungkinan bisa menyokong kehidupan di planet-planet itu karena berbagai alasan: misalnya, bintang-bintang yang jauh lebih besar daripada Matahari kita cenderung tidak bertahan cukup

lama sebelum akhirnya meledak. Namun bahkan bila kita membatasi diri kepada planet-planet yang mengorbiti bintang-bintang serupa Matahari, kita kemungkinan akan berurusan dengan bermilyar-milyar planet—dan itu pun mungkin masih perkiraan yang terlalu rendah.

Okelah kalau begitu, tapi seberapa banyak dari planet-planet yang mengorbiti “bintang jenis yang benar” itu yang mungkin cocok untuk menyokong kehidupan? Mayoritas planet ekstrasuryal yang sudah ditemukan sejauh ini merupakan “Jupiter”. Yang berarti mereka adalah “raksasa gas”, yang sebagian besarnya terbuat dari gas bertekanan tinggi. Itu tidak mengejutkan, sebab metode-metode kita untuk mendeteksi planet biasanya tidak cukup sensitif untuk menangkap apa pun yang lebih kecil daripada para Jupiter. Dan Jupiter—raksasa gas—tidak cocok bagi kehidupan seperti yang kita ketahui. Tentu saja, bukan berarti kehidupan seperti yang kita ketahui merupakan satu-satunya kehidupan yang mungkin ada. Bahkan mungkin ada kehidupan di Jupiter itu sendiri, walaupun saya meragukannya. Kita tidak tahu berapa persen di antara bermilyar-milyar planet itu yang merupakan planet berbatu seperti-Bumi, beda dengan raksasa-raksasa gas seperti-Jupiter. Namun bahkan meskipun persentasenya cukup rendah, jumlah mutlaknya masih akan tetap tinggi karena totalnya sedemikian besar.





Mencari Goldilocks

Kehidupan seperti yang kita ketahui bergantung kepada air. Sekali lagi, kita harus mewaspadaai memusatkan perhatian kita hanya kepada kehidupan seperti yang kita ketahui, namun untuk saat ini ahli eksobiologi (para ilmuwan yang mencari kehidupan di luar Bumi) menganggap air penting—sedemikian penting sehingga sebagian besar upaya mereka ditujukan untuk mencari-cari tanda-tanda keberadaan air di luar angkasa. Air jauh lebih mudah dideteksi daripada kehidupan itu sendiri. Bila kita menemukan air tentu saja bukan berarti pastilah ada



kehidupan, namun itu merupakan langkah ke arah yang benar.

Agar kehidupan seperti yang kita ketahui bisa ada, setidaknya sebagian air itu harus berada dalam wujud cair. Tidak bisa kalau hanya es, atau hanya uap. Penyelidikan mendalam terhadap Mars menunjukkan bukti adanya air cair, setidaknya pada masa lalu bila pada masa kini tidak ada. Dan beberapa planet lain memiliki setidaknya sejumlah air, meskipun wujudnya tidak cair. Europa, salah satu bulan Jupiter, tertutupi es, dan secara masuk akal telah diajukan bahwa di bawah es itu ada lautan air cair. Dulu orang-orang mengira Mars merupakan kandidat terbaik bagi keberadaan kehidupan

luar Bumi di dalam tata surya, dan seorang ahli astronomi tenar bernama Percival Lowell bahkan menggambar apa yang dia anggap kanal-kanal yang melintas berpotong-potongan di permukaan Mars. Kini wahana antariksa telah memotret Mars secara terperinci, dan bahkan mendarat di permukaannya, dan kanal-kanal itu ternyata hanyalah buah khayalan Lowell. Sekarang Europa telah mengambil alih status Mars sebagai sasaran utama spekulasi mengenai kehidupan luar Bumi dalam tata surya kita sendiri, namun kebanyakan ilmuwan berpikir kita harus mencari ke tempat-tempat yang lebih jauh lagi. Bukti menunjukkan bahwa tampaknya air tidaklah sedemikian langkanya di planet-planet ekstra-solar.



Terlalu dingin

Zona
Goldilocks

Bagaimana dengan suhu? Harus seberapa tepatnya suhu suatu planet agar bisa menyokong kehidupan? Para ilmuwan mengenal apa yang mereka istilahkan “Zona Goldilocks”: “*just right*, pas sekali” (seperti bubur si bayi beruang dalam dongeng Goldilocks) di antara dua ekstrem yang tak pas yaitu terlalu panas (seperti bubur papa beruang) dan terlalu dingin (seperti bubur mama beruang). Orbit Bumi “pas sekali” untuk kehidupan: tidak terlalu dekat dengan Matahari, di mana air akan mendidih, dan tidak terlalu jauh dari Matahari, di mana semua air akan memadat beku dan tidak akan ada cukup cahaya Matahari agar tumbuhan bisa membuat makanan. Walaupun ada bermilyar-milyar planet di luar sana, kita tidak bisa mengharapkan lebih daripada sebagian kecilnya merupakan planet yang pas sekali, sejauh menyangkut suhu dan jarak dari bintang mereka.

Belum lama ini (Mei 2011), satu “planet Goldilocks: ditemukan mengorbit bintang yang bernama Gliese 581, berjarak sekitar 20 tahun cahaya dari kita (tidak terlalu jauh untuk hitungan

bintang, namun masih merupakan jarak yang sangat jauh untuk standar manusia). Bintangnya adalah “katai merah”, jauh lebih kecil daripada Matahari kita, dan zona Goldilocks-nya pun lebih dekat. Bintang tersebut memiliki setidaknya enam planet, dinamakan Gliese 581e, b, c, g, d, dan f. Beberapa di antaranya merupakan planet kecil berbatu seperti Bumi, dan salah satu di antaranya, Gliese 581d, diduga berada dalam zona Goldilocks bagi air cair. Belum diketahui apakah Gliese 581d sebenarnya memiliki air, namun kalau iya, lebih besar kemungkinan air tersebut berwujud cair, bukan es atau uap. Tidak ada yang menyatakan bahwa Gliese 581d memang betul-betul mengandung kehidupan, namun fakta bahwa planet tersebut ditemukan sedemikian cepat setelah kita mulai mencarinya membuat kita berpikir bahwa barangkali ada banyak planet Goldilocks di luar sana.

Terlalu panas

Bintang

Bagaimana dengan ukuran planet? Adakah yang namanya ukuran Goldilocks—tidak terlalu besar maupun terlalu kecil, melainkan pas sekali? Ukuran planet—atau lebih tepatnya massanya—berdampak besar bagi kehidupan karena gravitasi. Planet dengan diameter yang sama dengan Bumi, namun yang sebagian besarnya merupakan emas padat, akan memiliki massa yang lebih besar daripada tiga kali lipat. Kekuatan tarikan gravitasi planet tersebut akan melebihi tiga kali lipat gravitasi yang biasa kita alami di Bumi. Segala sesuatu akan berbobot lebih daripada tiga kali lipat, dan itu termasuk benda hidup apa pun di planet tersebut. Akan sulit sekali melangkahkan satu kaki ke depan. Seekor hewan seukuran mencit harus memiliki tulang-tulang yang tebal untuk menyokong tubuhnya, dan jalannya akan berat dan lambat seperti badak, sementara hewan seukuran badak mungkin mati tercekik keberatan badan sendiri.

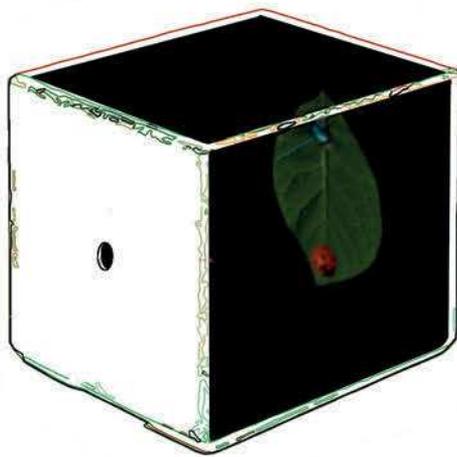
Jika emas lebih berat daripada besi, nikel, dan segala benda lain yang merupakan penyusun Bumi, maka batu bara jauh lebih ringan. Planet seukuran Bumi namun yang sebagian besarnya merupakan batu bara akan memiliki tarikan gravitasi dengan kekuatan hanya sekitar seperlima dari yang biasa

kita alami. Hewan seukuran badak akan melesat berkeliaran dengan kaki-kaki kurus seperti laba-laba. Dan hewan-hewan yang jauh lebih besar daripada dinosaurus terbesar dapat berevolusi, bila kondisi-kondisi lain di planet itu tepat. Gravitasi Bulan sekitar seperenam gravitasi Bumi. Inilah mengapa astronot di Bulan bergerak dengan ayunan melompat yang aneh, yang terlihat agak lucu karena pakaian antariksa berukuran besar yang mereka kenakan. Hewan yang berevolusi di planet dengan gravitasi selemah itu akan memiliki bentuk yang sangat berbeda—seleksi alam akan menentukannya.

Bila tarikan gravitasi terlalu kuat, seperti di bintang neutron, tidak akan ada kehidupan sama sekali. Bintang neutron adalah sejenis bintang runtuh. Seperti yang kita pelajari di Bab 4, zat biasanya terdiri nyaris seluruhnya atas ruang kosong. Jarak antara inti-inti atom besar sekali, dibandingkan dengan ukuran inti-inti atom itu sendiri. Namun dalam bintang neutron, “runtuh” berarti semua ruang kosong itu telah hilang. Bintang neutron bisa memiliki massa sebanyak Matahari namun hanya seukuran satu kota, sehingga tarikan gravitasinya luar biasa kuat. Bila Anda dicampakkan ke bintang neutron, bobot Anda akan seratus milyar kali lebih besar daripada di Bumi. Anda bakal gepeng. Anda tidak bisa bergerak. Suatu planet akan berada di luar zona Goldilocks seandainya dia memiliki tarikan gravitasi yang hanya sepersekian persen sekalipun dari tarikan gravitasi bintang neutron—bukan hanya tidak menyokong kehidupan seperti yang kita ketahui, melainkan juga kehidupan seperti yang bisa kita bayangkan.







Jangan pandang sebelah mata

Bila ada makhluk hidup di planet-planet lain, akan seperti apakah mereka? Banyak yang merasa bahwa pengarang fiksi sains cenderung malas karena membuat makhluk asing terlihat seperti manusia, dengan hanya beberapa perubahan—kepala yang lebih besar atau mata tambahan, atau bahkan sayap. Bahkan kalau bentuknya bukan seperti manusia, sebagian besar makhluk asing dalam fiksi jelas merupakan versi modifikasi makhluk-makhluk yang sudah kita kenal, misalnya laba-laba, gurita, atau jamur. Namun barangkali itu bukan sekadar malas, bukan sekadar kekurangan daya khayal. Barangkali betul-betul ada alasan bagus untuk menganggap bahwa makhluk asing, bila memang ada (dan saya pikir barangkali memang ada), mungkin tidak terlihat sangat janggal bagi kita. Makhluk asing dalam fiksi kerap kali dijabarkan sebagai monster bermata seperti serangga, jadi saya akan ambil mata sebagai contoh. Saya bisa saja memilih kaki atau sayap atau telinga (atau bahkan bertanya-tanya mengapa hewan tidak punya roda!). Tapi saya akan pakai mata saja dan mencoba menunjukkan bahwa bukanlah suatu kemalasan untuk berpikir bahwa makhluk asing, bila memang ada, sangat mungkin punya mata.

Mata adalah benda yang bagus untuk dimiliki, dan itu berlaku di sebagian besar planet. Untuk mudahnya, kita katakan cahaya merambat dalam garis lurus. Di mana pun ada cahaya, misalnya dalam jarak tidak terlalu jauh dari satu bintang, secara teknis mudah untuk menggunakan berkas cahaya



guna mencari jalan, navigasi, menentukan letak objek. Planet apa pun yang memiliki kehidupan nyaris pasti berada tidak jauh dari bintang, sebab bintang adalah sumber paling mudah untuk energi yang dibutuhkan semua kehidupan. Jadi ada kemungkinan bagus bahwa cahaya tersedia di mana pun ada kehidupan; dan di mana cahaya ada, sangat mungkin mata akan berevolusi sebab mata sangat berguna. Tidaklah mengejutkan bahwa mata telah berevolusi di planet kita berlusin-lusin kali secara sendiri-sendiri.

Cara membuat mata terbatas jumlahnya, dan saya pikir semuanya telah dicoba lewat evolusi di antara hewan. Ada mata kamera (kiri atas) yang seperti kamera: ruang gelap dengan lubang kecil di depan yang melewatkan sinar melalui lensa untuk memfokuskan citra terbalik di layar—"retina"—di belakang. Lensa pun tidak harus ada. Lubang sederhana sudah cukup untuk melakukan itu asalkan cukup kecil, namun itu berarti sangat sedikit sinar yang masuk, sehingga citranya sangatlah redup—kecuali bila planet itu kebetulan memperoleh jauh lebih banyak cahaya dari bintangnya dibanding yang kita peroleh dari Matahari. Itu tentu saja tidak

mustahil, dan bila memang terjadi, maka makhluk asing bisa jadi memiliki mata lubang jarum. Mata manusia (halaman sebelah, kanan) memiliki lensa, untuk meningkatkan jumlah cahaya yang difokuskan ke retina. Retina di sebelah belakang dialasi sel-sel yang peka cahaya dan menyampaikan pesan kepada otak melalui saraf-sarafnya. Semua vertebrata memiliki mata jenis ini, dan mata kamera telah secara sendiri-sendiri berevolusi di banyak jenis hewan lain, termasuk gurita. Dan ditemukan oleh manusia perancang juga, tentunya.

Laba-laba pelompat (kiri, bawah) memiliki jenis mata pemindai yang aneh. Matanya itu agak mirip mata kamera, hanya retinanya bukan berupa karpet luas yang terdiri atas sel-sel peka-sinar, melainkan pita yang sempit. Pita retina itu melekat ke otot-otot yang menggerakannya sehingga retina tersebut “memindai” pemandangan di depan si laba-laba. Yang menarik, cara itu agak mirip dengan yang dilakukan kamera televisi, sebab kamera televisi hanya memiliki satu saluran untuk mengirim-

kan keseluruhan citra. Kamera televisi memindai secara melintang dan ke bawah secara lurus, namun melakukannya dengan sedemikian cepat sehingga gambar yang kita peroleh terlihat seperti satu citra tunggal. Mata laba-laba pelompat tidak memindai secepat itu, dan mereka cenderung berkonsentrasi di bagian-bagian “menarik” dalam pemandangan misalnya lalat, namun dasarnya sama.

Lantas ada yang namanya mata majemuk (kanan, bawah), yang ditemukan pada serangga, udang, dan berbagai kelompok hewan lain. Mata majemuk terdiri atas ratusan tabung, memancarkan keluar dari pusat suatu setengah bola, masing-masing tabung memandang ke arah yang agak berbeda. Di ujung setiap tabung ada lensa kecil, jadi Anda bisa anggap setiap tabung merupakan mata miniatur. Namun lensa itu tidak membentuk citra yang bisa digunakan, melainkan hanya memusatkan cahaya dalam tabung. Karena setiap tabung menerima cahaya dari arah yang berbeda, otak dapat menggabungkan informasi dari semua tabung untuk merekonstruksi satu gambaran: cenderung kasar, namun cukup bagus untuk memungkinkan capung, misalnya, menangkap mangsa yang sedang terbang.

Teleskop-teleskop kita yang paling besar menggunakan cermin melengkung dan bukan lensa, dan



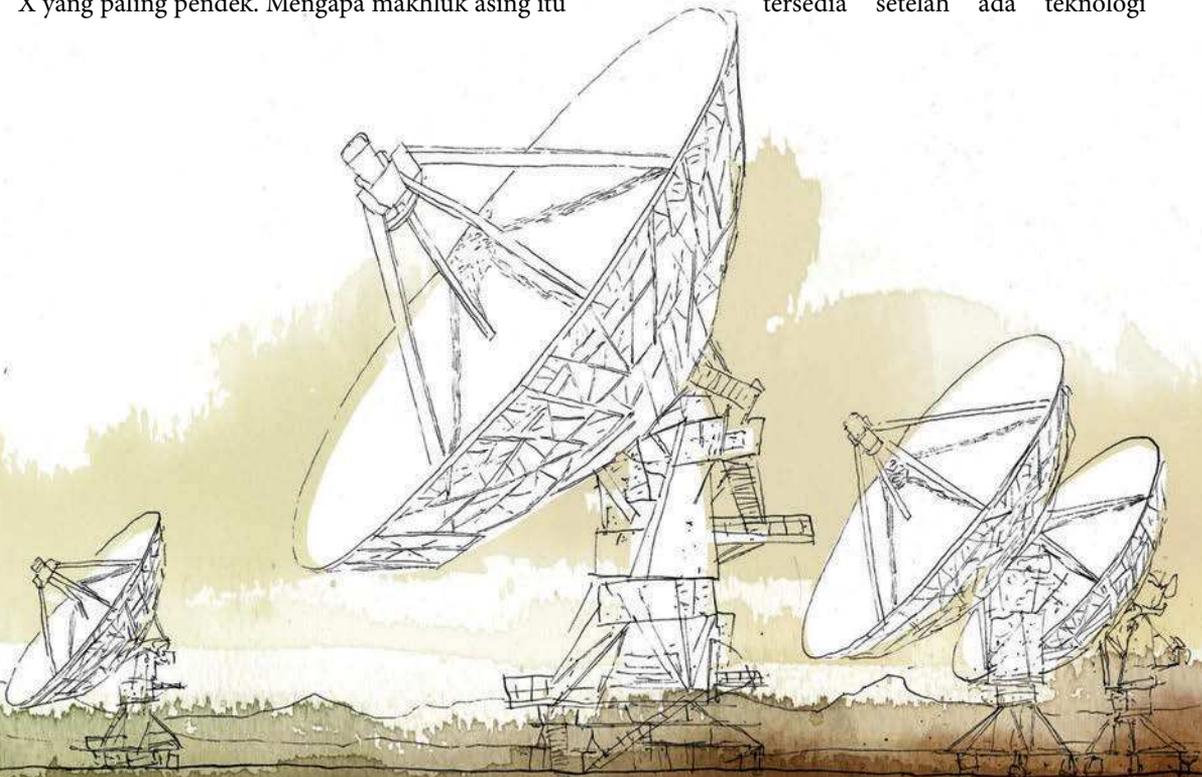
Dasar ini juga digunakan dalam mata hewan, terutama pada mata kijing. Mata kijing menggunakan cermin melengkung untuk memfokuskan citra ke retina, yang berada di depan cermin tersebut. Cara ini jelas menghalangi sebagian cahaya, seperti yang terjadi juga pada teleskop pemantul, namun tidak terlalu mengganggu karena sebagian besar cahaya menembus cermin.

Dalam daftar itu tercantum semua cara membuat mata yang bisa dibayangkan para ilmuwan, dan semuanya telah berevolusi di hewan-hewan di planet ini, kebanyakan di antaranya lebih daripada sekali. Saya berani taruhan bahwa, bila ada makhluk-makhluk di planet lain yang bisa melihat, mereka pastilah menggunakan jenis mata yang telah kita kenal.

Mari manfaatkan daya khayal kita lebih jauh lagi. Di planet tempat makhluk asing hipotetis kita hidup, energi yang memancar dari bintang mereka barangkali akan berkisar dari gelombang-gelombang radio yang paling panjang sampai sinar X yang paling pendek. Mengapa makhluk asing itu

harus membatasi diri di pita sempit frekuensi yang kita sebut "cahaya tampak"? Barangkali mereka punya mata radio? Atau mata sinar X?

Gambar yang bagus bergantung kepada *resolusi* yang tinggi. Apa artinya itu? Semakin tinggi resolusinya, semakin pendek jarak antara dua titik yang masih tetap dapat dibedakan satu sama lain. Tidaklah mengejutkan, panjang gelombang yang besar tidak memberikan resolusi yang baik. Panjang gelombang cahaya terukur dalam sepersekian milimeter dan memberikan resolusi yang bagus sekali, namun panjang gelombang radio berada dalam hitungan meter. Maka itu gelombang radio sangat buruk untuk membentuk gambar, walaupun sangat bagus untuk tujuan komunikasi karena bisa *dimodulasi*. Dimodulasi berarti diubah, dengan sangat cepat, secara terkontrol. Sejauh yang diketahui, tidak ada makhluk hidup di planet kita yang telah berevolusi hingga memunculkan sistem alami untuk memancarkan, memodulasi, ataupun menerima gelombang radio: sistem tersebut baru tersedia setelah ada teknologi



manusia. Namun barangkali ada makhluk asing-makhluk asing di planet lain yang telah mengalami evolusi komunikasi radio secara alamiah.

Bagaimana dengan gelombang-gelombang yang lebih pendek daripada gelombang sinar—sinar X, misalnya? Sinar X sulit untuk difokuskan, karena itulah mesin-mesin sinar X kita membentuk bayang-bayang dan bukan gambar sejati, namun tidaklah mustahil bahwa suatu bentuk kehidupan di planet-planet lain memiliki penglihatan sinar X.

Penglihatan jenis apa pun bergantung kepada berkas-berkas yang merambat dalam garis-garis yang lurus, atau setidaknya terperkirakan. Tidaklah bagus bila berkas-berkas itu tersebar ke mana-mana, seperti berkas-berkas cahaya dalam kabut. Planet yang terus-menerus terbungkus

kabut tebal tidak akan mendorong evolusi mata. Justru mungkin planet itu mengasah penggunaan semacam sistem pembacaan gema seperti “sonar” yang digunakan oleh kelelawar, lumba-lumba, dan kapal selam buatan manusia. Lumba-lumba sungai sangat bagus dalam menggunakan sonar, sebab air tempat mereka hidup sedemikian keruh, yang merupakan persamaan kabut dalam air. Sonar telah berevolusi setidaknya empat kali pada hewan-hewan di planet kita (pada kelelawar, paus, dan dua jenis terpisah burung penghuni gua). Tidak akan mengejutkan bila ternyata sonar berevolusi juga di satu planet dengan makhluk asing, terutama planet yang terus-menerus terselubung kabut.





Atau, seandainya makhluk asing telah mengembangkan lewat evolusi organ-organ yang dapat memanfaatkan gelombang radio untuk komunikasi, mereka mungkin juga menemukan radar sejati untuk mencari jalan, dan radar memang bisa bekerja di dalam kabut. Di planet kita sendiri, ada ikan-ikan yang telah berevolusi hingga mendapat kemampuan mencari jalan menggunakan distorsi dalam medan listrik yang mereka ciptakan sendiri. Bahkan trik ini telah berevolusi dua kali secara terpisah, dalam sekelompok ikan Afrika dan dalam sekelompok ikan lain di Amerika Selatan. Platipus paruh bebek memiliki sensor listrik di paruh, yang menangkap gangguan listrik di air yang disebabkan oleh aktivitas otot mangsa mereka. Mudah membayangkan bentuk kehidupan asing yang telah mendapat kepekaan listrik lewat evolusi serupa ikan dan platipus, namun di tingkat yang lebih maju.

Bab ini agak berbeda dari bab-bab lain dalam buku ini karena menekankan mengenai apa yang kita tidak ketahui, dibanding yang kita ketahui. Namun meskipun kita belum lagi menemukan kehidupan di planet lain (dan bahkan mungkin tidak akan pernah bisa), saya berharap Anda telah

melihat dan terilhami oleh seberapa banyak sains bisa memberitahukan kepada kita mengenai alam semesta. Pencarian kita terhadap kehidupan di tempat lain kini tidaklah serampangan atau acak: pengetahuan kita mengenai fisika, kimia, dan biologi membantu kita dalam mencari informasi bermakna mengenai bintang dan planet yang setidaknya merupakan kandidat yang mungkin jadi tempat kehidupan. Masih banyak yang tetap teramat misterius, dan kecil kemungkinan kita akan bisa mengungkapkan semua rahasia alam semesta yang seluas alam semesta kita: namun, bersenjatakan sains, kita setidaknya bisa mengajukan pertanyaan yang masuk akal dan bermakna mengenainya dan menyadari jawaban masuk akal yang kita temukan. Kita tidak harus mengarang kisah-kisah liar yang tidak masuk akal: kita memiliki kebahagiaan dan kegirangan berupa penyelidikan dan penemuan sains sungguhan untuk menjaga agar daya khayal kita tetap tidak kebablasan. Dan pada akhirnya, itu lebih menarik daripada fantasi.



10

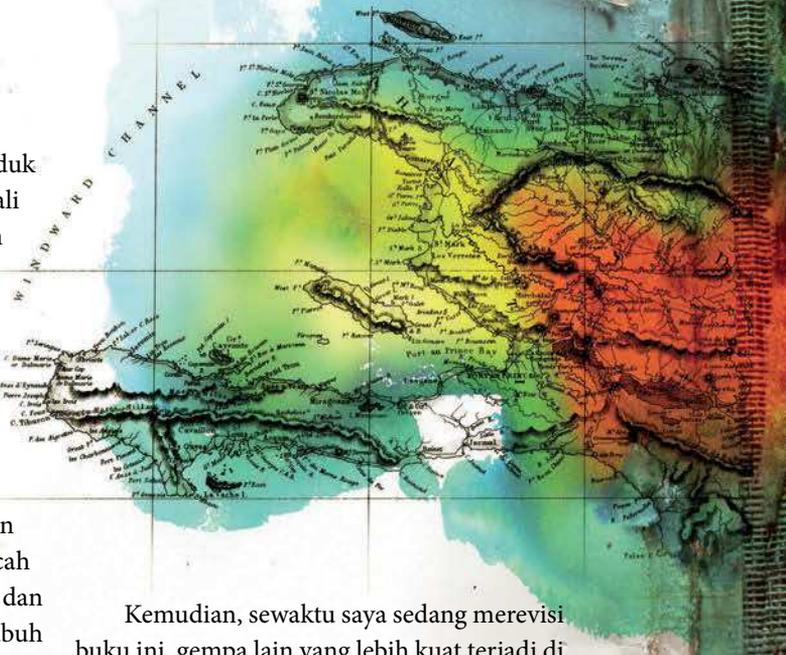
WHAT IS AN EARTHQUAKE?

| *Apa itu gempa?*

BAYANGKAN Anda sedang duduk di kamar Anda, barangkali sambil membaca buku atau menonton televisi atau bermain gim komputer. Mendadak ada bunyi bergemuruh menakutkan, dan seluruh ruangan mulai bergoyang. Lampu berayun liar di langit-langit, hiasan berjatuh dari rak, perabot ambruk ke lantai, Anda terjatuh dari kursi. Setelah sekitar dua menit, segala sesuatu kembali tenang dan ada kesunyian yang terasa melegakan, pecah hanya oleh tangisan anak yang ketakutan dan gonggongan anjing. Anda menegakkan tubuh dan bersyukur karena rumah Anda tidak runtuh. Dalam gempa yang teramat parah, mungkin rumah Anda sudah jadi puing.

Sewaktu saya mulai menulis buku ini, pulau Haiti di Karibia dihantam oleh gempa yang sangat merusak, dan sebagian besar ibukotanya, Port au Prince, hancur lebur. Dua ratus tiga puluh ribu orang tewas, dan banyak yang lain, termasuk anak-anak yang menjadi yatim-piatu dan miskin, masih berkeliaran di jalanan, tanpa rumah, atau hidup di kamp penampungan.

Kemudian, sewaktu saya sedang merevisi buku ini, gempa lain yang lebih kuat terjadi di bawah laut di lepas pantai pesisir timur laut Jepang. Gempa tersebut menyebabkan gelombang raksasa—"tsunami"—yang mendatangkan kerusakan tak terbayangkan sewaktu menyapu daratan, menyapu kota-kota, membunuh ribuan orang dan menyebabkan jutaan orang kehilangan tempat tinggal, serta menyulut ledakan-ledakan berbahaya di pembangkit listrik tenaga nuklir yang rusak akibat gempa tersebut.



QUAKE?



Gempa, dan tsunami yang disebabkan-nya, umum terjadi di Jepang (kata “tsunami” pun berasal dari bahasa Jepang), namun negara itu belum pernah mengalami bencana yang seperti itu sepanjang ingatan penduduknya. Sang perdana menteri menjabarkannya sebagai pengalaman terburuk negara itu sejak Perang Dunia II, ketika bom-bom atom menghancurkan kota Hiroshima dan Nagasaki. Dan memang, gempa

umum terjadi di sekeliling tepi Samudra Pasifik—kota Selandia Baru Christchurch menderita kerusakan parah dan korban jiwa karena gempa hanya sebulan sebelum gempa yang menghantam Jepang. “Cincin api” ini mencakup sebagian besar California dan Amerika Serikat bagian barat, di mana pernah terjadi gempa terkenal di San Fransisco pada 1906. Kota Los Angeles yang lebih besar juga rentan.

Apa yang terjadi ketika gempa menghantam?

KITA BISA SEDIKIT memahami apa yang akan terjadi jika ada gempa besar di dekat Los Angeles dengan mengamati simulasi komputer. Simulasi ini adalah semacam ramalan visual mengenai sesuatu yang belum, namun mungkin, terjadi menggunakan sains realistik—semacam film “seolah-olah” yang dihasilkan oleh komputer. Film tersebut menunjukkan peristiwa yang belum benar-benar terjadi kepada kita, sehingga kita bisa lihat akan seperti apa bila memang peristiwa itu terjadi—seperti yang satu ini mungkin terjadi suatu hari nanti.

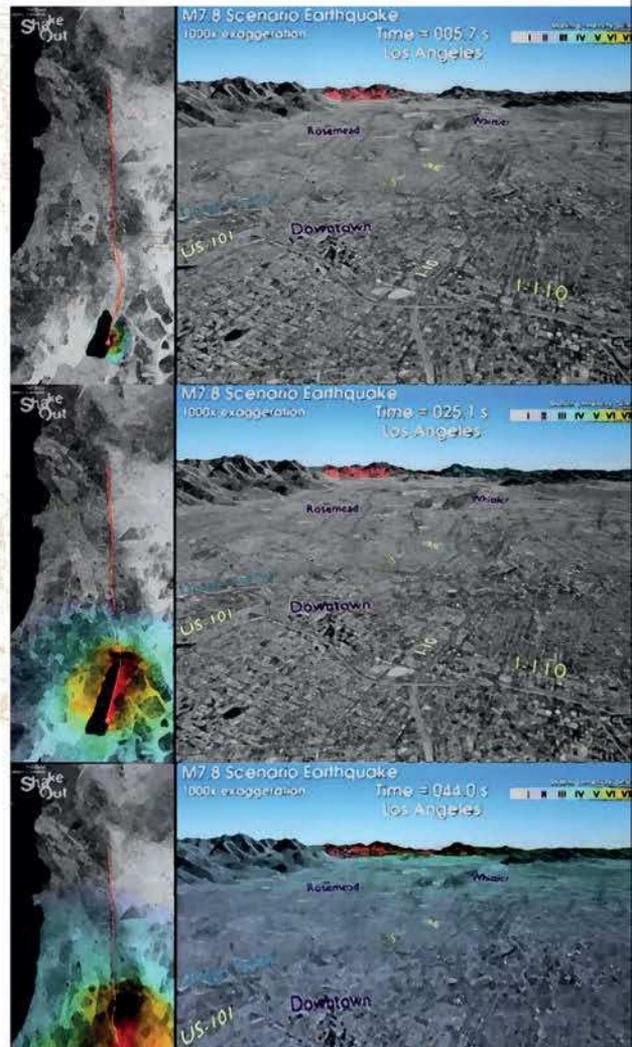
Gambar-gambar yang ditunjukkan di sini menunjukkan dua urutan gambar diam dari simulasi tersebut. Pita sempit di sebelah kiri pada setiap halaman menunjukkan wilayah itu dari atas, melihat dari selatan ke utara dengan Los Angeles ditandai, seperti peta. Bercak-bercak merah dan kuning yang bermula di bagian dasar kedua bingkai pertama adalah tempat gempa itu bermula. Tempat itu dinamakan “episentrum” gempa. Garis merah tipis yang mengular ke atas peta itu adalah Sesar San Andreas, yang akan saya bahas sebentar lagi. Untuk sementara ini, pikirkan sesar tersebut sebagai retakan di tanah, garis lemah di permukaan Bumi.

Urutan gambar yang lebih lebar di sebelah kanan bukanlah peta, melainkan pandangan bentang alam seolah-olah terlihat dari pesawat, memandang ke arah berlawanan yaitu tenggara dari Los Angeles, ke arah pegunungan dan episentrum gempa (lagi-lagi ditandai dengan warna merah).

Bila kita jalankan simulasi itu di komputer, kita akan melihat sesuatu yang mengerikan. Di peta kita akan melihat pusat merah gempa itu bergerak cepat ke utara di sepanjang Sesar San Andreas, dengan gelombang-gelombang biru, hijau, dan kuning, mewakili gempa dengan kekuatan berbeda-beda, menyebar keluar ke kedua sisi. Setelah sekitar 80 detik, pusat merah mencapai titik di seberang Los Angeles, dan gelombang-gelombang kuning dan hijau telah melewati kota itu. Sepuluh detik

kemudian, gelombang-gelombang merah telah mencapai pusat Los Angeles. Pada titik ini Anda bisa lihat gambar di sebelah kanan, “pandangan dari pesawat”, untuk melihat apa yang sebenarnya sedang terjadi di sana—dan itu sungguh pemandangan luar biasa. Seluruh bentang alam bagaikan cair. Bentang alam terlihat bagaikan lautan, dengan gelombang-gelombang melewatinya. Daratan padat dan kering, dengan gelombang menyapunya bagaikan di lautan! Itulah gempa.

Bila kita ada di permukaan tanah, kita tidak akan melihat gelombang-gelombang itu karena kita terlalu dekat dengan mereka, dan terlalu kecil dibandingkan mereka. Kita hanya akan merasakan



seperti yang saya jabarkan dalam adegan pembukaan bab ini. Bila getaran itu menjadi sangat kuat, rumah kita mungkin runtuh.

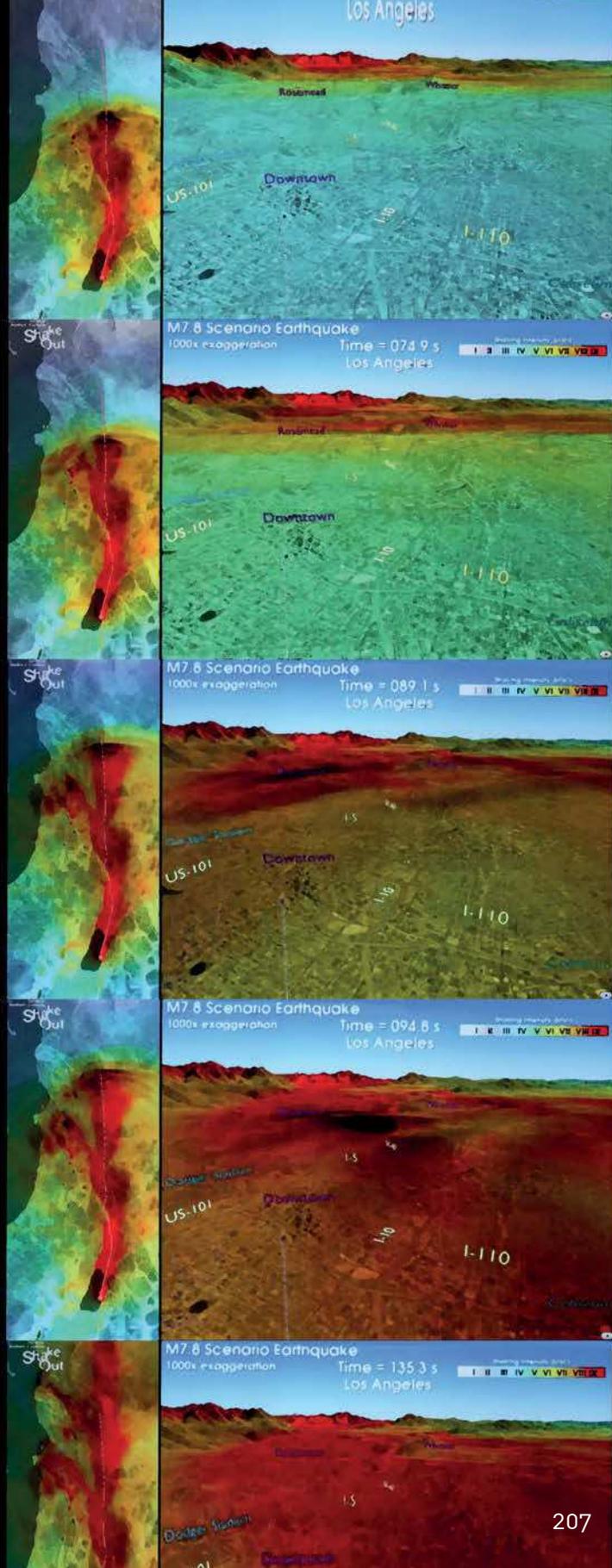
Warna-warna dalam simulasi itu disebut “warna-warna semu”, dan digunakan oleh komputer semata sebagai cara untuk memberitahu kita seberapa kuat gempa tersebut di tempat yang berbeda-beda. Biru berarti gempa lemah, merah berarti gempa kuat, dengan hijau dan kuning di antara keduanya. Warna-warna itu membantu kita memvisualisasikan gelombang-gelombang bergerak melalui permukaan Bumi—dan melihat seberapa cepat gempa merambat. Pusat “merah” gempa melesat menyusuri Sesar San Andreas dengan kecepatan sekitar 8.000 kilometer (5.000 mil) per jam.

Seperti yang saya katakan sebelumnya, ini hanyalah simulasi komputer, bukan film gempa sungguhan. Komputer melebih-lebihkan jumlah gerakan, sehingga terlihat ribuan kali lebih mengerikan daripada dalam kehidupan nyata. Namun bila betul-betul terjadi, tetap saja mengerikan.

Sebentar lagi saya akan jelaskan apa sebenarnya gempa itu, dan apa artinya “garis sesar”—seperti Sesar San Andreas, dan sesar-sesar serupa di bagian-bagian lain dunia. Namun pertama-tama, mari tengok beberapa mitos.

**Bila Anda punya akses ke Internet,
tonton filmnya di sini:**

www.youtube.com/watch?v=eCNC6ZRTAnY&feature=player_embedded



Mitos gempa

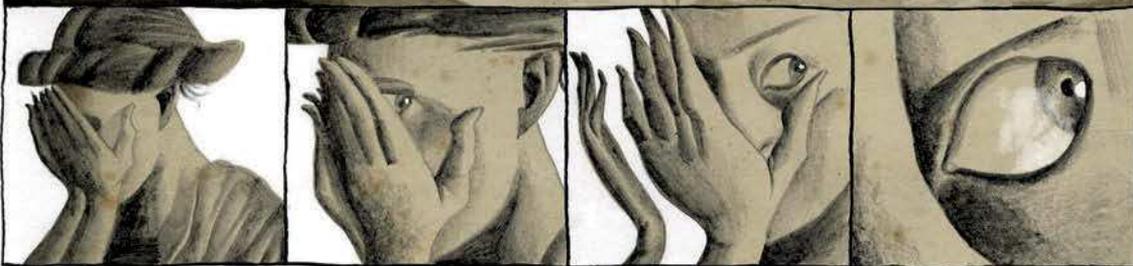
Kita akan mulai dengan sepasang mitos yang mungkin berkembang di sekitar gempa tertentu, gempa yang benar-benar terjadi pada masa-masa tertentu dalam sejarah.

Kitab suci Yahudi menceritakan tentang dua kota, Sodom dan Gomorrah, yang dihancurkan oleh sang ilah bangsa Ibrani karena penduduknya teramat tercela.

Satu-satunya orang baik di kedua kota itu adalah seorang laki-laki bernama Lot.

Tuhan mengirimkan dua malaikat untuk memperingatkan Lot agar lekas-lekas angkat kaki dari Sodom selagi dia bisa.

Lot dan keluarganya melarikan diri ke perbukitan, tepat sebelum Tuhan mulai menurunkan hujan api dan batu belerang ke Sodom. Mereka telah diberi larangan keras untuk tidak menengok ke belakang, namun sayangnya istri Lot melanggar perintah Tuhan. Dia menengok ke belakang untuk mengintip. Tuhan kontan mengubahnya menjadi tiang garam—yang kata sebagian orang, masih bisa dilihat hingga kini.



Sejumlah ahli arkeologi mengaku telah menemukan bukti bahwa gempa besar pernah menghantam wilayah tempat Sodom dan Gomorrah dipercaya pernah berdiri sekitar 4.000 tahun silam.

Bila ini benar, legenda mengenai penghancuran kedua kota itu bisa dimasukkan ke daftar mitos gempa kita.

Satu lagi mitos alkitabiah yang mungkin bermula gara-gara gempa tertentu adalah kisah mengenai bagaimana Yerikho runtuh. Yerikho, yang terletak sedikit ke utara Laut Mati di Israel, adalah salah satu kota tertua di dunia. Yerikho dilanda

gempa bahkan sampai masa kini: pada 1927 gempa yang berpusat dekat Yerikho mengguncang seluruh wilayah tersebut dan menewaskan ratusan orang di Yerusalem, yang berjarak sekitar 25 kilometer (15 mil) jauhnya.

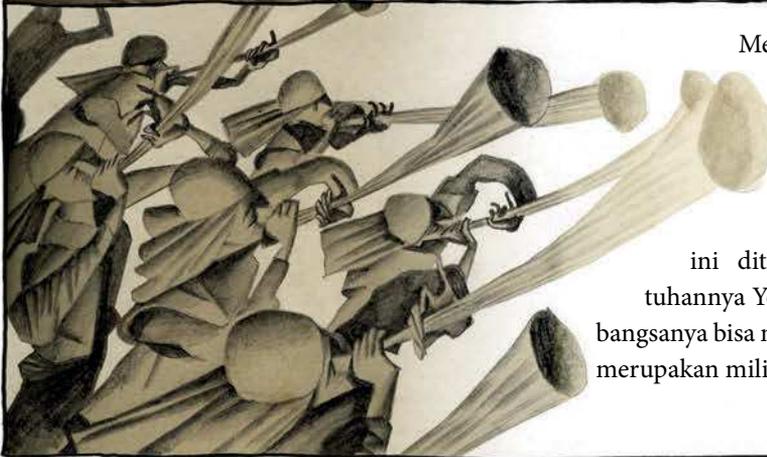


Kisah tua Ibrani menuturkan tentang seorang pahlawan legendaris bernama Yosua, yang ingin menaklukkan orang-orang yang hidup di Yerikho ribuan tahun lalu.



Yerikho memiliki dinding-dinding kota yang tebal, dan penduduknya mengunci diri mereka di dalam sehingga mereka tidak bisa diserang. Para prajurit Yosua tidak bisa mendobrak dinding-dinding tersebut, maka dia perintahkan para pendetanya untuk meniup sangkakala dari tanduk domba dan semua prajuritnya untuk berteriak sekeras-kerasnya.

Kebisingan itu sedemikian luar biasa sehingga dinding-dinding itu bergetar dan runtuh. Para prajurit Yosua bergegas masuk dan membantai semua orang di dalam kota itu, termasuk perempuan dan anak-anak, dan bahkan semua sapi, domba, dan keledai.



Mereka juga membakar segala sesuatu—kecuali perak dan emas, yang mereka persembahkan kepada tuhan mereka, sesuai perintahnya kepada mereka. Kalau menurut cara mitos ini dituturkan, itu adalah hal bagus: tuhannya Yosua ingin hal itu terjadi sehingga bangsanya bisa mengambil alih tanah yang tadinya merupakan milik penduduk Yerikho.

Oleh karena Yerikho merupakan tempat yang sedemikian rawan gempa, kini ada yang menganggap bahwa legenda Yosua dan Yerikho mungkin berawal dari gempa pada zaman dulu, yang mengguncang kota itu dengan sedemikian kencang sampai-sampai dinding-dindingnya runtuh. Anda bisa dengan mudah bayangkan ingatan bersama dari masa lalu mengenai gempa pembawa bencana dibesar-besarkan dan didistorsi sewaktu dituturkan dari mulut ke mulut melalui bergenerasi-generasi orang yang tidak bisa membaca ataupun menulis, sampai akhirnya bertumbuh menjadi legenda sang pahlawan besar Yosua, dan segala teriak-teriak berisik dan tiup-meniup sangkakala itu.



Kedua mitos yang baru saja saya jabarkan mungkin bermula dari gempa-gempa tertentu dalam sejarah. Juga ada banyak mitos lain, dari seluruh dunia, yang muncul seiring orang-orang mencoba memahami apa sebenarnya gempa itu secara umum.

Oleh karena Jepang mengalami banyak gempa, tidaklah mengherankan bahwa negara tersebut memiliki sejumlah mitos yang seru tentang gempa.

Menurut salah satu mitos ini, daratan mengambang di atas punggung seekor ikan lele raksasa bernama Namazu. Setiap kali Namazu melecutkan ekornya, Bumi pun berguncang.



Beribu-ribu mil jauhnya ke selatan, orang-orang Maori di Selandia Baru, yang tiba dengan kano dan mulai bermukim di sana beberapa abad sebelum para pelaut Eropa tiba, percaya bahwa Ibu

Bumi mengandung anaknya, sang dewa Ru. Setiap kali bayi Ru menendang atau merentang di dalam rahim ibunya, terjadilah gempa.



Kembali ke utara, sejumlah suku Siberia percaya bahwa Bumi duduk di atas sebuah kereta luncur, yang ditarik oleh sejumlah anjing dan dikendarai oleh seorang dewa bernama Tull. Anjing-anjing malang itu berkutu, dan sewaktu mereka menggaruk-garuk, terjadilah gempa.



Dalam salah satu legenda Afrika Barat, Bumi adalah suatu cakram, yang ditopang di satu sisi oleh gunung besar dan di sisi yang lain oleh raksasa sangat besar yang istrinya menopang langit. Sang raksasa dan istrinya sering berpelukan, dan kemudian, seperti yang bisa Anda bayangkan dengan tepat, Bumi pun bergetar.



Suku-suku Afrika Barat lain percaya bahwa mereka hidup di puncak kepala raksasa. Hutan adalah rambutnya, sementara manusia dan hewan bagaikan kutu yang berkeliaran di kepalanya.

Gempa terjadi ketika si raksasa bersin. Setidaknya itulah yang konon mereka percayai, walaupun saya agak ragu apa mereka betul percaya.

Kini kita tahu apa sebenarnya gempa itu, dan sudah saatnya meminggirkan mitos-mitos dan menengok kenyataannya.



WHAT EARTHQUAKES REALLY ARE



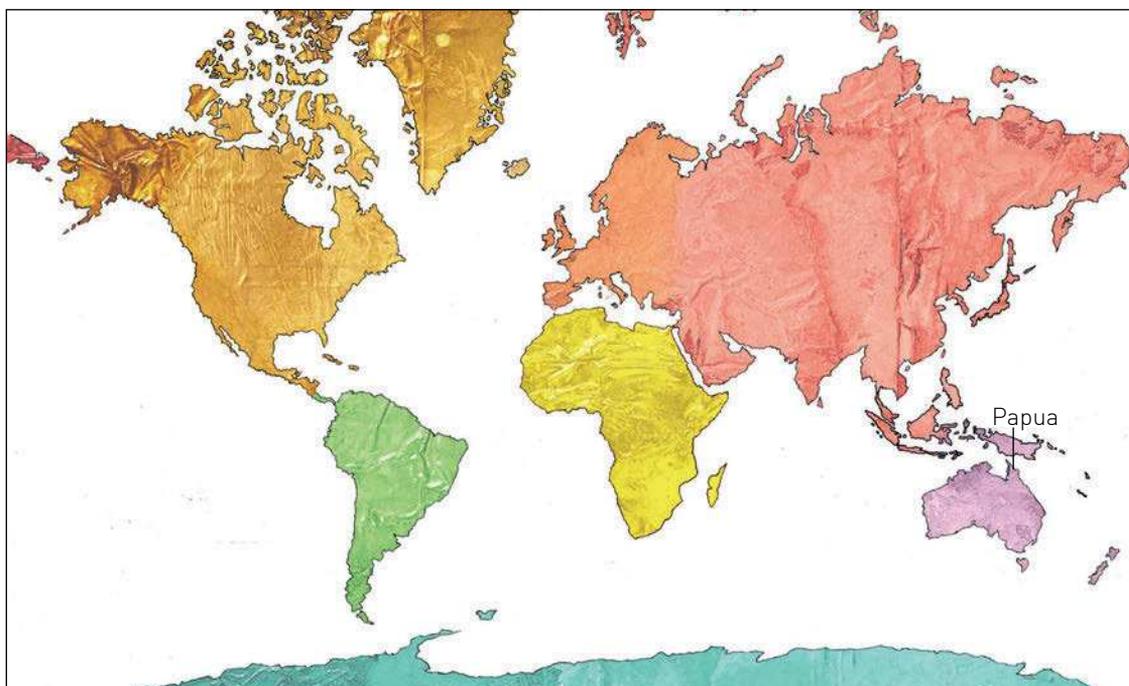
Sebenarnya apa itu gempa?

Pertama-tama, kita perlu dengarkan cerita menakjubkan tentang tektonika lempeng.

Semua orang tahu seperti apa penampilan dunia di peta. Kita tahu bentuk Afrika dan bentuk Amerika Selatan, dan kita tahu seberapa lebar Samudra Atlantik yang memisahkan keduanya. Kita semua bisa mengenali Australia, dan kita tahu bahwa Selandia Baru terletak di tenggara Australia. Kita tahu Italia terlihat seperti sepatu bot, yang hendak menendang “bola sepak” Sisilia, dan sejumlah orang berpikir Papua terlihat seperti burung. Kita bisa dengan mudah mengenali tepi luar Eropa, walaupun batas-batas di dalamnya

berubah-ubah sepanjang waktu. Kekaisaran datang dan pergi; garis-garis batas antarnegara bergeser lagi dan lagi dalam sejarah. Namun tepi luar benua-benua sendiri begitu-begitu saja. Betulkah? Yah, sebenarnya tidak, dan itulah inti besarnya. Benua-benua bergerak, walaupun memang secara sangat lambat, dan demikian pula halnya dengan posisi pegunungan-pegunungan: Alpen, Himalaya, Andes, Rocky. Memang, ciri-ciri besar geografis ini bisa dikatakan tidak berubah dalam skala waktu sejarah manusia. Namun bagi Bumi sendiri—seandainya bisa berpikir—waktu sebegitu tidak ada apa-apanya. Sejarah tertulis baru dimulai sekitar

Dunia masa kini ▼



5.000 tahun silam. Mundurlah satu juta tahun (itu 200 kali daripada lamanya sejarah tertulis) dan benua-benua memiliki bentuk yang sangat mirip dengan sekarang, sejauh mata kita bisa mengenali. Namun mundurlah 100 juta tahun dan apa yang kita lihat?

Tengok saja peta di bawah! Samudra Atlantik Selatan adalah selat sempit dibandingkan sekarang, dan seolah-olah kita bisa berenang dari Afrika ke Amerika Selatan. Eropa utara nyaris menyentuh Greenland, yang nyaris menyentuh Kanada. Dan lihatlah India ada di mana: India bukan merupakan bagian Asia sama sekali, melainkan berada di samping Madagaskar, dan miring. Afrika juga miring, dibandingkan dengan posisinya yang lebih tegak seperti yang kita lihat sekarang.

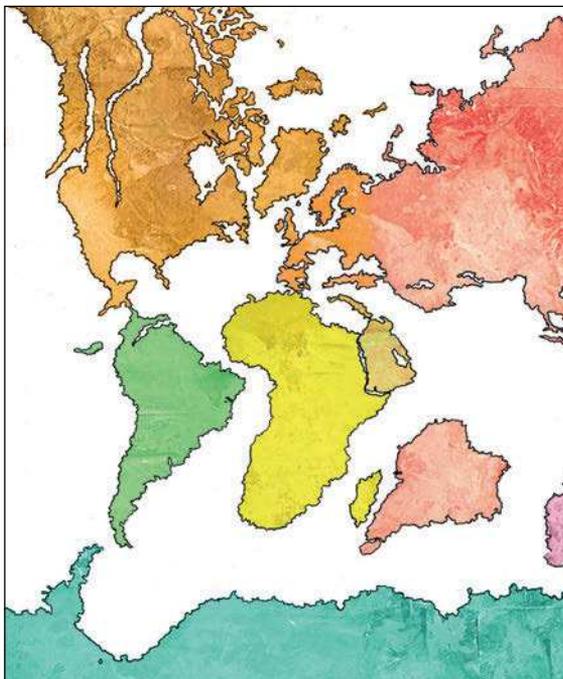
Kalau dipikir-pikir, apakah Anda pernah menyadari, sewaktu melihat peta modern, bahwa sisi timur Amerika Selatan kok mirip dengan sisi barat Afrika, seolah-olah keduanya “ingin” bisa menyatu, seperti keping-keping teka-teki gambar? Ternyata, bila kita mundur lagi sedikit dalam waktu (yah, sekitar 50 juta tahun lagi ke belakang, namun waktu sebegitu pun hanya “sebentar” dalam skala

waktu geologis yang sangat panjang dan lama), keduanya memang menyatu. Peta di kanan bawah menunjukkan seperti apa benua-benua selatan terlihat 150 juta tahun silam.

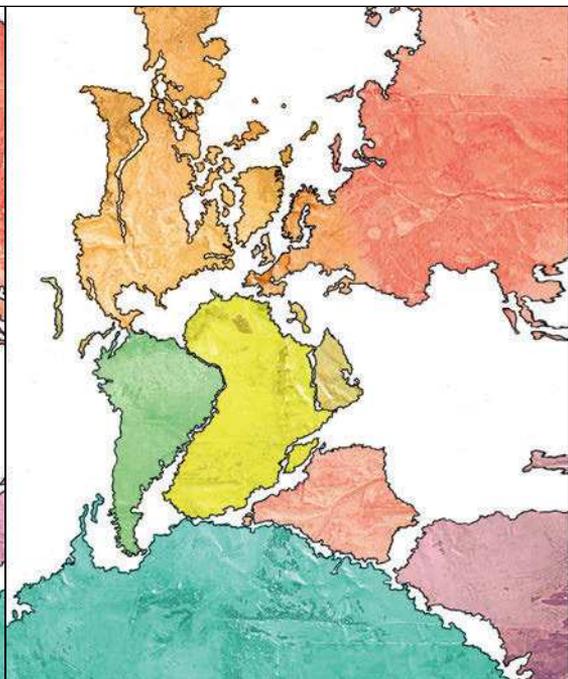
Afrika dan Amerika Selatan sepenuhnya tergabung, tidak hanya dengan satu sama lain melainkan juga dengan Madagaskar, India, dan Antartika—dan dengan Australia dan Selandia Baru, di sisi lain Antartika, walaupun kita tidak bisa melihatnya di gambar itu. Mereka semua tadinya merupakan satu massa daratan besar yang disebut Gondwana (yah, waktu itu namanya bukan Gondwana—dinosaur-dinosaur yang hidup di situ tidak menyebutnya dengan nama apa pun, tapi kini kita menyebutnya Gondwana). Gondwana nantinya terpisah-pisah, menciptakan satu demi satu benua anakan.

Ini kedengarannya seperti bohongan, ya? Maksud saya, terdengarnya konyol sekali bahwa benda semasif benua bisa bergerak ribuan kilometer—namun kini kita tahu bahwa itu memang terjadi, dan yang lebih penting lagi, kita mengerti caranya.

100 juta tahun lalu ▼



150 juta tahun lalu ▼





Bagaimana Bumi bergerak

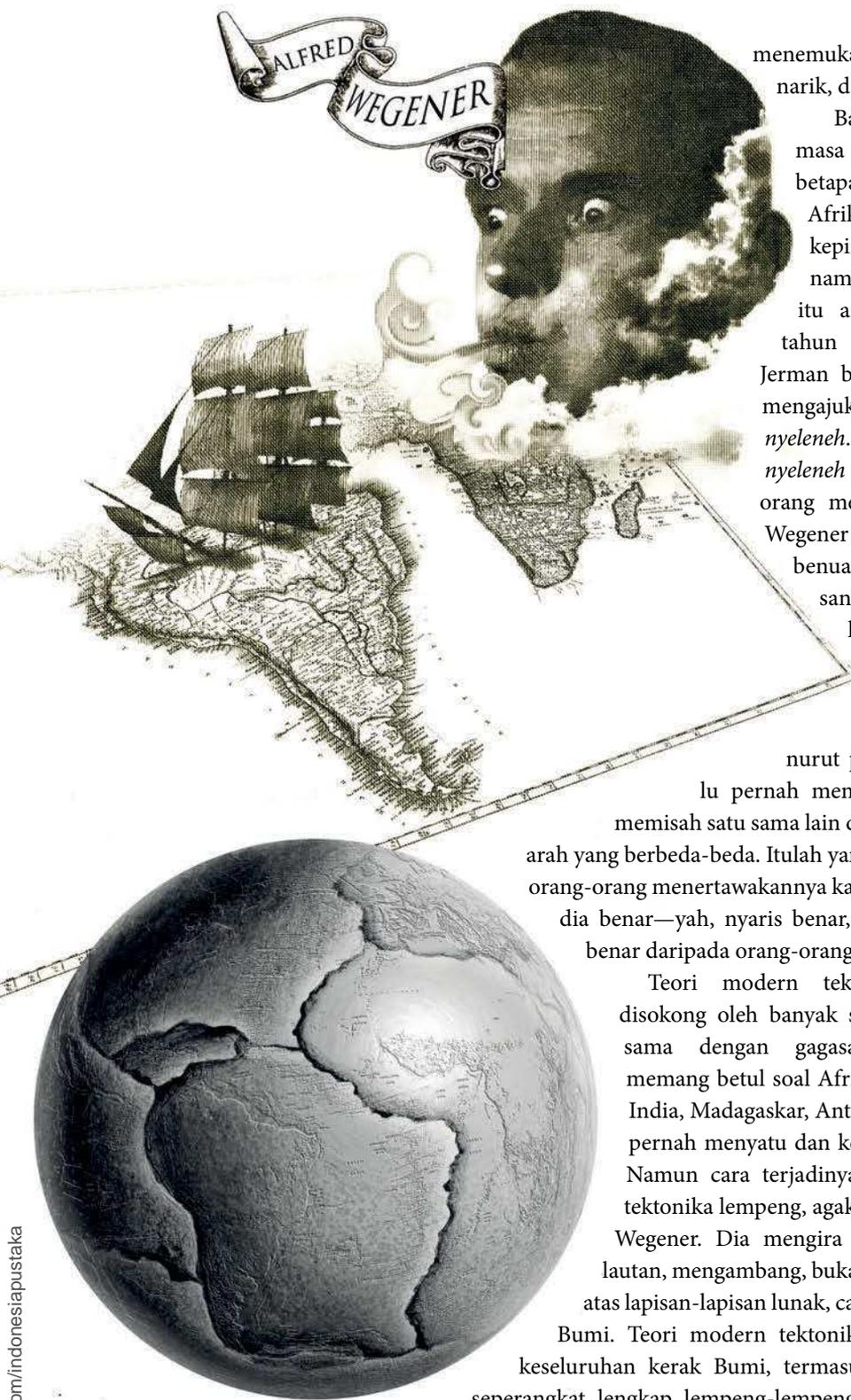
Kita juga tahu bahwa benua-benua tidak hanya bergerak saling menjauhi. Terkadang benua-benua juga berbenturan, dan ketika itu terjadi, pegunungan raksasa pun terdorong naik ke atas. Begitulah caranya Himalaya terbentuk: ketika India bertumbukan dengan Asia. Sebenarnya, tidak benar juga kalau dikatakan India berbenturan dengan Asia. Seperti yang akan segera kita lihat, yang berbenturan dengan Asia sebenarnya sesuatu yang jauh lebih besar, disebut “lempeng”, dengan India bercokol di atasnya. Semua benua bercokol di atas “lempeng-lempeng” ini. Kita akan bahas tentang mereka sebentar lagi, namun pertama-tama mari kaji sedikit lebih jauh mengenai ‘tumbukan-tumbukan’ ini, dan mengenai benua-benua yang bergerak saling menjauh.

Sewaktu mendengar kata seperti “tumbukan” kita mungkin membayangkan tabrakan mendadak, seperti ketika truk bertabrakan dengan mobil. Bukan seperti itu yang dulu—dan masih—terjadi kepada benua-benua. Pergerakan benua berlangsung dengan teramat lambat. Pernah ada yang bilang pergerakan itu terjadi secepat kuku kaki kita tumbuh. Bila kita duduk dan memelototi kuku kita, tidak terlihat kuku tumbuh. Namun bila kita tunggu beberapa minggu, kita bisa lihat bahwa kuku kita telah tumbuh sehingga harus kita potong. Dengan cara yang sama, kita tidak bisa melihat Amerika Selatan sedang bergerak menjauhi Afrika. Namun bila kita tunggu 50 juta tahun, kita akan menyadari bahwa kedua benua itu telah bergerak saling menjauhi.

“Kecepatan tumbuhnya kuku” adalah kecepatan rata-rata benua bergerak. Namun kuku tumbuh dengan kecepatan yang relatif konstan, sementara benua bergerak tersentak-sentak: tersentak sekali, lalu berhenti sekitar seratus tahun sementara tekanan untuk bergerak lagi menumpuk, kemudian sentakan lagi, dan demikian seterusnya.

Barangkali Anda kini mulai bertanya-tanya apa sebenarnya gempa itu? Betul: gempa adalah apa yang kita rasakan ketika salah satu sentakan itu terjadi.

Saya memberitahukan ini kepada Anda sebagai fakta yang sudah diketahui, namun bagaimana kita mengetahuinya? Dan kapan kita pertama kali



menemukannya? Ceritanya menarik, dan perlu saya tuturkan.

Banyak orang pada masa lalu telah menyadari betapa Amerika Selatan dan Afrika saling cocok seperti kepingan teka-teki gambar, namun mereka tidak tahu itu artinya apa. Sekitar 100 tahun lalu, seorang ilmuwan Jerman bernama Alfred Wegener mengajukan gagasan yang *nyeleneh*. Gagasannya sedemikian *nyeleneh* sehingga sebagian besar orang menganggapnya agak gila.

Wegener mengajukan bahwa benua-benua mengambang ke sana-kemari bagaikan kapal-kapal raksasa. Afrika dan Amerika Selatan dan massa-massa daratan besar di selatan, menurut pandangan Wegener, du-

lu pernah menyatu. Kemudian mereka memisah satu sama lain dan meluncur di lautan ke arah yang berbeda-beda. Itulah yang Wegener pikirkan, dan orang-orang menertawakannya karenanya. Namun ternyata dia benar—yah, nyaris benar, dan pastinya jauh lebih benar daripada orang-orang yang menertawakannya.

Teori modern tektonika lempeng, yang disokong oleh banyak sekali bukti, tidak persis sama dengan gagasan Wegener. Wegener memang betul soal Afrika dan Amerika Selatan, India, Madagaskar, Antartika, dan Australia dulu pernah menyatu dan kemudian terpecah-pecah. Namun cara terjadinya hal itu, menurut teori tektonika lempeng, agak berbeda dari pandangan Wegener. Dia mengira benua-benua membelah lautan, mengambang, bukan di atas air melainkan di atas lapisan-lapisan lunak, cair, atau semi-cair di kerak Bumi. Teori modern tektonika lempeng memandang keseluruhan kerak Bumi, termasuk dasar lautan, sebagai seperangkat lengkap lempeng-lempeng yang saling mengunci.

(Dalam bahasa Inggris, lempeng disebut "*plate*", seperti "*armour plate*", lempengan pada baju zirah, bukan "*plate*" alias piring makanan.) Jadi bukan hanya benua yang bergerak: lempeng-lempeng tempat mereka

Lempeng-lempeng tektonik utama Bumi

bercokol-lah yang bergerak, dan tidak sedikit pun permukaan Bumi yang bukan merupakan bagian dari lempeng.

Sebagian besar area kebanyakan lempeng terletak di bawah laut. Massa daratan yang kita ketahui sebagai benua adalah daratan tinggi di lempeng, mencuat di atas air. Afrika hanyalah puncak lempeng Afrika yang jauh lebih besar, yang merentang sampai ke separo Atlantik Selatan. Amerika Selatan merupakan puncak lempeng Amerika Selatan, yang merentang sampai ke separo Atlantik Selatan yang satu lagi. Lempeng-lempeng lain adalah lempeng India dan Australia; lempeng Eurasia, yang terdiri atas Eropa dan seluruh Asia kecuali India; lempeng Arabia, yang agak kecil dan menyelip di antara lempeng Eurasia dan lempeng Afrika; dan lempeng Amerika Utara, yang mencakup Tanah Hijau dan Amerika Utara serta menjangkau sampai setengah jalan dasar samudra Atlantik Utara. Dan ada sejumlah lempeng yang nyaris tak menyokong daratan kering apa pun, misalnya lempeng Pasifik yang sangat besar.

LEMPENG PASIFIK

LEMPENG ANTARTIKA

LEMPENG AMERIKA UTARA

LEMPENG
JUAN DE FUCA

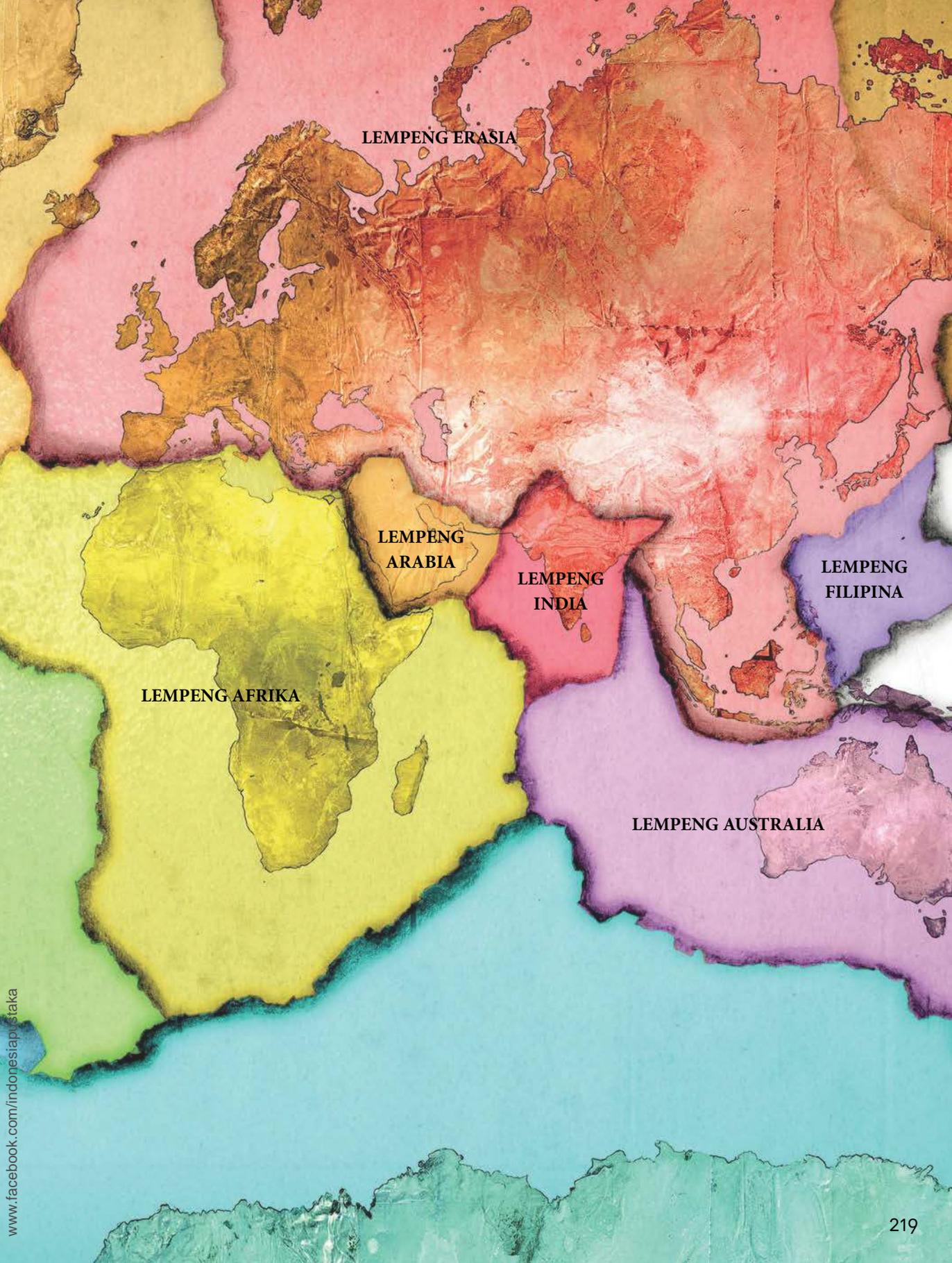
LEMPENG
KARIBIA

LEMPENG
COCOS

LEMPENG
NAZCA

LEMPENG
AMERIKA
SELATAN

LEMPENG SCOTIA



LEMPENG ERASIA

LEMPENG ARABIA

LEMPENG AFRIKA

LEMPENG INDIA

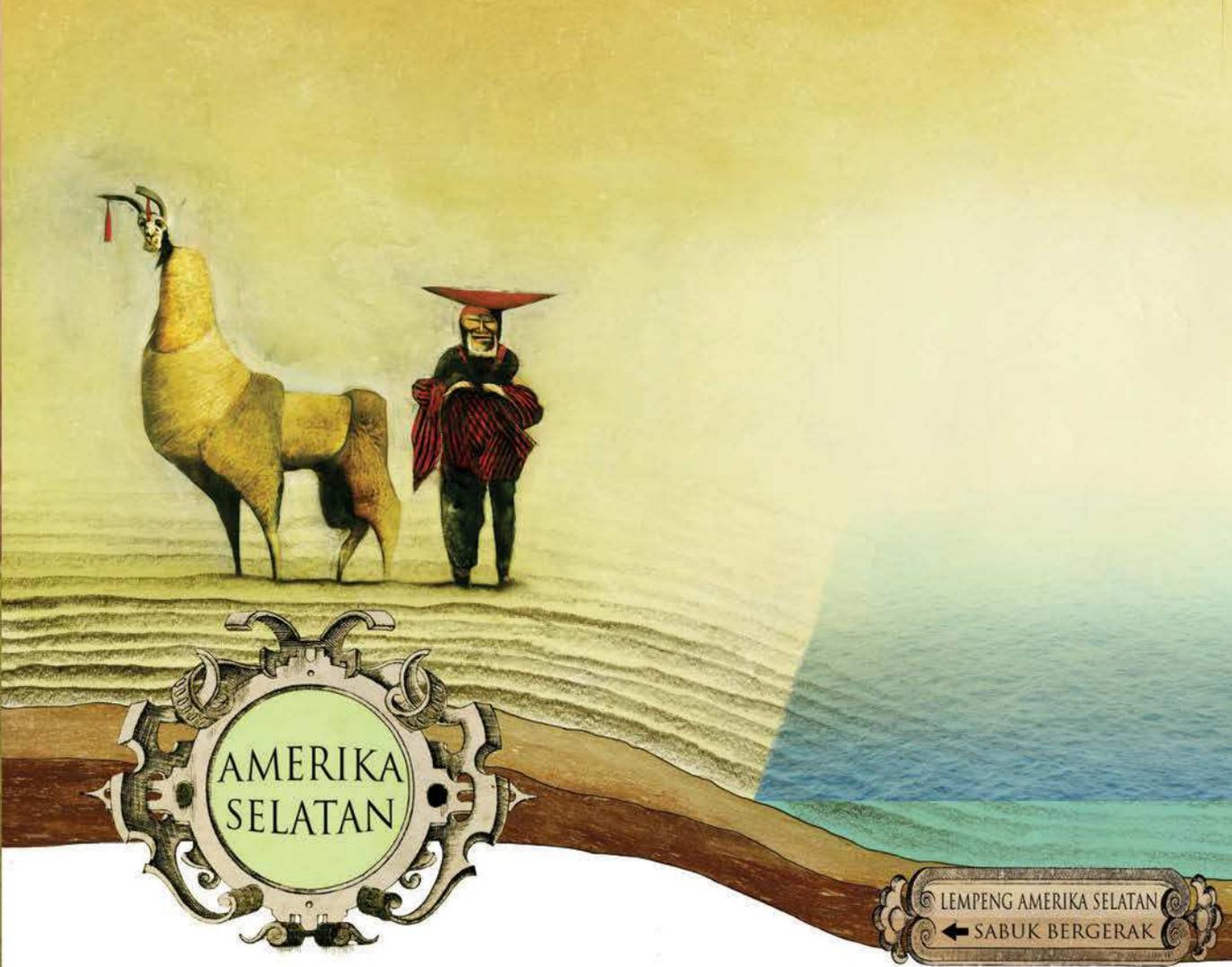
LEMPENG AUSTRALIA

LEMPENG FILIPINA

Anda bisa lihat dari gambar di sini bahwa perbatasan antara lempeng Amerika Selatan dan lempeng Afrika membentang di bagian tengah Atlantik Selatan, berkilo-kilometer jauhnya dari masing-masing benua. Ingatlah bahwa lempeng-lempeng itu mencakup dasar lautan, yang berarti batu keras. Jadi bagaimana ceritanya Amerika Selatan dan Afrika pernah menyatu 150 juta tahun

silam? Tidak akan ada masalah bagi Wegener di sini, karena dia pikir benua-benua itu sendiri mengambang. Namun bila Amerika Selatan dan Afrika dulu tergabung, bagaimanakah tektonika lempeng menjelaskan semua batuan keras di dasar laut yang kini memisahkan keduanya? Apakah bagian-bagian bawah-lautan dari lempeng-lempeng yang berbatu itu tumbuh?





Pemekaran dasar laut

Ya. Jawabannya ada pada sesuatu yang disebut “pemekaran dasar laut” (*sea-floor spreading*). Anda tahu ban berjalan yang kita lihat di bandara-bandara besar dengan kegunaan membantu orang-orang yang membawa bagasi agar bisa menempuh jarak yang jauh dari, contohnya, pintu masuk terminal ke aula keberangkatan? Mereka tak harus berjalan jauh, tinggal naik ke sabuk yang bergerak dan dibawa ke satu titik di mana mereka harus mulai berjalan lagi. Ban berjalan di bandara hanya cukup lebar untuk dua orang yang berdiri bersisian. Namun kini bayangkan ban berjalan selebar ribuan kilometer, merentang nyaris sepanjang jarak dari Artika sampai Antartika. Dan bayangkan bahwa,

bukannya bergerak dengan kecepatan orang melangkah, ban berjalan itu bergerak dengan kecepatan tumbuhnya kuku jari. Ya, Anda berhasil menebaknya. Amerika Selatan, dan seluruh lempeng Amerika Selatan, dibawa menjauh dari Afrika dan lempeng Afrika, di atas sesuatu yang serupa dengan ban berjalan yang terletak jauh di bawah dasar lautan dan merentang dari ujung utara ke ujung selatan Samudra Atlantik, bergerak dengan sangat lambat.

Bagaimana dengan Afrika? Mengapa lempeng Afrika tidak bergerak ke arah yang sama, dan mengapa tidak bergerak berbarengan dengan lempeng Amerika Selatan?

Jawabannya adalah bahwa Afrika berada pada ban berjalan yang berbeda, yang bergerak ke arah yang berlawanan. Ban berjalan Afrika bergerak dari barat ke timur, sementara ban berjalan Amerika Selatan bergerak dari timur ke barat. Jadi apa yang terjadi di tengah-tengah? Lain kali Anda berada di bandara yang besar, berhentilah tepat sebelum Anda menaiki ban berjalan itu dan perhatikanlah. Ban berjalan tersebut muncul dari celah di lantai, dan bergerak menjauhi Anda. Ban berjalan sebenarnya merupakan sabuk, berputar-putar, bergerak maju di atas lantai dan kembali ke arah Anda di bawah lantai. Sekarang bayangkan sabuk yang lain, muncul dari celah yang sama namun bergerak ke arah yang tepat berlawanan. Bila Anda

letakkan satu kaki di salah satu sabuk dan kaki satunya di sabuk yang satu lagi, Anda akan terpaksa melakukan split.

Di dasar Samudra Atlantik ada yang mirip dengan celah di lantai itu, membentang di sepanjang lantai laut dalam dari ujung selatan ke ujung utara. Sebutannya adalah igir tengah Atlantik (*mid-Atlantic ridge*).

Kedua “sabuk” itu muncul melalui igir tengah Atlantik dan menuju ke arah yang berlawanan, satu membawa Amerika Selatan terus ke arah barat, sementara yang satu lagi membawa Afrika ke timur. Dan, seperti sabuk-sabuk di bandara, sabuk-sabuk besar yang menggerakkan lempeng-lempeng tektonik bergulir dan kembali ke kedalaman Bumi.



Kali lain Anda ada di bandara, naiklah ban berjalan dan biarkan dia membawa Anda, sementara Anda membayangkan Anda adalah Afrika (atau Amerika Selatan, terserah Anda). Sewaktu Anda sampai ke ujung satu lagi dari jalur itu dan melangkah turun, perhatikan sabuk itu menyelusup ke bawah tanah, siap untuk kembali ke tempat Anda naik tadi.

Sabuk-sabuk bergerak di bandara digerakkan oleh motor-motor listrik. Apa yang menggerakkan sabuk-sabuk bergerak yang membawa lempeng-lempeng raksasa Bumi dengan kargo berupa benua-benua? Jauh di bawah permukaan Bumi, ada yang disebut arus konveksi. Apa itu arus konveksi? Mungkin Anda punya pemanas konvektor listrik di rumah. Beginilah cara kerjanya memanaskan ruangan. Alat tersebut memanaskan ruangan. Udara panas naik karena sifatnya yang kalah rapat dari udara dingin (itulah cara kerja balon udara panas). Udara panas naik



Arus konveksi

sampai menghantam langit-langit, dan dari situ tak bisa lagi naik ke mana-mana, dan terdorong ke samping oleh udara panas baru yang mendorong dari bawah. Sewaktu bergerak ke samping, udara mendingin, sehingga merosot ke bawah. Sewaktu menghantam lantai, udara lagi-lagi bergerak ke samping, merambat di sepanjang lantai sampai lagi-lagi tertangkap di dalam pemanas dan membumbung lagi. Penjelasan itu agak terlalu sederhana, namun gagasan dasarnya—lah yang penting di sini: dalam kondisi-kondisi ideal, pemanas konvektor dapat menggerakkan udara berputar-putar—bersirkulasi. Sirkulasi jenis inilah yang disebut “arus konveksi”.

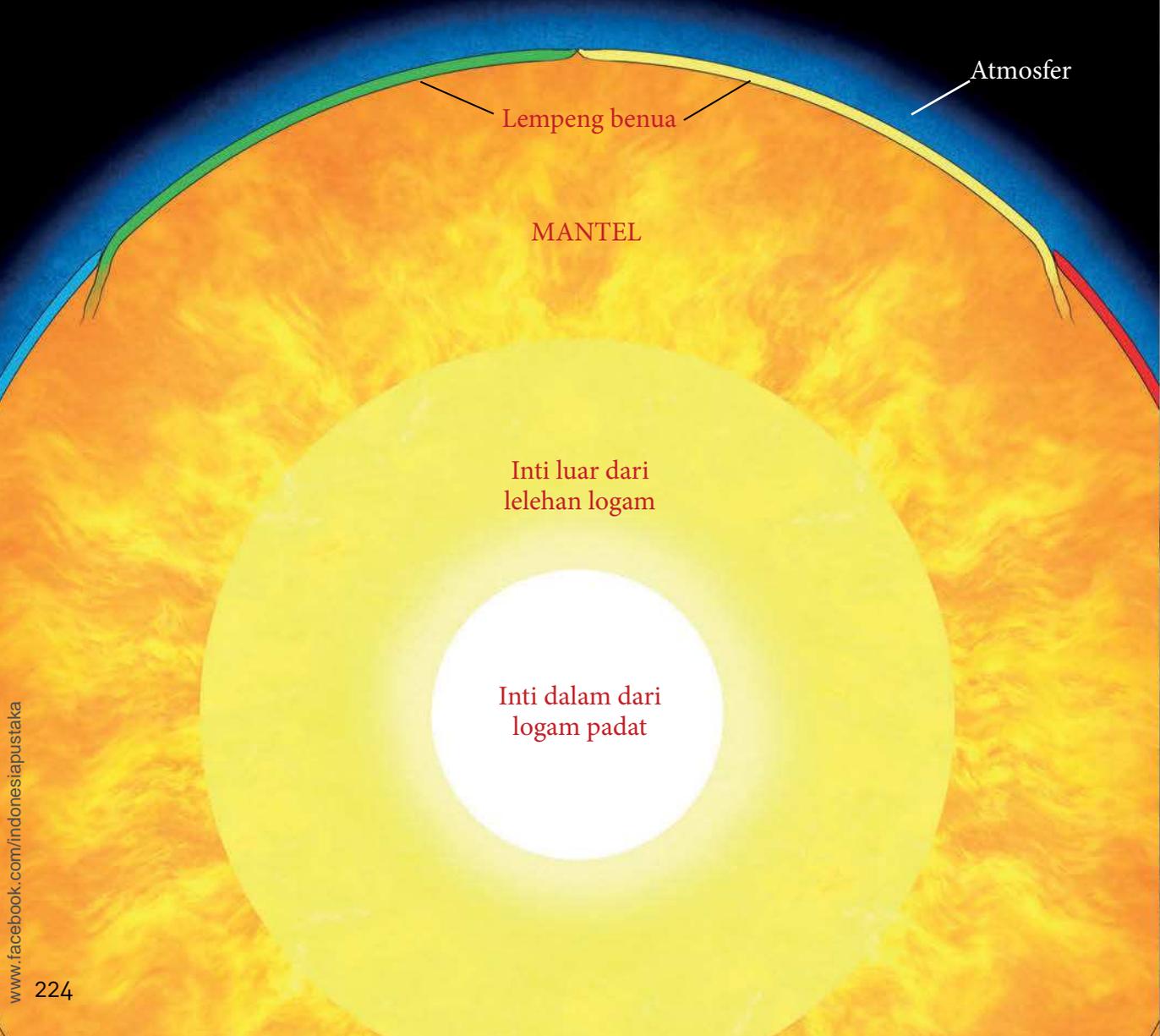
Hal yang sama terjadi di air. Konveksi bahkan dapat terjadi dalam cairan ataupun gas apa pun. Namun bagaimana bisa ada arus konveksi di bawah permukaan Bumi? Bukannya di bawah sana cair? Iya, memang—semacam itulah. Tidak cair seperti air, namun lebih setengah cair seperti madu kental atau sirup karamel. Itu karena di sana sedemikian panas sehingga segala sesuatunya mencair. Panas itu berasal jauh dari dalam Bumi. Pusat Bumi memang sangat panas, dan hanya setelah dekat permukaan Bumi suhu tidak lagi terlalu panas. Terkadang panas itu menyembur keluar ke permukaan di tempat yang kita sebut gunung berapi.

Didorong oleh panas

Lempeng-lempeng bumi terbuat dari batuan keras, dan, seperti yang telah kita lihat, sebagian besarnya berada di bawah laut. Setiap lempeng memiliki ketebalan beberapa mil. Lapisan tebal lempeng ini disebut litosfer, yang secara harfiah berarti “wilayah batuan”. Di bawah wilayah batuan terdapat lapisan yang lebih tebal lagi, percaya atau tidak, yang tidak disebut wilayah sirup karamel meskipun mungkin seharusnya iya (namanya sebenarnya mantel atas). Lempeng berbatu keras di wilayah berbatu bisa disebut “mengambang” di wilayah sirup karamel ini.

Panas luar biasa di bawah dan di dalam wilayah sirup karamel menyebabkan arus konveksi yang teramat lambat dan lamban dalam sirup karamel itu, dan arus konveksi inilah yang membawa lempeng-lempeng raksasa berbatu yang mengambang di sebelah atas.

Arus konveksi mengikuti jalur-jalur yang cukup rumit. Bayangkan saja segala macam arus samudra yang berbeda, dan bahkan angin, yang merupakan semacam arus konveksi berkecepatan-tinggi. Maka tidaklah mengherankan bahwa berbagai lempeng di permukaan Bumi terbawa ke segala



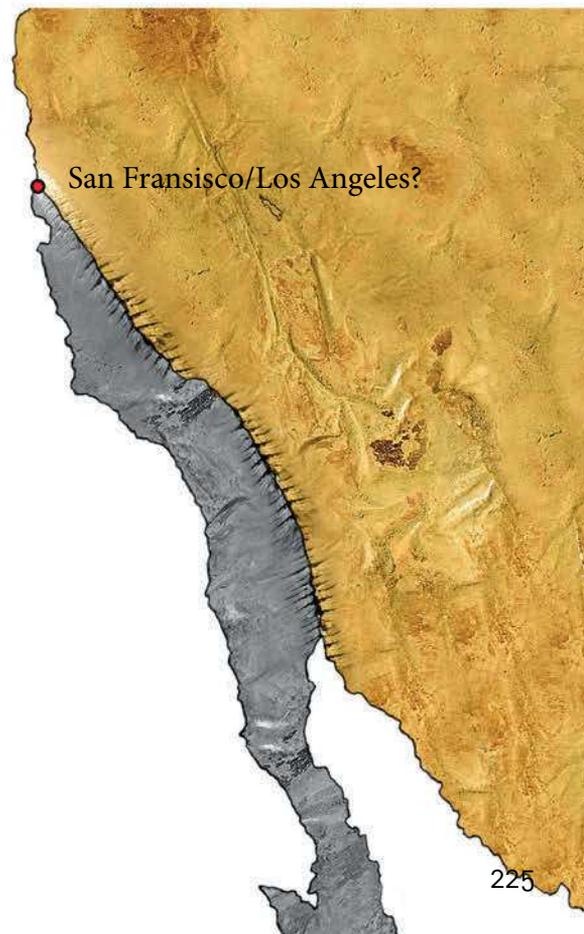
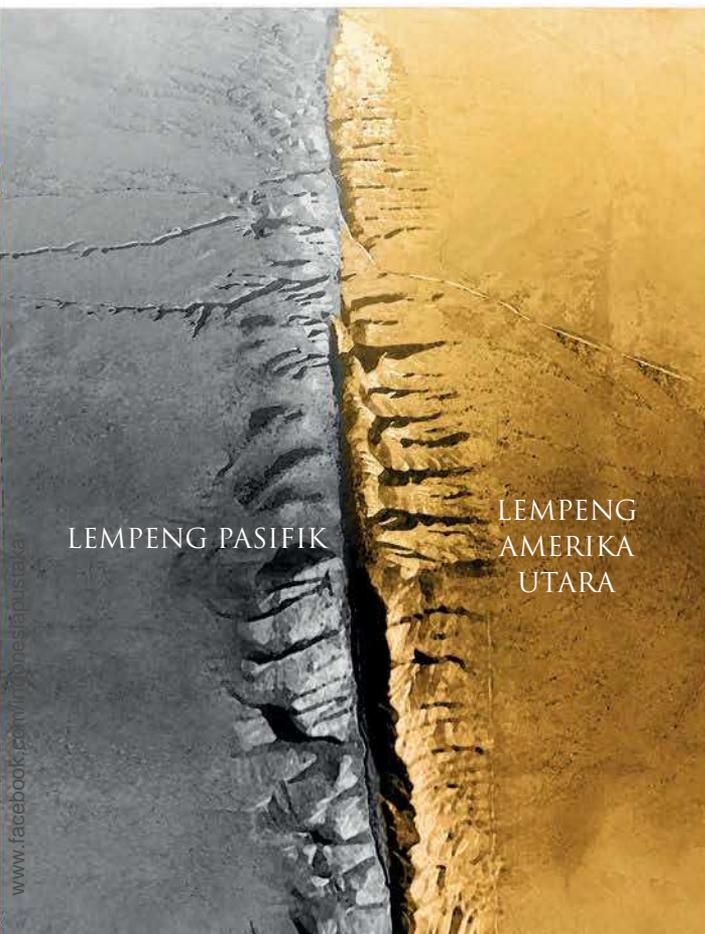
arah, bukan berputar-putar seperti di komidi putar. Tidak heran lempeng-lempeng itu berbenturan satu sama lain atau saling memisah dengan kasar, menghunjam ke bawah atau bergesekan sisi dengan lempeng sebelahnya. Dan tidak mengherankan bila kita merasakan kekuatan-kekuatan raksasa itu—gaya yang menggilas, memuntir, meraung, menggerus—sebagai gempa. Sesoram-seramnya gempa, keajaibannya adalah mereka tidak lebih mengerikan lagi daripada itu.

Terkadang lempeng bergerak meluncur ke bawah lempeng di sebelahnya. Ini disebut “subduksi”. Sebagian lempeng Afrika, misalnya, sedang mengalami subduksi ke bawah lempeng Eurasia. Inilah salah satu alasan mengapa ada gempa di Italia, juga alasan mengapa Gunung Vesuvius meletus pada zaman Romawi kuno dan menghancurkan kota-kota Pompeii dan Herkulaneum (karena gunung berapi cenderung bermunculan di tepi-tepi lempeng). Pegunungan Himalaya, termasuk Gunung Everest, terdorong sampai jauh tinggi ke atas seiring terus

tersubduksinya lempeng India ke bawah lempeng Eurasia.

Kita mengawali bab ini dengan Sesar San Andreas, jadi mari kita akhiri di situ juga. Sesar San Andreas adalah garis “gelincir” yang panjang dan relatif lurus di antara lempeng Pasifik dan lempeng Amerika Utara. Kedua lempeng itu bergerak ke arah barat laut, namun lempeng Pasifik bergerak dengan lebih cepat. Kota Los Angeles terletak pada lempeng Pasifik, bukan lempeng Amerika Utara, dan terus merambat ke arah San Francisco, yang sebagian besarnya berada di lempeng Amerika Utara. Gempa diduga akan terus terjadi di keseluruhan wilayah ini, dan para ahli memprediksi akan ada gempa besar dalam kurun sepuluh tahun mendatang. Untungnya, California, tidak seperti Haiti, memiliki sarana yang cukup untuk mengurus korban gempa.

Suatu hari nanti, sebagian Los Angeles mungkin bergeser ke dalam San Francisco. Namun itu masih sangat lama, dan tidak seorang pun di antara kita kelak yang masih ada untuk melihatnya.



11

WHY

DO

BAD

THINGS

HAPPEN?

Mengapa hal buruk terjadi?

MENGAPA HAL buruk terjadi? Setelah suatu bencana naas semacam gempa atau topan badai, kita bisa mendengar orang-orang berbicara begini:

“Sungguh tidak adil. Memangnyanya apa yang telah dilakukan orang-orang malang itu sampai harus menderita begini?”

Bila seseorang yang sangat baik terserang penyakit berat dan meninggal, sementara seseorang yang sungguh jahat tetap sehat-sehat saja, sekali lagi kita memekik,

“Tidak adil!” Atau kita katakan,

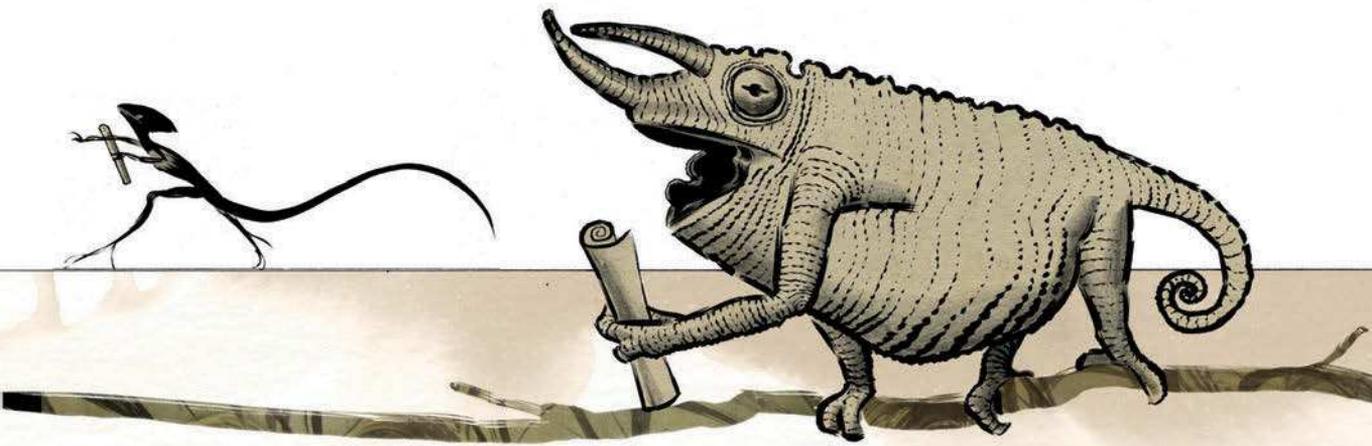
“Di mana keadilan?”



Sulit untuk melawan perasaan bahwa, entah bagaimana, seharusnya ada semacam keadilan alam. Hal-hal baik harus terjadi pada orang-orang baik. Hal-hal buruk, seandainya harus terjadi, seharusnya terjadi kepada orang-orang berwatak buruk saja. Dalam drama menarik Oscar Wilde *The Importance of Being Earnest*, Nona Prism, guru pribadi yang sudah tua, menjelaskan bagaimana, dahulu sekali, dia menulis novel. Sewaktu ditanyai apakah novel itu berakhir gembira, dia menjawab: “Yang baik berakhir bahagia, sedangkan yang jahat berakhir tidak bahagia. Itulah artinya fiksi.” Kehidupan nyata berbeda. Hal-hal buruk memang terjadi, baik pada orang baik maupun orang jahat. Mengapa? Mengapa kehidupan nyata

tidak seperti fiksi Nona Prism? Mengapa hal-hal buruk terjadi?

Banyak orang yang percaya bahwa tuhan-tuhan mereka berniat menciptakan dunia yang sempurna namun sayangnya terjadi suatu kesalahan—dan ada banyak sekali gagasan mengenai apakah sesuatu yang salah itu. Suku Dogon di Afrika Barat percaya bahwa pada awal dunia ada sebutir telur jagat, dan dari dalamnya menetas sepasang anak kembar. Semuanya akan baik-baik saja seandainya keduanya menetas secara bersamaan. Sayangnya, salah satu di antara mereka menetas terlebih dahulu, dan mengacaukan rencana sempurna para dewa. Itu, menurut suku Dogon, adalah mengapa hal-hal buruk terjadi.



Ada banyak legenda mengenai mengapa ada kematian di dunia. Di berbagai penjuru Afrika, berbagai suku percaya bahwa bunglon diberi kabar mengenai kehidupan abadi dan diperintahkan memberitahukannya kepada manusia. Sayangnya bunglon berjalan sangat lambat (memang begitu adanya, saya buktikan sendiri: sewaktu masih anak-anak di Afrika saya memelihara seekor bunglon yang dinamai Hookariah) sehingga kabar mengenai kematian, yang dibawa oleh seekor

kadal yang lebih gesit (atau oleh hewan lain yang lebih cepat dalam versi-versi lain dari legenda itu), tiba terlebih dahulu. Dalam salah satu legenda Afrika Barat, kabar mengenai kehidupan dibawa oleh seekor bangkong yang lamban, yang sayangnya tersusul oleh seekor anjing cepat yang membawa kabar kematian. Saya harus akui saya agak bingung mengapa *urutan kabar mana yang tiba duluan* sedemikian pentingnya. Kabar buruk tetap kabar buruk, kapan pun tibanya.



Penyakit adalah hal buruk jenis khusus, dan telah melahirkan banyak mitos tersendiri. Salah satu alasannya: untuk waktu yang lama penyakit merupakan misteri bagi manusia. Nenek moyang kita menghadapi berbagai bahaya lain—singa dan macan gigi pedang, suku-suku lawan, ancaman kelaparan—namun semua itu kasat mata, dan bisa dipahami. Sedangkan cacar api, atau Wabah Hitam, atau malaria, pastilah seolah menyerang entah dari mana, tanpa peringatan, dan tidak jelas bagaimana menjaga diri dari serangan-serangan itu. Sungguh misteri yang menggentarkan. Dari mana datangnya penyakit? Apa yang telah kita lakukan sampai-sampai mati dengan menyakitkan, didera sakit gigi yang menyiksa, atau menderita bintik-bintik menjijikkan? Tidak heran manusia beralih ke takhayul sewaktu dengan putus asa berusaha memahami penyakit, dan dengan lebih putus asa lagi berusaha melindungi diri dari penyakit. Di banyak suku Afrika, sampai belum lama ini, siapa pun yang sakit, atau yang anaknya sakit, akan secara otomatis mencari-cari penyihir atau tukang santet jahat di sekitarnya untuk dipersalahkan. Bila anak saya menderita demam tinggi, itu pasti

karena seorang musuh membayar dukun untuk mengguna-gunainya. Atau mungkin karena saya tidak sanggup mempersembahkan kurban sewaktu anak saya terlahir. Atau barangkali itu karena ulat bulu hijau menyeberang di hadapan saya dan saya lupa bilang amit-amit.

Di Yunani kuno, peziarah yang sakit akan bermalam di kuil yang dipersembahkan untuk Asklepius, dewa penyembuhan dan kedokteran. Mereka percaya bahwa sang dewa akan menyembuhkan mereka secara langsung ataupun mengungkapkan cara menyembuhkannya di dalam mimpi. Bahkan hingga kini, banyak sekali orang sakit menyambangi tempat-tempat seperti Lourdes, di mana mereka mencebur ke dalam kolam keramat dengan harapan bahwa air suci itu akan menyembuhkan mereka (sebenarnya, saya curiga mereka berkemungkinan lebih besar tertular sesuatu dari orang-orang lain yang berendam di air yang sama). Sekitar 200 juta orang telah berziarah ke Lourdes selama 140 tahun terakhir, mengharapkan kesembuhan. Dalam banyak kasus tidak terlalu banyak masalah yang mereka derita, dan untungnya sebagian besar dari





mereka sembuh—memang mereka akan sembuh sih, berziarah ataupun tidak.

Hippokrates, “bapak kedokteran” Yunani kuno yang namanya digunakan untuk sumpah perilaku baik yang harus dilaksanakan oleh semua dokter, mengira gempa merupakan penyebab penyakit.

Pada zaman pertengahan, banyak orang percaya bahwa penyakit disebabkan oleh gerakan planet-planet terhadap bintang-bintang. Itu merupakan bagian sistem kepercayaan yang disebut astrologi, yang, meski terkesan konyol, masih punya pengikut sampai kini.

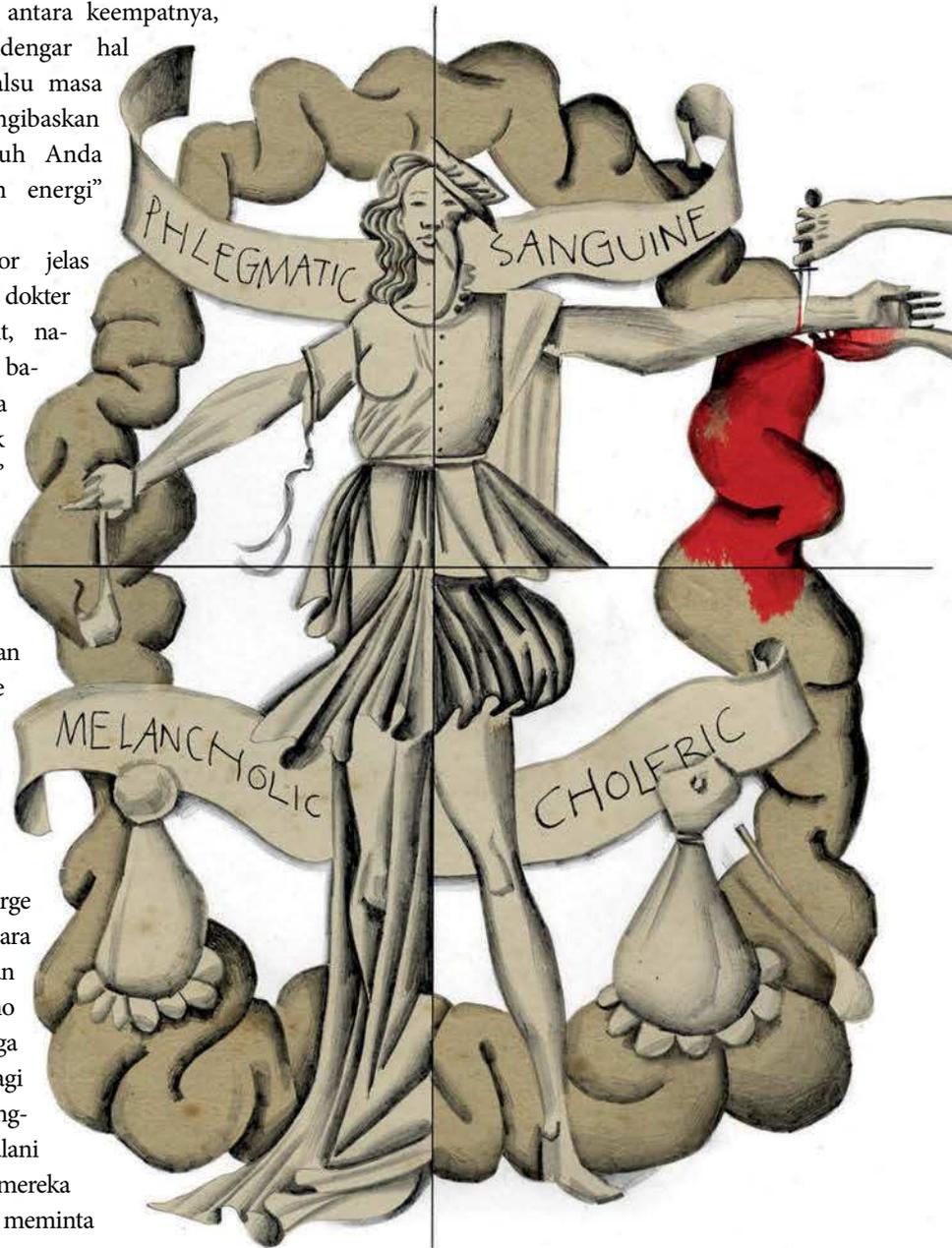
Mitos paling tahan lama mengenai kesehatan dan penyakit, bertahan dari abad kelima SM sampai ke abad kedelapan belas M, adalah mitos mengenai empat “humor”. Sewaktu dalam bahasa Inggris kita berkata “*He’s in a good humour today*” yang maksudnya “Suasana hatinya sedang bagus hari ini”, dari situlah asal kata tersebut, walaupun orang-orang tidak lagi mempercayai gagasan di baliknya. Keempat humor atau cairan itu adalah empedu hitam, empedu kuning, darah, dan flegma (lendir). Dulu orang mengira kesehatan yang baik bergantung kepada “keseimbangan” antara keempatnya,

dan kita masih mendengar hal serupa dari “dukun” palsu masa kini yang akan mengibaskan tangannya di atas tubuh Anda guna “menyeimbangkan energi” atau “cakra” Anda.

Teori empat humor jelas tidak bisa membantu dokter menyembuhkan penyakit, namun tidak menyebabkan bahaya besar kecuali bila mengarahkan ke praktik “mengeluarkan darah” pasien. Praktik ini melibatkan pembukaan pembuluh darah dengan alat tajam yang disebut lanset, dan mencururkan darah yang keluar ke dalam baskom khusus. Ini, tentu saja, membuat pasien yang malang itu semakin sakit (inilah salah satu penyebab kematian George Washington)—namun para pelakunya sedemikian mempercayai mitos kuno mengenai humor sehingga mereka melakukannya lagi dan lagi. Terlebih lagi, orang-orang tidak hanya menjalani prosedur itu sewaktu mereka sakit. Terkadang mereka meminta

tabib melakukannya sebelum mereka sakit, dengan harapan mereka tidak akan jatuh sakit.

Pernah, sewaktu saya masih bersekolah, guru kami meminta kami memikirkan mengapa penyakit terjadi. Seorang anak laki-laki mengangkat tangannya dan menjawab bahwa penyakit disebabkan oleh “dosa”! Ada banyak orang, bahkan hingga kini, yang berpikir bahwa sesuatu semacam itulah yang secara umum menyebabkan hal-hal buruk terjadi. Sejumlah mitos menyatakan bahwa hal-hal buruk terjadi di dunia karena leluhur kita



melakukan sesuatu yang jahat pada zaman dahulu. Saya sudah menyebutkan Adam dan Hawa, leluhur manusia versi Alkitab Timur Tengah. Anda tentu ingat bahwa Adam dan Hawa melakukan hal mengerikan: mereka membiarkan diri dibujuk oleh ular untuk memakan buah pohon terlarang. Kejahatan itu terus diingat-ingatkan dari generasi ke generasi dan oleh sebagian orang masih dianggap sebagai penyebab segala hal buruk yang terjadi di dunia hingga sekarang.



Banyak mitos menuturkan tentang konflik antara dewa baik dan dewa jahat (atau iblis). Dewa jahat bertanggung jawab atas terjadinya hal-hal buruk di dunia. Atau mungkin wujudnya adalah roh jahat, disebut Iblis atau semacamnya, yang memerangi dewa baik. Seandainya saja tidak ada perselisihan antara iblis dan dewa, atau antara dewa baik dan dewa jahat, hal-hal buruk tidak akan terjadi.



Apa penyebab sebenarnya hal-hal buruk terjadi?

MENGAPA *ada yang* terjadi? Itu adalah pertanyaan yang sukar dijawab, namun merupakan pertanyaan yang lebih masuk akal daripada “Mengapa hal-hal *buruk* terjadi?” Itu karena tidak ada alasan untuk mengistimewakan hal-hal buruk, kecuali bila hal-hal buruk terjadi jauh lebih sering daripada yang kita duga, akibat kebetulan; atau kecuali kita berpikir ada semacam keadilan alami, yang berarti hal-hal buruk seharusnya hanya terjadi kepada orang-orang berwatak buruk.

Apakah hal-hal buruk terjadi lebih sering daripada yang kita duga akibat kebetulan semata? Bila ya, maka ada sesuatu yang benar-benar perlu kita jelaskan. Anda mungkin pernah mendengar orang-orang dengan bercanda menyebutkan soal “Hukum Murphy”, terkadang disebut “Hukum Brengsek”. Hukum ini menyatakan: “Bila Anda menjatuhkan sepotong roti yang diolesi selai ke atas lantai, roti itu selalu mendarat dengan bagian berselai menghadap bawah.” Atau, secara lebih umum, “Bila suatu hal buruk bisa terjadi, maka pasti betul terjadi.” Orang-orang sering melawak soal itu, namun terkadang kita merasa bahwa mereka menganggap hal itu lebih daripada sekadar lawakan. Mereka betul-betul percaya bahwa hal buruk terus merundung mereka.

Saya cukup sering menjalani syuting untuk dokumenter televisi, dan salah satu hal yang bisa menjadi kesalahan saat syuting “di lokasi” adalah

bunyi berisik yang tidak diharapkan. Ketika ada pesawat terbang berderu di kejauhan, kita harus menghentikan syuting dan menunggu pesawat pergi, dan itu bisa jadi sangat menyebalkan. Drama-drama berlatar belakang zaman dahulu rusak gara-gara bunyi deru pesawat terbang yang halus sekalipun. Orang-orang film punya takhayul bahwa pesawat terbang sengaja melintas ketika mereka sangat butuh kesunyian, dan mereka pun menyebut-nyebut soal Hukum Brengsek.

Belum lama ini, awak film yang sedang bekerja dengan saya memilih lokasi di mana kami yakin hanya akan ada kebisingan minimal, yaitu padang bunga besar yang kosong di dekat Oxford. Kami tiba pagi-pagi sekali agar lebih yakin mengenai kedamaian dan kesunyiannya—eh tahu-tahu, sewaktu kami tiba, seorang Skotlandia sedang berlatih memainkan *bagpipe*-nya (barangkali dilarang di rumah oleh istrinya). “Hukum Brengsek!” kami semua berseru. Pada kenyataannya, tentu saja, ada bunyi berisik nyaris sepanjang waktu, namun kita hanya *menyadarinya* sewaktu bunyi berisik itu mengganggu, misalnya ketika mengacaukan



syuting. Ada bias dalam kemungkinan kita menyadari gangguan, dan bias itu membuat kita berpikir bahwa semua orang hendak mengganggu kita secara sengaja.

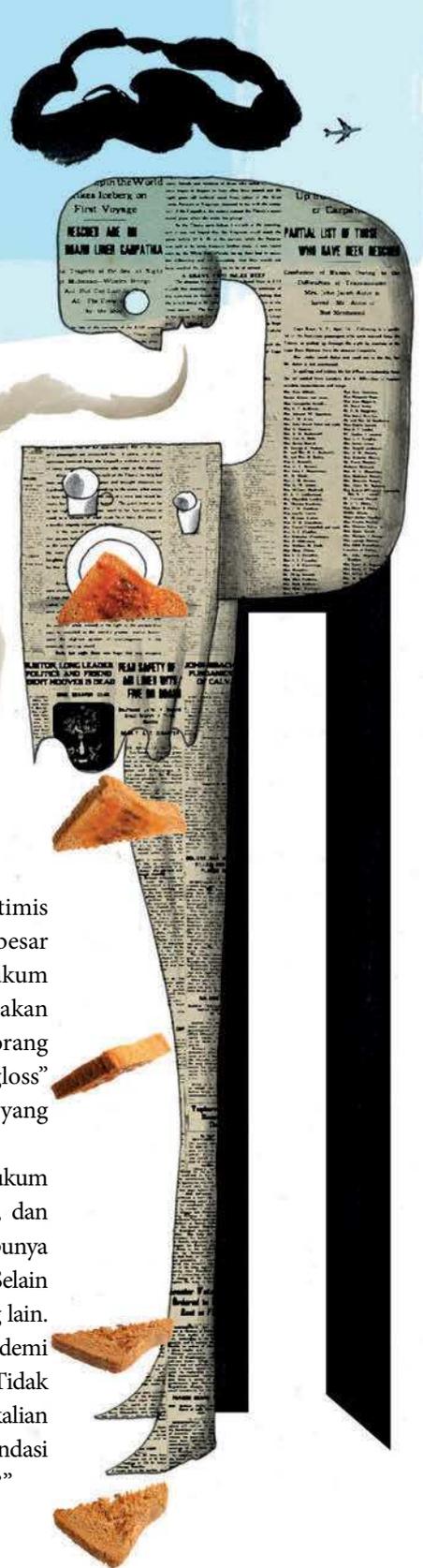
Dalam soal roti yang jatuh, tidaklah mengejutkan bila memang roti lebih sering jatuh dengan bagian berselai menghadap ke bawah, karena meja tidak terlalu tinggi, pada awalnya bagian berselai ada di sebelah atas, dan biasanya hanya ada cukup waktu untuk satu setengah putaran sebelum roti menghantam lantai. Namun contoh berupa roti itu hanyalah cara menyenangkan untuk menyatakan gagasan suram bahwa

Barangkali ini contoh lebih bagus untuk Hukum Brengsek: “Sewaktu melempar koin, semakin kita ingin gambar yang keluar, semakin besar kemungkinan yang keluar adalah angka.”

***“bila suatu hal buruk bisa terjadi,
maka hal buruk itu pasti terjadi.”***

Setidaknya itulah gambaran pesimisnya. Ada orang-orang optimis yang percaya bahwa semakin kita menginginkan gambar, semakin besar kemungkinan gambar yang keluar. Barangkali kita bisa menyebutnya “Hukum Pollyanna”—kepercayaan optimis bahwa biasanya hal-hal baiklah yang akan terjadi. Atau kita bisa menyebutnya “Hukum Pangloss”, sesuai nama seorang tokoh yang diciptakan oleh penulis masyhur Prancis, Voltaire. “Dr. Pangloss” rekaan Voltaire berpikir bahwa “Segalanya adalah yang terbaik dalam yang terbaik di antara semua dunia yang mungkin.”

Bila dinyatakan begitu, Anda bisa dengan cepat melihat bahwa Hukum Brengsek maupun Hukum Pollyanna sama-sama tidak masuk akal. Koin, dan irisan roti, tidak bisa mengetahui besarnya keinginan Anda, dan tidak punya keinginan sendiri untuk menolak ataupun mengabulkan keinginan Anda. Selain itu, hal yang buruk bagi satu orang mungkin merupakan hal baik bagi orang lain. Dua pemain tenis yang bersaing mungkin sama-sama berdoa sekuat mungkin demi memperoleh kemenangan, namun salah satu di antara mereka harus kalah! Tidak ada alasan khusus untuk bertanya, “Mengapa hal-hal buruk terjadi?” Atau, sekalian juga, “Mengapa hal-hal baik terjadi?” Pertanyaan sesungguhnya yang melandasi keduanya adalah pertanyaan yang lebih umum: “Mengapa *ada* yang terjadi?”



Keberuntungan, kebetulan, dan penyebab

Terkadang orang berkata, “Segala sesuatu terjadi karena alasan tertentu.” Dalam satu pengertian, itu benar. Segala sesuatu memang terjadi karena suatu alasan—yang maksudnya bahwa setiap peristiwa memiliki penyebab, dan penyebab itu selalu terjadi sebelum peristiwa. Tsunami terjadi karena gempa di bawah laut, sementara gempa terjadi karena pergeseran lempeng-lempeng tektonik Bumi, seperti yang kita lihat di Bab 10. Itulah pengertian sebenarnya kalimat segala sesuatu terjadi karena suatu alasan: pengertian bahwa “alasan” itu berarti “penyebab pada masa lalu”. Namun orang terkadang menggunakan kata “alasan” dalam pengertian yang sangat berbeda: yang dimaksudkan adalah semacam “tujuan”. Mereka akan mengatakan hal-hal seperti,

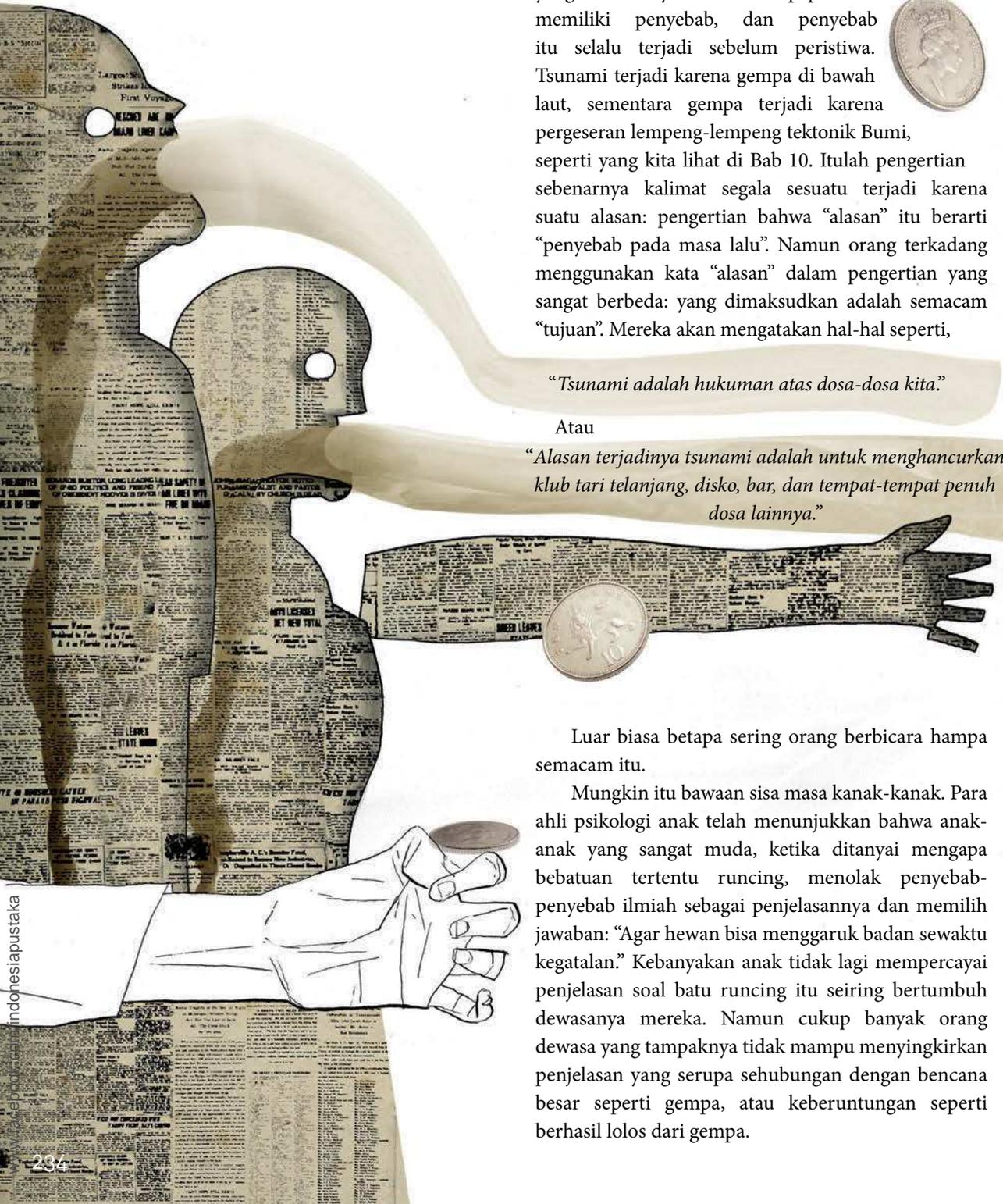
“Tsunami adalah hukuman atas dosa-dosa kita.”

Atau

“Alasan terjadinya tsunami adalah untuk menghancurkan klub tari telanjang, disko, bar, dan tempat-tempat penuh dosa lainnya.”

Luar biasa betapa sering orang berbicara hampa semacam itu.

Mungkin itu bawaan sisa masa kanak-kanak. Para ahli psikologi anak telah menunjukkan bahwa anak-anak yang sangat muda, ketika ditanyai mengapa bebatuan tertentu runcing, menolak penyebab-penyebab ilmiah sebagai penjelasannya dan memilih jawaban: “Agar hewan bisa menggaruk badan sewaktu kegatalan.” Kebanyakan anak tidak lagi mempercayai penjelasan soal batu runcing itu seiring bertumbuh dewasanya mereka. Namun cukup banyak orang dewasa yang tampaknya tidak mampu menyingkirkan penjelasan yang serupa sehubungan dengan bencana besar seperti gempa, atau keberuntungan seperti berhasil lolos dari gempa.





Bagaimana dengan “kesialan”? Adakah yang namanya kesialan, atau bahkan keberuntungan? Apakah sebagian orang lebih beruntung daripada orang lain? Terkadang orang-orang mengatakan bahwa seseorang dirundung kesialan terus-menerus. Atau mereka mengatakan, “Begitu banyak hal buruk yang terjadi padaku belakangan ini, pastilah aku akan mendapatkan keberuntungan yang sangat besar.” Atau mungkin mereka mengatakan, “Dia itu orang yang benar-benar sial, segala hal buruk pasti menimpa dia.”

“Pastilah aku akan mendapatkan keberuntungan” adalah contoh kesalahpahaman yang dipercaya banyak orang mengenai “Hukum Rata-rata”. Dalam permainan kriket, kerap kali sangat besar artinya bagi suatu tim untuk memperoleh giliran memukul pertama. Kedua kapten mengundi dengan koin untuk menentukan siapa yang memperoleh keunggulan itu, dan pendukung masing-masing tim sangat mengharap-kan kapten mereka memenangi undian tersebut. Sebelum satu pertandingan belum lama ini antara India dan Sri Lanka, satu laman Yahoo memampangkan pertanyaan ini:

“Akankah Dhoni [kapten India] beruntung sekali lagi dalam undian tersebut?”

Dari jawaban-jawaban yang mereka terima, yang ini dipilih (dengan alasan yang tidak saya pahami) sebagai ‘Jawaban Terbaik’:

“Saya sangat mempercayai hukum rata-rata, jadi saya bertaruh Sangakkura [kapten Sri Lanka] akan beruntung dan memenangi undian yang sangat diribut-ributkan ini.”

Bisakah Anda lihat betapa itu hanya omong kosong? Dalam serangkaian pertandingan sebelumnya, Dhoni telah menang di setiap undian yang dilangsungkan. Koin seharusnya tidak memihak. Jadi “Hukum Rata-rata” yang salah dipahami itu konon akan memastikan bahwa Dhoni, yang sejauh ini beruntung, kini akan

kalah dalam undian, untuk *mengembalikan keseimbangan*. Satu cara lain untuk menyatakan ini adalah bahwa kini *giliran* Sangakkura untuk memenangi undian itu. Atau bahwa *tidak adil* bila Dhoni memenangi undian itu lagi. Namun kenyataannya, tidak peduli berapa kali Dhoni pernah memenangi undian sebelumnya, kesempatan dia menang lagi *selalu* 50:50. “Giliran” dan “keadilan” tidak berpengaruh apa-apa. *Kita* mungkin peduli soal adil dan tidak adil, namun koin tidak peduli! Secara keseluruhan alam semesta juga tidak.

Memang betul bila kita melempar uang logam 1.000 kali, kita bisa harapkan akan keluar angka kira-kira 500 kali dan gambar 500 kali. Namun anggaphlah Anda melempar koin itu 999 kali dan selalu muncul angka. Apa yang akan keluar dalam lemparan terakhir, menurut Anda? Menurut “Hukum Rata-rata” yang salah dipahami namun dipercayai banyak orang, Anda harus bertaruh bahwa gambar-lah yang keluar, karena sekarang *giliran* gambar, dan *tidak adil* sekali bila yang keluar angka lagi. Namun saya akan bertaruh bahwa angka-lah yang keluar, dan begitu juga Anda apabila Anda bijak. Angka keluar 999 kali berturut-turut menunjukkan bahwa tampaknya ada yang telah mencurangi koin itu, atau cara melemparkannya curang. ‘Hukum Rata-rata’ yang keliru dipahami telah menghancurkan banyak penjudi.





Memang, sewaktu menengok ke belakang Anda bisa bilang, “Sanggakura sial sekali kalah undian, sebab itu berarti India mendapat giliran memukul di lapangan yang sempurna dan itu membantu mereka mengumpulkan skor yang banyak.” Tidak ada yang salah dengan itu. Yang Anda katakan hanyalah bahwa ketika itu memenangi undian sungguh mendatangkan perbedaan, sehingga siapa pun yang memenangi undian pada kesempatan tersebut sangatlah beruntung karena memenanginya. Yang *tidak* seharusnya Anda katakan adalah karena Dhoni telah sedemikian sering memenangi undian itu sebelumnya, maka sekarang adalah giliran Sanggakkura! Anda juga tidak seharusnya mengatakan sesuatu yang seperti ini: “Dhoni merupakan pemain kriket jagoan, tapi alasan sebenarnya kita harus menjadikan dia kapten adalah karena dia sangat beruntung dalam undian koin.” Keberuntungan dengan undian koin bukanlah sesuatu yang dimiliki individu. Anda bisa mengatakan bahwa seorang pemain kriket merupakan *batsman* yang bagus atau *bowler* yang payah. Anda *tidak* bisa mengatakan bahwa dia jagoan memenangi undian, atau payah dalam memenangi undian!

Untuk alasan yang tepat sama, sungguh omong kosong bila berpikir bahwa Anda bisa meningkatkan keberuntungan Anda dengan mengenakan kalung jimat keberuntungan. Atau dengan menyalangkan jari di belakang punggung. Semua itu sama sekali tidak bisa mempengaruhi apa yang terjadi kepada Anda, selain berpengaruh kepada perasaan Anda: memberi Anda tambahan kepercayaan diri yang membuat Anda tenang sebelum melakukan servis dalam tenis, misalnya. Namun itu tidak ada hubungannya dengan keberuntungan; itu namanya psikologi.

Betul, sebagian orang disebut “rawan kecelakaan”. Ini boleh-boleh saja, bila artinya adalah “ceroboh”, atau sangat sering jatuh atau mengalami kecelakaan.



Bila Anda ingin contoh yang benar-benar lucu tentang orang yang “rawan kecelakaan”, tontonlah film jenaka *The Pink Panther*, dibintangi oleh Peter Sellers sebagai Inspektur Jacques Clouseau. Inspektur Clouseau terus-menerus mengalami kecelakaan yang memalukan dan mencengangkan, namun itu karena dia payah sekali dalam melakukan segala hal, bukan karena dia terus-menerus “sial”, seperti pendapat sebagian orang mengenai orang yang “rawan kecelakaan”.

(Ngomong-ngomong, cobalah menonton film *Pink Panther* yang asli, bukan film-film setelahnya yang kalah kualitasnya namun mirip judulnya seperti *Son of Pink Panther*, *The Pink Panther's Revenge*, dan seterusnya, yang terilhami film tersebut.)



The background of the page is a photograph of several ants on a dark soil surface. The ants are silhouetted against a bright green, slightly blurred background. One ant is on the left, another in the center, and a third on the right. They appear to be moving across the soil.

Pollyanna dan paranoia

Jadi, kita sudah lihat bahwa hal-hal buruk, seperti hal-hal baik, terjadi semata karena kebetulan. Alam semesta tidak punya akalbudi, pikiran, maupun kepribadian, sehingga tidak melakukan apa pun untuk membuat Anda sedih atau pun senang. Hal-hal buruk terjadi karena *hal-hal* memang terjadi. Baik buruknya suatu hal dari sudut pandang Anda tidak mempengaruhi kemungkinannya terjadi. Sejumlah orang sulit menerima ini. Mereka lebih suka berpikir bahwa pendosa akan mendapatkan pembalasan, bahwa kebaikan akan mendapatkan imbalan. Sayangnya alam semesta tidak peduli pemikiran apa yang Anda sukai.

Namun kini, setelah mengatakan hal itu, saya berhenti sejenak untuk berpikir. Lucunya, saya harus mengakui bahwa sesuatu yang agak mirip Hukum Brengsek memang berlaku. Meskipun tentu saja tidak benar kalau cuaca, atau gempa, mengincar Anda (sebab mereka tidak bisa peduli dengan Anda), ada perbedaan ketika kita beralih ke dunia makhluk hidup. Bila Anda seekor kelinci, serigala memang mengincar Anda. Bila Anda seekor ikan kecil, ikan besar pemangsa memang mengincar Anda. Bukan maksud saya serigala atau ikan pemangsa berpikir soal itu, walaupun mungkin

saja. Saya akan dengan sama senangnya mengatakan bahwa virus mengincar Anda, dan tidak ada yang percaya bahwa virus bisa berpikir. Namun evolusi melalui seleksi alam telah memastikan bahwa virus, dan serigala, dan ikan pemangsa, berperilaku dalam cara-cara yang secara aktif buruk bagi korban-korban mereka—berperilaku seolah-olah mereka dengan sengaja mengincar korban—dalam cara-cara yang tidak bisa kita katakan mirip dengan gempa, topan badai, atau longsor salju. Gempa dan topan buruk bagi korban, namun tidak melakukan langkah-langkah aktif untuk melakukan hal-hal yang buruk bagi korban: kejadian-kejadian itu tidak melakukan langkah-langkah aktif, namun sekadar terjadi.

Seleksi alam, atau disebut juga oleh Darwin sebagai perjuangan untuk hidup, berarti bahwa setiap makhluk hidup memiliki musuh-musuh yang berupaya keras demi menjatuhkannya. Dan terkadang trik-trik yang digunakan musuh-musuh alami itu memberikan kesan sengaja. Sarang laba-laba, misalnya, adalah jebakan cerdas yang dipasang untuk menangkap serangga-serangga yang tidak curiga. Undur-undur menggali lubang perangkap agar mangsa terjatuh ke dalamnya. Undur-undur



sendiri meringkuk di bawah pasir di dasar lubang kerucut yang digalinya, dan menangkap semut yang jatuh ke dalam perangkap tersebut. Tidak ada yang menganggap bahwa laba-laba atau undur-undur cerdas—bahwa hewan tersebut *merancang* perangkapnya yang cerdas. Namun seleksi alam membuat mereka mengembangkan otak yang berperilaku dalam cara-cara yang *tampak* cerdas di mata kita, lewat evolusi. Dengan cara yang sama, tubuh singa tampak dengan cerdas dirancang untuk mendatangkan musibah bagi antelop dan zebra. Dan kita bisa bayangkan bahwa, seandainya Anda seekor antelop, seekor singa yang membuntuti, mengejar, dan menerkam mungkin memang tampak sengaja mengincar Anda.

Mudah melihat bahwa predator (hewan yang membunuh dan kemudian memakan hewan lain) berupaya mengalahkan mangsanya. Namun benar juga bahwa mangsa pun berusaha keras mengalahkan predator. Mangsa berusaha keras meloloskan diri agar tidak dimakan, dan bila mereka berhasil, predator mati kelaparan. Hal yang sama berlaku antara parasit dan inangnya. Hal yang sama berlaku antara anggota-anggota spesies yang sama, yang semuanya benar-benar ataupun berpotensi bersaing satu sama lain. Bila hidup lancar-lancar saja, seleksi alam akan mendorong evolusi peningkatan kemampuan pada mahluk-mahluk yang saling

bermusuhan itu, entah itu predator, mangsa, parasit, inang, ataupun pesaing: peningkatan yang akan menjadikan hidup lawannya kembali susah. Gempa dan tornado tidaklah menyenangkan dan bahkan mungkin disebut musuh, namun mereka tidak “mengincar Anda” ala “Hukum Brengsek” seperti yang dilakukan predator dan parasit.

Itu ada konsekuensinya bagi jenis sikap mental yang bisa diduga dimiliki oleh hewan liar, misalnya antelop. Bila Anda antelop dan Anda melihat rumput panjang bergemerisik, bisa jadi itu hanya angin. Itu tidak perlu dikhawatirkan, sebab angin tidak mengincar Anda: angin sama sekali tidak peduli kepada antelop. Namun gemerisik di antara rerumputan panjang itu bisa jadi macan tutul yang mengincar, dan macan tutul nyaris pasti memang mengincar Anda: Anda terasa lezat bagi macan tutul, dan seleksi alam menggugulkan leluhur macan tutul yang jago menangkap antelop. Maka antelop dan kelinci dan ikan kecil, dan kebanyakan hewan lain, harus terus-menerus waspada. Dunia penuh dengan predator berbahaya dan jalan teraman adalah mengasumsikan bahwa sesuatu yang agak mirip Hukum Brengsek itu memang benar adanya. Mari ungkapkan itu dalam bahasa Charles Darwin, bahasa seleksi alam: individu-individu hewan yang bertindak seolah-olah Hukum Brengsek memang benar berkemungkinan lebih besar untuk lestari

dan bereproduksi daripada individu-individu hewan yang mengikuti Hukum Pollyanna.

Nenek moyang kita nyaris selalu terancam bahaya memetakan dari singa dan buaya, ular sanca dan macan gigi pedang. Maka barangkali masuk akal bila setiap orang memiliki pandangan curiga—bahkan bisa dikatakan paranoid—terhadap dunia, untuk melihat ancaman yang mungkin tersembunyi di balik setiap gemerisik rumput, setiap bunyi ranting patah, dan menganggap bahwa ada sesuatu di luar sana yang mengincarnya, pihak yang dengan sengaja berencana membunuhnya. “Berencana” adalah cara pandang yang salah bila Anda jadi menganggapnya sebagai penyusunan rencana dengan sengaja, namun mudah mengungkapkan gagasan tersebut dalam bahasa seleksi alam: “Ada musuh-musuh di luar sana, dibentuk oleh seleksi alam untuk berperilaku seolah-olah mereka berencana membunuh saya. Dunia tidaklah netral dan tidak peduli terhadap kesejahteraan saya. Dunia mengincar saya. Hukum Brengsek mungkin benar, mungkin juga tidak, namun berperilaku seolah-olah hukum tersebut benar lebih aman daripada berperilaku *seolah-olah* Hukum Pollyanna benar.”

Mungkin inilah alasan mengapa hingga kini banyak orang memegang kepercayaan-kepercayaan berbau takhayul bahwa dunia mengincar mereka. Bila kepercayaan ini kebablasan, kita sebut mereka itu “paranoid”.



Penyakit dan evolusi—kerja yang masih berlangsung?

Seperti yang saya katakan, predator bukanlah satu-satunya yang mengincar kita. Parasit adalah ancaman yang lebih sulit terlihat, namun sama berbahayanya. Parasit mencakup cacing pita dan cacing hati, bakteri dan virus, yang hidup dari melahap tubuh kita. Predator seperti singa juga melahap tubuh kita, namun perbedaan antara predator dan parasit biasanya jelas. Parasit biasanya melahap korban yang masih hidup (walaupun pada akhirnya mungkin parasit membunuh inangnya) dan biasanya berukuran lebih kecil daripada si korban. Predator berukuran lebih besar daripada korbannya (contohnya kucing yang lebih besar daripada tikus) atau, kalau pun lebih kecil (contohnya singa yang lebih kecil daripada zebra), perbedaannya tidak terlalu jauh. Predator membunuh mangsa secara langsung dan kemudian memakannya. Parasit memakan korbannya dengan lebih lambat, dan korban mungkin tetap hidup untuk waktu lama sementara parasit menggerogoti tubuhnya dari sebelah dalam.

Parasit kerap kali menyerang dalam jumlah besar, seperti ketika tubuh kita menderita infeksi besar-besaran virus flu atau selesma. Parasit yang terlalu kecil untuk dilihat dengan mata telanjang kerap kali disebut “kuman”, namun kata itu luas cakupannya. Kuman mencakup virus, yang memang teramat sangat kecil; bakteri, yang lebih besar daripada virus namun tetap sangat kecil

(ada virus yang bertindak sebagai parasit pada bakteri); dan organisme-organisme bersel tunggal lain seperti parasit malaria, yang jauh lebih besar daripada bakteri namun tetap terlalu kecil untuk dilihat tanpa mikroskop. Bahasa biasa tidak punya nama umum untuk parasit-parasit bersel-tunggal yang lebih besar ini. Sebagian orang menyebut mereka “protozoa”, namun istilah itu sudah ketinggalan zaman. Parasit-parasit penting lain mencakup fungi, misalnya kurap dan “kutu air” (fungi yang besar-besar seperti cendawan dan jamur memberikan kesan keliru tentang wujud sebagian besar fungi).

Contoh-contoh penyakit akibat bakteri adalah tuberkulosis, beberapa jenis pneumonia, batuk rejan, kolera, difteri, lepra, demam skarletina, bisul, dan tifus. Penyakit akibat virus mencakup campak, cacar air, gondongan, cacar api, herpes, rabies, polio, campak jerman, berbagai macam influenza dan gugus penyakit yang kita sebut “selesma biasa”. Malaria, disentri amuba, dan penyakit tidur tergolong penyakit yang disebabkan oleh “protozoa”. Parasit-parasit penting lain, yang lebih besar lagi—cukup besar untuk dilihat dengan mata telanjang—adalah berbagai jenis cacing, termasuk cacing pipih, cacing gilig, dan cacing hati. Sewaktu saya masih anak-anak dan hidup di perternakan, saya sering kali menemukan hewan mati seperti lingsang atau tikus mondok. Saya sedang mempelajari biologi di

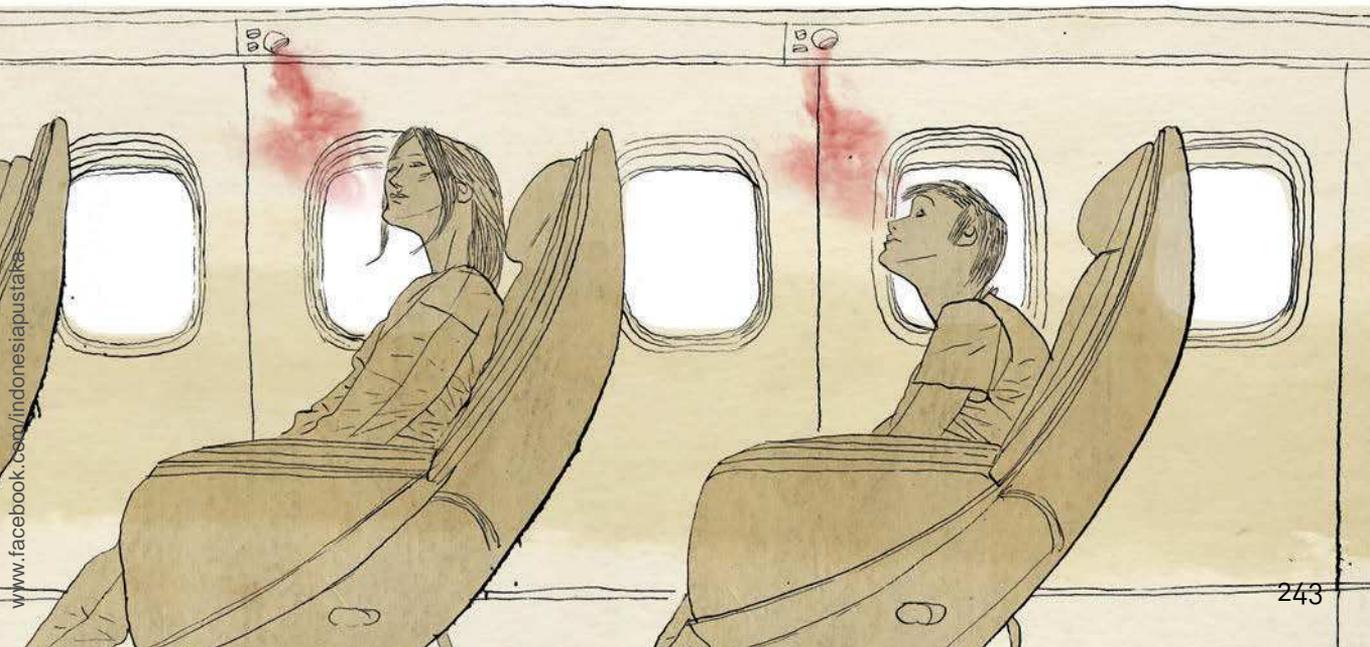


sekolah saat itu, dan ketertarikan saya membuat saya membedah bangkai-bangkai kecil yang saya temukan. Hal utama yang membuat saya terkesan adalah betapa penuhnya tubuh hewan-hewan itu dengan cacing kecil yang menggeliat-geliat (cacing gilig, secara teknis disebut nematoda). Cacing tidak pernah saya temukan di tikus dan kelinci hasil domestikasi yang diberikan kepada kami di sekolah untuk dibedah.

Tubuh memiliki sistem pertahanan alami yang sangat cerdas dan biasanya efektif dalam melawan parasit, disebut sistem kekebalan tubuh. Sistem kekebalan tubuh sangat rumit sehingga perlu satu buku penuh untuk menjelaskannya. Singkatnya, sewaktu tubuh mendeteksi adanya parasit berbahaya, tubuh pun dimobilisasi untuk menghasilkan sel-sel khusus, yang dibawa oleh darah untuk bertempur bagaikan semacam balatentara, dibuat khusus untuk menyerang parasit-parasit tertentu yang sedang menyerang itu. Biasanya sistem kekebalan tubuh menang, dan orang itu pun sembuh. Sesudahnya, sistem kekebalan “mengingat” perlengkapan molekuler yang dikembangkannya untuk pertempuran itu, dan infeksi apa pun sesudahnya oleh parasit yang sama dikalahkan dengan sedemikian cepat sehingga kita tidak menyadarinya. Itulah mengapa, sekali Anda terserang penyakit seperti campak, gondongan, atau cacar air, kecil kemungkinannya Anda terserang lagi. Ada yang bilang biarkan saja anak-anak terkena gondongan, sebab “ingatan”

sistem kekebalan akan melindungi mereka saat dewasa sehingga tidak terserang gondongan lagi—dan gondongan bahkan lebih tidak menyenangkan lagi bagi orang dewasa (terutama bagi laki-laki, karena gondongan menyerang testis) dibandingkan bagi anak-anak. Vaksinasi adalah teknik cerdas untuk melakukan hal yang mirip itu namun secara disengaja. Bukannya menulari Anda penyakit itu sendiri, dokter memberi versi yang lebih lemah, atau mungkin penyuntikan kuman mati, kepada Anda, guna merangsang sistem kekebalan tubuh tanpa benar-benar membuat Anda tertular penyakit. Versi yang lebih lemah tidak sejahat yang sesungguhnya: bahkan sering kali Anda tidak menyadari efek apa pun. Namun sistem kekebalan “mengingat” kuman-kuman mati itu, atau infeksi versi ringan penyakit tersebut, dan karenanya dipersenjatai terlebih dahulu untuk bertempur dengan penyebab penyakit sesungguhnya seandainya kuman itu betul-betul datang.

Sistem kekebalan tubuh memiliki tugas berat “menentukan” apa yang “asing” dan karenanya harus dilawan (yang “dicurigai” sebagai parasit), dan apa yang harus diterimanya sebagai bagian tubuh itu sendiri. Itu terkadang tidak mudah, misalnya sewaktu seorang perempuan sedang mengandung. Bayi di dalam tubuhnya adalah “asing” (bayi tidak identik secara genetik dengan ibunya karena separo gennya berasal dari sang ayah). Namun sistem kekebalan tubuh seharusnya tidak menyerang si bayi. Ini adalah salah satu masalah



sulit yang harus dipecahkan ketika kehamilan ber-evolusi di nenek moyang mamalia. Masalah itu terpecahkan—bagaimana pun juga, sebagian besar bayi berhasil bertahan dalam rahim untuk waktu cukup lama sampai bisa terlahir. Namun ada cukup banyak keguguran yang terjadi, yang barangkali menunjukkan bahwa evolusi kesulitan memecahkan masalah tersebut dan pemecahannya belum lagi sempurna. Bahkan hingga kini, banyak bayi hanya bertahan karena ada bantuan dokter—misalnya, untuk mengubah darah bayi sepenuhnya segera setelah dia terlahir, dalam beberapa kasus ekstrem reaksi berlebihan sistem kekebalan tubuh.

Satu lagi cara lain sistem kekebalan tubuh bisa salah adalah bertempur terlalu hebat melawan apa yang diduga sebagai “penyerang”. Itulah yang namanya alergi: sistem kekebalan tubuh secara tidak diperlukan, sia-sia, dan bahkan merusak, memerangi benda-benda yang tidak berbahaya. Contohnya, serbuk sari di udara umumnya tidak membahayakan, namun sistem kekebalan tubuh sebagian orang bereaksi berlebihan terhadapnya—dan itulah ketika kita terserang reaksi alergi yang disebut “demam jerami”: kita bersin-bersin dan mata kita berair, serta rasanya sangat tidak menyenangkan. Ada yang alergi kucing atau anjing: sistem kekebalan tubuh mereka beraksi berlebihan terhadap molekul-molekul tidak membahayakan dalam atau di rambut hewan-hewan ini. Alergi terkadang sangat membahayakan. Segelintir orang sedemikian alergi terhadap kacang sehingga memakan satu butir saja dapat membunuh mereka.

Terkadang sistem kekebalan tubuh yang bereaksi berlebihan betul-betul kebalan sampai-sampai orang alergi terhadap dirinya sendiri! Hal ini menyebabkan apa yang disebut penyakit oto-imun (*autos* adalah kata Yunani yang berarti ‘diri’). Contoh-contoh penyakit oto-imun adalah alopesia (rambut di tubuh berguguran sekaligus banyak karena tubuh menyerang folikel rambutnya sendiri) dan psoriasis (sistem kekebalan tubuh kelewat aktif yang menyebabkan tompok-tompok sisik merah muda di kulit).

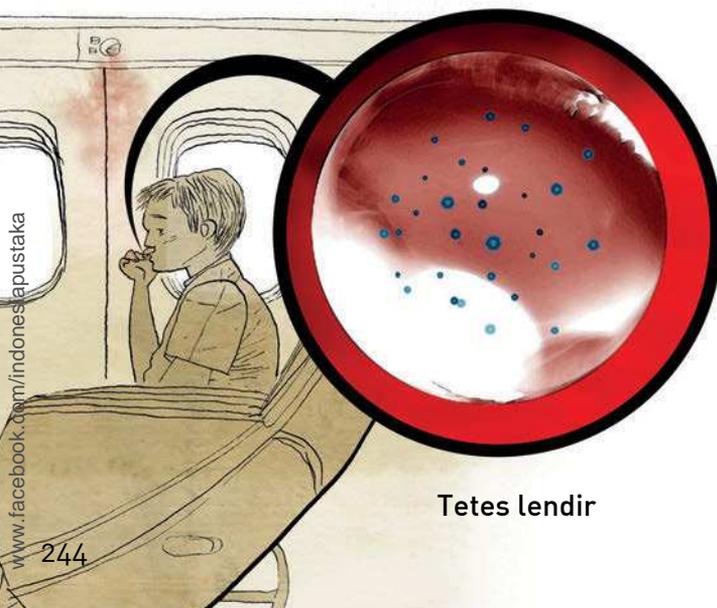
Tidaklah mengejutkan bahwa sistem kekebalan tubuh terkadang bereaksi berlebihan, sebab ada perbedaan antara kalah gara-gara gagal menyerang sewaktu memang seharusnya menyerang dan gara-gara menyerang sewaktu seharusnya tidak. Itu masalah sama dengan yang kita temui dalam kasus antelop mencoba menentukan apakah dia harus melarikan diri dari gemerisik di rerumputan panjang. Macan tutulkah itu? Ataukah itu embusan angin tidak membahayakan yang menggerakkan rumput? Apakah ini bakteri berbahaya, ataukah serbuk sari yang tidak membahayakan? Saya tak pelak bertanya-tanya apakah orang-orang dengan sistem kekebalan hiperaktif, yang terpaksa menderita alergi atau bahkan penyakit oto-imun, berkemungkinan lebih kecil terserang virus-virus jenis tertentu dan parasit-parasit lainnya.

Masalah-masalah “keseimbangan” semacam itu kelewat umum terjadi. Makhluk hidup mungkin menjadi terlalu “takut risiko”—terlalu gelisah, memperlakukan setiap gemerisik di rerumputan

Bagaimana sistem kekebalan tubuh menanggapi upaya serangan oleh virus flu (kanan)

Urut-urutan atas menunjukkan serangan yang berhasil. Virus flu mendekati sel (1). Anak kunci virus sesuai dengan lubang kuncinya (reseptor permukaan sel) (2), sehingga virus bisa masuk ke dalam sel (3) dan bereplikasi di situ. Terakhir (4), ratusan virus hasil replikasi mendesak keluar sampai sel yang terinfeksi pun pecah.

Urut-urutan bawah menunjukkan sistem kekebalan tubuh memerangi serangan. Sel-sel T dari sistem kekebalan tubuh mendekati virus (1) dan melekatkan diri padanya (2). Kini anak kunci virus tidak lagi cocok dengan lubang kunci sel (3), sehingga virus tidak bisa memasuki sel.



Tetes lendir

sebagai bahaya, atau melepaskan sistem kekebalan tubuh besar-besaran untuk melawan kacang yang tidak membahayakan ataupun jaringan tubuh sendiri. Mungkin pula makhluk hidup menjadi kebalan, gagal menanggapi bahaya yang sungguh-sungguh terjadi, atau gagal melancarkan tanggapan kekebalan ketika betul-betul ada parasit berbahaya. Sulit sekali memperoleh keseimbangan di antara keduanya, dan ada kerugian-kerugian bila makhluk hidup condong ke salah satunya.

Kanker adalah kasus khusus hal buruk: hal buruk yang aneh, namun sangat penting. Kanker adalah sekelompok sel-sel kita sendiri yang telah membelot dari melakukan apa yang seharusnya mereka lakukan di dalam sel dan menjadi parasitik. Sel-sel kanker biasanya mengelompok bersama dalam “tumor”, yang bertumbuh keluar kendali, mengisap makanan dari bagian tubuh. Kanker-kanker yang paling parah kemudian menyebar ke bagian-bagian lain tubuh (itu disebut metastasis) dan pada akhirnya kerap kali membunuh pengidapnya. Tumor yang melakukan ini disebut tumor ganas.

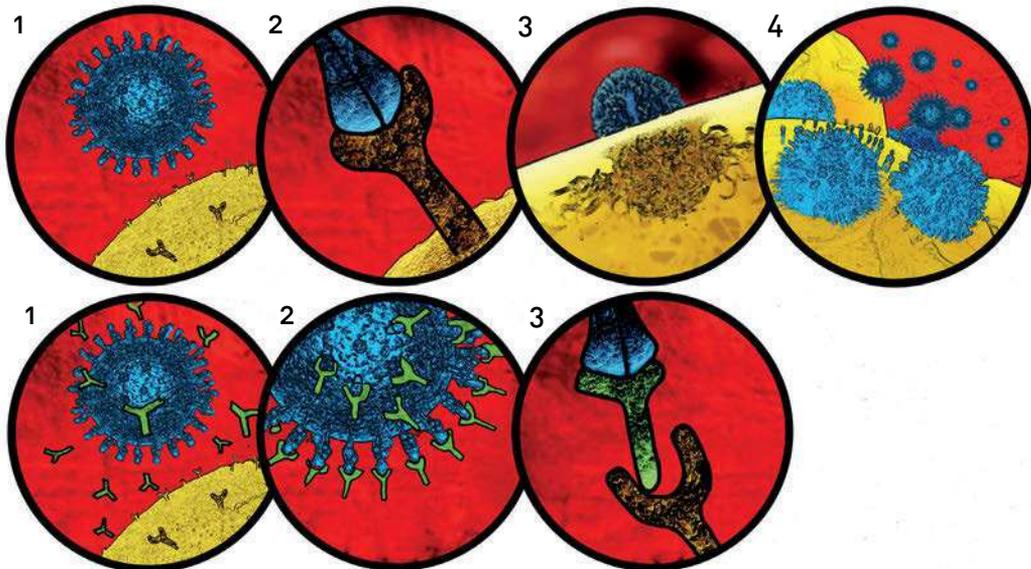
Alasan kanker sedemikian berbahaya adalah sel-sel kanker bersumber langsung dari sel-sel tubuh sendiri. Mereka adalah sel-sel kita sendiri, berubah sedikit. Ini berarti sistem kekebalan tubuh kesulitan mengenali sel-sel kanker sebagai benda asing. Itu juga berarti sangat sulit menemukan terapi yang membunuh kanker, sebab terapi apa pun yang bisa kita pikirkan—misalnya dengan racun—berkemungkinan membunuh juga sel-sel kita

sendiri yang sehat. Jauh lebih mudah membunuh bakteri, sebab sel-sel bakteri sangat berbeda dari sel-sel kita. Racun yang membunuh sel-sel bakteri namun tidak membunuh sel-sel kita sendiri disebut antibiotika. Kemoterapi meracuni sel-sel kanker, namun juga meracuni seluruh tubuh karena sel-sel kita sangatlah mirip. Bila dosis racun berlebihan, kita mungkin membunuh kanker, namun pasien yang malang akan tewas terlebih dahulu.

Kita kembali ke masalah yang sama yaitu menyeimbangkan antara menyerang musuh sesungguhnya (sel-sel kanker) dan tidak menyerang teman (sel-sel normal kita sendiri): kembali lagi ke masalah macan tutul di antara rerumpunan panjang.

Izinkan saya mengakhiri bab ini dengan spekulasi. Mungkinkah penyakit-penyakit oto-imun merupakan semacam produk sampingan perang evolusi selama bergenerasi-generasi melawan kanker? Sistem kekebalan memenangkan banyak pertempuran melawan sel-sel pra-kanker, menekan sel-sel itu sebelum punya kesempatan menjadi ganas sepenuhnya. Pemikiran yang saya ajukan adalah, di tengah kewaspadaan terus-menerus melawan sel-sel pra-kanker, sistem kekebalan tubuh terkadang berbuat kelewatan dan menyerang jaringan yang tidak membahayakan, menyerang sel-sel milik tubuh sendiri—dan kita menyebutnya penyakit kekebalan oto-imun. Mungkinkah penjelasan bagi penyakit-penyakit oto-imun adalah bahwa mereka merupakan bukti kerja evolusi yang masih berlangsung untuk membangun senjata efektif melawan kanker?

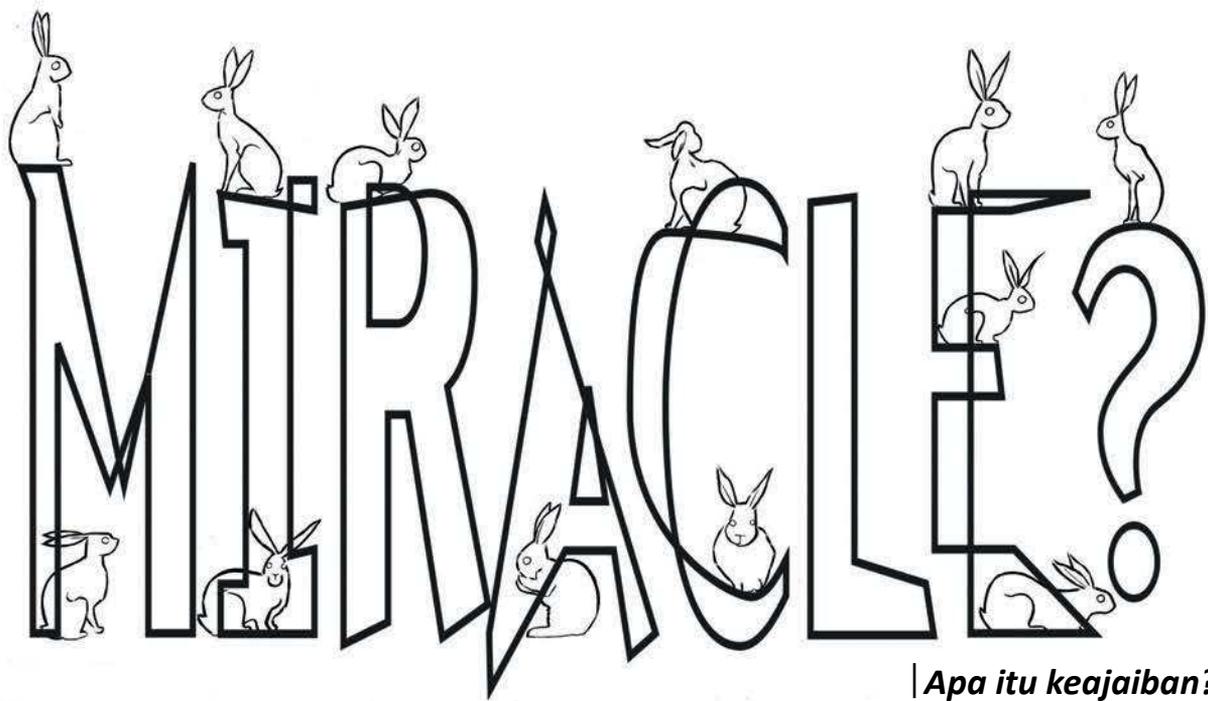
Bagaimana menurut Anda?



12

What is a





| Apa itu keajaiban?

DALAM BAB pertama buku ini, saya membicarakan soal sihir, dan membedakan sihir supranatural (merapal mantra untuk mengubah katak menjadi pangeran, atau menggosok-gosok lampu ajaib untuk memanggil jin) dari trik sulap (ilusi, misalnya sapu tangan sutra berubah menjadi kelinci, atau perempuan digergaji menjadi dua). Tidak seorang pun pada masa kini yang percaya pada sihir ala kisah dongeng. Semua tahu bahwa labu berubah menjadi kereta hanya dalam dongeng *Cinderella*. Dan kita semua tahu bahwa kelinci keluar dari topi yang tampaknya kosong hanyalah tipuan. Namun ada sejumlah kisah supranatural yang masih dianggap serius, dan “peristiwa-peristiwa” yang dituturkan di dalamnya kerap kali disebut mukjizat. Bab ini membahas soal mukjizat dan keajaiban—kisah-kisah peristiwa supranatural yang dipercayai banyak orang, bertentangan dengan mantra dalam dongeng, yang tidak dipercayai siapa pun, dan trik sulap, yang terlihat seperti sihir namun kita tahu hanya bohong.

Sejumlah kisah ini merupakan cerita hantu, legenda urban menyeramkan, atau cerita-cerita

tentang kebetulan misterius—cerita-cerita seperti, “Aku mimpi mengenai seorang selebritas yang tidak pernah kupikirkan selama bertahun-tahun, dan tahu-tahu pagi berikutnya aku dapat kabar dia meninggal malam sebelumnya.” Banyak lagi kisah supranatural yang datang dari ratusan agama di seluruh penjuru dunia, dan kisah-kisah ini secara khusus kerap disebut mukjizat. Satu contohnya saja, ada legenda bahwa, sekitar 2.000 tahun silam, seorang pengkhotbah pengelana Yahudi bernama Yesus hadir dalam suatu pesta pernikahan, dan minuman anggur dalam pesta tersebut telah habis. Maka Yesus pun meminta dibawakan air dan menggunakan kekuatan mukjizat untuk mengubahnya menjadi minuman anggur—yang berkualitas sangat baik, masih menurut cerita itu. Orang-orang yang menertawakan gagasan bahwa labu bisa berubah menjadi kereta kuda, dan yang tahu dengan pasti bahwa sputangan sutera tidak benar-benar berubah menjadi kelinci, senang-senang saja percaya bahwa seseorang yang bernubuat benar-benar mengubah air menjadi anggur atau, dalam kepercayaan lain, terbang ke langit di atas kuda bersayap.



Rumor, kebetulan, dan kisah-kisah yang dilebih-lebihkan

Biasanya sewaktu mendengar kisah keajaiban, sumber kita bukanlah saksi mata, melainkan seseorang yang mendengarnya dari seseorang lain, yang mendengarnya dari seseorang lain, yang mendengarnya dari sepupunya teman istri orang lain... dan kisah apa pun, kalau sudah diteruskan dari mulut ke mulut oleh cukup banyak orang, menjadi membingungkan. Sumber asli kisah itu sendiri kerap kali adalah rumor yang dimulai dahulu sekali dan telah menjadi sedemikian terdisorsi akibat penceritaan ulang sehingga nyaris mustahil menebak peristiwa sungguhan apa yang memulainya—kalau memang ada.

Setelah kematian nyaris setiap orang terkenal, baik itu pahlawan ataupun penjahat, kisah-kisah mengenai orang yang melihat mereka masih hidup

pun mulai menyebar ke seluruh dunia. Ini terjadi bagi Elvis Presley, Marilyn Monroe, dan bahkan Adolf Hitler. Sulit mengetahui mengapa orang senang meneruskan rumor-rumor semacam itu sewaktu mendengarnya, namun faktanya memang mereka melakukannya, dan ini merupakan salah satu alasan besar mengapa rumor tersebar.

Ini ada contoh yang cukup baru mengenai bagaimana rumor bermula. Tak lama setelah kematian penyanyi populer Michael Jackson pada 2009, awak satu stasiun televisi Amerika diiringi pemandu mengunjungi rumahnya yang terkenal, Neverland. Dalam salah satu adegan dalam film yang mereka produksi, orang-orang mengira mereka melihat hantu Michael di ujung satu koridor panjang. Saya sudah tonton rekamannya, dan adegan itu sangat tidak meyakinkan; tapi itu sudah cukup untuk memulai rumor liar yang



lantas menyebar ke mana-mana.

Hantunya Michael Jackson bergentayangan! Dengan segera banyak yang mengaku-ngaku melihat hantunya juga. Misalnya, di halaman sebelah ada foto permukaan mengilap satu mobil yang dibuat oleh sang pemilik mobil. Bagi Anda dan saya, terutama bila kita bandingkan 'wajah' yang katanya ada di kap mobil dengan awan-awan di kedua sisinya, jelaslah bahwa apa yang kita lihat adalah pantulan awan. Namun bagi daya khayal penggemar fanatik yang kelewat berapi-api, pastilah itu hantu Michael Jackson, dan gambar itu telah dilihat lebih daripada 15 juta kali di YouTube!

Sebenarnya, ada sesuatu yang menarik di sini, yang patut disinggung. Manusia merupakan hewan sosial, sehingga otak manusia terprogram untuk melihat wajah manusia-manusia lain, bahkan ketika sebenarnya tidak ada wajah. Inilah mengapa orang sering sekali membayangkan mereka melihat wajah di pola-pola acak yang terbentuk di awan, atau irisan roti, atau bercak-bercak basah di dinding.

Kisah-kisah hantu yang membikin bulu roma merinding asyik untuk diceritakan, terutama bila kisah tersebut benar-benar seram, dan terlebih lagi bila kita katakan bahwa kisah itu sungguhan. Sewaktu saya berusia delapan tahun, keluarga saya untuk waktu singkat tinggal di rumah yang disebut Cuckoos, yang berusia sekitar 400 tahun, dengan kasau-kasau hitam bengkok dari zaman Tudor. Tidaklah mengherankan, ada legenda di rumah itu tentang seorang pendeta yang telah lama wafat dan hantunya bersembunyi dalam satu lorong rahasia. Ada kisah bahwa kita bisa mendengar suara langkah kakinya di tangga, namun dengan tambahan bahwa kita bisa mendengar bunyinya kelebihan satu langkah—yang dengan menyeramkan dijelaskan oleh fakta bahwa konon tangga itu memiliki satu anak tangga lebih banyak pada abad keenambelas! Saya ingat rasa senang sewaktu menyampaikan kisah itu ke teman-teman sekolah saya. Tidak pernah terpikir oleh saya untuk menanyakan seberapa kuat bukti untuk kisah ini. Cukuplah bahwa rumah itu tua, dan teman-teman saya terkesan.

Orang mendapatkan kesenangan tersendiri dari meneruskan kisah-kisah hantu. Hal yang sama berlaku bagi kisah-kisah keajaiban. Bila rumor tentang keajaiban dituliskan dalam kitab, rumor itu menjadi sulit dibuktikan kebenarannya, apalagi kalau kitab itu sudah kuno. Bila sudah berusia





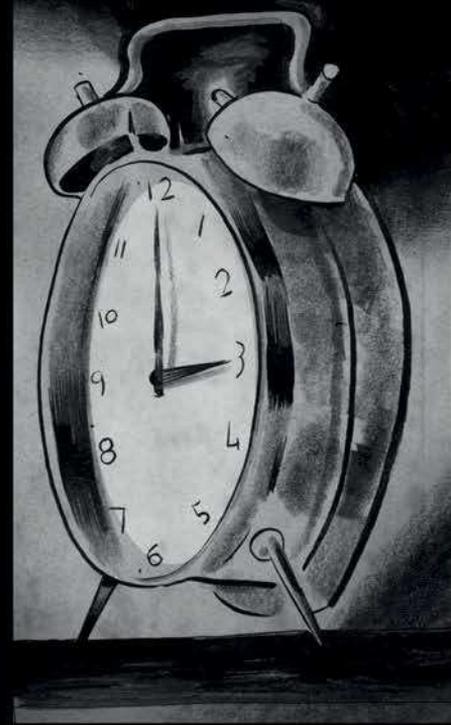
cukup tua, suatu rumor mulai diganti sebutannya menjadi “tradisi”, dan orang-orang pun menjadi semakin memercayainya. Ini agak aneh, karena mungkin kita pikir orang-orang akan menyadari bahwa rumor yang lebih tua telah melalui waktu yang cukup panjang untuk mengalami distorsi daripada rumor yang lebih baru, yang lebih dekat waktunya dengan peristiwa-peristiwa yang konon terjadi itu sendiri. Elvis Presley dan Michael Jackson meninggal belum terlalu lama sehingga belum sempat ada tradisi mengenai mereka yang bertumbuh, sehingga tidak banyak orang yang percaya kisah-kisah seperti “Elvis terlihat di Mars”. Namun mungkin 2.000 tahun lagi...?

Bagaimana dengan kisah-kisah aneh yang dituturkan orang-orang tentang memimpikan seseorang yang sudah bertahun-tahun tidak mereka temui atau pikirkan, kemudian ketika bangun pagi mereka mendapati ada surat dari orang itu di keset? Atau ketika bangun mereka mendengar atau membaca bahwa orang itu meninggal malam sebelumnya? Anda sendiri mungkin pernah punya pengalaman seperti itu. Bagaimana kita menjelaskan kebetulan-kebetulan seperti itu?

Yah, penjelasan yang paling masuk akal adalah peristiwa-peristiwa itu tak lebih daripada itu: kebetulan, titik. Poin kuncinya adalah kita hanya repot-repot menceritakan kisah ketika terjadi

kebetulan yang aneh—tapi kalau biasa-biasa saja, kita tidak cerita-cerita. Tidak ada yang pernah mengatakan, “Semalam saya memimpikan soal paman yang sudah bertahun-tahun tidak saya jumpai, dan kemudian saya bangun dan mendapati bahwa *malam itu dia tidak meninggal!*”

Semakin menyeramkan kebetulannya, semakin mungkin kabar mengenainya menyebar. Terkadang efeknya sedemikian luar biasa bagi seseorang yang lantas mengirimkan surat ke surat kabar. Barangkali dia bermimpi, untuk pertama kalinya, tentang seorang aktris zaman dahulu yang pernah terkenal namun sudah lama tidak terdengar kabarnya, kemudian saat bangun mendapat berita bahwa aktris tersebut meninggal malam sebelumnya. “Kunjungan selamat tinggal” dalam mimpi—betapa menyeramkan! Namun pikirkan dulu sejenak apa yang sebenarnya telah terjadi. Agar suatu kebetulan dilaporkan di surat kabar, cukup satu orang saja yang mengalaminya di antara jutaan pembaca yang bisa menulis ke surat kabar itu. Bila kita pertimbangkan Britania saja, sekitar 2.000 orang meninggal dunia setiap harinya, dan pastilah ada ratusan juta mimpi setiap malam. Bila Anda pikirkan seperti itu, kita secara positif bisa duga bahwa kapan pun, ada saja orang yang bangun pagi dan mendapati bahwa orang yang dia mimpikan ternyata berpulang semalam.

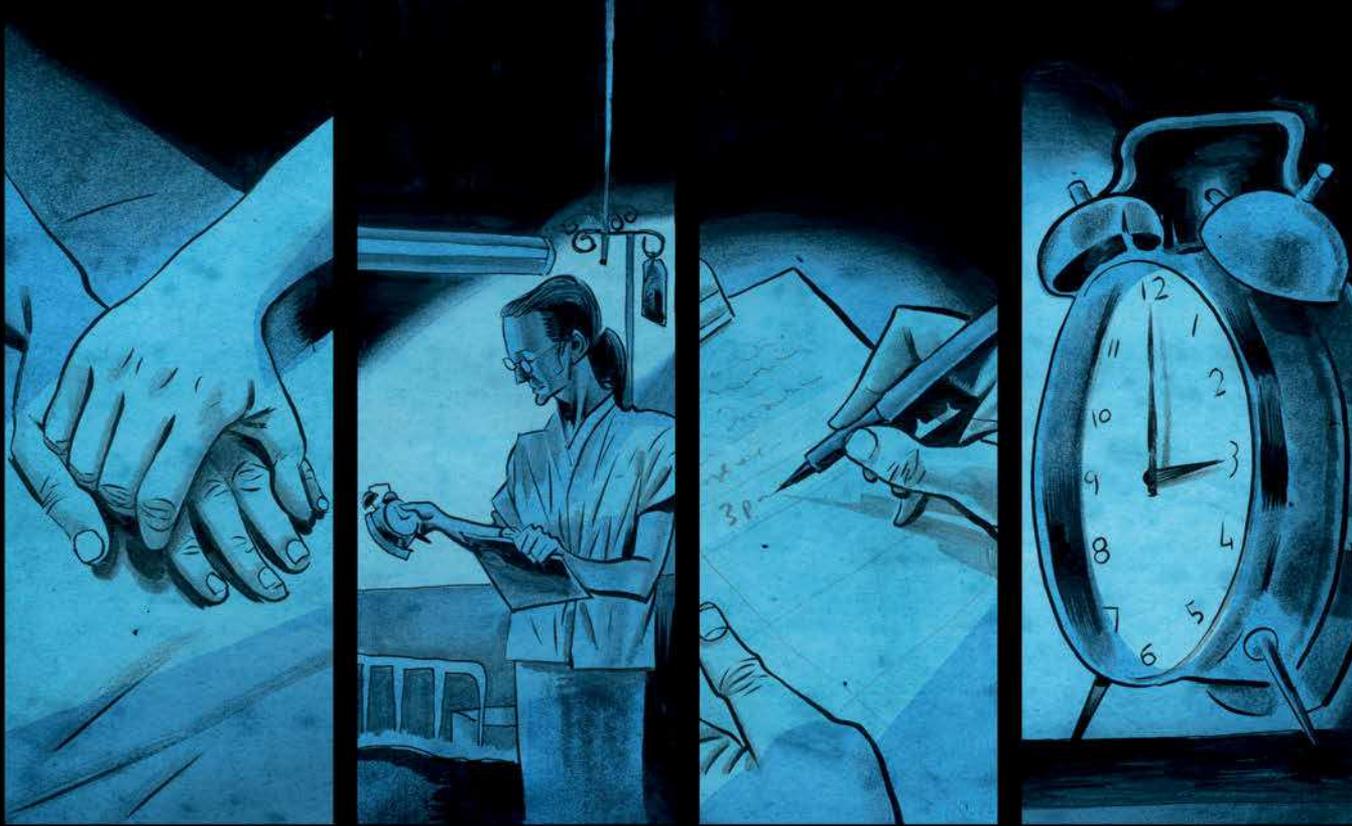


Hanya merekalah yang mengirimkan kisah ke surat kabar.

Satu lagi hal yang terjadi adalah suatu kisah berkembang sewaktu dituturkan dan dituturkan ulang. Orang-orang sangat menikmati kisah yang asyik sehingga mereka menambah-nambahinya agar menjadi sedikit lebih bagus daripada versi yang mereka dengar. Sungguh menyenangkan membuat orang merinding sehingga kita lebih-lebihkin kisah itu—sedikit saja, agar lebih berwarna—dan kemudian orang berikutnya yang meneruskan cerita itu melebih-lebihkannya sedikit lagi, dan seterusnya. Misalnya, setelah terbangun dan mendapati bahwa seseorang yang terkenal meninggal malam sebelumnya, Anda mungkin mencari tahu tepatnya jam berapa dia meninggal. Jawabannya yang Anda terima mungkin, “Oh, pastilah kira-kira jam tiga pagi.” Kemudian Anda berpikir bahwa Anda mungkin saja memimpikan dia *sekitar* pukul tiga pagi. Dan sebelum Anda sadar ada di mana, “kira-kira” dan

“sekitar” sudah terhapuskan dari kisah itu, yang diedarkan berkeliling sampai berubah menjadi: “Dia meninggal *tepat* pada pukul 3 pagi, dan itu tepat ketika cucu istri teman sepupu saya bermimpi tentang dia.”

Terkadang kita sebenarnya bisa menemukan dengan tepat penjelasan atas suatu kebetulan yang janggal. Seorang ilmuwan besar Amerika yang bernama Richard Feynman secara tragis kehilangan istrinya akibat kanker, dan jam di kamar istrinya berhenti tepat saat sang istri mengembuskan napas terakhir. Bikin merinding! Namun Dr. Feynman disebut ilmuwan besar karena ada alasannya. Dia menemukan penjelasan yang sebenarnya. Jam itu tidak sempurna. Bila kita angkat dan miringkan, jam itu biasanya berhenti. Sewaktu Ny. Feynman meninggal dunia, perawat perlu mencatat waktunya untuk dimasukkan ke akte kematian resmi. Ruang tempat Ny. Feynman dirawat agak gelap, maka sang perawat pun mengangkat jam itu dan memiringkannya ke arah jendela agar bisa



membaca angkanya. Dan pada saat itulah jam itu berhenti. Bukan mukjizat sama sekali, hanya mekanisme yang tidak sempurna.

Bahkan sekalipun tidak ada penjelasan semacam itu, bahkan sekalipun pegas jam itu benar-benar melambat dan berhenti tepat pada saat Ny. Feynman berpulang, kita tidak seharusnya terkejut sama sekali. Tidak diragukan lagi pada saat kapan pun, setiap siang ataupun malam, ada cukup banyak jam di Amerika yang berhenti. Dan cukup banyak orang yang meninggal dunia setiap hari. Mengulangi poin saya sebelumnya, kita tidak repot-repot menyebarkan “berita” bahwa “Jamku berhenti tepat pada pukul 4.50 sore, dan (percaya tidak?) *tidak ada yang meninggal*.”

Salah seorang tukang tipu yang saya sebutkan di bab mengenai sihir pernah berpura-pura dia bisa membuat arloji berjalan kembali melalui “kekuatan pikiran”. Dia biasanya mengajak pemirsa acara televisinya yang berjumlah banyak untuk pergi mengambil arloji tua rusak mana pun di rumah mereka dan memegangnya di tangan mereka sementara dia mencoba membuat arloji itu berjalan kembali dari jauh dengan kekuatan pikiran. Nyaris seketika, telepon

di studio akan berdering, dan satu suara yang terengah-engah di ujung lain akan mengumumkan, dengan nada terkesima, bahwa arlojinya mulai berjalan lagi.

Sebagian penjelasannya mungkin serupa dengan penjelasan kasus Ny. Feynman. Barangkali hal ini tidak berlaku untuk kebanyakan arloji digital modern, namun untuk arloji-arloji lama yang masih menggunakan pegas, semata-mata mengangkat arloji yang berhenti terkadang bisa membuat arloji itu berjalan lagi, sebab gerakan yang mendadak itu mengaktifasi roda keseimbangan pegas arloji. Hal ini dapat terjadi dengan lebih mudah bila arloji itu dihangatkan, dan panas dari tangan seseorang bisa jadi cukup untuk itu—tidak sering, tapi tidak perlu sering bila ada 10.000 orang, di seluruh penjuru negara, mengangkat arloji mereka yang mati, barangkali mengguncangnya, dan menggenggamnya dalam tangan yang hangat. Hanya satu di antara 10.000 arloji itu yang perlu berjalan kembali agar si pemilik menelepon untuk menyampaikan kabar itu dengan ketakjuban luar biasa dan membuat seluruh pemirsa televisi terkesan. Kita tidak pernah dengar soal ke-9.999 arloji yang tidak berjalan lagi.



Cara yang bagus untuk memikirkan keajaiban

Ada seorang pemikir Skotlandia terkenal pada abad kedelapanbelas bernama David Hume, yang menyampaikan pendapat cerdas mengenai keajaiban. Dia mulai dengan mendefinisikan keajaiban sebagai “transgresi” (atau pelanggaran) hukum alam. Berjalan di atas air, atau mengubah air menjadi anggur, menghentikan atau membuat jam berjalan kembali semata dengan kekuatan pikiran, atau mengubah katak menjadi pangeran, adalah contoh-contoh bagus pelanggaran hukum alam. Keajaiban seperti itu akan sangat mengganggu bagi sains, karena alasan-alasan yang saya jabarkan di bab mengenai sihir. Mengganggu *bila* memang terjadi! Jadi, bagaimana seharusnya kita menanggapi kisah-kisah tentang mukjizat? Inilah pertanyaan yang dikulik oleh Hume; dan jawabannya adalah poin cerdas yang saya singgung sebelumnya.

Bila Anda ingin tahu kata-kata Hume sebenarnya, ini dia, namun Anda harus ingat bahwa dia menuliskannya dua abad lalu, dan gaya bahasa Inggris telah berubah sejak saat itu.

Tidak ada kesaksian yang cukup untuk memantapkan keajaiban, terkecuali kesaksian itu tergolong jenis yang kepalsuannya lebih merupakan keajaiban daripada fakta yang kesaksian itu coba mantapkan.

Coba saya jabarkan poin Hume dalam kata-kata lain. Bila John menuturkan kisah tentang keajaiban kepada Anda, Anda hanya bisa mempercayainya jika lebih tak masuk akal apabila keajaiban tersebut ternyata bohong (atau salah, atau hanya ilusi). Misalnya, Anda mungkin mengatakan, “Saya percaya John segenap jiwa-raga, dia *tidak pernah* berbohong, *ajaib* betul bila John sampai berbohong.” Itu boleh-boleh saja, namun Hume akan mengatakan sesuatu seperti ini: “Betapapun kecil kemungkinan John berbohong, apakah betul-betul *lebih* kecil kemungkinannya daripada keajaiban yang kata John dia lihat?” Anggaplah John mengaku dia melihat sapi melompati Bulan. Tidak peduli seberapa bisa dipercaya dan jujurnya John biasanya, gagasan bahwa dia berbohong (atau semata berhalusinasi) tidak seajaib sapi yang secara harfiah melompati bulan. Jadi Anda seharusnya



condong ke penjelasan bahwa John berbohong (atau keliru).

Itu contoh yang ekstrem dan khayali. Mari ambil contoh sesuatu yang betul-betul terjadi, untuk melihat bagaimana gagasan Hume dipraktikkan. Pada 1917, dua anak Inggris yang bersepepu, bernama Frances Griffiths dan Elsie Wright, memotret apa yang mereka sebut merupakan peri. Di atas ada salah satu foto mereka, menunjukkan Elsie berpose bersama “peri-peri”-nya.

Anda mungkin berpikir foto itu kelihatan jelas betul bohongnya, namun pada saat itu, ketika fotografi masih merupakan hal baru, bahkan pengarang tenar Sir Arthur Conan Doyle, pencipta Sherlock Holmes yang terkenal tak bisa ditipu, termakan oleh tipuan itu, dan demikian pula cukup banyak orang lainnya. Bertahun-tahun kemudian, ketika Frances dan Elsie sudah lanjut usia, mereka pun membuka rahasia dan mengaku bahwa “peri-peri” itu terbuat dari potongan karton. Namun marilah kita berpikir seperti Hume, dan menentukan mengapa Conan Doyle dan orang-orang lain seharusnya tidak perlu sampai termakan

tipuan seperti itu. Mana di antara dua kemungkinan ini yang lebih ajaib, seandainya benar?

1. Benar-benar ada peri, orang-orang bertubuh kecil dan bersayap, beterbangan di antara bebungaan.
2. Elsie dan Frances mengarang-ngarang saja, dan membuat foto-foto palsu itu.

Tidak susah, kan? Anak-anak berpura-pura sepanjang waktu, dan berpura-pura begitu mudah dilakukan. Bahkan sekalipun berpura-pura itu susah; bahkan sekalipun Anda rasa Anda sangat kenal Elsie dan Frances, dan mereka selama ini selalu jujur, tidak akan pernah berpikir untuk menipu; bahkan sekalipun kedua gadis itu telah diberi obat yang bisa membuat mereka berkata jujur, dan berhasil lolos melalui uji pendeteksi-kebohongan; bahkan sekalipun semua itu berarti sungguh *ajaib* bila keduanya berbohong, apa yang akan dikatakan Hume? Dia akan berkata bahwa “keajaiban” mereka berbohong masih merupakan keajaiban *yang lebih kecil* daripada bila peri-peri yang mereka coba tunjukkan itu benar-benar ada.



Elsie dan Frances tidak menyebabkan bahaya gawat apa-apa dengan tipuan mereka, dan bahkan sebenarnya lucu juga karena mereka berhasil membodohi Conan Doyle yang hebat. Namun tipuan-tipuan semacam itu oleh anak-anak muda terkadang bukanlah hal yang bisa ditertawakan—itu ungkapan halusnyanya. Pada abad ketujuhbelas, di desa di New England bernama Salem, sekelompok gadis muda menjadi terobsesi secara histeris terhadap “tukang tenung”, dan mulai membayangkan, atau mengarang-ngarang, berbagai macam hal yang, sayangnya, dipercayai oleh orang-orang dewasa dalam masyarakat mereka yang amat percaya takhayul. Banyak perempuan yang lebih tua, dan juga sejumlah laki-laki, dituduh sebagai tukang tenung yang berkomplot dengan iblis, dan mem mantrai gadis-gadis itu, yang mengatakan mereka pernah melihat orang-orang yang dituduh itu terbang di udara, atau melakukan hal-hal aneh lain yang dipercaya luas dilakukan tukang tenung. Akibatnya sangatlah gawat: kesaksian gadis-gadis itu menyebabkan nyaris dua puluh orang digantung. Seorang laki-laki bahkan berdasarkan perintah resmi digencet di bawah batu, kejadian mengerikan yang menimpa seseorang yang tidak bersalah,

semata gara-gara sekelompok gadis mengarang-ngarang cerita mengenai dia. Tak pelak lagi saya bertanya-tanya mengapa gadis-gadis melakukan hal itu. Apakah mereka mencoba membuat sesamanya terkesan? Apakah kelakuan mereka itu agak mirip dengan “penindasan lewat internet” keji pada masa kini melalui surat elektronik dan situs-situs jejaring sosial? Ataukah mereka betul-betul mempercayai cerita bohong mereka sendiri?

Mari kembali lagi ke kisah-kisah mengenai keajaiban secara umum, dan bagaimana bermulanya. Barangkali contoh paling terkenal gadis-gadis yang mengatakan hal-hal aneh dan malah dipercaya adalah apa yang katanya adalah mukjizat di Fatima. Pada 1917, di Fatima, Portugal, seorang gadis penggembala berusia sepuluh tahun bernama Lucia, ditemani dua sepupu kecilnya, Francisco dan Jacinta, mengaku melihat penampakan di atas bukit. Ketiga anak itu mengatakan bukit itu dikunjungi seorang perempuan bernama “Perawan Maria” yang, walaupun sudah lama meninggal dunia, telah menjadi semacam dewi agama lokal. Menurut Lucia, arwah Maria berbicara kepadanya dan memberitahukan kepadanya dan kedua anak lain bahwa dia akan terus kembali pada tanggal



13 setiap bulan sampai 13 Oktober, ketika dia akan menghadirkan mukjizat untuk membuktikan bahwa dia betul-betul Perawan Maria. Desas-desus mengenai mukjizat yang ditunggu-tunggu itu menyebar ke seluruh Portugal, dan pada hari yang ditetapkan itu, kerumunan raksasa yang terdiri atas lebih daripada 70.000 orang konon berkumpul di tempat tersebut. Mukjizat itu, ketika terjadi, melibatkan Matahari. Tuturan-tuturan tentang apa yang tepatnya terjadi pada Matahari berbeda-beda. Sebagian saksi mata berkata Matahari tampak “menari-nari”, bagi yang lain Matahari berputar-putar bagaikan roda Santa Katarina. Klaim yang paling dramatis adalah

...Matahari seolah melepaskan diri dari langit dan menghunjam ke arah orang banyak yang ketakutan... Tepat ketika seolah bola api itu nyaris menimpa dan menghancurkan mereka, mukjizat itu berhenti, dan Matahari kembali ke tempatnya yang normal di langit, bersinar damai seperti biasanya.

Nah, menurut kita apa yang sebenarnya terjadi? Betulkah ada mukjizat di Fatima? Betulkah

arwah Maria benar-benar muncul? Untungnya, Maria tidak terlihat oleh siapa pun kecuali Lucia dan kedua sepupunya, jadi bagian cerita yang itu tidak perlu kita pertimbangkan dengan serius. Namun mukjizat Matahari yang bergerak itu konon disaksikan oleh 70.000 orang, jadi apa yang bisa kita katakan soal itu? Apakah Matahari betul-betul bergerak (ataukah Bumi bergerak relatif terhadapnya, sehingga Matahari seolah-olah bergerak)? Marilah kita berpikir seperti Hume. Ada tiga kemungkinan untuk ditelaah.

1. Matahari betul-betul bergerak di langit dan jatuh menghunjam ke arah kerumunan yang ketakutan, sebelum kembali ke posisinya semula. (Atau Bumi mengubah posisi rotasinya, sedemikian rupa sehingga terlihat seolah-olah Matahari bergerak.)
2. Matahari maupun Bumi tidak ada yang bergerak, dan 70.000 orang secara bersamaan mengalami halusinasi.
3. Tidak ada apa pun yang terjadi, dan keseluruhan insiden itu dilaporkan dengan keliru, dibesar-besarkan, atau semata dikarang-karang.



Mana di antara kemungkinan-kemungkinan itu yang menurut Anda paling masuk akal? Ketiganya tampak mustahil. Namun jelas Kemungkinan 3 adalah yang paling tidak berlebihan, yang paling tidak pantas disebut mukjizat. Untuk menerima Kemungkinan 3 kita hanya harus percaya bahwa ada seseorang yang berbohong melaporkan bahwa 70.000 orang melihat Matahari bergerak, dan kebohongan itu diulang-ulangi dan disebarkan, seperti legenda urban populer mana pun yang bertebaran di internet kini. Kemungkinan 2 lebih mustahil lagi. Kita harus percaya bahwa 70.000 orang secara bersamaan mengalami halusinasi yang melibatkan Matahari. Agak berlebihan. Namun bagaimanapun tampak kecilnya kemungkinan itu—nyaris bagai mukjizat—Kemungkinan 2, tetap saja jauh lebih kecil keajaibannya daripada Kemungkinan 1.

Matahari terlihat di semua tempat yang masih siang di separo dunia, bukan hanya di satu kota Portugal. Bila betul Matahari bergerak, jutaan orang di seluruh belahan dunia itu—bukan hanya di Fatima—pastilah sudah ketakutan setengah mati. Sebenarnya kemustahilan Kemungkinan 1

lebih daripada itu. Bila Matahari betul-betul *telah* bergerak dengan kecepatan yang dilaporkan—”jatuh menghunjam” ke arah kerumunan—atau bila terjadi sesuatu yang cukup mengubah perputaran Bumi sehingga seolah-olah Matahari bergerak dengan kecepatan sedahsyat itu—pastilah kita sudah mengalami bencana. Entah itu Bumi terlontar dari orbitnya dan kini merupakan batu dingin tanpa kehidupan yang melesat dalam kekosongan yang gelap, atau kita terempas ke Matahari dan terpanggang matang. Ingatlah dari Bab 5 bahwa Bumi berputar pada kecepatan beratus-ratus kilometer per jam (1.600 kilometer per jam bila diukur di khatulistiwa), namun pergerakan Matahari tetap saja terlalu lambat untuk kita lihat, sebab letaknya sangatlah jauh. Bila Matahari dan Bumi mendadak bergerak relatif terhadap satu sama lain dengan cukup cepat sehingga sekerumunan orang bisa melihat Matahari “jatuh menghunjam” ke arah mereka, pergerakan yang sesungguhnya pastilah ribuan kali lebih cepat daripada biasa dan itu benar-benar berarti kiamat.

Katanya, Lucia meminta hadirin untuk menatap ke Matahari. Itu tindakan yang luar biasa

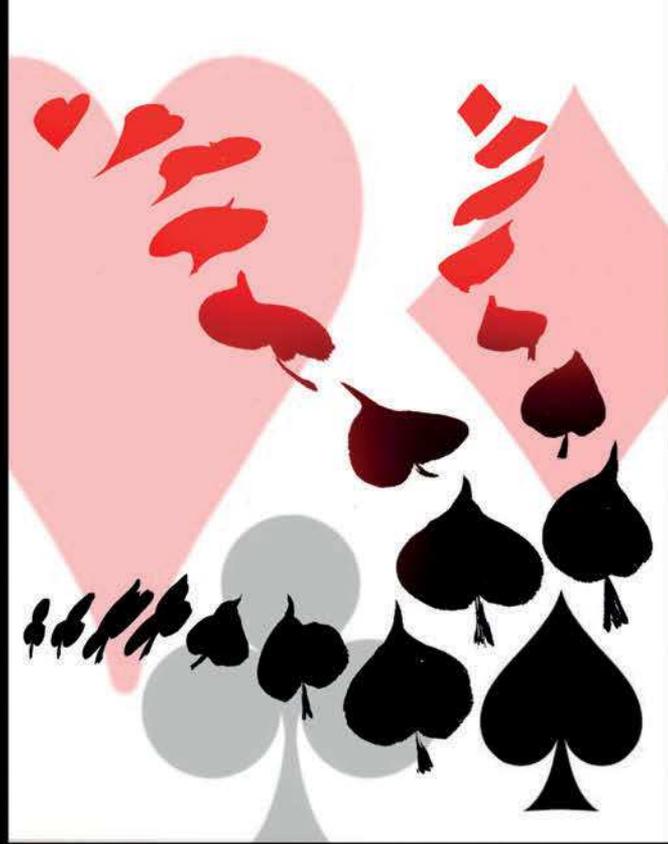


bodoh, sebenarnya, sebab bisa merusak mata secara permanen. Memandang langsung Matahari juga bisa memicu halusinasi seolah Matahari bergerak-gerak di langit. Bahkan bila hanya satu orang yang berhalusinasi, atau berbohong melihat Matahari bergerak, dan memberitahukan kepada seorang lain, yang memberitahukan kepada seorang lain, yang memberitahukan kepada banyak orang lain, yang masing-masing memberitahukan kepada banyak orang lain... itu sudah cukup untuk memulai rumor laris. Pada akhirnya salah satu orang yang mendengar rumor itu akan menuliskannya. Namun Hume tak mempermasalahkan apakah itu yang sesungguhnya terjadi atau bukan. Yang penting adalah, bagaimanapun mustahil atau tidaknya 70.000 saksi mata bisa salah, itu masih jauh kalah mustahil daripada Matahari bergerak seperti yang dijabarkan.

Hume tidak blak-blakan mengatakan keajaiban itu mustahil. Dia hanya meminta kita memikirkan mukjizat sebagai suatu peristiwa yang kecil kemungkinannya—peristiwa yang kemungkinan kecilnya bisa diperkirakan. Perkiraan itu tidak harus pasti. Cukuplah bahwa kemungkinan keajaiban

yang konon terjadi bisa ditempatkan secara kasar di semacam skala, dan kemudian dibandingkan dengan alternatifnya, misalnya halusinasi, atau kebohongan.





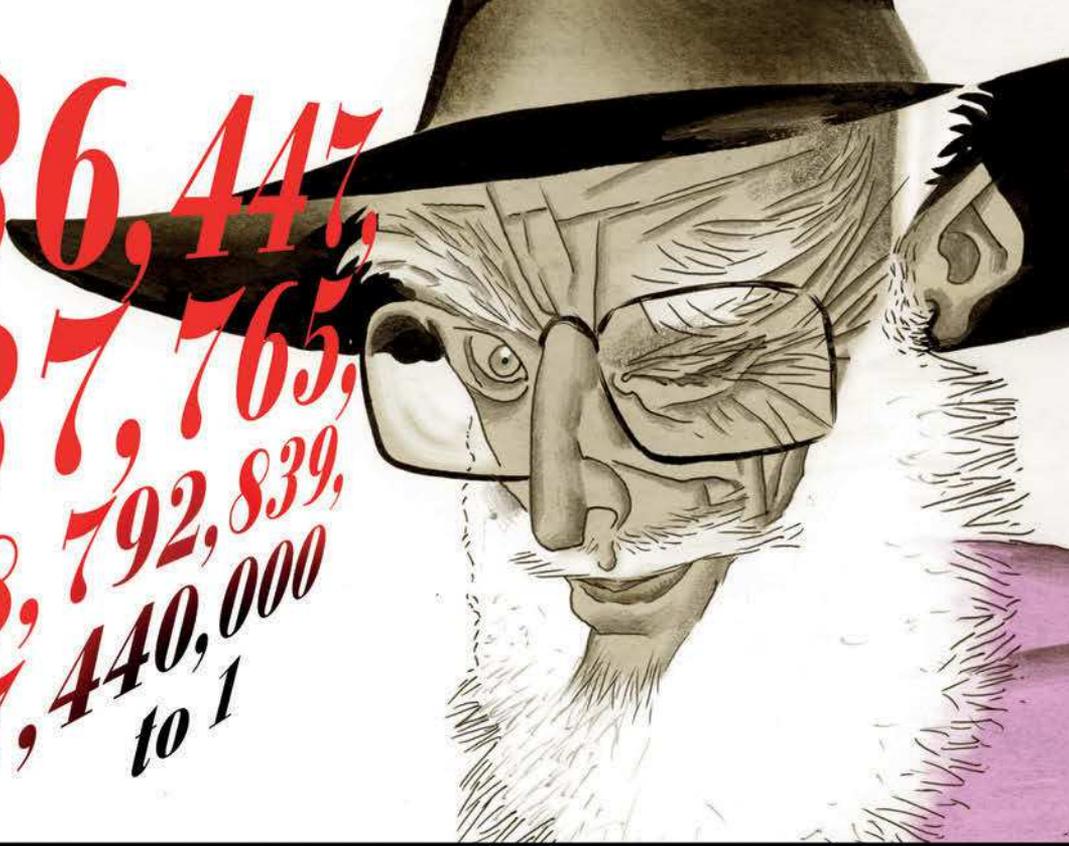
Mari kembali ke permainan kartu yang saya omongkan di bab pertama. Anda ingat bahwa kita membayangkan empat pemain masing-masing mendapatkan pembagian kartu yang sama semua gambarnya: Keriting semua, Hati semua, Sekop semua, Wajik semua. Bila itu benar-benar terjadi, bagaimana seharusnya anggapan kita tentangnya? Lagi-lagi, kita bisa menuliskan tiga kemungkinan.

1. Ada semacam mukjizat supranatural, ditimbulkan oleh seorang penyihir, tukang tenung, orang sakti, atau dewa dengan kekuatan istimewa, yang melanggar hukum-hukum sains sedemikian rupa sehingga mengubah semua hati, keriting, wajik, dan sekop kecil pada kartu-kartu itu, sehingga semuanya berposisi sempurna saat dikocok.
2. Itu adalah kebetulan luar biasa. Kocokan kebetulan saja menghasilkan pembagian kartu yang sempurna.
3. Seseorang telah melakukan trik sulap yang cerdas, barangkali menggantikan tumpukan

kartu yang kita lihat dikocok di depan mata kita dengan tumpukan kartu yang sudah dikerjai, yang dia sembunyikan dalam lengan bajunya.

Sekarang, bagaimana menurut Anda, mengingat pesan Hume? Masing-masing kemungkinan itu mungkin tampaknya sulit dipercaya. Namun Kemungkinan 3 sejauh ini adalah yang paling mudah dipercaya. Kemungkinan 2 bisa terjadi, namun kita telah menghitung seberapa kecil kemungkinannya, dan memang sangat sangat kecil: 536.447.737.765.488. 792.839.237.440.000 berbanding 1. Kita tidak bisa menghitung probabilitas Kemungkinan 1 sampai setepat itu, tapi pikirkan saja: suatu kekuatan atau gaya, yang tak pernah ditunjukkan sepenuhnya dan yang tidak dipahami seorang pun, memanipulasi tinta cetak merah dan hitam pada lusinan kartu secara bersamaan. Anda mungkin ragu-ragu menggunakan kata yang keras seperti “mustahil”, namun Hume tidak meminta Anda melakukan sesuatu: yang dia minta Anda lakukan hanyalah

536,447,
737,765,
488,792,839,
237,440,000
to 1



membandingkannya dengan alternatif-alternatif yang ada, yang dalam kasus ini terdiri atas trik sulap dan keberuntungan luar biasa. Bukankah kita semua pernah melihat trik sulap (yang ngomong-ngomong, memang sering melibatkan kartu) yang setidaknya-tidaknya sama membingungkannya dengan ini? Jelaslah penjelasan yang paling mungkin bagi pembagian kartu yang sempurna itu bukanlah murni keberuntungan, apalagi campur tangan ajaib terhadap hukum-hukum alam, melainkan trik oleh pesulap atau pemain yang tidak jujur.

Mari kita tengok satu lagi kisah mukjizat yang terkenal, yaitu yang saya sebutkan sebelumnya mengenai pengkhotbah bernama Yesus yang mengubah air menjadi anggur. Lagi-lagi, kita bisa susun daftar tiga jenis penjelasan yang mungkin.

1. Hal itu benar-benar terjadi. Air betul-betul berubah menjadi anggur.
2. Hal itu adalah trik sulap yang cerdas.
3. Tidak ada yang terjadi sama sekali. Semua itu hanya cerita, sekeping fiksi, yang dikarang oleh

seseorang. Atau ada suatu kesalahpahaman mengenai sesuatu yang betul-betul terjadi namun tidak seluarbiasa itu.

Saya pikir tidak ada banyak keraguan mengenai urutan besarnya kemungkinan di sini. Bila benar, Penjelasan 1 melanggar sejumlah asas sains paling dasar yang kita ketahui, untuk jenis alasan yang sama dengan yang kita temui di bab pertama sewaktu membicarakan soal labu dan kereta kuda, katak dan pangeran. Molekul-molekul air murni haruslah diubah menjadi campuran berbagai molekul, termasuk alkohol, tanin, berbagai jenis gula, dan beraneka ragam molekul lainnya. Penjelasan-penjelasan alternatifnya haruslah sangat lebih kecil kemungkinannya, bila yang satu ini yang dipilih sebagai yang paling mungkin di antara semuanya.

Mungkin saja itu trik sulap (trik yang jauh lebih cerdas daripada yang biasa dipertunjukkan di panggung dan televisi)—namun kalah mungkin daripada Penjelasan 3. Mengapa repot-repot mengusulkan soal trik sulap, mengingat betapa

kurangnya bukti bahwa peristiwa itu benar-benar terjadi? Bahkan mengapa terpikir soal trik sulap, kalau Penjelasan 3 sangat besar kemungkinannya, bila dibandingkan? Pastilah ada yang mengarang kisah itu. Manusia membuat cerita setiap saat. Itulah yang namanya fiksi. Oleh karena sangat mungkin kisah itu fiksi, kita tidak perlu merepotkan diri untuk memikirkan soal trik sulap, apalagi mukjizat sungguhan yang melanggar hukum-hukum sains dan membalikkan segala yang kita tahu dan pahami mengenai bagaimana alam semesta bekerja.

Dan nyatanya, kita tahu bahwa banyak fiksi telah dikarang-karang mengenai pengkhotbah yang bernama Yesus ini. Misalnya, ada lagu singkat yang merdu, berjudul *Cherry Tree Carol*, yang mungkin Anda pernah dengar atau nyanyikan. Lagu itu



adalah tentang Yesus ketika masih berada dalam rahim ibunya, Maria (yang ngomong-ngomong merupakan Maria yang sama dengan yang disebut-sebut dalam kisah Fatima), dan dia sedang berjalan bersama suaminya Yusuf di dekat sebuah pohon ceri. Maria menginginkan sejumlah ceri, namun buah pohon itu terlalu tinggi letaknya dan dia tidak bisa menggapainya. Yusuf sedang tidak berniat memanjat pohon, namun...

Maka berbicaralah bayi Yesus

Dari dalam rahim Maria:

“Membungkuklah, wahai dahan tertinggi,

Agar ibuku bisa dapat buahmu.

Membungkuklah, wahai dahan tertinggi,

Agar ibuku bisa dapat buahmu.

Maka dahan tertinggi pun membungkuk,

Sampai tersentuh tangan Maria.

Berserulah dia, “Oh, lihatlah, Yusuf,

Kudapatkan ceri yang menurut.”

Berserulah dia, “Oh, lihatlah, Yusuf,

Kudapatkan ceri yang menurut.”

Anda tidak akan temukan kisah pohon ceri itu di kitab suci kuno mana pun. Tidak seorang pun, secara harfiah tidak seorang pun yang berpengetahuan atau berpendidikan baik, menganggap lagu itu lebih daripada sekadar fiksi. Banyak orang yang berpikir kisah air menjadi anggur itu benar, namun semua setuju bahwa kisah pohon ceri itu fiksi. Kisah pohon ceri itu baru dikarang sekitar 500 tahun silam. Kisah air menjadi anggur berusia lebih tua. Kisah tersebut muncul dalam salah satu dari keempat Injil dalam agama Kristen (Injil Yohanes: kebetulan tidak ada di tiga Injil yang lain), namun tidak ada alasan untuk mempercayainya sebagai sesuatu yang tak lebih daripada kisah rekaan—hanya dibuat beberapa abad sebelum kisah mengenai pohon ceri. Keempat Injil itu, ngomong-ngomong, ditulis lama setelah terjadinya peristiwa-peristiwa yang mereka coba jabarkan, dan tidak ada satu pun yang ditulis oleh saksi mata. Maka bisalah kita simpulkan bahwa kisah air menjadi anggur itu adalah fiksi murni, sama seperti kisah pohon ceri.



Kita bisa katakan hal yang sama mengenai semua hal yang konon merupakan keajaiban, semua penjelasan “supranatural” untuk apa pun. Anggaplah terjadi sesuatu yang tidak kita pahami, dan kita tidak bisa menemukan bukti bahwa peristiwa itu adalah tipuan, sulap, atau kebohongan: bisakah kita simpulkan bahwa peristiwa itu bersifat supranatural? Tidak! Seperti yang saya jelaskan di Bab 1, itu akan mengakhiri semua diskusi atau penyelidikan lebih lanjut. Mendaku bahwa tidak akan pernah ada penjelasan alamiah yang *mungkin* adalah suatu kemalasan, bahkan ketidakjujuran. Jika kita nyatakan bahwa sesuatu yang aneh pastilah “supranatural”, kita bukan hanya mengatakan bahwa kita sekarang tidak memahaminya; kita menyerah dan mengatakan bahwa hal itu tidak akan pernah bisa dipahami.

Keajaiban hari ini, teknologi esok hari

Ada hal-hal yang tidak bisa dijelaskan bahkan oleh ilmuwan-ilmuwan terbaik masa kini. Namun itu bukan berarti kita harus memutus semua penyelidikan dengan beralih ke “penjelasan” palsu yang membawa-bawa sihir atau hal supranatural, yang sebenarnya tidak menjelaskan apa pun. Bayangkan saja bagaimana seseorang dari Zaman Pertengahan—bahkan yang paling terdidik pada zamannya—akan bereaksi jika dia melihat pesawat jet, komputer, telepon genggam, atau peralatan navigasi satelit. Dia barangkali akan menyebut semua peralatan itu supranatural, keajaiban. Namun peralatan-peralatan itu sekarang biasa saja; dan kita



tahu bagaimana alat-alat itu bekerja, karena mereka dibuat oleh manusia, sesuai asas-asas sains. Tidak ada perlunya membawa-bawa sihir atau keajaiban atau hal supranatural, dan kini kita mengerti bahwa orang Zaman Pertengahan itu salah bila melakukan hal tersebut.

Kita tidak perlu mundur jauh-jauh ke Zaman Pertengahan untuk menunjukkan itu. Sekelompok penjahat internasional Zaman Ratu Victoria yang diperlengkapi dengan telepon genggam modern dapat mengkoordinasi kegiatan mereka dalam cara-cara yang akan terlihat seperti telepati bagi Sherlock Holmes. Dalam dunia Holmes, seorang tertuduh dalam kasus pembunuhan yang bisa membuktikan bahwa dia ada di New York pada malam setelah pembunuhan itu dilakukan di London berarti memiliki alibi sempurna, sebab pada akhir abad kesembilanbelas mustahil untuk berada di New York dan di London pada hari yang sama. Siapa pun yang mengaku demikian pastilah seolah menggunakan kekuatan supranatural. Namun pesawat jet modern membuat hal tersebut gampang. Penulis fiksi sains terkemuka Arthur C. Clarke merangkum poin tersebut sebagai Hukum Ketiga Clarke: *Teknologi apa pun yang cukup maju tidak bisa dibedakan dari sihir.*

Bila ada mesin waktu yang bisa membawa kita maju kira-kira seabad ke depan, kita akan melihat keajaiban-keajaiban yang hari ini kita anggap mustahil—mukjizat. Namun bukan berarti bahwa segala sesuatu yang kita anggap mustahil hari ini akan terjadi di masa depan. Penulis fiksi sains bisa dengan mudah membayangkan mesin waktu—atau mesin antigravitasi, atau roket yang bisa menggerakkan kita lebih cepat daripada cahaya. Namun fakta bahwa kita bisa membayangkannya bukanlah alasan untuk menganggap bahwa mesin-mesin semacam itu akan menjadi kenyataan suatu hari nanti. Sejumlah hal yang kita bayangkan hari ini mungkin akan menjadi nyata. Sebagian besar tidak akan terwujud.

Semakin kita pikirkan, semakin kita sadari bahwa gagasan mengenai keajaiban supranatural itu sendiri adalah omong kosong. Bila terjadi sesuatu yang tampaknya tidak bisa dijelaskan oleh sains, kita bisa menyimpulkan satu di antara

dua hal. Entah itu tidak benar-benar terjadi (si pengamat salah, atau berbohong, atau tertipu); atau kita telah terbentur kekurangan sains pada masa kini. Bila sains masa kini berhadapan dengan suatu hasil pengamatan, atau hasil percobaan, yang tidak bisa dijelaskan, maka kita tidak boleh berhenti sampai kita berhasil memperbaiki sains kita sehingga bisa disediakan penjelasan. Bila dibutuhkan jenis sains yang secara radikal baru, sains revolusioner yang sedemikian aneh sehingga ilmuwan-ilmuwan lama sulit mengenalinya sebagai sains, tidak apa-

apa juga. Hal itu sudah pernah terjadi. Tapi jangan kelewat malas—kelewat mudah menyerah—sampai-sampai mengatakan, “Pasti ini supranatural” atau “Pasti itu keajaiban”. Katakanlah bahwa hal itu merupakan teka-teki, aneh, tantangan yang harus kita hadapi. Entah kita hadapi tantangan itu dengan mempertanyakan kebenaran pengamatan, atau mengembangkan sains kita ke arah-arrah baru yang menarik, tanggapan yang berani dan sepantasnya terhadap tantangan semacam itu adalah menjegalnya secara langsung. Dan, sampai kita menemukan jawaban yang *sepantasnya* bagi misteri itu, sangatlah tidak apa-apa untuk mengatakan, “Ini sesuatu yang belum kami pahami, namun kami sedang mempelajarinya.” Bahkan itulah satu-satunya hal jujur yang bisa dilakukan.



Mukjizat, sihir, dan mitos bisa menyenangkan, dan kita telah bersenang-senang bersama mereka sepanjang buku ini. Semua orang menyukai cerita bagus, dan saya harap Anda menikmati mitos-mitos yang saya gunakan untuk memulai sebagian besar bab buku ini. Namun lebih besar harapan saya bahwa, dalam setiap bab, Anda menikmati sains

yang disajikan setelah mitos. Saya harap Anda setuju bahwa kebenaran memiliki sihirnya sendiri. Kebenaran lebih menyihir—dalam pengertian terbaik dan paling menarik dari kata tersebut—daripada mitos ataupun misteri rekaan ataupun keajaiban. Sains memiliki sihirnya sendiri: sihir **realitas.**



Ucapan Terima Kasih

Richard Dawkins menghaturkan terima kasih kepada:

Lalla Ward, Lawrence Krauss, Sally Gaminara, Gillian Somerscales, Philip Lord, Katrina Whone, Hilary Redmon; Ken Zetie, Tom Lowes, Owen Toller, Will Williams dan Sam Roberts from St Paul's School, London; Alain Townsend, Bill Nye, Elisabeth Cornwell, Carolyn Porco, Christopher McKay, Jacqueline Simpson, Rosalind Temple, Andy Thomson, John Brockman, Kate Kettlewell, Mark Pagel, Michael Land, Todd Stiefel, Greg Langer, Robert Jacobs, Michael Yudkin, Oliver Pybus, Rand Russell, Edward Ashcroft, Greg Stikeleather, Paula Kirby, Anni Cole-Hamilton, serta staf dan murid Moray Firth School.

Dave McKean menghaturkan terima kasih kepada:

Christian Krupa (pemodelan komputer); Ruth Howard (penasihat Kimia), Andrew Hills (penasihat Fisika), dan Cranbrook School; Clare, Yolanda dan Liam McKean.

Kepemilikan gambar

Galaksi, hlm. 167, © NASA/Getty

Spektroskop, hlm. 170, © Museum of the History of Science, Oxford

Laba-laba, hlm. 199, © Thimas Shahan

Simulasi gempa, hlm. 206, © The US Geological Survey & Southern California
Earthquake Center

Michael Jackson di kap mobil, hlm. 248, © KNS News

“Yesus di wajan”, hlm. 249, © Caters News

“Yesus di roti panggang”, hlm. 249, © Chip Simons/Getty

Peri Cottingley, hlm. 255, © Glenn Hill/SSPL/Getty

Tentang Penulis



RICHARD DAWKINS pertama kali menjadi terkenal karena buku masyhurnya *The Selfish Gene*, yang diikuti serangkaian buku laris, termasuk *The God Delusion* yang fenomenal dan kontroversial. Karya terbarunya sebelum buku ini, *The Greatest Show on Earth*, pernah menjadi buku laris nomor satu. Dawkins seorang Fellow Royal Society dan Royal Society of Literature, serta telah meraih banyak penghargaan.

Dia adalah profesor di Oxford University sampai 2008 dan sampai sekarang masih berstatus Fellow di New College. Dia juga telah menulis dan menjadi pembawa acara beberapa film dokumenter televisi, termasuk *The Genius of Charles Darwin* pada 2008 dan *Faith School Menace* pada 2010. Situsnya adalah www.richarddawkins.net.

Tentang Ilustrator



DAVE McKEAN telah membuat ilustrasi dan merancang banyak buku dan novel grafis pemenang penghargaan, yang ditulis oleh Ray Bradbury, SF Said, David Almond, Heston Blumenthal, John Cale, Stephen King, dan Neil Gaiman (ilustrasi untuk *Coraline* dan *The Graveyard Book* pemenang Carnegie Medal). *Cages* yang dia tulis sendiri menerima banyak penghargaan novel grafis terbaik. Dia telah membuat banyak sampul album, komik, dan buku, serta merancang tokoh untuk dua film Harry Potter. Dia juga sudah menyutradarai dua film fitur, *Mirror Mask* dan *Lana*. Situsnya adalah www.mckean-art.co.uk.

“Saya ingin menunjukkan kepada Anda bahwa dunia nyata, seperti yang dipahami lewat sains, memiliki sihirnya tersendiri—jenis yang saya sebut sihir puitis: kecantikan yang mengilhami, yang semakin ajaib karena nyata sifatnya dan karena kita bisa memahami bagaimana cara kerjanya ... Sihir realitas sungguh mengagumkan. Mengagumkan, dan nyata. Mengagumkan karena nyata.”

Ada berbagai pertanyaan besar yang diajukan manusia: Terbuat dari apakah segala benda? Bagaimana alam semesta bermula? Mengapa ada banyak jenis makhluk hidup? Mengapa ada siang dan malam? Dulu manusia menjawabnya dengan mitos dan legenda, kisah serba ajaib yang berusaha menjelaskan gejala alam. Kini ada penjelasan yang tak kalah ajaibnya: sains, yang menjawab pertanyaan-pertanyaan besar dengan melihat dan meneliti realitas itu sendiri, mempelajari apa yang benar-benar nyata. Inilah buku yang menyandingkan jawaban kedua jenis penjelasan itu: sihir mitos, dan sihir realitas—sains.

“Saya sering dimintai rekomendasi buku sains bagus untuk pemuda. Saya tidak ragu lagi menjawabnya sekarang. *Magic of Reality* adalah buku indah, mudah, dan lengkap yang menjawab berbagai pertanyaan tentang alam semesta, memisahkan fiksi dan fakta.”

--Lawrence Krauss, Foundation Professor & Direktur Origins Project di
Arizona State University, penulis Fisika *Star Trek*

“Pengantar sains paling jernih dan apik yang pernah saya baca”

--Philip Pullman



KPG (KEPUSTAKAAN POPULER GRAMEDIA)
Gedung Kompas Gramedia, Blok 1 Lt. 3
Jl. Palmerah Barat 29-37, Jakarta 10270
Telp. 021-53650110, 53650111 ext. 3351, 3364
Fax. 53698044, www.penerbitkpg.com
FB: Penerbit KPG, Twitter: @penerbitkpg

SAINS

ISBN: 978-979-91-0852-4



9 789799 108524

KPG: 901 15 0966