

SELIDIK NATIONAL GEOGRAPHIC



Teknologi Masa Depan

**Dari Robot Manusia hingga
Rumah Pintar**

Penulis: Charles Piddock

Konsultan: Dr. James Lee

Teknologi Masa Depan

Dari Robot Manusia hingga Rumah Pintar





SELIDIK NATIONAL GEOGRAPHIC

Teknologi Masa Depan

**Dari Robot Manusia hingga
Rumah Pintar**

Penulis: Charles Piddock

Konsultan: Dr. James Lee



**NATIONAL
GEOGRAPHIC**

Washington, D.C.



Daftar Isi

Sepatah Kata dari Konsultan	8
Tonggak Penting dalam Teknologi	10

1	Robot dengan Wajah Manusia	12
	Membuat mesin lebih sempurna • Kismet, Domo, dan Leo • Wakamaru • Kisah robot • Robot pembantu • Robot ahli bedah • Jumpa Ahli Robot	

2	Impian Cyborg	20
	Membuat manusia bionik • Tangan bionik • Mata bionik • Penghubung komputer-otak • Menjadi organik • Gordon si Frankenbot • Otak terunduh • Gordon manakah saya?	

3	Teknologi Alam	28
	Tumbuhan dan hewan membantu merancang masa depan • Ilmu biomimetik • Ilmu cocklebur (<i>Xanthium</i>) • Pakaian kulit hiu • Obat bisa ular • Ilmu tokek • Petualangan Stickybot	

4	Berpikir Kecil	34
	Nanoteknologi memandang selangkah ke depan • Debu pintar • Membangun dari bawah ke atas • Singularitas • Revolusi medis	

< Juara olimpiade Michael Phelps memakai pakaian renang hidrodinamis paling mutakhir pada Olimpiade 2004 dan 2008. Perancang pakaian renang ini terinspirasi, antara lain, oleh kulit hiu yang bersisik sangat tipis sehingga meluweskan tubuh hiu dan memungkinkan hiu berenang lebih cepat.



5

Memesinkan Sekitar

40

Pengganti mesin berbahan bakar bensin •
Mobil listrik • Jet gendong dan pesawat terbang atom
• Mobil surya • Sel bahan bakar yang menjanjikan •
Keajaiban roda satu

6

Kehidupan Masa Depan

48

Seperti apa hidup nantinya... • Bukan mimpi •
Menjelajah masa depan pada tahun 1939 • Dinding
pintar • Lingkungan pintar • Apa yang akan ada nanti? •
Oops! Prediksi salah yang terkenal • 2025

Masa-masa Mendatang

58

Daftar Istilah

59

Daftar Pustaka

60

Laman di Internet

60

Bacaan Lebih Lanjut

60

Indeks

61

Tentang Penulis dan Konsultan

63

Kredit

64

< Produsen otomotif berharap dapat meluncurkan mobil elektrik ke pasar pada 2010. Beberapa mobil elektrik dapat menempuh jarak hingga 64 km (40 mil) hanya dengan energi baterai, setelah itu generator berbahan bakar bensin akan mengisi energi baterai.

SEPATAH KATA dari Konsultan

Sekitar setengah abad lalu, saya terpesona film *The Time Machines*, adaptasi novel H.G. Wells. Buku itu fiksi-ilmiah klasik dan berkisah tentang ilmuwan perekacipta (*inventor*) mesin yang dapat mengirim orang ke masa lalu dan masa depan, sehingga penjelajah waktu bisa tahu apa yang akan terjadi pada masa depan. Terlatih sebagai ilmuwan teknik, saya tertarik pada futurologi. Beda dengan fiksi-ilmiah, futurologi adalah disiplin ilmu yang memprediksi kemungkinan peristiwa masa depan berdasar studi masa lalu dan masa kini yang ilmiah, sistematis, dan berdasar pola. Apa yang menarik pada kemungkinan peristiwa masa depan, khususnya bidang teknologi? Di sini saya hanya menyebut 2 bidang. Nanoteknologi mengacu pada studi tentang hal-hal pada skala nanometer (nm), yakni satu per satu miliar meter. Karena itu, nanoteknologi terkait dengan pemahaman, pengembangan, dan akhirnya pengendalian atas materi berskala atom. Bioteknologi menghubungkan biologi (termasuk genetika, biologi molekuler, biokimia, biologi sel, dan embriologi) dengan berbagai disiplin ilmu teknik untuk berbagai aplikasi, khususnya diagnosis dan pengobatan penyakit. Bayangkan, orang yang anggota tubuhnya yang sudah diamputasi dapat berfungsi lagi dengan anggota tubuh bionik yang dikendalikan pikiran melalui penghubung komputer-otak. Penyembuhan kanker mungkin terletak di kemampuan mengirim obat yang langsung menyerang sel kanker, sehingga sel-sel ganas terbunuh tanpa efek samping berbahaya. Ini bukan mimpi seperti tergambar dalam novel fiksi-ilmiah. Banyak ilmuwan dan insinyur telah bekerja di garis depan teknologi; kemajuan luar biasa dicapai tiap hari; dan skenario ini akan menjadi kenyataan dalam waktu dekat. Teman-teman mudaku, jika Anda tertarik pada beberapa bidang teknis yang disebut dalam buku ini, saya akan mendukung Anda ikut serta berkontribusi demi masa depan yang penuh kemungkinan dan lebih baik.



▲ Dr. James Lee

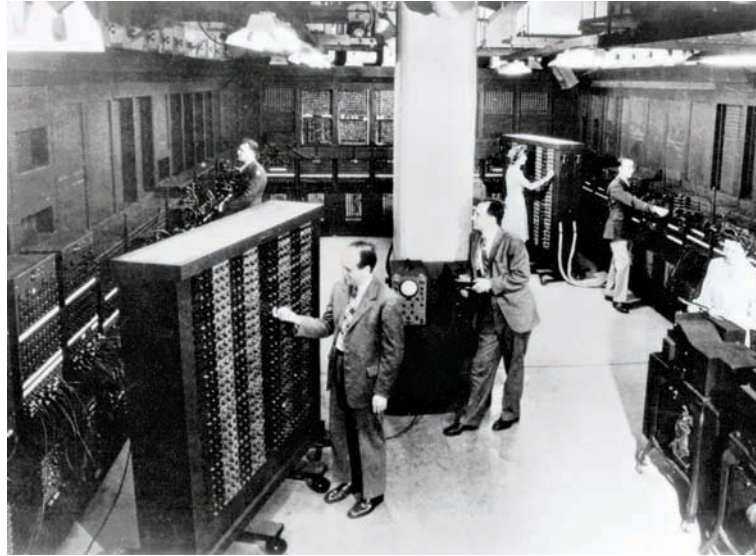
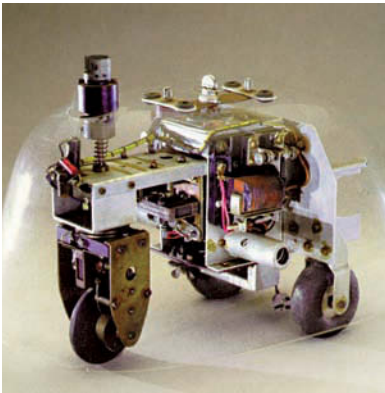


▲ Jay Schiller menggunakan tangan bionik yang dikembangkan Universitas Rutgers untuk bermain keyboard elektronik. Elektroda menangkap sinyal dari saraf Schiller dan menggerakkan mesin pada anggota tubuh.

ALUR WAKTU TONGGAK PENTING

Tonggak Penting dalam Teknologi

V 1940 · Elsie si robot kura-kura, dikembangkan untuk mempelajari gerak refleks sederhana. Tidak seperti robot-robot sebelumnya, Elsie bereaksi terhadap lingkungannya.



^ 1946 · J. Presper Eckert (depan kiri) dan John W. Mauchly (bersandar pada tiang) dipotret bersama ENIAC (Electronic Numeric Integrator and Computer/Komputer dan Integrator Angka Elektronik). Komputer digital pertama dibuat untuk membantu riset pengembangan senjata selama Perang Dunia II.

1772

1772

Dua perekacipta asal Swiss, Pierre dan Henri Jacquet-Droz, membuat "robot" pertama, alat mekanik yang dapat menulis pesan hingga 40 karakter.

1839

1839

Ilmuwan Inggris Sir William Robert Grove, merekacipta sel bahan bakar, tapi belum dapat menghasilkan energi listrik yang memadai sehingga masih kurang berguna.

1940

1940-an

Ahli neurofisiologi W. Grey Walters menciptakan robot bernama Elsie si kura-kura.

1950

1948

Norbert Wiener, seorang profesor MIT, mempublikasikan *Cybernetics*, buku yang menjelaskan penyatuan antara elektronik dan sistem mekanis. Teori inilah yang memungkinkan pengembangan modern komputer dan robot.

1960

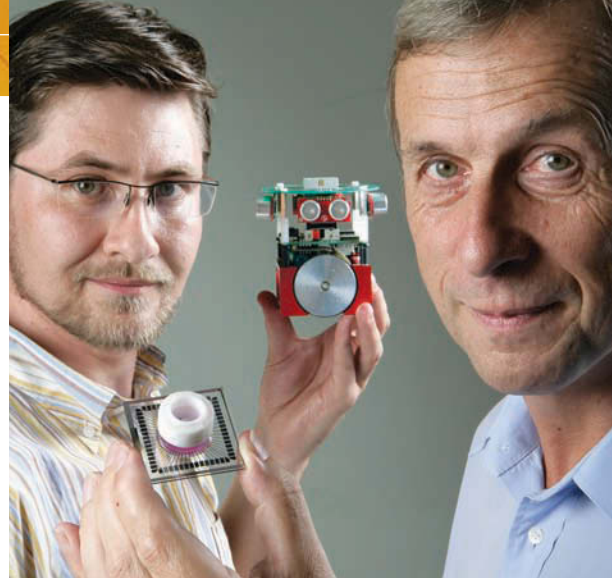
1954

Seorang perekacipta, George Devol, merancang robot pertama yang dapat diprogram.

1946

J. Presper Eckert dan John Mauchly merancang dan membangun komputer ENIAC yang memakan beberapa ruangan dan menggunakan 18.000 tabung vakum.

> 2008 · Dr. Ben Whalley (kiri) memegang robot Gordon dan Prof. Kevin Warwick (kanan) memegang otak biologis Gordon.



✓ 1976 · Model Viking 1 Lander, dikirim NASA menuju Mars pada Juni 1976.



> 2007 · Domo si robot didesain untuk memegang benda dan menolong orang mengerjakan tugas-tugas sederhana.



1970

1980

1990

2000

1958

Istilah "bionik" diperkenalkan oleh seorang ahli fisika Angkatan Udara AS, Dr. Jack Steele, untuk menjelaskan ilmu yang mempelajari guna menyelesaikan berbagai masalah teknik. Bidang ini disebut juga biomimetik.

1976

Lengan robot digunakan pada pesawat ruang angkasa Viking 1 dan Viking 2.

2000

Ilmuwan Jepang mengembangkan robot manusia pertama bernama ASIMO dan robot anjing AIBO.

2008

Ilmuwan di Inggris membuat robot yang dikendalikan otak manusia.

2007

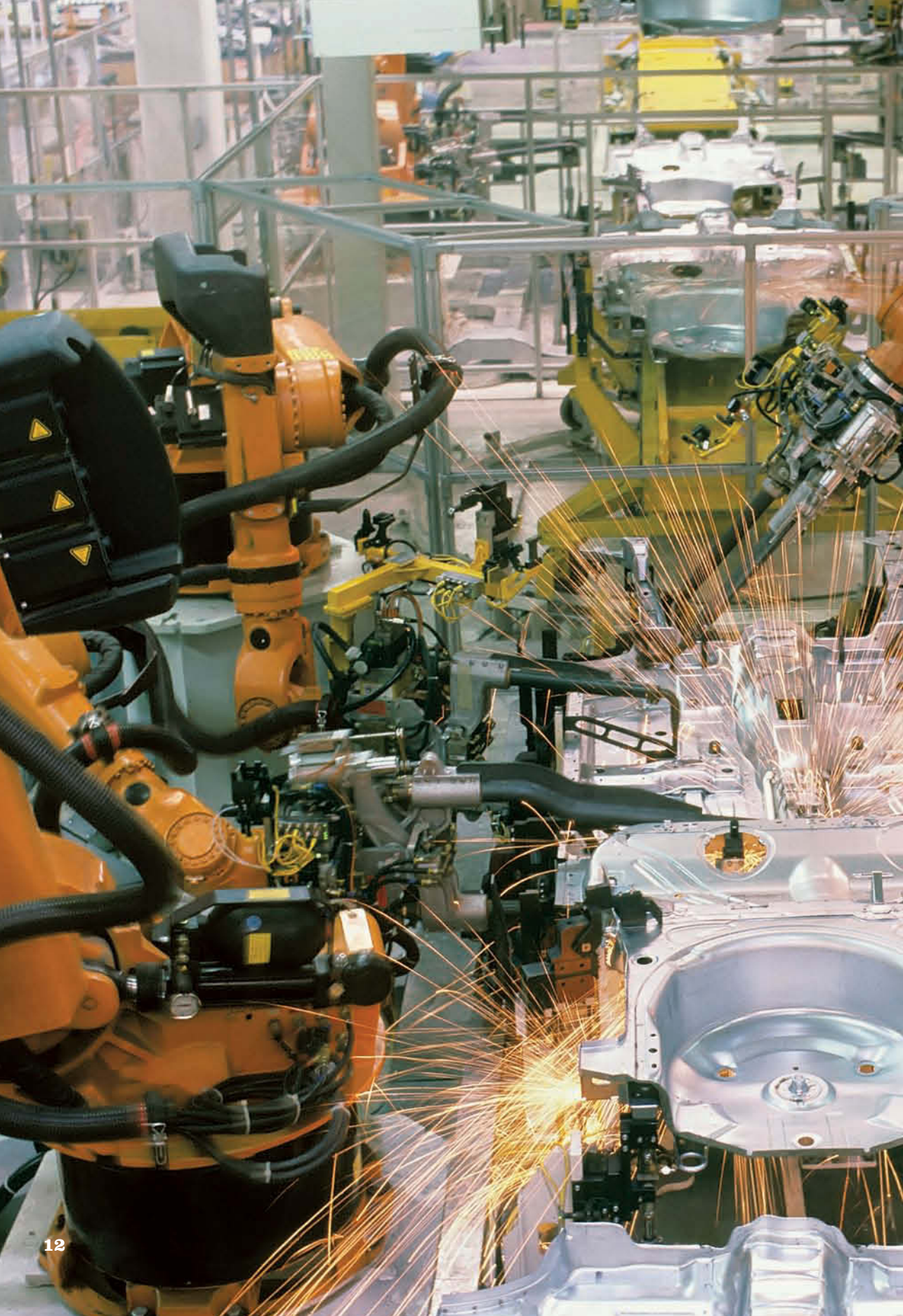
Ilmuwan di MIT mengembangkan Domo si robot.

2005

Kisah kesuksesan biomimetik diperkenalkan ke pasar: cat yang tahan lapuk, jamur, dan ganggang serta memiliki struktur molekul berdasarkan daun teratai.

1981

International Business Machines (IBM) memasarkan komputer (PC) pertama. Majalah *Time* menjuluki PC sebagai *man of the year*.



Robot dengan Wajah Manusia

1
BAB

Membuat mesin lebih sempurna

Dr. Cynthia Breazeal dan timnya di MIT/ Massachusetts Institute of Technology menghadapi tantangan besar. Mereka adalah ahli robotika—ilmuwan yang mempelajari robot—dan tantangan mereka adalah menciptakan robot yang benar-benar pintar dan bersahabat.

Dunia sudah dipenuhi robot, sebagian besar tak terlihat sedikit pun mirip manusia mekanik. Pada proses perakitan mobil, lengan robot memutar dan menekuk tanpa kenal lelah, mengelas bagian mobil dengan presisi sempurna. Kepolisian menggunakan robot mobil kecil yang terlihat seperti kendaraan lapis baja untuk menjinakkan bom dan menyelidiki

◀ Robot yang bekerja dalam proses perakitan di pabrik kendaraan.

tempat yang terlalu berbahaya untuk dijelajahi manusia. Di rumah sakit, lengan robotik melakukan operasi sukar. Di zona perang, robot pesawat tanpa awak dengan sensor elektronik memantau pergerakan musuh dan meluncurkan misil mematikan.

Tetap saja, seperti diketahui Dr. Breazeal, ada yang hilang. Robot yang kini ada, bahkan yang terbaik pun, masih terbatas. Kemampuan otak robot belum bisa menyamai manusia, anjing, atau bahkan semut.

Bagi penggemar robot, ini sangat mengecewakan. Mengapa kita tak bisa buat robot “sungguhan” seperti C3PO dan R2D2 dari *Star Wars*, Letnan Komandan Data dari *Star Trek: The Next Generation*, atau bahkan Rosie si robot pembantu dari serial kartun 1960-an *The Jetsons*?

Kismet, Domo, dan Leo

Dia mungkin tak seperti C3PO, tapi robot paling terkenal rancangan Breazeal dan timnya ialah Kismet, robot kepala yang kini pensiun. Kismet robot supel yang mampu mengekspresikan diri lewat raut muka seperti manusia. Kismet bisa cemberut, terlihat bingung, tersenyum, dan bahkan sedih. Ia dilengkapi sensor masukan gambar dan suara (mata dan telinga) yang terhubung dengan komputer canggih di luar kepala Kismet. Ketika mendengar suara manusia, Kismet bisa mengarahkan matanya ke sumber suara. Kamera kecil di belakang mata dan perangkat elektronik pada telinganya dapat menangkap sinyal dan mengirimnya ke komputer. Selanjutnya, komputer menganalisis sinyal dan memberi-

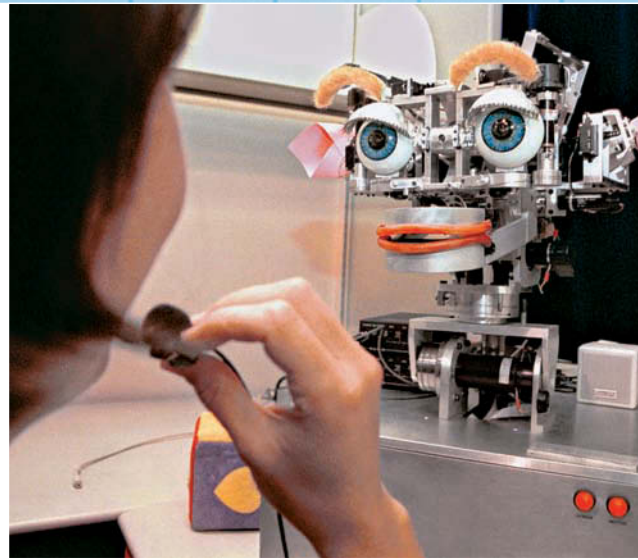
✓ Sistem bedah Da Vinci sebenarnya adalah suatu jaringan kerja robot yang membantu dokter dan peneliti dalam melakukan pekerjaan yang membutuhkan ketepatan dan kestabilan tangan.



tahu Kismet reaksi wajah seperti apa yang harus diekspresikan dan apa yang harus dikatakan. Robot ini bisa bicara memakai synthesizer suara dan terdengar seperti anak kecil. Alis mata Kismet dapat turun dan berkernyit untuk menunjukkan frustrasi, bergerak naik bila terkejut, dan miring bila sedih. Pengunjung yang melihat Kismet terkesan: sungguh luar biasa bagaimana robot bisa mirip manusia.

Robot bergerak ialah generasi berikut yang lahir dari lab robotika berteknologi tinggi. Dua contohnya: Leonardo (Leo) yang dikembangkan Breazeal dan timnya, dan Domo yang dibangun di bawah pengarahannya ahli robotika Rod Brooks, kepala Lab Kecerdasan Artifisial MIT. Leo robot setinggi tiga kaki dengan mata besar, telinga besar, mulut dengan bibir lembut dan gigi kecil, serta perut dan kaki berbulu. Domo tak berbulu. Seluruh tubuhnya tersusun dari logam, berleher panjang, dan bermata biru sangat besar. Robot seperti Leo dan Domo terhubung dengan rangkaian 12 komputer nir-kabel canggih. Komputerlah otak robot. Kedua robot ini mampu mengenali wajah, mengekspresikan pemahaman, dan tak seperti Kismet, mampu membantu manusia mengerjakan tugas sederhana. Meski tak seekspresif Kismet, mereka memiliki kemampuan untuk belajar sendiri.

Menurut Aaron Edsinger, perancang Domo, robot ini robot supel “generasi berikut” setelah Kismet.



▲ Robot Kismet yang dibuat Dr. Cynthia Breazeal, dirancang untuk berinteraksi dengan orang.

“Kemampuan hakiki robot kelak ialah ketika dapat melakukan berbagai jenis tugas manual, termasuk yang butuh interaksi dengan manusia.”

Wakamaru

Di Jepang, robot bernama Wakamaru buatan Mitsubishi, mungkin robot mandiri paling supel di dunia. Wakamaru dirancang untuk menolong dan melayani orang dengan sikap ramah, penuh perhatian, dan cerdas. Ia tahu 10.000 kosa kata Jepang dan dapat berbincang dengan manusia. Wakamaru tak punya ekspresi wajah seperti Kismet, tapi dapat mengenali wajah dan berbincang dengan orang mengenai satu topik khusus semisal cuaca atau olahraga. Misal, jika sebelumnya Anda memberitahu Wakamaru Anda sedang flu, maka di lain waktu ia akan kenal wajah Anda dan bertanya apa Anda masih flu.

Wakamaru punya gerak tubuh persis manusia. Dia menggerakkan

Kisah robot

“Bunuh semua manusia! Bunuh semua manusia!”

Dalam salah satu episode acara TV animasi *Futurama*, yang berlatar tahun 3000, robot Bender mengulang teriaknya itu dalam tidur. Tentu saja, itu membuat sahabat manusia Bender, Fry, merasa gugup.

Hasrat bawah sadar Bender membuat pemirsa tertawa, tapi dalam banyak legenda, cerita, buku, dan film, robot tidak pernah punya karakter lain kecuali untuk ditertawakan. Mereka lebih sering digambarkan sebagai mesin yang lepas kendali, betekad menghancurkan pencipta mereka dan umat manusia.

Awal 1900-an, ketika film mulai populer, robot monster ada di mana-mana. Di salah satu film awal *The Doll's Revenge* (1907), boneka hidup menyerang manusia. Dalam *The Mysterious Dr. Satan* (1940), pasukan robot jahat mencoba menguasai dunia. Pada 1938, drama radio *War of The World*, menceritakan robot dari Mars mendarat di New Jersey dan menghancurkan segala sesuatu yang ada di hadapan mereka dengan senjata pelempar api. Perlahan robot juga digambarkan dari aspek positifnya. Dalam serial TV 1960-an *Lost in Space*, yang kemudian difilmkan pada 1998, robot B-9 selalu meneriakkan “Warning, warning” ketika ada bahaya yang mengancam manusia. B-9 kemudian menjadi robot yang terkenal. Robot yang bersahabat hal yang biasa pada 1970-an dan 1980-an dengan munculnya C3PO dan R2-D2 di film *Star Wars*. Film *Bicentennial Man* (1999) yang dibintangi Robin Williams, berkisah tentang robot yang mengembangkan emosi.

tangan ketika bicara dan mengatur volume suara sesuai topik pembicaraan. Wakamaru tahu jadwal harian dan mingguan pemiliknya, mulai bangun, makan, kerja, hingga tidur. Waktu malam, dia berpatroli menjaga rumah, memperingatkan pemilik jika ada sesuatu yang tak biasa. Di pagi hari, dia dapat berjalan (dengan roda) ke kamar tidur dan membangunkan pemiliknya dengan peringatan lembut. Wakamaru juga sanggup mengirim surat elektronik dan SMS.

➤ Wakamaru merupakan robot yang dapat diisi ulang dan dikhususkan untuk bisa berkomunikasi. Dia menanggapi permintaan verbal dan menggunakan internet untuk mengumpulkan informasi untuk pemiliknya.





Robot pembantu

Mitsubishi merancang Wakamaru sebagai robot yang bersahabat untuk menemani orang tua dan orang cacat. Populasi orang lanjut usia di Jepang meningkat cepat, dan tak ada cukup orang muda untuk merawat mereka. Warga Jepang berharap, Wakamaru dan robot ramah-manusia lain dapat mengambil alih fungsi itu. Honda, perusahaan Jepang lainnya, juga membuat robot bernama ASIMO (*Advanced Step in Innovative Mobility/Langkah Maju dalam Mobilitas Inovatif*). Tak seperti robot sebelumnya yang berjalan pakai roda, ASIMO berjalan dengan dua kaki.

Konsumen Jepang juga bisa beli robot pembantu kecil bernama R100. R100 yang mirip tokoh kartun bisa menyalakan TV atau AC dan merespon ketika diajak bicara.

Jepang juga punya robot pembantu di pusat perbelanjaan dan bahkan rumah sakit. Di salah satu rumah sakit Jepang di sebelah utara Tokyo, robot seukuran anak kecil putih-biru bersiap sedia di ruang tunggu dan sekitar koridor, memandu pasien keluar dan masuk

< ASIMO, dikembangkan Honda Corporation, mampu melakukan berbagai aktivitas, termasuk menyapa orang, menyajikan minuman, berjalan bergandengan tangan, dan memperagakan gerakan olahraga.

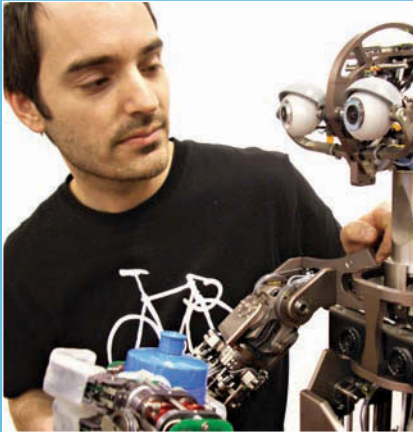
tempat pembedahan. Robot itu mencetak peta rumah sakit dan bahkan mengecek tekanan darah jika diminta.

Jika kecerdasan dan sifat sosial robot terus bisa dikembangkan, ilmuwan berada pada jalur yang benar untuk menciptakan Rosie sungguhan dan mungkin akhirnya robot manusia seperti Letnan Komandan Data.

Robot ahli bedah

Robot akan memulai revolusi pengobatan, khususnya pembedahan. Kini makin banyak rumah sakit di seluruh negeri memakai sistem bedah robotik. Sistem ini memungkinkan pembedahan dengan prosedur yang bahkan sangat rumit dan ketat melalui irisan yang sangat kecil. Setelah membuat irisan kecil di tubuh pasien, dengan dipandu dokter bedah manusia, tangan robotik yang sangat stabil dan akurat bergerak dengan sangat halus dan lembut untuk memotong, misalnya, sel tumor ganas tanpa menyentuh jaringan saraf yang kompleks sedikit pun. Sepanjang proses operasi, dokter bedah terus mengontrol tiap gerakan tangan robotik yang hampir menyerupai tangan manusia, dapat berputar dan bergerak ke segala arah. Hal ini mempermudah dokter bedah untuk menggerakkan alat itu dengan tepat, meski sedang berada dalam rongga sangat kecil di tubuh pasien. Operasi robotik secara signifikan mengurangi rasa sakit dan kehilangan darah dibanding proses bedah konvensional. Waktu pemulihan jauh lebih pendek, bahkan untuk operasi besar pun, dan pasien dapat segera kembali menjalankan aktivitas rutinnya.

Jumpa Ahli Robot



Aaron Edsinger ialah seorang peneliti di Laboratorium Ilmu Komputer dan Kecerdasan Artifisial MIT. Dia merupakan perancang Domo si robot. Misi Edsinger adalah membuat robot yang dapat menolong orang.

❑ Kapan dan mengapa Anda memutuskan berkarier ilmiah di bidang desain robot?

❑ Saya masuk dunia robotika dengan jadi seniman. Awalnya, saya tertarik membuat patung robot [untuk mengeksplorasi] apa arti sesuatu yang hidup dan punya kepribadian. Ketertarikan ini membuat saya kuliah pasca-sarjana di MIT pada 2000. Di MIT saya merasa sangat menikmati aspek penelitian ilmiah dalam pembuatan robot. Akhirnya, ketertarikan saya pada ilmu robotik mengalahkan kegemaran saya pada seni.

❑ Apa yang paling bernilai dalam pekerjaan Anda?

❑ Bagian terbaik adalah ketika melihat robot ciptaan kita “hidup”. Setelah berbulan-bulan berpikir, merancang, dan menyelesaikan masalah, selalu ada sensasi tersendiri

ketika melihat mesin kita bergerak dan bertingkah laku dengan cara menarik. Robot manusia Domo punya banyak komponen perangkat lunak dan keras. Meski saya kembangkan sendiri, di satu titik saya tak tahu lagi apa yang dilakukan tiap bagian dan bagaimana interaksinya dengan robot. Pada titik ini, Domo kadang tampak seperti “hidup”, karena tak selalu mudah menjelaskan mengapa ia berperilaku demikian. Pernah satu kali, ia mengulurkan tangan dan meraih tangan saya ketika saya sedang tak memperhatikannya. Itu seram tapi menyenangkan.

❑ Ketika kecil, apakah Anda tertarik menjadi ilmuwan? Jika tidak, apa cita-cita Anda dulu?

❑ Idola masa kecil saya Thomas Edison. Saya baca banyak buku fiksi dan non-

fiksi tentang para perekacipta dan selalu ingin punya lab rekacipta sendiri. Saya memasang telegraf buatan sendiri di rumah, membuat hovercraft dari mesin penyedot debu Ibu saya dan merancang gokart dengan mesin pemotong rumput Ayah saya.

❑ Anda berhasil membuat robot bernama Domo. Apakah Domo punya rasa humor?

❑ Domo jelas tak punya kecerdasan untuk berselebra humor, meski ia memang dapat membuat saya tertawa. Pernah suatu kali saya bergulat dengannya, mencoba mengejanya untuk merebut bola. Suatu kesalahan kode membuat Domo memberi [pukulan] lembut di dagu saya, seolah tak suka dengan yang saya lakukan. Tentu, Domo tak sadar apa yang ia lakukan, tapi itu lucu. Humor

itu suatu... ekspresi yang rumit, saya pikir masih butuh waktu lama sebelum robot dapat benar-benar memahami dan mengekspresikan humor.

❏ Apa yang sedang Anda kerjakan sekarang?

❏ Kini saya punya [perusahaan] robotika, yaitu Meka Robotics. Kami membuat semua tipe bagian tubuh robot: tangan, kepala, dan lengan. Robot ada pada tahap yang sama dengan era awal komputer meja. Kini robot barang mahal, rumit, dan sulit untuk digunakan. Dalam 20 tahun, saya memperkirakan robot akan jadi hal yang [biasa] sama halnya telepon seluler dan laptop saat ini.

❏ Bagaimana rupa dan perilaku robot generasi berikut?

❏ Saya pikir, robot akan jadi lebih fungsional dan lebih seperti alat rumah tangga di masa depan. Robot akan jadi makhluk berpikiran sederhana yang dikhususkan untuk 1 atau 2 tugas saja, misal mengambil pakaian kotor di lantai kamar tidur. Robot penghibur, mungkin di mall atau konser, akan [mengubah] visi Hollywood tentang masa depan robot kita.

❏ Apa yang paling menantang dalam mendesain dan membuat robot?

❏ Membuat robot butuh banyak waktu dan kesabaran. Untuk membuat satu robot manusia perlu beberapa

tahun dan itu cukup rumit, bisa jadi sulit mengusahakan agar seluruh sistem bekerja sempurna sekaligus.

❏ Bagaimana Anda menilai arti penting riset Anda untuk masa depan umat manusia?

❏ Jika Anda melihat kembali jauh ke belakang, dapat Anda bayangkan betapa besar potensi yang dimiliki robot. Mereka dapat mengubah cara kita melakukan pekerjaan fisik, merawat orang lanjut usia, memproduksi makanan, dan bagaimana berhubungan satu sama lain. Bayangkan Anda bisa “menitis” pada robot jarak jauh lewat penghubung pada ponsel ber-jaringan internet. Anda dapat mengunjungi teman atau kakek-nenek Anda di penjuru negeri.

❏ Apa pesan bagi orang muda yang tertarik jadi ilmuwan peneliti atau insinyur? Apa konsekuensinya?

❏ Cari hal yang kamu minati. Perlu kerja keras untuk jadi ahli robotik, insinyur, atau ilmuwan. Minat yang kamu miliki akan sangat membantu melewati hari-hari yang keras dan akan jadi hadiah terindah pada waktunya nanti.

❏ Apa kekecewaan terbesar sebagai ilmuwan robot?

❏ Kemajuan jauh lebih lambat dari yang saya inginkan. Membuat robot dengan kemampuan individu yang minim saja masih jadi tantangan terbesar. Kami

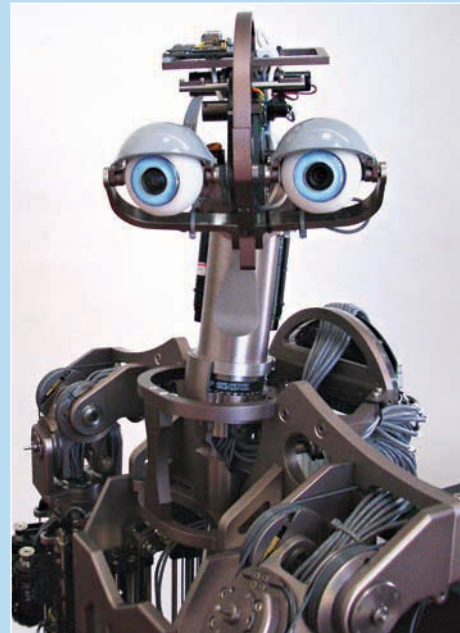
telah mencapai kemajuan, namun masih banyak yang harus dilakukan.

❏ Apa penghargaan terbesar Anda dalam pekerjaan ini?

❏ Sangat berharga berpikir bahwa kami mengerjakan sesuatu yang dapat memberi dampak positif bagi dunia. Suatu hari nanti, ketika “revolusi” robot terjadi, saya harap dapat berkata, “Saya ikut berjasa mewujudkannya.”

❏ Apa Anda punya robot yang tinggal bersama Anda?

❏ Tidak, tapi saya punya anjing, yang mungkin lebih lucu, lebih menghibur, dan lebih pintar dari robot untuk sementara waktu.



▲ Mata biru Domo mampu menangkap segala yang terjadi di hadapannya melalui penggunaan kamera, yang mengirim informasi tersebut ke komputer sebagai masukan untuk dianalisis.



Impian Cyborg

BAB

Membuat manusia bionik

Cyborg, makhluk semi-alami dan semi-buatan, sudah lama jadi bagian cerita dan film fiksi-ilmiah. Tapi teknologi sudah menyusul mitos, dan faktanya cyborg sungguhan sudah ada di sekitar kita. Ilmuwan menciptakan cyborg dengan menambahkan anggota badan yang dikembangkan di lab bagi manusia yang kehilangan bagian tubuh. Anggota badan itu bersifat bionik. Organ dan anggota tubuh bionik digerakkan peralatan elektronik.

Penggemar komik superhero tahu siapa Cyborg—satu anggota Teen Titans dalam DC Comics, sebagian manusia dan sebagian mesin. Setelah dimutilasi secara mengerikan, remaja Victor Stone dipasang prostetik (bagian tubuh

◀ Pada 2005, Peter Eberle, seorang masinis kereta yang kehilangan tangannya dalam kecelakaan, menjadi orang pertama yang dipasang tangan bionik baru yang merespons dengan mengubah pergerakan otot menjadi rangsang elektronik.

buatan) eksperimental oleh ayahnya, seorang ilmuwan. Victor jadi cyborg—separuh manusia, separuh mesin—makhluk dengan kekuatan manusia super dan kecerdasan superior.

Tentu, kisah Victor Stone hanya fiksi-ilmiah. Kemajuan terkini dalam robotika, elektronika, dan miniaturisasi yang telah melahirkan era cyborg tak membawa serta kekuatan atau kemampuan tokoh fiksi superhero. Namun ilmu bionik telah membuat sejumlah terobosan.

Tangan bionik

Di Inggris, ilmuwan berhasil menciptakan tangan bionik tercanggih di dunia, i-LIMB.

“Tangan ini punya dua keistimewaan,” kata Stuart Mead, kepala Touch Bionics, pengembang i-LIMB. “Yang pertama, kami memberikan motor penggerak di tiap jari, yang berarti tiap jari [dapat digerakkan secara terpisah]... Kedua, ibu jari dapat bergerak 90°, sama seperti ibu jari [manusia].”

Tangan ini bekerja menggunakan dua elektroda pada kulit. Elektroda merupakan alat yang menghantarkan listrik dari baterai atau sumber listrik lainnya. Elektroda menangkap sinyal mioelektrik, yaitu sinyal yang terbentuk karena kontraksi serabut otot pada tubuh. Normalnya, Anda harus mengontraksikan otot untuk menggerakkan jari atau membuka dan menutup tangan. Seseorang dengan tangan i-LIMB, mengontraksikan ototnya dengan

cara yang sama, mengirim sinyal mioelektrik melalui elektroda menuju komputer kecil di belakang tangan, yang menginterpretasikan sinyal dan mengontrol tangan. Hasilnya, tangan bionik dapat bergerak seperti tangan biologis, hanya lebih lambat.

Tangan i-LIMB sudah digunakan pada 200 orang, termasuk tentara AS yang kehilangan tangan ketika berperang di Irak. Sersan Angkatan Darat AS, Juan Arredondo, yang kehilangan satu tangannya di Irak, berdebar ketika mendapatkan tangan i-LIMB. “Terbaring di rumah sakit



▲ Tangan bionik dapat menggerakkan tiap jarinya secara terpisah, sehingga si penerima tangan bionik dapat memegang bola, memainkan piano, dan menggunakan pensil.



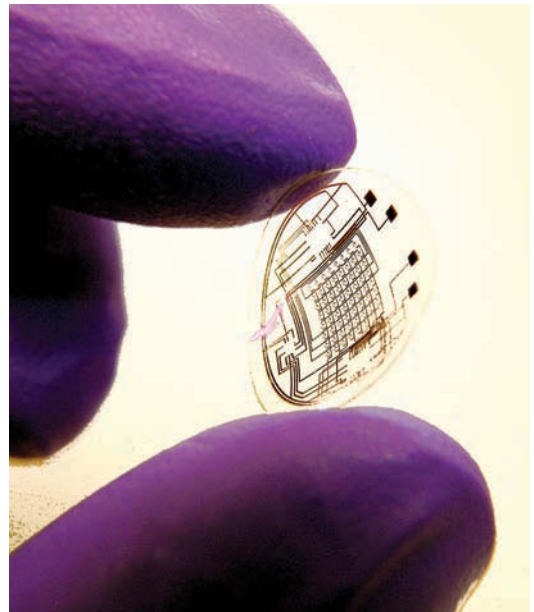
▲ Sersan Juan Arredondo, seorang veteran perang Irak, mendemonstrasikan tangan i-LIMB miliknya yang lentur dan dapat menekuk seperti tangan normal.

benar-benar membuat saya berpikir kalau saya tidak akan mampu melakukan apa pun, bekerja, atau bahkan menafkahi keluarga saya. Tapi kini saya melakukannya dan itu luar biasa,” kata Juan. “Merasakan punya tangan ini benar-benar mengejutkan saya tiap hari.”

Mata bionik

Tangan bukan satu-satunya bagian tubuh bionik. Ilmuwan di Universitas Washington telah mengembangkan lensa kontak luar biasa. Lensa kontak yang lentur dan aman secara biologis ini dilengkapi rangkaian listrik dan lampu. Peneliti membuat rangkaian mikroskopik dari lapisan

▼ Perbesaran gambar lensa kontak dengan rangkaian listrik yang diharapkan para peneliti dapat membantu para tunanetra melalui implan mata bionik.



logam setebal seperseribu rambut manusia.

“Lewat lensa yang sudah selesai ini, Anda bakal lihat tayangan yang ditumpangkan ke pemandangan dunia luar,” kata Babek Parviz, asisten profesor teknik elektro yang membantu pembuatan lensa ini.

Seperti karakter cyborg Arnold Schwarzenegger di film *Terminator*, pemakai lensa dapat mengakses sejumlah data visual. Meski masih banyak pekerjaan yang harus diselesaikan sebelum lensa “terminator” sungguhan bisa dipakai dalam keseharian, ilmuwan dapat membayangkan berbagai macam penggunaannya. Supir atau pilot bisa tahu kecepatan kendaraan hanya dengan melihat kaca depan. Pemain video game dapat memakai lensa kontak untuk sepenuhnya terlibat dalam dunia virtual tanpa harus khawatir jangkauan gerak mereka. Kelak, orang mungkin dapat menerima informasi lalu lintas, menjelajahi internet, dan mengakses komputer—semua dalam kerahasiaan di balik kelopak mata mereka sendiri.

Penghubung komputer-otak

Monyet yang memegang dan makan marshmallow mungkin peristiwa biasa. Tapi di Universitas Pittsburgh, aksi itu mendebarkan sekelompok ilmuwan yang dipimpin Dr. Andrew Schwartz, seorang profesor neurobiologi. Tim ini berhasil menanam elektroda pada satu bagian otak monyet di mana gerak yang disengaja menghasilkan rangsang elektrik. Elektroda



▲ Seekor monyet yang dipasang tangan robotik dapat menggerakkan tangannya lewat penghubung komputer-otak yang menerjemahkan sinyal otak ke dalam gerakan.

mengirim sinyal ke tangan mekanik yang dipasangkan pada monyet. Dalam beberapa hari, monyet dapat menggerakkan tangan mekanis langsung dari pikirannya, mengambil manisan dan buah lezat.

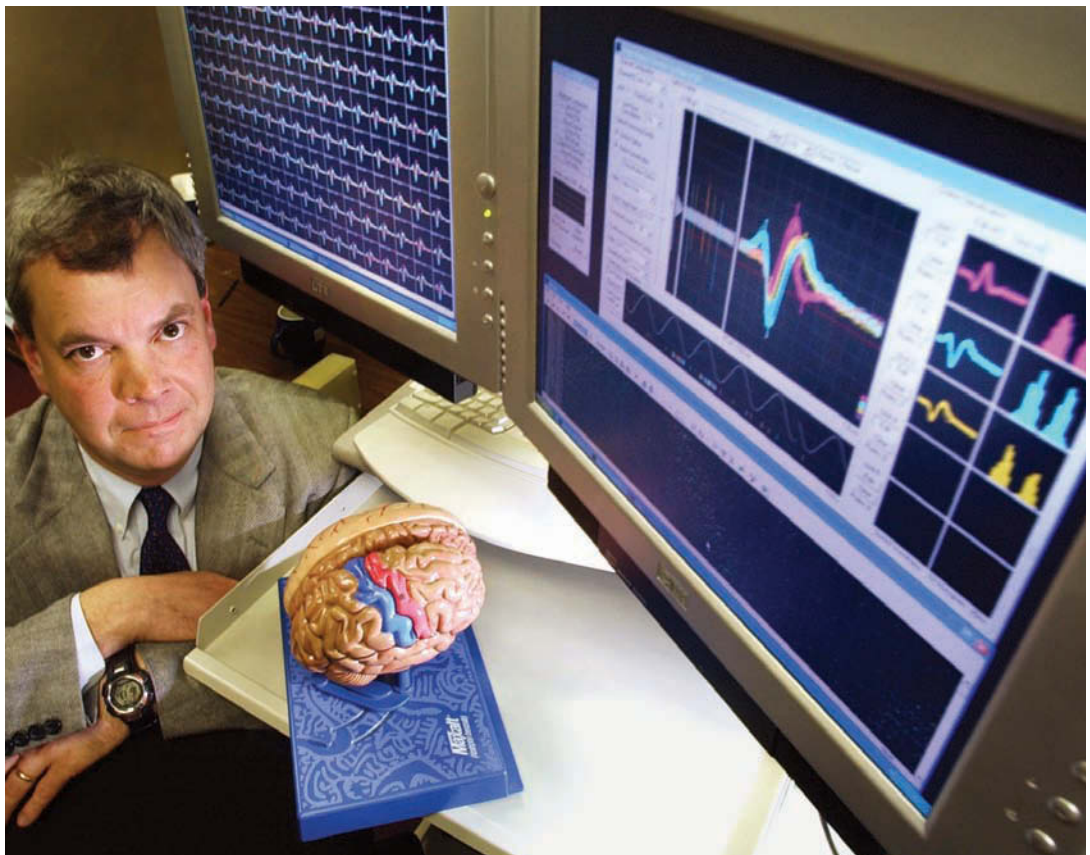
Tim Dr. Schwartz memulai uji coba karyanya pada manusia dan berencana menanam rangkaian mikroelektrik, seperti pada monyet, di tubuh sukarelawan manusia dalam dua tahun ke depan. Para ilmuwan berharap dapat menyempurnakan penghubung komputer-otak (PKO) agar penderita lumpuh dapat mengontrol tak hanya tangan, tapi seluruh bagian tubuh prostetik dan organ yang rusak-saraf. Elektroda yang dipasang pada otak dapat menangkap sinyal otak untuk menggerakkan tangan atau kaki melalui jalan memutar di sekitar saraf tulang belakang yang rusak.

Cyberkinetics, salah satu perusahaan AS, telah mengambil langkah maju lewat BrainGate, suatu sistem yang memungkinkan

orang lumpuh mengontrol kembali sekitar mereka. Bagian sistem ini antara lain sensor yang ditanam pada daerah otak yang mengontrol gerak. Bagian lainnya adalah alat yang menangkap sinyal dari sensor dan menganalisis sinyal otak. Dalam tes, pasien dapat mengontrol kursor komputer hanya dengan pikiran saja. Jika orang dengan cacat fisik dapat menggunakan komputer, BrainGate memberi mereka kemampuan untuk menyalakan lampu dan televisi, dan akhirnya, tangan atau kaki.

Pada 2007, Cyberkinetics beralih dari riset laboratorium ke uji

coba klinis pada pasien pertama BrainGate, Matthew Nagel. Nagel korban penikaman yang lumpuh dari leher ke bawah. Ahli bedah menempatkan rangkaian sensor pada korteks motorik Nagel yang terletak di otak tepat di atas telinga kanan. Rangkaian ini terhubung lewat kabel dengan steker yang menempel di bagian atas kepala Nagel. Kabel terhubung dengan komputer yang menerjemahkan sinyal. Dari kursi roda, Nagel dapat membuka *e-mail*, memindah saluran TV, menyalakan lampu, bermain video game, dan bahkan menggerakkan tangan robotik



A Timothy Surgenor, presiden Cyberkinetics, berpose di depan model otak. Layar komputer menunjukkan berbagai jenis aktivitas otak.

Menjadi organik



▲ Berbagai tahap pembentukan jantung tikus bioartifisial yang dikembangkan di lab dengan cara memasukkan sel sehat ke dalam organ mati. Para peneliti berharap dapat menggunakan teknologi ini untuk membuat organ bagi orang yang membutuhkan transplantasi.

Banyak orang yang mengalami kerusakan atau kehilangan bagian tubuhnya lebih menginginkan ganti lengan, kaki, atau bagian tubuh lain yang asli, daripada organ buatan dari logam atau plastik. Pada masa depan, itu bisa terjadi. Para ilmuwan mengembangkan cara untuk menumbuhkan jaringan dan organ baru menggunakan serpihan sel hidup. Pada 2008, peneliti Rumah Sakit Umum Massachusetts mengumumkan pembuatan jantung bioartifisial. Tim ini pertama melepaskan semua sel yang ada pada jantung tikus, hingga hanya tersisa kerangka struktur ototnya. Lalu, mereka “menaburi” struktur dasar itu dengan sel jantung

tikus yang baru lahir. Mereka meletakkan jantung pada medium kultur untuk mempercepat pertumbuhan. Dalam dua minggu, jantung berhasil beregenerasi dan mulai berdenyut. Peneliti lain di Universitas Missouri memprakarsai “pencetakan organ”. Mereka meletakkan sel pada lembaran nutrien sel dalam pola suatu organ, sama seperti printer menulis kata pada kertas. Sejauh ini, tim berhasil membuat jaringan yang berfungsi seperti pembuluh darah. Harapan di balik proses itu adalah bahwa kelak semua ini dapat dikombinasikan dengan bionika untuk menumbuhkan organ tubuh sehingga organ yang rusak atau hancur dapat digantikan.

hanya dengan berpikir.

Gordon si Frankenbot

Ilmuwan tak hanya membuat sistem yang suatu saat nanti dapat menghubungkan otak dengan perangkat robotik, mereka juga membuat robot dengan otak hidup. Lihat Gordon,

si Frankenbot. Gordon ciptaan tim ilmuwan di Universitas Reading di Inggris yang dipimpin Kevin Warwick dan Ben Whalley. Gordon robot pertama di dunia dengan otak organik. Otak Gordon tersusun dari 50.000 hingga 100.000 sel saraf yang didapat dengan mengam-

bil sel otak tikus yang belum lahir dan menumbuhkannya dalam kultur kaya nutrisi hingga sel-sel itu dapat mengirim rangsang elektrik satu sama lain seperti otak normal. Karena organik, otak Gordon harus berada di unit khusus yang suhunya terkontrol. Otak ini berhubungan dengan tubuhnya lewat radio. Dalam batas tertentu, Gordon dapat belajar sendiri. Misalnya, ketika menabrak dinding, sensornya akan mengirim sinyal kembali ke otak. Lain kali, dia tak akan melakukan kesalahan yang sama—berkat otak hidupnya.

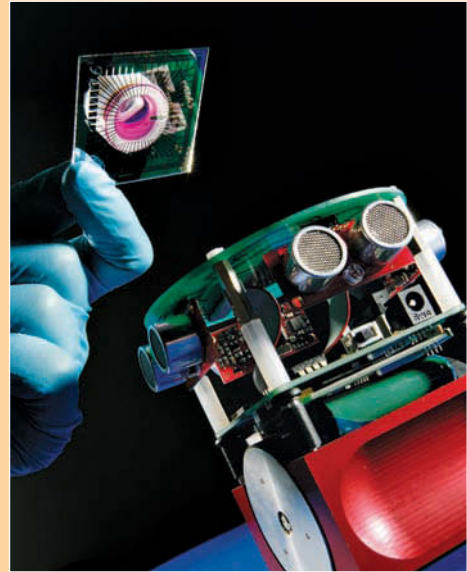
Warwick dan Whalley berharap eksperimen Gordon akan menyumbang informasi penting mengenai kerja saraf dalam otak manusia. “[Gordon memberi] versi sederhana apa yang terjadi dalam otak manusia di mana kita bisa melihat—dan mengontrol—fitur dasar seperti kita inginkan. Dalam otak manusia, Anda tidak dapat benar-benar melakukan itu,” kata Warwick.

Otak terunduh

Robot dengan otak hidup itu luar biasa. Tapi hal yang lebih menakutkan terkait otak bisa terjadi pada masa depan. “Secara realistis, pada 2050,” prediksi futurolog Ian Pearson, “kita mungkin bisa mengunduh [seisi otak manusia] ke mesin.” Futurolog mempelajari tren masa kini untuk memprediksi yang akan terjadi. Pada 2080, kata Pearson, tiap orang akan bisa mengunduh otak ke robot manusia

sehingga dapat memperpanjang hidup tanpa batas dalam dunia maya.

Gordon manakah saya?



▲ Tangan peneliti di atas Gordon si Frankenstein, memegang kumpulan neuron yang menangkap aktivitas elektrik otak robot dan menyampaikannya lewat sinyal Bluetooth untuk mengendalikan pergerakannya.

Berjalan masuk lab tiap hari, para peneliti tak tahu yang menanti mereka. Gordon sebenarnya punya tiga otak berbeda yang bisa dihubungkan para ilmuwan dengannya. Meski otak sederhana Gordon hanya tersusun dari sejumlah kecil sel saraf, namun cukup memberi robot ini kepribadian—sesungguhnya kepribadian ganda. “Ini cukup lucu—Anda menemukan perbedaan antara otak,” kata Kevin Warwick, salah satu perancang Gordon. “Satu di antaranya sedikit riuh dan aktif, sedang [yang lain] tidak akan melakukan apa yang kita inginkan.”



Teknologi Alam

BAB

Tumbuhan dan hewan membantu merancang masa depan

Ketika banyak orang berpikir mengenai cara ilmuwan dan insinyur mengembangkan teknologi baru, mereka membayangkan laboratorium berteknologi mutakhir atau papan tulis penuh rumus-rumus tingkat lanjut. Tapi, beberapa penemuan luar biasa justru berasal dari hutan belantara lembap, gurun kerontang, pegunungan berangin, dan laut tropis bergelombang. Selama ratusan juta tahun, alam melengkapi tumbuhan dan hewan dengan berbagai cara menakjubkan untuk berlindung dan bertahan hidup. Makhluk hidup menyediakan model yang bermanfaat untuk segala hal, mulai dari AC hingga pesawat dan mobil kencang irit bahan bakar.

< Banyak obat dikembangkan setelah para ilmuwan menerapkan biomimetik dalam studi tanaman di hutan hujan tropis, termasuk di antaranya obat melawan kanker, jamur, dan infeksi bakteri.

Ilmu biomimetik

Menerapkan desain dari alam untuk memecahkan masalah sains dan teknik disebut biomimetik. Di seluruh dunia, biomimetik muncul sebagai gerakan yang terus tumbuh untuk mencipta produk bagi masa depan.

Demi merancang gedung hemat energi, arsitek Australia Mick Pearce mempelajari sarang rayap di Zimbabwe, Afrika. Dia merancang saluran ventilasi pendingin gedung serupa ventilasi sarang rayap, memakai sepersepuluh energi yang biasa dipakai untuk mendinginkan gedung serupa. “Sarang rayap itu,” kata Pearce, “sistem seperti tubuh

kita. Mampu mengatur suhu sendiri, dan ... itulah model sempurna untuk gedung.”

Segala yang ada di alam dapat jadi sumber inspirasi reka cipta atau pengembangan teknologi baru. Pada 1982, ahli botani Jerman, Wilhelm Barthlott, yang meneliti daun teratai, menemukan bahan kimia yang ternyata jika ditambahkan dalam cat dapat menghalau air dan noda untuk beberapa tahun. Ahli biologi Frank Fish dari Universitas West Chester di Pennsylvania telah membantu merancang bilah turbin angin baru yang efisien berdasar struktur sirip paus. Mercedes Benz mendesain mobil baru berdasar bentuk ikan buntal yang serupa kubus. Hasil uji menunjukkan, desain ini memperbaiki aliran udara sekitar mobil, menaikkan efisiensi BBM hingga 130 km (70 mil) per galon gas.

< Ikan buntal, biarpun berbentuk kotak, tetap aerodinamis dan dapat bermanuver di tempat sempit. Tim perancang Mercedes Benz ingin mobil mereka dapat melakukan hal yang sama.



Ilmu cocklebur (*Xanthium*)

Boleh jadi contoh paling terkenal biomimetika didapat secara tak sengaja. Ketika sedang jalan-jalan bersama anjingnya pada 1948, insinyur dan perekacipta Swiss, George de Mestral sangat terganggu dengan biji cocklebur yang menempel di celananya dan rambut anjingnya. George meneliti biji berduri itu dan menemukan bahwa durinya punya semacam kait yang menyebabkannya menempel di celana. De Mestral juga menguji seberapa kuat kait itu, dan mulai berpikir, sesuatu yang menempel dan tahan lama ini bisa bermanfaat bagi manu-



▲ Biji cocklebur memiliki ribuan pengait kecil yang dapat menempel pada kain atau rambut hewan yang menyentuhnya.

sia. Dia bekerja sama dengan penenun kain mengembangkan bahan yang menggunakan kait kecil dan simpai yang saling menempel. Dia menyebutnya Velcro. Kata Velcro berasal dari bahasa Perancis *velours* (beludru) dan *crochet* (kait).

Velcro saat ini dipakai di seluruh dunia untuk berbagai keperluan, termasuk di sepatu sebagai pengganti tali, di pakaian untuk resleting, atau di apapun yang membutuhkan kancing, gesper, atau pelekat lain.

Salah satu bidang “terpanas” dalam biomimetika adalah pengobatan. Beberapa kemajuan bersejarah dalam riset medis bermula dari observasi alam, meniru apa yang dilakukan alam. Salah satu yang terpenting adalah pengembangan insulin sintetis. Insulin merupakan hormon hasil sekresi pankreas. Insulin penting untuk mengatur kadar gula darah. Penderita diabetes akut tak dapat memproduksi insulin. Insulin pertama ditemukan pada 1920

oleh dua orang Kanada, Frederick Banting dan J.J.R. Macleod. Keduanya menerima hadiah Nobel bidang kedokteran pada 1923 atas penemuannya. Tapi, suntik insulin ternyata menimbulkan masalah. Kebanyakan insulin diambil dari sapi, babi, atau salmon. Insulin ini memang dapat efektif, namun untuk beberapa pasien dapat memicu reaksi sistem imun. Para ilmuwan terus mempelajari struktur molekulernya, dan pada 1978 insulin sintetis dikembangkan.

Pakaian kulit hiu

Perenang yang berlomba di Olimpiade Beijing Agustus 2008 memecahkan rekor dunia lebih banyak dibanding sebelumnya. Prestasi itu oleh sebagian orang dikaitkan dengan pakaian renang terbaru Speedo Fastskin yang mengurangi hambatan di dalam air. Pakaian baru ini merupakan contoh sempurna biomimetik. Speedo mendesain Fastskin menggunakan teknologi yang terinspirasi tampilan mikroskopik kulit hiu. Kulit hiu dipenuhi sisik seperti gigi sangat kecil—disebut dentikel dermal—yang membentuk ribuan alur kecil. Air “mengalir melewati alur kecil itu tanpa terhambat,” sehingga mengurangi gesekan, kata peneliti hiu George Burgess. Pakaian baru rancangan Speedo melakukan hal yang sama.

Obat bisa ular

Bidang biomimetik yang menjanjikan adalah studi bisa ular. Tony Woods, ahli biologi Universitas Australia Selatan di Adelaide, ialah pemimpin proyek yang meneliti apakah bahan kimia tertentu dalam bisa ular dapat dipakai untuk menghancurkan pembuluh darah yang memasok nutrisi sel tumor ganas. “Tumor terdiri atas jaringan,” kata Woods. “Seperti jaringan pada tubuh, jika Anda dapat mencegahnya mengembangkan aliran darah atau mengganggu pasokan darahnya, maka pertumbuhan jaringannya akan terhambat.”

Woods dan koleganya sudah menemukan senyawa dalam bisa ular yang dapat mengganggu sel pelapis permukaan pembuluh darah. “Senyawa itu menyebabkan sel pelapis terpisah satu sama

lain sehingga mati,” kata Woods. Ketika itu terjadi, katanya, aliran darah ke tumor akan terganggu, sehingga tumor kelaparan dan mati. Woods tak mengungkap bisa ular apa yang diteliti karena berencana mematenkan senyawa kimia turunan dari studi mereka itu.

Kelebihan obat itu adalah mampu membedakan mana sel sehat dan mana sel tumor dan hanya menyerang sel tipe tertentu yang terkait dengan tumor. Kemoterapi tradisional seringkali tak membedakan sel target dan sel sehat.

Ilmu tokek

Di Universitas Stanford, ahli robot Mark Cutkosky mempelajari pergerakan tokek. Pada abad ke-5 SM, filsuf Yunani Aristoteles heran, bagaimana tokek “dapat berlari naik turun pohon dalam berbagai cara, bahkan dengan kepala menghadap bawah.” Tokek dapat bergerak lincah bahkan di permukaan licin seperti kaca dan keramik, seolah kakinya berlapis lem.

Tapi kenyataannya kaki tokek tak berlapis lem—justru kering dan halus bila disentuh. Jadi, bagaimana tokek melakukannya? Cutkosky menemukan, kemampuan tokek melekat bersumber dari sekitar 2 miliar filamen atau rambut kecil pada bantalan kaki mereka. Tebal tiap filamen sekitar 100 nanometer(nm). Satu nm sama dengan satu per satu miliar meter. Filamen bantalan kaki tokek sangat



kecil, sehingga berinteraksi dengan permukaan di tingkat molekuler. Molekul pada kaki tokek melekat dengan molekul pada permukaan tempat tokek berjalan.

Petualangan Stickybot

Setelah 2 tahun belajar biologi kaki tokek, Cutkosky dan timnya membuat robot berdasar teknologi tokek. Mereka menamainya Stickybot. Untuk bantalan kaki Stickybot, Cutkosky dan mahasiswa doktoral Sangbae Kim, kepala perancang robot itu, membuat bahan baru dari rekayasa plastik urethane khusus, dengan rambut halus berujung lancip. Meski tak selentur dan selengket kaki tokek betulan, bantalan kaki itu bisa melekatkan robot kecil dengan aman di dinding dan langit-langit.

Namun Cutkosky menemukan bahwa sifat lengket baru satu bagian kemampuan tokek. Agar bergerak cepat—pada permukaan vertikal kecepatan tokek 1 m/detik—kaki tokek harus mampu lepas sendiri dengan cepat. Untuk memahaminya, Cutkosky minta bantuan ahli biologi Bob Full dan Kellar Autumn. Dengan bantuan mereka, Cutkosky melengkapi Stickybot dengan tujuh jari beruas yang dapat lekat dan lepas seperti jari tokek sungguhan. Stickybot juga diberi cara jalan tokek yang membuatnya rapat dengan tem-

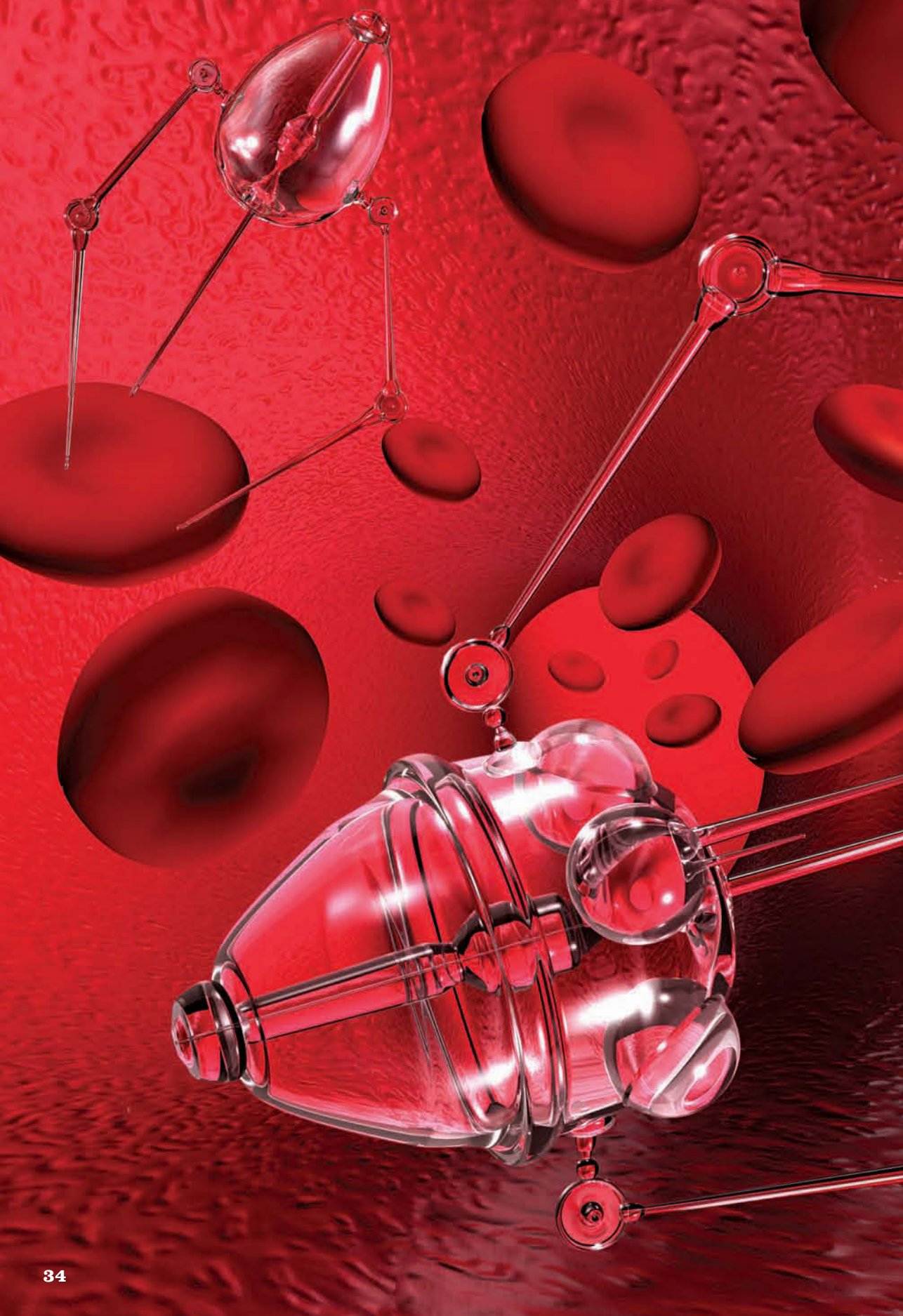
▲ Seekor tokek

bok. Stickybot merayap di dinding lebih lambat dibanding tokek asli, tapi dapat berjalan mudah pada kaca, plastik, dan keramik.

Cutkosky melihat serangkaian fungsi anak cucu Stickybot kelak, seperti mendaki jurang terjal untuk penelitian, merambat di dinding bangunan untuk keperluan polisi atau militer, dan untuk hiburan. “Saya berusaha membuat robot yang dapat pergi ke tempat yang tak pernah mereka kunjungi sebelumnya,” katanya.

▼ Stickybot menarik bagi para pembesar Pentagon yang melihatnya sebagai masa depan mata-mata militer.





Berpikir Kecil

BAB

4

Nanoteknologi memandang selangkah ke depan

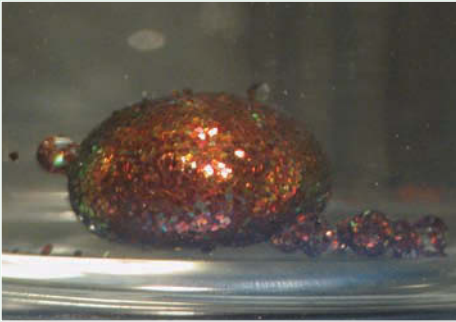
Selama bertahun-tahun, para insinyur punya cara umum dalam melihat segala hal: “Berpikir besar”—mobil lebih besar, gedung lebih besar, kapal lebih besar. Kini besar tidaklah istimewa dalam pandangan masa depan. Semboyan baru adalah “Berpikir Kecil”—sangat, sangat kecil. Berpikir nanoteknologi.

Secara sempit, definisi nanoteknologi adalah rekayasa sistem kerja pada skala molekul, seni membuat sesuatu sebesar beberapa molekul saja. Satu nanometer kira-kira selebar tiga atau empat atom. Rata-rata rambut manusia, misalnya, berukuran sekitar 80.000 nanometer. Untuk

< Para ilmuwan yang bekerja dalam bidang nanoteknologi memandang kemajuan luar biasa pada masa depan. Foto digital ini menggambarkan nanorobot yang memperbaiki sel darah dalam tubuh. Ciptaan seperti ini mungkin akan menjadi kenyataan dalam beberapa dekade mendatang.

memakai perumpamaan lain, perbandingan ukuran satu nanometer dibanding satu meter setara perbandingan sebutir kelereng dan Bumi.

Debu pintar



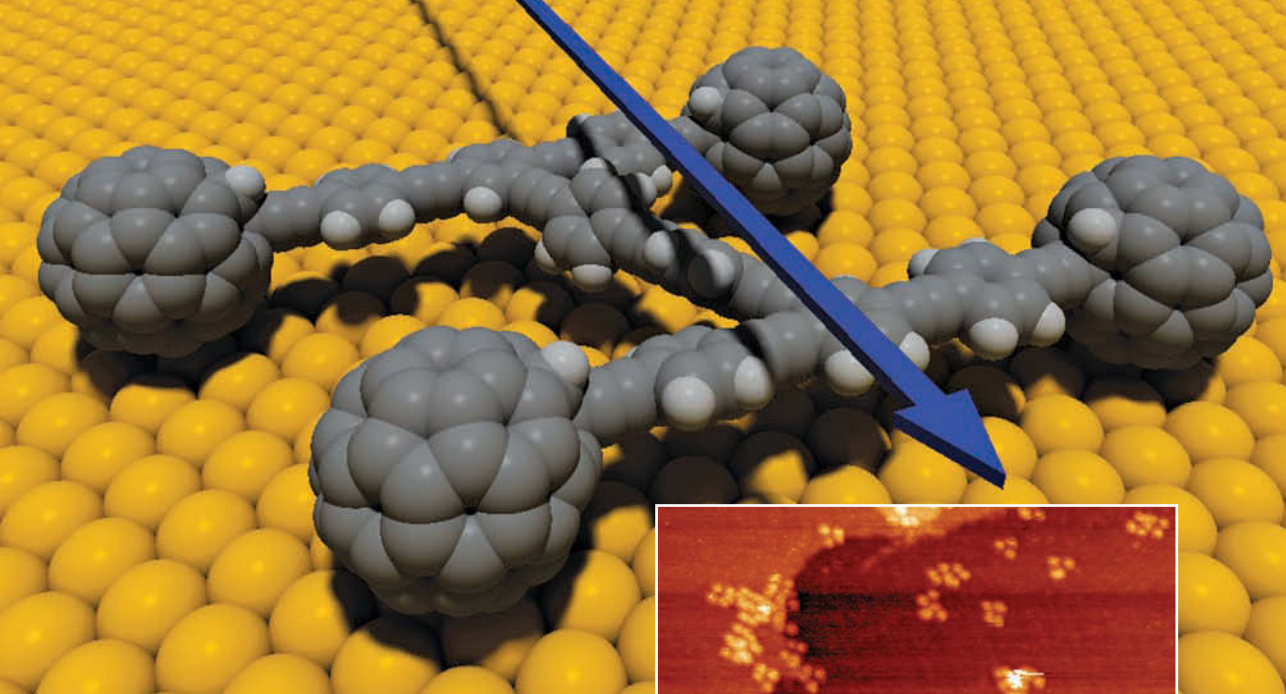
▲ Partikel debu pintar menempel di setetes cairan. Sensor debu pintar dapat mendeteksi cahaya dan pergerakan. Suatu hari nanti, mereka mungkin digunakan dalam militer, bangunan, dan komunikasi.

Setidaknya satu peneliti, Kris Pister dari Universitas California di Berkeley, melihat masa depan robot didominasi oleh apa yang ia sebut “debu pintar”—tersusun dari nanobot yang lebih kecil dari nyamuk. Meskipun dilengkapi dengan sensor dan mampu untuk bergerak, tiap nanobot relatif sederhana. Namun, jika ratusan nanobot disatukan, mereka mampu untuk melakukan hal yang luar biasa, ucap Pister. Disebar pada pakaian bayi misalnya, robot kecil tersebut dapat memonitor lokasi bayi, membunyikan alarm jika bayi memanjat tempat tidurnya. Robot itu juga dapat berkeliling rumah pada malam hari, memakan debu dan membersihkannya. Debu pintar bakal merubah seluruh lingkungan menjadi robot yang hampir tidak terlihat, selalu waspada.

Membangun dari bawah ke atas

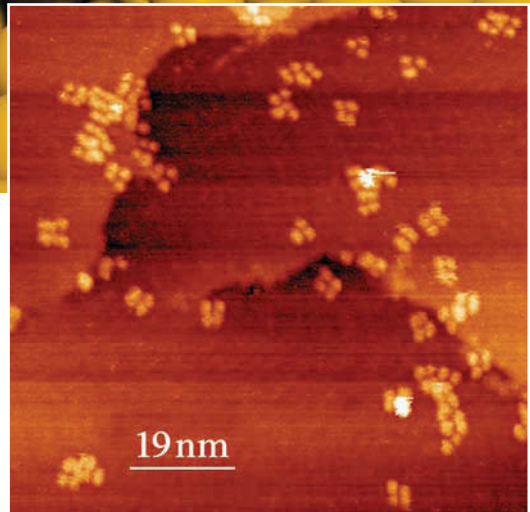
Nanoteknologi bertujuan mengontrol pergerakan dan penempatan atom. Biasanya, struktur dibangun dari bahan yang ada. Contoh, jika membangun rumah kayu, Anda menebang pohon, mengolahnya menjadi balok, dan menyusun balok. Nanoteknologi menggunakan pendekatan alam untuk membuat sesuatu. Alam menyatukan atom untuk membuat molekul. Molekul digabungkan untuk membentuk materi yang menyusun semua hal—dari sel hingga pohon dan manusia. Menggunakan metode kimia mutakhir, nanoteknologi menciptakan barang baru dengan menggabungkan atom dan molekul dengan cara yang tak ada di alam.

Nanosains dan nanoteknologi sedang dalam perkembangan. Meski demikian, insinyur nano mengembangkan beberapa proyek berskala sangat kecil. Peneliti Universitas Cornell telah mengembangkan nanospons berdiameter 20 nanometer yang menyerap polusi jika dijatuhkan di tumpahan minyak. Peneliti Universitas Rice di Texas mengembangkan mobil nano, campuran molekul yang dapat bergerak maju mundur dengan motor nano yang digerakkan sinar ultraviolet dan hanya dapat dilihat mikroskop super. Mobil nano dibuat dari 169 atom dengan lebar 3



▲ Model digital bentuk mobil nano, menggambarkan “roda” bulat yang dapat menggerakkannya pada permukaan benda kecil.

➤ Ini adalah tampilan mobil nano yang terlihat melalui mikroskop.



nanometer dan panjang 4 nanometer.

“Ide membuat molekul yang bergerak seperti mobil di permukaan sangat luar biasa,” kata Ray Baughman, pimpinan Nanotech Institute di Universitas Texas, Dallas. Baughman dan James Tour, tim pengembang mobil nano Universitas Rice, percaya nanoteknologi adalah masa depan. Penggunaannya tidak terbatas. Baughman yakin mobil nano berguna sebagai alat bantu reaksi kimia dalam pembuatan mikroprosesor untuk komputer. Mikroprosesor adalah “chip” pusat yang menjalankan komputer. Insinyur bakal menggunakan molekul untuk membuat prosesor dan memori berukuran kecil, hingga superkomputer bisa seukuran telepon seluler.

Lapisan nano di kaca dapat menjadi panel surya super efisien yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik, hampir tanpa biaya. Angkatan Laut AS menggunakan pelapisan nano pada kapal selam nuklir. Pelapisan menjaga agar lambung kapal tidak ditemplei hewan laut dan berkarat. Perusahaan Nano-Tex membuat kain dengan rekayasa nano struktur molekul yang mencegah noda menempel dan kain kusut. Pada masa depan, pakaian teknologi nano dapat mengindera suhu dan otomatis menghangatkan atau mendinginkan.

Olgica Bakajin dan Aleksandr Noy memimpin tim peneliti

Singularitas

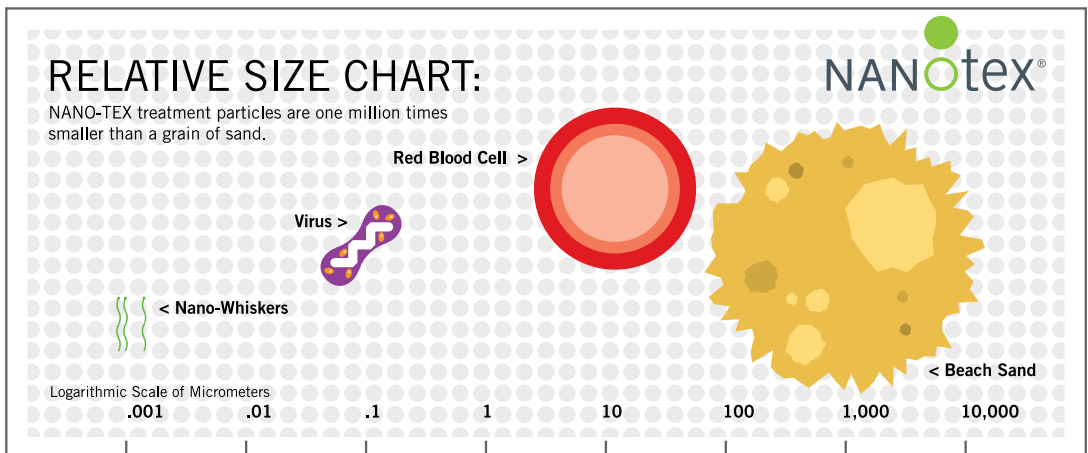
Ray Kurzweil, perekacipta pemenang penghargaan dan futuris, berpikir bahwa nanoteknologi, digabungkan dengan kemajuan teknologi komputer dan robotik, akan mengubah kehidupan manusia di luar perkiraan kita. Katanya tahun 2020 nanti nanoteknologi memungkinkan ilmuwan membuat produk yang orang butuhkan dari bahan murah. Ia yakin nanobot tak hanya mampu menghentikan penuaan, tapi juga membalikkannya, menjadikan manusia dapat hidup selamanya jika mau. Namun pernyataannya yang paling dramatis adalah terciptanya apa yang ia sebut sebagai “singularitas”—penggabungan sempurna kecerdasan mesin dan kecerdasan manusia. Nanobot dalam kapiler otak bakal berinteraksi dengan saraf, membentuk siapapun menjadi super jenius, terhubung secara otomatis dengan internet, dan memungkinkan orang berkomunikasi satu sama lain melalui pikiran.

Lawrence Livermore National Laboratory mempelajari tabung nano, tabung dari karbon dengan ukuran 50.000 kali lebih kecil daripada rambut manusia. Bakajin dan Noy menemukan cara membuat membran dari ribuan tabung nano. Molekul air dapat melewati tabung, namun molekul padat tidak.

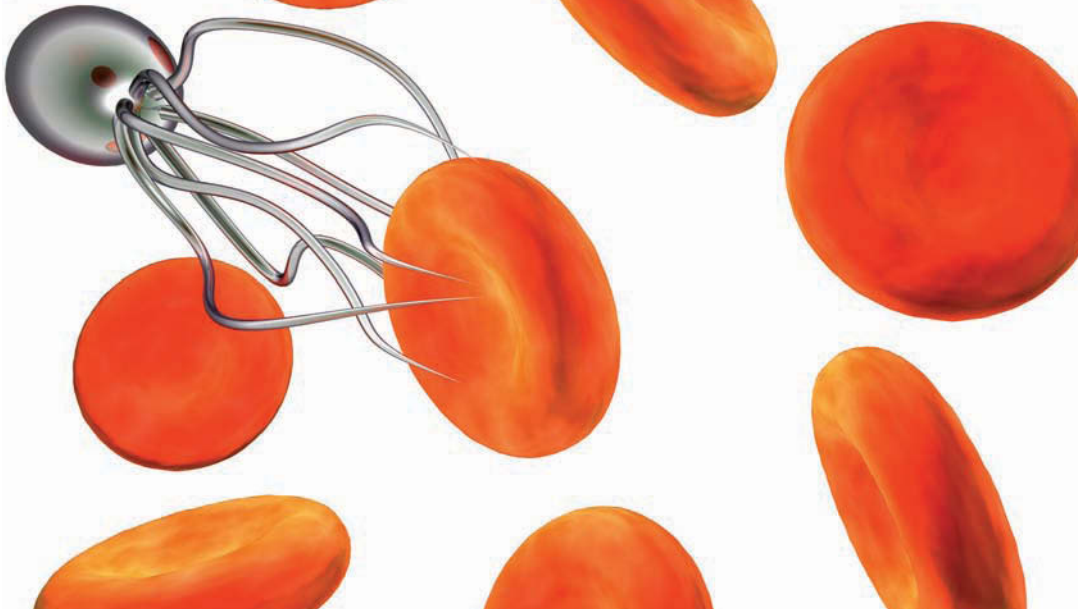
Membran tabung nano membantu proses desalinasi, pemisahan garam dan zat padat lain dari air laut, sehingga dapat diminum. Metode saat ini mahal dan perlu banyak energi. Jika membran tabung nano telah sempurna, jutaan orang sedunia yang sulit mendapat air minum bersih akan tertolong.

Revolusi medis

Satu bidang yang kelak akan dipengaruhi nanoteknologi adalah perawatan medis. Para insinyur mengembangkan obat nano, partikel



▲ Nanoteknologi telah menciptakan serat kain yang dapat membuat cairan menggumpal dan mengalir. Serat kainnya, seperti terlihat dalam tabel ini, berukuran satu juta kali lebih kecil daripada sebutir pasir.



▲ Gambar ini menunjukkan bagaimana nanobot bergerak dalam aliran darah manusia.

kecil yang disuntikkan langsung dalam darah dan dikirim ke bagian tubuh tertentu. “Molekul target” yang dibuat dengan nanoteknologi menemukan sel kanker dan menghancurkannya. Mesin kecil dibuat untuk memperbaiki sel dan kerusakan DNA penyebab penyakit genetik. Nanokomputer tak kasat mata diprogram mengarahkan mesin nano yang memeriksa, membongkar, dan membangun kembali struktur molekul yang rusak. Tubuh dapat diperbaiki oleh mesin nano yang memperbaiki sel satu per satu, membetulkan jantung dan paru-paru rusak, memulihkan kesehatan tanpa rasa sakit dan tanpa kelihatan. Mesin-mesin kecil terprogram berpatroli dalam darah, memakan kolesterol dan memperbaiki pembuluh darah rusak, mencegah serangan jantung dan stroke.

Nanoteknologi cukup efektif dalam mengobati kanker. Profesor kimia Georgia Tech, Mostafa El-Sayed menerima Medal of Science pada 2007, penghargaan tertinggi Amerika dalam bidang sains, karena penelitian dan pengembangan nanomaterial. Bekerja dengan anaknya Ivan, dari Universitas California, San Fransisco, El-Sayed mengembangkan batang nano emas yang dapat berikatan dengan sel kanker. Kalau sudah berikatan dengan sel, batang nano memancarkan cahaya, sehingga mudah dideteksi. Dokter jadi bisa menggunakan laser untuk membunuh sel kanker secara selektif tanpa melukai sel sehat di sekitarnya, sehingga sel kanker dapat dicegah penyebarannya.

Electric Vehicle



Memesinkan Sekitar

BAB

Pengganti mesin berbahan bakar bensin

Meskipun ada desain mesin terbang rumit dalam film dan prediksi pertengahan abad kemarin mengenai sarana perjalanan alternatif, mobil tampaknya akan tetap menjadi pilihan utama kebanyakan orang untuk melakukan perjalanan pada masa mendatang. Tapi sumber tenaga dan cara kerja mobil akan berubah. Masa depan mesin berbahan bakar bensin suram. Kenaikan harga minyak, ditambah bahaya pemanasan global akibat pembakaran bensin dan bahan bakar fosil lainnya, menjamin mesin pembakaran internal bensin, yang sudah diproduksi massal sejak awal abad ke-20,

< California saat ini bangga dengan banyaknya jumlah stasiun pengisian bahan bakar alternatif, tapi dengan banyaknya kendaraan yang beroperasi dengan etanol dan bahan bakar alternatif lainnya yang membanjiri pasaran, stasiun baru tampaknya akan muncul di seluruh negeri.

akan punah. Untungnya, para ilmuwan dan insinyur sibuk mencari cara alternatif untuk menggerakkan mobil, truk, dan bus. Teknologi apa yang sedang dikembangkan untuk menggantikan mesin pembakaran internal? Semuanya melibatkan aneka cara memberi tenaga mesin listrik.

Mobil listrik

Beberapa mobil paling laris sekarang adalah mobil hibrid, yang digerakkan dengan bensin dan listrik. Pada mobil hibrid, baterai disetrum ulang dengan motor bensin. Pada mobil listrik, baterai dapat diisi ulang dengan dihubungkan ke sumber



▲ Mobil ini merupakan satu dari dua tipe mobil listrik yang digunakan oleh Kepolisian London. Kendaraan yang tidak digunakan untuk tugas membasmi kejahatan, dapat mencapai kecepatan 56 mil (90 km) per jam dan menempuh 53 mil (85 km) sebelum perlu disetrum ulang.

listrik rumahan. Teknologi untuk memproduksi mobil listrik telah tersedia sejak akhir 1800-an, namun mesin dan baterainya belum cukup

▼ Pemilik model awal mobil listrik menyambungkan kabel setrum dengan mobilnya General Motor EV1 berpengerak listrik di Sacramento, California. Pada 1970-an, dibuat mobil listrik dalam jumlah kecil, tapi saat itu minat masyarakat tidak cukup kuat untuk mempertahankan produksinya.



kuat untuk menggerakkan mobil dalam waktu lama dan mencapai kecepatan tinggi. Sekarang, para insinyur sudah menciptakan sistem yang memungkinkan mobil berjalan jauh dan mencapai kecepatan normal di jalan tol.

General Motors sedang mengembangkan Chevrolet Volt, kendaraan listrik yang diharapkan dapat dijual dalam beberapa tahun mendatang. Perbedaan antara Volt dan kendaraan hibrid adalah Volt sepenuhnya mengandalkan tenaga

Jet gendong dan pesawat terbang atom

Sulit untuk memprediksi masa depan. “Ahli” masa depan pun sering salah, khususnya di bidang transportasi. Berikut adalah beberapa ide terobosan dalam transportasi, tapi tidak pernah terwujud.

Jet gendong

Selama 1960-an, orang tertarik dengan ide *jet pack* atau jet gendong—roket yang digendong di punggung kemudian mengangkat orang dan membawanya ke tempat tujuan (memakai helm tentunya). Bell Aerosystems mengembangkan “sky taxi” pada tahun 1967, di mana dua orang menggunakan satu *jet pack* bersamaan. Namun sayang penerbangan tersebut hanya bertahan 21 detik.

Pesawat terbang atom

Setelah Perang Dunia II (1939-1945), hampir semua orang memprediksi bahwa orang akan menggunakan pesawat atom (pesawat yang digerakkan dengan energi atom). Walt Disney, *Popular Mechanics*, dan *National Geographic* bekerja sama mempromosikan pesawat atom. Tentu saja, pesawat atom tak pernah dibuat. Para ilmuwan tak bisa menyelesaikan masalah seperti mengatasi panas reaktor atom atau mengontrol bahaya radiasi dalam pesawat, apalagi harus berurusan dengan kemungkinan ledakan atom.



▲ Ford Nucleon tidak pernah mencapai tahapan produksi. Design kendaraannya dapat dilihat di Museum Henry Ford, Michigan.

Mobil atom

Diiklankan dengan sebutan *atomobile*, atau *atomic car* (mobil atom). Pada 1945, *Popular Mechanics* memuat artikel tentang mobil masa depan yang digerakkan dengan mengontrol ledakan nuklir. Mobil ini menurut pendukungnya dapat dikendarai sejauh 5 juta mil (8 juta km) tanpa mengisi bahan bakar. Pengujian mobil atom dihentikan, ketika ditemukan bahwa untuk satu mobil atom seberat 3.000 pon (1.362 kg) dibutuhkan reaktor 80.000 pon (36.320 kg) untuk menggerakkannya. Ford Motor Company memperlihatkan rancangan *Ford Nucleon* pada 1958 dengan reaktor nuklir kecil di depan mobilnya. Sayangnya, penumpang tak terlindung dengan efektif dari radiasi mematikan.



▲ Chevrolet Volt dipamerkan dalam North American Auto Show di Detroit pada 2007. Mobil tersebut mulai diproduksi pada awal 2010.

listrik, sedangkan mobil hibrid mengandalkan bensin. Volt memiliki mesin elektrik yang kecil, tapi mesinnya tidak langsung terhubung dengan penggerak roda—bagian yang menyebabkan roda berputar. Mesin tersebut hanya akan menyala untuk mengisi ulang baterai sehingga pengemudi tidak akan terdampar ketika perjalanan jauh. General Motor mengembangkan baterai yang lebih ringan dan lebih baik sebelum menawarkan Volt atau mobil sejenisnya untuk dijual.

Mobil surya

Mobil surya menggunakan energi dari matahari untuk menghasilkan energi listrik dan menggerakkan mesin mobil. Mobil surya pertama

dikembangkan oleh Hans Tholstrup pada 1982. Tholstrup mengendarai mobilnya sejauh 2.800 mil (4.500 km) antara Sydney dan Perth (dari satu sisi Australia ke sisi lain) dalam 20 hari—10 hari lebih cepat dibandingkan mobil mesin bensin pertama ketika melakukan perjalanan yang sama.

Sejak perjalanan Tholstrup, mobil surya makin efisien dan kuat karena pengembangan oleh para insinyur. Pengembangan terpenting terletak pada efisiensi sel fotovoltaik. Panel datar sel fotovoltaik menyerap energi cahaya matahari, menimbulkan panas yang kemudian diubah sel surya menjadi energi listrik. Konversi itu disebut efek fotovoltaik. Energi kemudian

dikumpulkan dalam baterai. Baterai lalu memasok energi bagi motor elektrik penggerak mobil.

Sekarang, sel surya dan baterai cukup ringan untuk menggerakkan mobil eksperimen yang dapat berjalan 80 mil (129 km) per jam. Baterai mobil adalah baterai litium, sama seperti baterai laptop, telepon selular, dan kamera digital. Mobil surya memiliki emisi nol dan tak membahayakan lingkungan. Ilmuwan belum menemukan mengatasi kekurangan mobil surya: kurangnya energi ketika hari berawan, rusaknya sel fotovoltaik karena debu, dan baterai yang dapat

➤ Mahasiswa Universitas Minnesota merancang kendaraan surya untuk berkompetisi dalam North American Solar Challenge pada 2005, balap mobil bertenaga surya melintasi Amerika.



✓ Mobil surya yang dikembangkan di Manila, Filipina, diuji coba sebelum berkompetisi dalam 20th World Solar Challenge di Australia pada 2007.



memasok tenaga tambahan dalam jalan tol.

Sel bahan bakar yang menjanjikan

Satu teknologi menjanjikan sebagai penggerak mobil adalah sel bahan bakar. Sel bahan bakar adalah alat yang mengubah zat kimia menjadi listrik. Bahan bakar, umumnya hidrogen, mengalir ke satu sisi sel dan oksigen mengalir ke sisi lainnya. Campuran keduanya menghasilkan reaksi elektrokimia yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Sel bahan bakar berbeda dengan baterai karena beroperasi selama bahan bakar mengalir ke dalamnya, sedangkan baterai menghabiskan energi yang tersimpan. Sistem sel bahan bakar hidrogen bisa ringan dan kecil. Sel bahan bakar menghasilkan listrik dengan efisien dan senyap, tanpa polusi. Buangannya hanya air dan panas.

Keajaiban roda satu



▲ Wheelsurf ini dapat berjalan sekitar dua jam dengan bensin satu tangki penuh.

Kendaraan beroda satu sudah ada sejak lama, sekitar tahun 1869. Tapi sekarang, cara berpergian ini tersedia dalam versi baru yang bermotor. Dengan \$7000 Anda dapat membeli Wheelsurf, sepeda motor beroda satu yang direkacipta di Belanda. Wheelsurf dapat mencapai kecepatan hingga 20 mil per jam. Pengendara duduk di dalam rangka dalam roda yang dilengkapi dengan mesin serta tangki bahan bakar. Untuk berbelok ke kanan atau ke kiri, cukup menggeser berat badan Anda. Saat ini, di beberapa negara Wheelsurf belum diizinkan dipakai di jalan umum.





▲ Tampilan dasbor kendaraan sel bahan bakar Toyota yang saat ini masih dalam pengembangan menunjukkan kepada pengemudi dari mana datangnya energi yang menggerakkan mobil.

Sel bahan bakar menghasilkan tegangan listrik rendah, sehingga beberapa sel bahan bakar perlu dirangkai. Makin banyak sel, makin tinggi tegangan. Satu tantangan yang dihadapi adalah merangkai cukup banyak sel bahan bakar agar menghasilkan energi setara mobil berbahan bakar bensin.

Honda, Chevrolet, dan BMW juga membuat mobil sel bahan bakar hidrogen. Honda FCX, yang tampak seperti permen raksasa, dapat menghasilkan 134 tenaga kuda dan mencapai kecepatan 90 mil per jam. Sejak musim panas 2008, konsumen di California selatan bisa menyewa FCX dengan biaya \$600 sebulan.

Masalah utama kendaraan sel bahan bakar tentu saja memasukkan bahan bakar ke dalam tangki hidrogen. Karena sel bahan bakar perlu asupan bahan bakar terus-menerus, pengemudi butuh stasiun pengisian hidrogen jika kendaraan sel bahan bakar benar-benar hendak menggantikan kendaraan bensin. Untuk memulainya, Honda sudah membangun sepuluh stasiun di California selatan untuk menyuplai konsumen yang menyewa model FCX. Ratusan lainnya akan dibangun jika sel bahan bakar menjadi penghasil energi masa depan.

◀ Tipe yang berbeda dari ujung pipa bahan bakar yang digunakan saat ini akan digunakan untuk kendaraan berbahan bakar hidrogen (mobil sel bahan bakar) yang sedang dikembangkan oleh Ford Motor Company.





Kehidupan Masa Depan

BAB

Seperti apa hidup nantinya...

BRIIIING! Alarm membangunkan Anda hingga kaget! Bukan awal hari yang asyik. Anda masih harus mandi, sarapan, dan mengajak anjing jalan-jalan—semua harus dikerjakan sebelum Anda berangkat sekolah pada pukul 7! Lihatlah sekeliling rumah Anda—kita masih harus mematikan dan menyalakan lampu, mengatur suhu pemanas dan pendingin ruangan, merapikan tempat tidur, dan menolong orang tua kita mencuci piring dan melakukan pekerjaan rumah lainnya. Nah, pada masa depan, hidup akan menjadi lebih mudah. Bukannya kita yang mengurus rumah, rumah kitalah yang mengurus kita. Kita semua akan hidup dalam rumah yang sangat pintar!

< Serial kartun, *The Jetsons*, menampilkan satu keluarga dan seekor anjing yang hidup pada masa depan. Mereka hidup di ruang angkasa, berpergian dengan pesawat ruang angkasa, dan memiliki robot pengurus rumah tangga.

The Jetsons merupakan film kartun TV yang populer pada awal 1960-an mengenai petualangan keluarga yang hidup di masa depan (2063). *The Jetsons* tinggal dalam apartemen yang diatur oleh Rosie, robot pengurus rumah tangga mereka. Makan malam akan tiba hanya dengan menekan tombol, dan semuanya otomatis. Peralatan berbicara dan robot akan mengerjakan semua pekerjaan.

Akankah rumah masa depan betulan menjadi seperti apartemen *Jetsons*? Para ilmuwan dan peneliti sedang menggarap rumah masa depan, yang dijanjikan lebih menarik dan futuristik daripada apapun yang ada dalam *The Jetsons*. Akankah rumah kita sudah jadi seperti itu tahun 2063 atau 2040?

Pertama-tama, revolusi robot akan terus berkembang dan Rosie si robot pembantu akan bisa dimiliki. Robot akan berkomunikasi

tanpa kabel dengan rumah itu sendiri, yang akan menjadi rumah “pintar”. Dikontrol dengan “otak” komputer yang tersembunyi dalam dinding, robot dan rumah akan membaca setiap keinginan Anda. Robot akan berkomunikasi dengan semua ruangan untuk memastikan segala sesuatunya sesuai dengan keinginan Anda. Pancuran mandi secara otomatis akan mengatur suhu yang tepat. Dapur otomatis tahu untuk menyiapkan sarapan favorit Anda dalam suhu yang sesuai. Skor olahraga terbaru akan terlihat pada dinding hanya dengan bertanya berapa skornya. Tidak akan ditemukan debu atau noda kotoran karena lantai dan dinding akan membersihkan diri sendiri.

Bukan mimpi

Kemungkinan terwujudnya rumah impian dalam 25 atau 30 tahun ke depan berdasarkan kenyataan, kalau melihat perkembangan sains hingga hari ini. Robot, seperti yang Anda baca, diharapkan untuk berkembang dalam kecerdasan dan kemampuan mereka untuk bekerja dengan orang. Mereka diharapkan dapat berperan dalam kombinasi yang saat ini disebut dengan “Internet antar benda” (*Internet of things*) dan lingkungan pintar (*ambient intelligence*).

Internet antar benda adalah

< Robot rumah tangga sudah digunakan saat ini dalam bentuk pengisap debu yang berkeliraran sendiri, membersihkan dengan diam-diam.





▲ Sistem pelacakan rumah pintar memungkinkan komputer utama rumah mengetahui siapa yang ada di rumah.

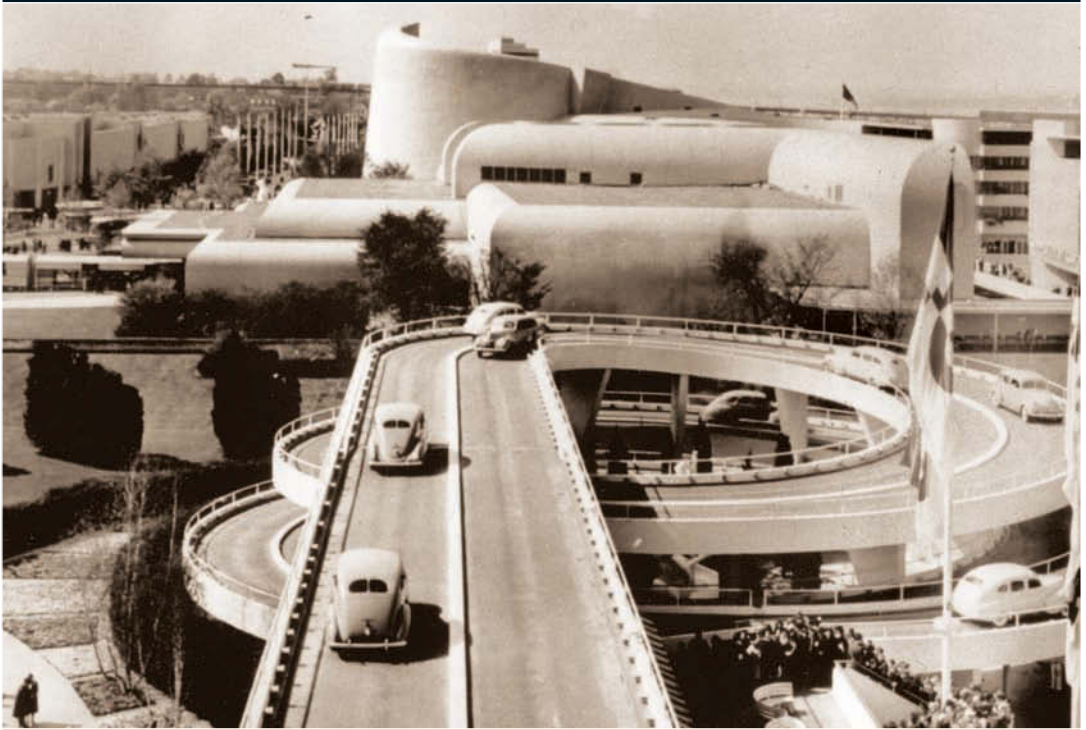
komunikasi tanpa kabel antar benda, bukan antar manusia. Dalam rumah masa depan, semua barang akan ditempelkan dengan label identifikasi frekuensi radio (RFID, Radio Frequency Identification). Labelnya berupa chip elektronik seperti yang digunakan beberapa toko untuk mengecek persediaan. Chip akan mengirim informasi menuju RFID. Di masa depan, berkat nanoteknologi, chip akan lebih kecil dan kuat. Dalam rumah masa depan, RFID akan menyatukan seluruh peralatan dapur bersama-sama menjadi sistem persiapan makanan yang terkoordinasi. Semua lemari dan kulkas akan ditemplei RFID sehingga robot atau komputer dalam dinding akan memberitahu jika Anda

kehabisan bahan makanan. Layar di kulkas akan merekomendasikan hidangan berdasarkan info bahan-bahan yang tersedia yang dikirimkan lemari ke kulkas. Chip komputer lainnya akan memberi tahu Anda jika air dalam panci sudah mendidih di atas kompor, jika air hampir

➤ Chip RFID seperti yang satu ini bekerja seperti kode batang yang sekarang digunakan di seluruh dunia.



Menjelajah masa depan pada tahun 1939



▲ Maket pada Pameran Dunia 1939 di New York menunjukkan jalan layang, yang sekarang sudah menjadi pemandangan umum di banyak tempat.

Pameran Dunia 1939 merupakan salah satu pameran terbesar dan terpopuler sepanjang sejarah. Orang dari seluruh belahan dunia dan seluruh Amerika Serikat membanjiri Long Island, New York, untuk melihat berbagai pameran. Tema dari pameran tersebut adalah “Masa Depan Dunia”. Salah satu pameran paling populer adalah “Futurama” dari General Motors. Futurama merupakan model berskala besar, 36 ribu kaki persegi (3.348 m²) Amerika tahun 1960. Termasuk di dalamnya rumah masa depan, pusat perkotaan, dan sistem jalan bebas hambatan yang memungkinkan kecepatan mencapai 100 mil (161 km) per jam. Kota New York dalam pameran tersebut sudah dilengkapi dengan kereta, kereta bawah tanah, dan semua transportasi umum. Selain itu, terdapat tujuh

jalur jalan bebas hambatan yang ditaruh di atas gedung pencakar langit dan menembus bangunan.

Tontonan utama lainnya dalam pameran tersebut adalah Elektro dan anjingnya Sparko, robot masa depan dari Westinghouse. Elektro merupakan robot raksasa manusia berwarna emas. Berdiri di podium di depan keramaian, Elektro bergerak kaku dengan menggunakan roda di bawah kakinya. Seorang operator di belakang panggung mengisi suaranya. Elektro menggerakkan kepala dan lengan, menghitung jari, dan sesekali mengisap rokok. Sparko mengikuti Elektro, sesekali menyalak dan berdiri dengan kaki belakangnya. Keduanya membuat kagum banyak penonton.

habis, atau jika ada sistem dalam rumah yang butuh perawatan.

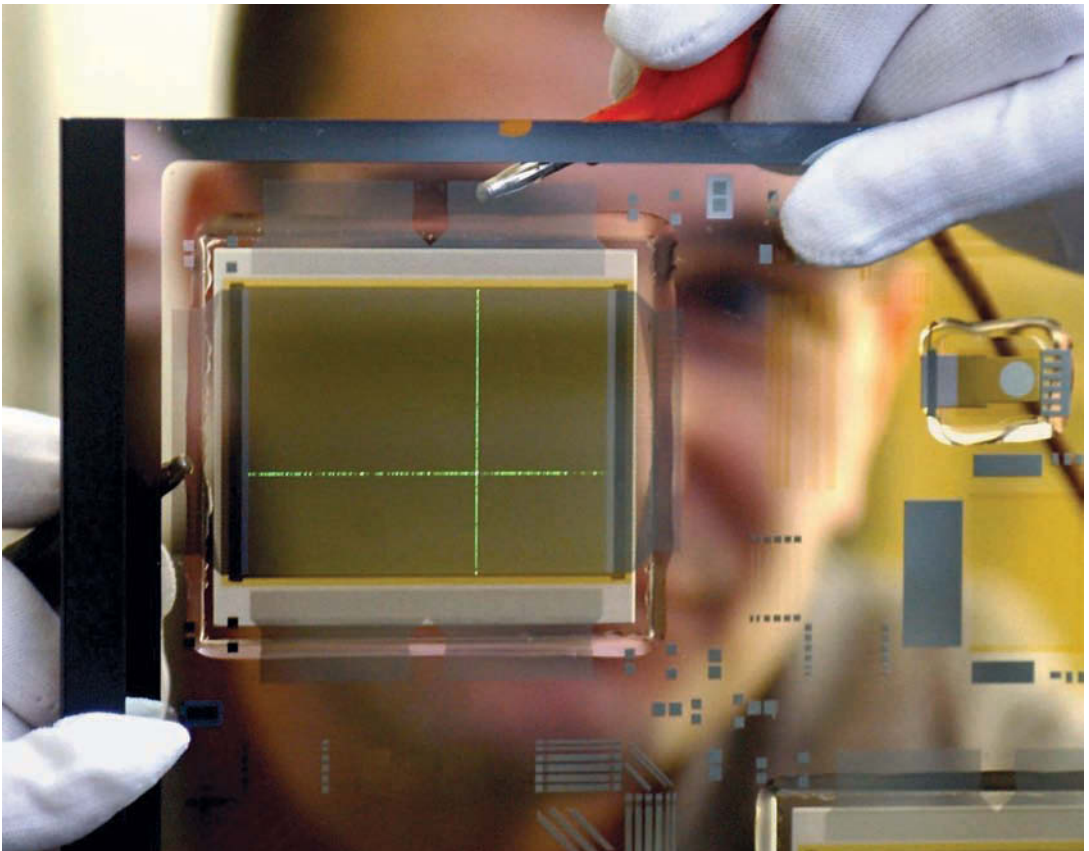
Dinding pintar

Rumah Anda juga dapat memiliki dinding ajaib. Dinding akan bisa berganti warna atau berubah pola. Tentu saja semuanya tidak dilakukan dengan sihir, tapi dengan teknologi seperti pada layar TV super terang, setipis kertas. (Sony sudah mengembangkan layar TV setebal 0,01 inci/0,3 mm). Pada masa depan, teknologi yang dikenal sebagai OLED (Organic Light Emitting Diode) itu bisa saja membuat dinding “pintar” yang dapat berubah warna

dan pola atau menampilkan TV dan layar komputer hanya dengan menekan tombol. Anda juga mungkin menggerakkan jendela di rumah masa depan Anda ke tempat yang berbeda di dinding. Dinding OLED dapat dibuat pekat atau bening dan dapat diatur dengan menyeret dan mengubah posisi jendela.

Dinding dan lantai dapat membersihkan diri sendiri melalui teknologi nano. Para peneliti sedang bekerja memodifikasi nanopartikel untuk menyerap cahaya pada panjang gelombang yang lebih panjang. Cahaya itu bisa membunuh kuman dan menghilangkan debu.

V Layar OLED sangat tipis dan ringan. Teknologi ini akan merevolusi tampilan di masa depan.



Lingkungan pintar

Lingkungan pintar hadir ketika Internet antar benda bekerja baik menolong orang melakukan kegiatan sehari-hari. Selagi perangkat menjadi lebih kecil, lebih terhubung, dan kurang terlihat, sensor di kulit kita, pakaian, atau lingkungan akan mengumpulkan data dan “berbicara” ke peralatan lainnya yang akan kita gunakan pada masa depan. Semua peralatan tersebut akan dibuat agar dapat belajar dari pengalaman. Mereka akan mengamati kebiasaan Anda, kesukaan dan ketidaksukaan, perasaan, serta minat, lalu

menyimpannya dalam komputer utama—“otak” yang tersembunyi dalam dinding. Komputer, seperti halnya jenderal yang memimpin pasukan, akan memerintah rumah menjadi seperti yang kita inginkan. Misalnya, suhu dalam rumah dapat diatur agar sesuai suhu rata-rata tubuh, sehingga Anda selalu merasa nyaman. Jendela akan menggelap ketika Anda siap untuk tidur dan terang kembali ketika Anda bangun.

Bill Gates, pendiri Microsoft Corporation, telah membangun rumah pintar miliknya. Dalam rumahnya, lampu secara otomatis menyala ketika ia pulang. Pengeras



▲ Unit pengontrol ini bisa mengontrol seluruh aspek rumah pintar, termasuk suhu, keamanan, dan hiburan.



▲ Dalam rumah yang memiliki koneksi seperti yang dibayangkan Microsoft, satu komputer pusat akan mengontrol semua aspek pemeliharaan rumah itu.

suara tersembunyi di balik kertas dinding memungkinkan musik mengikuti dia dari ruang ke ruang. Alat kontrol sentuh portabel mengontrol semuanya mulai dari TV, suhu, dan pencahayaan, yang akan terang atau redup untuk menyesuaikan cahaya dari luar. Pengunjung yang datang ke rumah Gates akan disurvei terlebih dahulu kesukaannya dan kemudian diberi mikrochip. Chip itu akan mengirim sinyal ke seluruh rumah. Ketika pengunjung memasuki ruangan, otomatis pencahayaan dan suhu

disesuaikan dengan kesukaan mereka.

Pada masa depan, biarpun Anda bukan Bill Gates, rumah Anda bisa saja menjadi hidup—dan pintar, seolah-olah tahu apa yang Anda pikirkan.

Apa yang akan ada nanti?

Ahli futurologi Ian Pearson mempelajari teknologi, tingkah laku manusia, tren, politik, dan bisnis dengan tujuan membuat prediksi masa depan. Meskipun futurologi bukan ilmu pasti,

OOPS! Prediksi salah yang terkenal

Memprediksi masa depan merupakan usaha yang berisiko, meskipun yang melakukannya adalah “ahli”. Berikut adalah beberapa prediksi dari tokoh-tokoh terkenal yang terbukti keliru.

“Apa yang lebih tak masuk akal daripada lokomotif yang katanya dua kali lebih cepat dibanding kereta kuda?”— *The Quarterly Review*, Maret, 1825.

“Teori kuman Louis Pasteur itu fiksi konyol.”— Pierre Pachet, Professor Fisiologi, Toulouse, 1872.

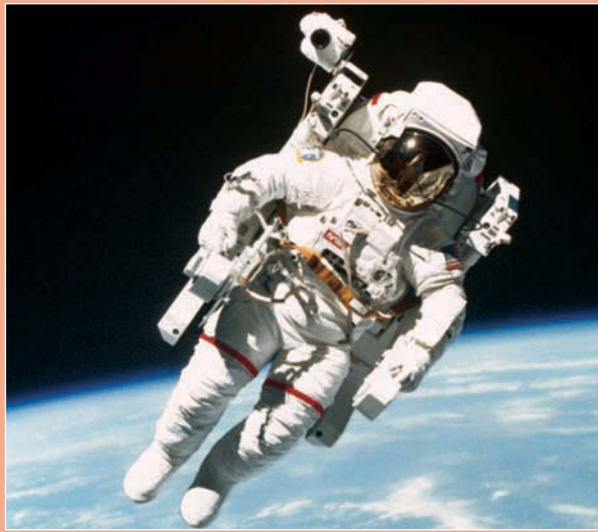
“Ini penemuan besar, tapi siapa yang mau menggunakannya?”— Rutherford B. Hayes, Presiden Amerika Serikat, setelah demonstrasi telepon Alexander Bell, 1876.

“Semua orang yang tahu mengenainya akan menganggapnya barang gagal.”— Henry Morton, presiden Stevens Institute of Technology, pada bola lampu Edison, 1880.

“Sinar X akan terbukti bohong-bohongan.”— Lord Kelvin, Presiden Royal Society, 1883.

“Kami tidak suka suara mereka, dan musik gitar sudah tidak zamannya.”— Decca Recording, menolak The Beatles, 1962.

“Kuda akan ada terus. Mobil hanya barang baru yang sedang tren.”— Presiden Bank



▲ Tak banyak orang yang mengira bahwa manusia dapat berjalan di bulan, bahkan terbang bebas di antariksa!

Michigan Savings, memberi saran kepada pengacara Henry Ford agar tidak berinvestasi di Ford Motor Company, 1903.

“Saya pikir ada pasar dunia untuk setidaknya lima komputer.”— Thomas Watson, direktur IBM, 1943.

“Tidak ada alasan orang punya komputer di rumah.”— Ken Olson, direktur Digital Equipment Corporation, 1977.

“Manusia tidak akan pernah mencapai Bulan, tanpa peduli apa pun kemajuan sains masa depan.”— Dr. Lee De Forest, penemu tabung hampa dan “bapak televisi”.

Pearson mengatakan bahwa dia “mempelajari hal jangka panjang, sehingga biasanya dia benar.” Pearson mengakui bahwa dia “bisa salah juga, kira-kira 15%.” Pearson dan ahli futurologi lain bukan menerawang bola kristal dan melihat apa yang akan terjadi 25, 50,

atau 100 tahun yang akan datang. Namun, Pearson mengatakan dia “membuat kesimpulan logis untuk masa mendatang berdasarkan peristiwa yang sudah kita alami.”

Berikut adalah 10 prediksi dari Ian Pearson.

2025:

- Banyak keluarga yang akan punya robot untuk melakukan pekerjaan rumah tangga. Orang lanjut usia yang sendirian akan sangat menyukainya.
- Sensasi akan bisa direkam dan diputar ulang, sehingga kenangan liburan jadi bisa diingat dengan lebih intens; permainan dan komunikasi juga jadi lebih seru.
- Lensa kontak aktif akan memberi info pada apa pun yang terlihat, menampilkan arsitektur dan tayangan ganda. Orang akan dapat memilih bagaimana orang lain melihat mereka di jalanan. Tayangan ini juga bisa menggantikan TV dan komputer.
- Banyak mobil bertenaga listrik dan digerakkan secara otomatis di jalan, terhubung secara elektronik ke mobil di sekitar mereka sehingga dapat bergerak merapat bersama-sama dan mengurangi kemacetan.
- Pembangkit listrik tenaga surya besar akan beroperasi di Gurun Sahara, memasok listrik ke banyak negara Eropa melalui kabel superkonduktor. Permintaan minyak akan menurun drastis, karena makin banyak rumah, industri, dan transportasi menggunakan listrik.
- Kecerdasan buatan (*artificial intelligence*/AI) akan menandingi kecerdasan manusia. Sebagian besar sains dan rekayasa akan dilakukan oleh AI, dan manusia tidak akan dapat memahami bagaimana teknologi hasilnya bekerja.
- Kehidupan sederhana seperti organisme bersel tunggal akan bisa dirancang dan dibangun dari nol.
- Beberapa mesin akan memiliki hak. Mereka mungkin mendapat hak menjalani hidup di luar “jam kantor”, hak untuk tidak disakiti, hak milik, dan bahkan menjalankan bisnis.
- Majalah dan koran akan punya bagian digital untuk menayangkan video, dan interaktif sehingga orang dapat membeli barang langsung dari iklan.
- Orang akan memakai perhiasan digital yang otomatis memperkenalkan Anda kepada orang yang ingin Anda kenal selagi mereka berpapasan dengan Anda di jalan.

▼ Ahli futurologi Ian Pearson



Masa-masa Mendatang



▲ Robot Honda ASIMO memimpin orkestra Detroit Symphony pada 2008. Acara malam itu bertujuan menarik perhatian terhadap pentingnya pendidikan musik bagi anak.

Akankah masa depan kita dipenuhi oleh robot, bangunan cerdas, mobil cepat tanpa polusi, produk luar biasa nanoteknologi, dan teknik medis yang memperpanjang hidup dan membuat lebih bahagia?

Prediksi terdahulu mengenai kehidupan masa depan yang berdasarkan pada ide-ide tentang keajaiban teknologi dan ilmu pengetahuan seringkali terbukti keliru atau terlalu optimis. Akankah itu berlaku bagi prediksi zaman sekarang?

Kecil kemungkinannya. Futurologi, studi tentang masa

depan berdasar tren sekarang, sudah menjadi lebih pasti. Hampir semua prediksi yang Anda baca dalam buku ini adalah berdasarkan sains dan penemuan betulan yang punya dampak pada masa depan. Asalkan tak terjadi perang dunia, wabah, kelaparan, atau beberapa kejadian mengerikan lain, dunia sebenarnya berada di ambang revolusi teknologi dan sains yang akan mengubah kehidupan semua orang menjadi lebih baik. Tidak ada keraguan mengenai itu—hidup kita akan lebih baik dan lebih bahagia pada masa depan. Tunggu saja.

Daftar Istilah

ahli robot — peneliti yang membuat atau mempelajari robot.

BCI — *Brain Computer Interface*
(Hubungan Komputer-Otak)

cyborg — makhluk sebagian manusia, sebagian robot.

dunia maya — dunia tak kasat mata tempat keberadaan dan pertukaran informasi elektronik.

efek fotovoltaiik — proses mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik.

elektroda — penghantar yang dilewati listrik ketika masuk atau keluar baterai atau alat listrik.

futuris — orang yang membuat prediksi mengenai masa depan, dikenal juga sebagai ahli futurologi.

humanoid — sesuatu yang memiliki penampilan atau sifat seperti manusia.

Internet antar benda — jaringan komunikasi di antara alat-alat elektronik yang tak memerlukan interaksi manusia.

kapiler — pembuluh darah sempit berdinding tipis yang menghubungkan arteri dengan vena untuk membentuk jaringan dalam tubuh.

kecerdasan ambien — kemampuan perangkat komunikasi yang tertanam dalam jaringan elektronik untuk berkomunikasi satu sama lain secara mulus.

medium kultur — bahan bergizi seperti kaldu atau agar yang digunakan ilmuwan untuk menumbuhkan mikroorganisme, jamur, sel, atau jaringan dalam laboratorium.

mikroprosesor — unit pemroses pusat yang melakukan operasi dasar dalam mikrokomputer, terdiri atas sirkuit terintegrasi di atas chip.

miniaturisasi — proses membuat sesuatu dalam ukuran yang lebih kecil atau dengan skala yang diperkecil.

mioelektrik — berhubungan dengan listrik pada otot.

mobil hibrid — kendaraan dengan mesin yang dapat berjalan dengan energi listrik atau bensin.

nanometer — satu per satu miliar meter.

nanoteknologi — seni manipulasi materi pada skala sangat kecil untuk membuat mesin berukuran mikroskopik.

OLED — *Organic Light-Emitting Diode* (LED organik).

prostetik — bagian tubuh buatan.

RFID — *Radio Frequency Identification* (Identifikasi frekuensi radio).

sel bahan bakar — alat yang menghasilkan listrik dengan mengubah energi kimia dari bahan bakar dan oksidan menjadi energi listrik.

sel fotovoltaiik — sel yang mendeteksi dan menangkap cahaya untuk menghasilkan listrik.

Daftar Pustaka

Buku

- Asimov, Isaac. *I Robot*. New York: Bantam Spectra, 2008.
- Bridgman, Roger. *Robot (Eyewitness Guides)*. New York: DK Publishers, 2004.
- Dregni, Eric, and Jonathan Dregni. *Follies of Science: 20th Century Visions of Our Fantastic Future*. Denver: Speck Press, 2006.
- Gerdes, Louise. *Humanity's Future* (Opposing Viewpoints Series). Farmington Hills, MI: Greenhaven Press, 2006.
- Ultimate Robot*. New York: DK Publishers, 2004.

Artikel

- Geary, James, "I Robot," *The Observer*, (England), July 13, 2008, p. 29.
- Intini, John, "A Short History of the Near Future," *Maclean's* (Canada), October 8, 2007, p. 58.
- Marantz Henig, Robin, "The Real Transformers," *The New York Times Magazine*, July 29, 2007, p. 28.
- Mueller, Tom, "Design by Nature," *National Geographic*, April 2008, p. 68.
- Von Radowitz, John, "Robot with a Rat's Brain," *Daily Record* (Glasgow, Scotland), August 14, 2008, p. 12.

Wilson, David, "Rise of the Robot," *The Age* (Melbourne, Australia), November 9, 2006, p. 4.

Laman di Internet

- Robots.net, Robot News and Robotic Info <http://www.robots.net/>
- Machine Science
<http://www.machinescience.com/catalog/>
- FutureCars.com, Cars of the Future
<http://www.futurecars.com/>
- Science News for Kids
<http://www.sciencenewsforkids.org/>
- Howard Hughes Medical Institute:
Cool Science for Curious Kids
<http://www.hhmi.org/coolscience/>

Bacaan Lebih Lanjut

- Bever, Mark. *Robotics (Life in the Future)*. Connecticut: Children's Press, 2002.
- Cook, David. *Robot Building for Beginners*. Apress, 2002.
- Gifford, Clive. *Robotic Hornet: Learn How Hornets Have Inspired the Design of Robots*. Silver Dolphin Books, 2005.
- Jefferis, David. *Micro Machines: Ultra-Small World of Nanotechnology*. Crabtree Publishing Company, 2006.
- Maddox, Dianne. *Science on the Edge—Nanotechnology*. Blackbirch Press, 2005.

Indeks

Cetak tebal menandakan gambar.

Ahli robot 18–19, 59
AIBO (robot) 11
Alur waktu 10–11
Anjing robot 11, 52
Aristoteles 32
Arredondo, Juan 23, **23**
ASIMO (robot) 11, 17, **17**, **58**
Atom 35, 36
Autumn, Kellar 33

Baju renang **4**, 32
Bakajin, Olgica 37–38
Banting, Frederick 31
Barthlott, Wilhelm 30
Batang nano emas 39
Baterai litium 45
Baughman, Ray 37
Bell, Alexander 56
Bicentennial Man (film) 16
Bilah turbin angin 30, **63**
Biomimetika 11, 30–32
Bionik 11, 21–24, 26
Bisa ular 32
BrainGate 24–25
Breazeal, Cynthia 13–15
Brooks, Rod 15
Burgess, George 32

Cat biomimetik 11, 30
Chevrolet Volt (mobil) 43–44, **44**
Cocklebur 31, **31**
Cutkosky, Mark 32–33
Cybernetics (Wiener) 10
Cyborg 21–24, 59

Da Vinci, sistem bedah **14**
Daftar istilah 59
De Forest, Lee 56
De Mestral, George 31
Debu pintar 36, **36**
Dentikel dermal 32
Desalinasi 38
Devol, George 10
Dinding pintar 53–54
Domo (robot) 11, **11**, 15, **15**,
18–19, **19**
Dunia maya 27, 59

Eberle, Peter **20–21**
Eckert, J. Presper 10, **10**
Edison, Thomas 56
Edsinger, Aaron **15**, 15–16
El-Sayed, Ivan 39

El-Sayed, Mostafa 39
Elektroda 9, 22, 24, 59
Elektro (robot) 52
Elsie (robot) 10, **10**
ENIAC (robot), **10**
Fastskins (baju renang) **4**, 32
Fiksi sains 21, 22
Filamen 32, 33, 59
Fish, Frank 30
Ford, Henry 56
Ford Nucleon (mobil) 43, **43**
Full, Bob 33
Futurama (pameran) 52
Futurama (acara TV) 16
Futurologi 27, 56–57

Gates, Bill 55
Gordon si Frankenbot **11**, 26–27,
27
Grove, Sir William Robert 10

Hayes, Rutherford B. 56
Hiu 5, 32

Ikan buntal **30**
i-LIMB 22–23, **23**
Insulin 31
International Business Machines
(IBM) 11, 56
Internet antar benda 50–51,
54, 59

Jacquet-Droz, Henri 10
Jacquet-Droz, Pierre 10
Jalan layang 52
Jantung bioartifisial 26, **26**
Jet gendong 43
Jetsons (acara TV) 14, 50

Kanker 17, 29, 32, 39
Kapiler 38, 59
Kecerdasan buatan 57
Kelvin, Lord 56
Kemampuan melekat 32, 59
Kertas digital 57
Kim Sangbae 33
Kismet (robot) 14–15
Komputer pribadi 11
Kurzweil, Ray 38

Lengan bionik **20–21**
Lensa kontak
dengan rangkaian listrik **23**,
23–24
lensa kontak aktif 57
Leonardo (robot) 15
Lingkungan pintar 50, 54–55

Lost in Space (acara TV) 16

Macleod, J.J.R. 31
Mars (planet) 11, 16
Mata bionik 23–24
Mauchly, John W. 10, **10**
Mead, Stuart 22
Medium kultur 26, 59
Mikrochip 55
Mikroprosesor 37, 59
Miniaturisasi 22, 59
Mioelektrik 22
Mobil
mobil atom 43
mobil berbahan bakar hidro-
gen 46–47
mobil berbahan bakar bensin
42–43, 44, 47, 59
mobil elektrik 42, 42–44, 57
mobil hibrid 41, 42, 43, 44, 59
mobil surya 44–45, **45**

Mobil atom 43
Mobil berbahan bakar hidrogen
46–47
Mobil berbahan bakar bensin
42–43, 44, 59
Mobil elektrik 42, 42–44, **44**, 57
Mobil hibrid 41, 42, 43, 44, 59
Mobil nano 36–37, **37**
Mobil surya 44–45, **45**
Molekul 33, 35, 36, 37, 38, 39
Morton, Henry 56

Nagel, Matthew 25
Nanobot 36, **36**, **39**
Nanometer 32–33, 35, 36
Nanoteknologi 35–39, 51, 53, 59
Noy, Aleksandr 37–38

Obat dan kesehatan
biomimetika 31
bionik 21–24
insulin 31 nanoteknologi
38–39
organ pengganti 21, 26
penghubung komputer-otak
24–25
pengobatan kanker 17, 29,
32,
39
robot pembedah 14, **14**, 17
robot perawat 17
Olson, Ken 56
Organic light-emitting diode
(OLED) 53, **53**, 59
Organ pengganti 21, 26
Otak terunduh 27
Pachet, Pierre 56

- Pakaian 36, 54
 Pameran Dunia (1939) 52, **52**
 Panel surya 37, **48–49**
 Pasteur, Louis 56
 Pearce, Mick 30
 Pearson, Ian 27, 56–57, **57**
 Pelapis nano 37
 Pemanasan global 41
 Pembangkit listrik tenaga surya 57
 Pembedahan oleh robot 14, **14**, 17
 Pengaturan suhu 17, 29, 30, 49
 Penghubung komputer-otak 24–25, 59
 Penuaan 38
 Peralatan rumah tangga 50, 50, 51
 Perhiasan digital 57
 Pesawat atom 43
 Pesawat ruang angkasa 11, **11**
 Phelps, Michael **4**
 Pister, Kris 36
 Prostetik **9**, **20–21**, 22, **22**, **23**, 25, 59

 Radio-frequency identification (RFID) 51, **51**, 59
 Rangkaian mikroelektrik 24
 Robot bergerak 15

 Robot pabrik **12–13**, 13
 Robot pribadi 17
 Robot supel 14–15, 17
 Rosie si Robot 14, 17, 50
 Rumah pintar 49–55
 dinding pintar 53–54
 jendela 53, 55 kendali suhu 50, 54–55
 memasak dan membersihkan 36, 50, 51, 53
 pencahayaannya 49, 55
 peralatan 50, **50**, 51
 robot rumah 50, **50**, 57
 sistem kontrol 50–51, **51**, 55, **55**
 R100 (robot) 17

 Saraf 27, 38
 Sarang rayap 30
 Schwartz, Andrew 24
 Sel bahan bakar 10, 46–47, 59
 Sel fotovoltaik 44, 45, 59
 Sepeda motor roda satu 46, **46**
 Singularitas 38
 Sirip paus 30, 63
 Sparko (robot) 52
 Star Wars 14, 16
 Steele, Jack 11
 Stickybot 33, **33**
 Surgenor, Timothy **25**

 Tabung nano 38
 Tangan bionik **9**, **22**, 22–23
 Teratai 11, 30
 Tholstrup, Hans 44
 Tokek 32–33, **33**

 Velcro 31
 Venning, Michael 32
 Ventilasi 30
 Viking 1 & 2 (pesawat ruang angkasa) 11, **11**

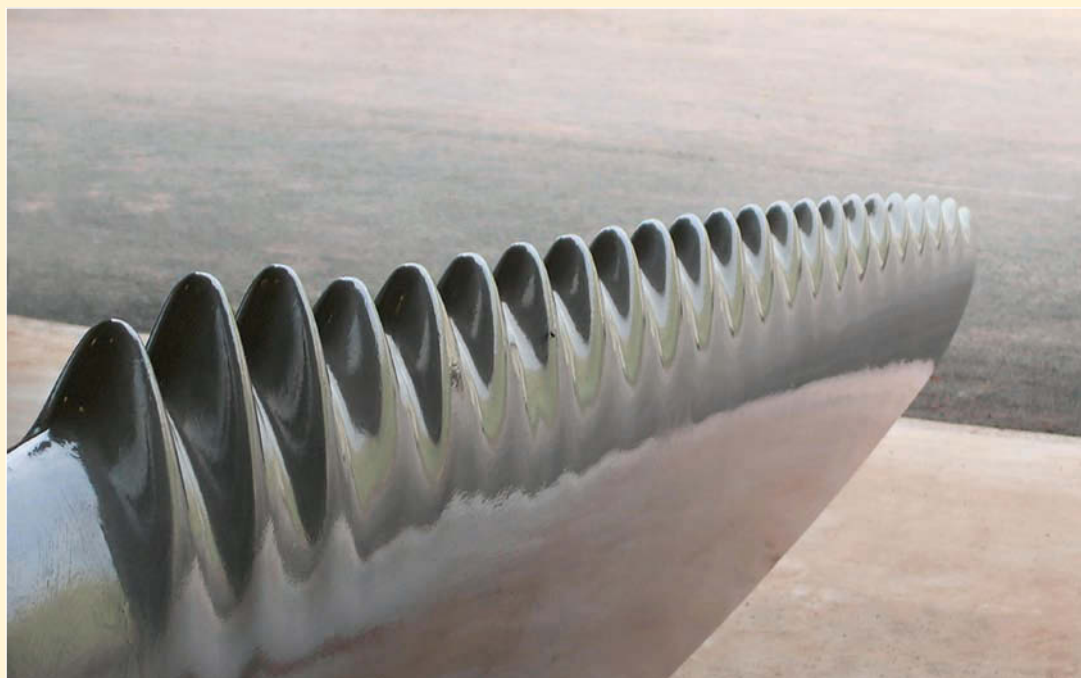
 Wakamaru (robot) 15–17, **16**
 Walters, W. Grey 10
 Warwick, Kevin **11**, 26, 27
 Watson, Thomas 56
 Whalley, Ben **11**, 26, 27
 Wheelsurf (sepeda motor roda satu) **1**, 46, **46**
 Wiener, Norbert 10
 Woods, Tony 32

Tentang Penulis

CHARLES PIDDOCK adalah mantan kepala editor *Weekly Reader*, penerbit enam belas majalah untuk sekolah dari tingkat PAUD hingga sekolah menengah atas, termasuk *Current Events*, *Current Science*, dan *Teen Newsweek*. Selama kariernya bersama *Weekly Reader*, dia telah menulis dan mengedit ratusan artikel untuk anak muda di seluruh dunia mengenai berita nasional, sains, sastra, dan topik lainnya. Piddock juga bekerja sebagai sukarelawan Peace Corps di pedalaman Benggala barat, India. Piddock juga penulis *Selidik National Geographic Sains: Wabah*.

Tentang Konsultan

JAMES LEE mendapatkan gelar B.S. dan M.S. berturut-turut dari Universitas Nasional Taiwan dan Universitas Rice. Pada 1971, dia meraih gelar Ph.D. bidang teknik mesin dari Universitas Princeton. Dr. Lee menjadi peneliti di National Institute of Standards and Technology (NIST) dan National Aeronautics and Space Administration (NASA). Kini dia Profesor di Universitas George Washington. Penelitiannya sekarang ini terfokus pada Teknologi dan Sains Nano/Bio.



▲ Peneliti mempelajari sirip paus bungkuk untuk merancang bilah baling-baling kincir angin yang lebih efisien.

Copyright Indonesian Edition © 2012 National Geographic Society
Copyright © 2009 National Geographic Society
Diterbitkan oleh National Geographic Society.

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak keseluruhan atau sebagian isi buku tanpa izin tertulis dari National Geographic Society.



National Geographic Society (NGS) merupakan salah satu organisasi nirlaba di bidang ilmu pengetahuan dan pendidikan terbesar di dunia yang didirikan pada 1888. NGS menjangkau 285 juta lebih orang tiap harinya melalui majalah resminya, NATIONAL GEOGRAPHIC, dan empat majalah lain; National Geographic

Channel; dokumenter TV; program radio; film; buku; video dan DVD; peta; dan media interaktif. National Geographic telah mendanai 8.000 lebih proyek riset sains dan menyokong program pendidikan yang memerangi buta geografi.

Informasi lebih lanjut, silakan hubungi 1-800-NGS-LINE (647-5463) atau kirimkan surat ke alamat ini:

National Geographic Society
1145 17th Street N.W.
Washington, D.C. 20036-4688
U.S.A.

Kunjungi situs National Geographic Society:
www.nationalgeographic.com

Desain buku oleh Dan Banks, Project Design Company

National Geographic Society

John M. Fahey, Jr., President and Chief Executive Officer;
Gilbert M. Grosvenor, Chairman of the Board; Tim T. Kelly,
President, Global Media Group; John Q. Griffin, President,
Publishing; Nina D. Hoffman, Executive Vice President;
President, Book Publishing Group

Divisi Buku

Nancy Laties Feresten, Vice President, Editor in Chief,
Children's Books;
Bea Jackson, Director of Design and Illustrations, Children's
Books;
Amy Shields, Executive Editor, Series, Children's Books

Staf Buku Future Tech

Virginia Ann Koeth, Editor
Jim Hiscott, Art Director
Lori Epstein, Illustrations Editor
Lewis R. Bassford, Production Manager
Grace Hill, Associate Managing Editor
Jennifer A. Thornton, Managing Editor
R. Gary Colbert, Production Director
Susan Borke, Legal and Business Affairs

Pembuatan dan Pengelolaan Mutu

Christopher A. Liedel, Chief Financial Officer
Phillip L. Schlosser, Vice President
Chris Brown, Technical Director
Nicole Elliott, Manager

Kredit Foto

Sampul depan: Robert Clark/National Geographic Stock
Sampul belakang dan punggung: Mehau Kulyk/Photo
Researchers, Inc.
Figur sampul belakang: Boston Museum of Science/Visuals
Unlimited/Getty Images
AP=Associated Press; 1, Shutterstock; 2-3, Peter Menzel /
Photo Researchers, Inc.; 4, Courtesy of Speedo; 6, Shutterstock;
8, Courtesy of Dr. James Lee; 9, 10, AP; 10, Smithsonian
Institution; 11, NASA; 11, Image courtesy of Aaron Edsinger;
11, Diem Photography/ University of Reading; 12-13; IStock;

14, 15, 16, 17, AP; 18, 19, Image courtesy of Aaron Edsinger ;
20-21, © Glenn Hunt/epa/Corbis; 22, 23, AP; 23, University of
Washington; 24, Image courtesy of Andrew Schwartz; 25, AP;
26, University of Minnesota; 27, Diem Photography/ University
of Reading; 28-29 Shutterstock; 30, © 2008 Daimler AG; 31,
33, Photos.com; 33, Mark Cutkosky; 34-35, Shutterstock; 36,
Jamie Link, UCSD; 37, Y. Shirai/Rice University; 38, Courtesy
of Nano-Tex, Inc; 39, Shutterstock; 40-41, Visions of America/
Joe Sohm; 42, AP; 43, Ford Motor Company; 44, 45, 46, AP;
46, Courtesy of www.wheelsurf.nl; 47, AP; 48-49, Uckoo's Nest/
Hanna-Barbera/Wang Films/The Kobal Collection; 50, IStock;
51, Prof. Olaf Diegel, Auckland University of Technology; 51,
52, AP; 53, Matthias Hiekel/dpa/Landov, 54, Image courtesy
of Control4; 55, AP; 56, Photos.com; 57, Image Courtesy of Ian
Pearson; 58, AP; 63, Courtesy of Frank Fish

Sampul depan: Robot pemanjat dengan struktur dan
pergerakan menyerupai tokek.

Sampul belakang: Velcro mengait kain, dilihat dengan
mikroskop elektron.

Halaman 1: Mungkin saja, pada masa depan, robot seperti
rancangan ini akan hadir di rumah kita dan membantu kita
mengerjakan berbagai tugas harian.

Halaman 2-3: AIBO (Artificial Intelligence Robot), robot anjing
yang dijual sebagai mainan di Jepang, bisa menggonggong,
berguling, bangun, berbaring, dan berjalan. AIBO dikendalikan
alat pengendali jauh, tapi juga menanggapi gerakan.

Produksi Creative Media Applications, Inc.

Editor: Susan Madoff
Copy Editor: Laurie Lieb
Design and Production: Luis Leon and Fabia Wargin

SELIDIK NATIONAL GEOGRAPHIC: TEKNOLOGI MASA DEPAN

Charles Piddock

Hak terjemahan Indonesia pada KPG
(Kepustakaan Populer Gramedia)

KPG 901 12 0543

Cetakan Pertama, Mei 2012

Penerjemah

Furkan

Penyunting

Ining Isaiyas
Andya Primanda

Sampul diolah kembali oleh

B. Esti W. U.

Penataletak

B. Esti W. U.

PIDDOCK, Charles

Selidik National Geographic: Teknologi Masa Depan
Jakarta: KPG (Kepustakaan Populer Gramedia), 2012
64 hlm; 17 cm x 24,8 cm
ISBN-13: 978-979-91-0449-6

Dicetak oleh PT Gramedia, Jakarta.
Isi di luar tanggung jawab percetakan.

Teknologi Masa Depan

Teknologi berjanji mengubah berbagai segi kehidupan kita pada masa depan, dari mesin yang mampu berpikir mandiri sampai mobil yang bisa menyetir sendiri. Di bidang nanoteknologi, riset terbaru sedang berusaha membuat robot mikroskopik dan komputer yang bisa masuk aliran darah, atau ditanam di pakaian. Dalam ilmu baru biomimetik, para ilmuwan dan insinyur mempelajari alam untuk membuat produk baru. Penemuan baru yang menarik didapat setiap hari, berkat para peneliti yang karyanya mencerahkan masa depan kita.

Misi National Geographic adalah menjelajahi dunia dan semua yang ada di dalamnya, dan membawa penemuan serta pengetahuan untuk sebanyak mungkin orang. Selidik National Geographic memperkenalkan generasi muda pada teknik penyelidikan mutakhir, penemuan paling aktual, dan bagaimana penemuan-penemuan itu membawa manfaat bagi dunia.



Jaringan National Geographic mendukung program penting penjelajahan, pelestarian, penelitian, dan pendidikan.

SAINS

ISBN: 978-979-91-0449-6



9 789799 104496

KPG: 901 12 0543