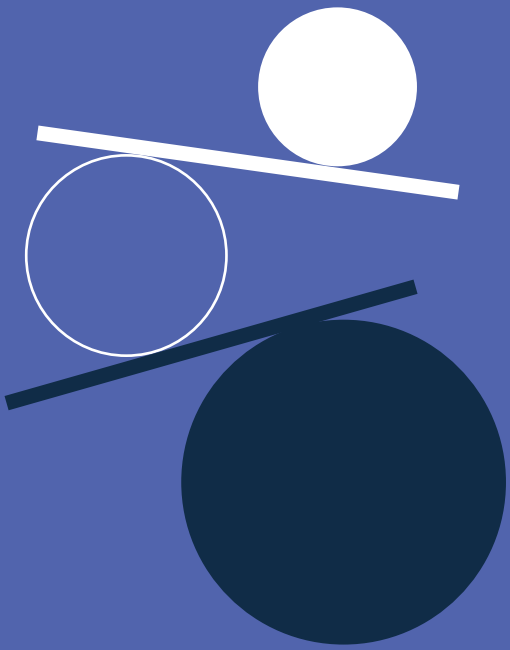
Arthur S.
Eddington



filsafat ilmu fisis

Alih Bahasa:
Eko Firmansah

Arthur S. Eddington

Sir Arthur Stanley Eddington (1882-1944) merupakan seorang fisikawan, astronom, dan matematikawan asal Inggris. Ia juga dikenal sebagai seorang filsuf melalui karya-karya sains populer yang ia argumentasikan secara filosofis

ANTI
NOMI

Sains
Filsafat
Agama

mengurai dan melampaui kontradiksi

Arthur S.
Eddington

filsafat ilmu fisis

Alih Bahasa:
Eko Firmansah

ANTI NOMI

Filsafat Ilmu Fisis

Arthur S. Eddington

Diterjemahkan dari:
The Philosophy of Physical Science
Copyright © 1939 Cambridge at The University Press

Terbitan pertama, September 2019
Terbitan kedua, Juni 2025 (e-book)

Alih Bahasa: Eko Firmansah
Editor: Taufiqurrahman
Tata Letak: Rée
Desain Sampul: Rée

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

Penerbit Antinomi
Jl. Kaliurang km 5,3 No. 12 Sleman 55281 Yogyakarta
Email: antinomi.inst@gmail.com
https://antinomi.org

12,5 x 19 cm, ix + 309 halaman

ISBN 978-602-51908-2-7
ISBN 978-623-90111-6-1 (PDF)

DARI PENERBIT

SEBELUM abad XIX, orang yang biasa kita kenal sebagai filsuf juga punya pekerjaan sampingan sebagai ilmuwan. Mereka tidak hanya melahirkan tesis-tesis filosofis tetapi juga membuat klaim-klaim saintifik. Aristoteles, misalnya, selain melahirkan tesis metafisis hilomorfisme, juga banyak menulis tentang ilmu alam, mulai dari fisika, astronomi, geologi, biologi, hingga psikologi. René Descartes, selain merumuskan tesis epistemologis tentang pengetahuan yang pasti dan terpilah-pilah, juga memformulasikan geometri analitis yang dalam semesta matematis dikenal sebagai sistem koordinat Cartesian. Demikian juga Immanuel Kant, selain membuat tesis-tesis filosofis tentang epistemologi, etika, dan estetika, juga berusaha menjelaskan asal-usul dan perkembangan sistem tata surya melalui apa yang disebut sebagai "the Kant-Laplace nebula hypothesis".

Oleh karena itu, ada satu istilah yang—karena pembelahan ilmu dan filsafat—saat ini sudah jarang, atau bahkan tidak sama sekali, digunakan, yaitu "filsuf alam" *(natural philosopher)*. Istilah itu dulu digunakan untuk menyebut para filsuf yang nyambi jadi ilmuwan. Sejak abad XIX, ada semacam tembok besar yang memisahkan filsafat dan

ilmu. Tidak ada lagi sosok yang disebut sebagai filsuf alam. Kecenderungan ini terutama terjadi pada para filsuf dalam tradisi kontinental—yang bahkan terjadi sampai sekarang. Namun, dalam tradisi filsafat Anglo-Amerika, sejak abad XX, mulai ada filsuf yang memikirkan ilmu atau ilmuwan yang beranjak berpikir filosofis tentang bidang yang digelutinya. Sejak saat itulah muncul cabang filsafat yang disebut sebagai "filsafat ilmu" *(philosophy of science)*.

Pokok soal yang dibahas dalam filsafat ilmu itu terkait banyak hal tentang ilmu, mulai dari fondasinya, metodenya, hingga implikasinya. Arthur Eddington (1882-1944), penulis buku ini, termasuk generasi awal filsafat ilmu. Ia sebenarnya adalah seorang astronom, fisikawan, dan matematikawan yang kemudian beranjak lebih jauh untuk tidak hanya menciptakan teori ilmiah tetapi juga memikirkan bagaimana teori-teori ilmiah dalam berbagai bidang ilmu itu diciptakan. Setidaknya ada dua buku Eddington yang membahas pokok soal filsafat ilmu, yaitu *The Nature of the Physical World* dan *Philosophy of Physical Science*. Buku yang pertama membahas pokok soal metafisika ilmu, yaitu tentang hakikat alam semesta fisis; sedangkan buku yang kedua membahas pokok soal epistemologi ilmu, yaitu tentang hakikat pengetahuan fisis.

Buku ini adalah terjemahan atas *Philosophy of Physical Science*. Sebagaimana tampak pada judulnya, buku ini tidak membahas problem filosofis dalam bidang ilmu secara umum, melainkan dalam bidang ilmu tertentu, yaitu ilmu fisis *(physical sciences)*. Secara umum, ilmu fisis ini adalah cabang ilmu alam yang menelaah objek-objek tak-hidup. Ia

terdiri dari fisika, astronomi, kimia, dan ilmu bumi. Masing-masing ilmu itu masih memiliki banyak sekali percabangan yang tentu memiliki problem khusus masing-masing. Namun, buku ini tidak membahas problem-problem partikular yang muncul di masing-masing cabang ilmu fisis. Problem utama yang dibahas dalam buku ini adalah soal bagaimana ilmu fisis itu memperoleh pengetahuan ilmiah tentang objeknya.

Eddington mengajukan satu tesis filosofis yang ia sebut sebagai "subjektivisme selektif". Menurutnya, pengetahuan fisis (pengetahuan yang diperoleh melalui metode ilmu fisis) itu selalu bersifat subjektif-selektif. Hal itu karena sebelum dirumuskan menjadi sebuah pengetahuan ilmiah, pengetahuan fisis itu melewati proses pengamatan dan penyimpulan. Pengamatan tidak lain adalah seleksi indrawi terhadap objek ilmu fisis; sedangkan penyimpulan tidak lain adalah kerja pikiran yang tidak bisa tidak memuat elemen-elemen subjektif. Oleh karena itu, menurut Eddington, dalam proses pembentukan pengetahuan fisis, "ada penyaringan ganda, pertama oleh peralatan indra, kedua oleh peralatan intelektual". Melalui tesis tersebut Eddington seolah ingin menegaskan bahwa seilmiah apa pun sebuah pengetahuan, ia tetap merupakan hasil dari aktivitas indra dan pikiran seorang manusia. Artinya, cukup sulit untuk membantah pemikiran Eddington ini, kecuali sudah ada pengetahuan ilmiah yang terbukti bisa lahir tanpa campur tangan manusia. Tetapi mungkinkah? Kita bisa berdebat cukup panjang soal itu. Namun, sebelum memulai perdebatan yang lebih kompleks tentang kemungkinan pengetahuan ilmiah yang

nirmanusiawi, sebaiknya kita baca dulu argumen-argumen Eddington tentang subjektivisme selektif.

Selamat membaca!

* * *

PENGANTAR

BUKU ini memuat bahan kuliah yang saya sampaikan sebagai Tarner Lecturer di Trinity College Cambridge pada Paskah 1938. Kuliah-kuliah tersebut telah saya kembangkan secara lebih penuh dibandingkan buku-buku saya sebelumnya tentang prinsip-prinsip pemikiran filosofis yang terkait dengan kemajuan ilmu fisis modern.

Sering dikatakan bahwa tidak ada "filsafat ilmu", tetapi hanya ada filsafat dari ilmuwan tertentu. Namun sejauh kita mengakui inti pendapat yang otoritatif yang memutuskan apa yang diterima dan yang tidak dapat diterima sebagai fisika masa kini, maka ada filsafat ilmu fisis masa kini yang dapat diketahui. Ini adalah filsafat yang, dengan praktiknya, menjadi komitmen orang-orang yang mengikuti *praktik* sains yang diterima. Hal ini tersirat dalam metode yang mereka gunakan untuk memajukan sains, yang terkadang tanpa memahami sepenuhnya mengapa mereka menggunakannya, dan dalam prosedur yang mereka terima sebagai jaminan kebenaran, yang seringkali tanpa menguji jaminan seperti apa yang dapat diberikan.

Seharusnya tidak ada pertentangan antara klaim bahwa filsafat punya dasar ilmiah dan klaim bahwa ia, sejauh

ini, adalah filsafat yang sebenarnya. Tetapi dalam karya khusus semacam ini, tujuan utama harus memastikan dan mendiskusikan filsafat yang, entah benar atau tidak, adalah filsafat ilmu fisis saat ini sebagaimana dinyatakan di atas. Kita yang percaya bahwa sains, meskipun mengalami kegagalan dan penyesuaian terus-menerus, secara perlahan semakin mendekati kebenaran, meyakini bahwa kebenaran filosofis harus dicapai dengan metode kemajuan progresif yang sama.

Untuk memastikan fondasi ilmiah kita, rasanya perlu untuk memasukkan lebih dalam prinsip-prinsip teori relativitas dan teori kuantum. Karena tujuannya bukan hanya untuk memberi suatu penjelasan terperinci, melainkan juga memberikan justifikasi terhadap pandangan-pandangan yang mereka bawa, yang beberapa bagian buku ini menjelaskan hal-hal teknis yang sangat sulit. Secara umum saya telah menghindari penggunaan persamaan matematis; namun pertimbangan ini tidak sepenuhnya didasarkan pada kepentingan pembaca umum, tetapi karena mereka yang pikirannya terlalu tenggelam dalam persamaan matematis cenderung kehilangan sesuatu yang sesungguhnya kita cari di sini.

Pembahasan ini, meskipun berhubungan dengan pokok soal yang sama, sebagian besar berada pada garis yang berbeda dari yang telah diberikan sebelas tahun lalu di dalam *The Nature of the Physical World.* Titik pijak pembahasan dalam buku ini adalah *pengetahuan.* Judul buku sebelumnya telah diperluas menjadi "hakikat alam semesta fisis, dengan penerapan teori pengetahuan fisis"; judul yang sesuai untuk

buku ini mungkin adalah "hakikat pengetahuan fisis, dengan penerapan teori tentang alam semesta fisis". Perubahan penekanan membuat urutan gagasan yang lebih logis; tetapi terutama itu mencerminkan perubahan yang telah terjadi dalam ilmu fisis itu sendiri. Hal yang penting dari perubahan ini adalah perbedaan antara tabel ilmiah dan tabel yang sudah dikenal luas, yang menjadi pembuka *The Nature ot the Physical World*, telah menjadi perbedaan antara cerita ilmiah dan cerita pengalaman yang sudah dikenal yang ada di awal *New Pathways in Science*. Saya yakin yang pertama adalah bentuk ekspresi alamiah menurut pandangan ilmiah tahun 1928; yang kedua menjadi lebih alami enam tahun kemudian.

Baik kemajuan ilmiah satu dekade terakhir maupun refleksi yang bertahun-tahun sama-sama belum mengubah kecenderungan umum filsafat saya. Saya mengatakan "filsafat saya", bukan sebagai pengarang gagasan-gagasan yang tersebar luas dalam pemikiran modern, tetapi karena seleksi dan sintesis akhir harus menjadi tanggung jawab pribadi. Jika perlu untuk memberikan nama pendek untuk filsafat ini, saya mesti mempertimbangkan antara "Subjektivisme selektif" dan "Strukturalisme". Nama yang pertama mengacu pada aspek paling menonjol dalam delapan bab pertama, sementara yang terakhir mengacu pada konsepsi yang lebih matematis yang mendominasi sisa buku ini. Keduanya sekarang dapat dibahas lebih jauh daripada yang telah dibahas di dalam *The Nature of the Physical World*. Domain subjektivitas telah diperluas sebagai konsekuensi dari pemahaman kita yang lebih baik tentang mekanika kuantum; dan kon-

sepsi struktur telah dibuat lebih tepat oleh koneksi yang sekarang dikenal di antara fondasi fisika dan Teori Grup matematika.

Dengan "filsafat ilmu fisis" sebagai permulaan, saya berusaha untuk mengembangkan garis besar pandangan filosofis umum yang dapat diterima oleh seorang ilmuwan tanpa inkonsistensi dalam dua bab terakhir. Saya tidak termasuk orang-orang yang berpikir bahwa dalam mencari kebenaran, semua aspek pengalaman manusia harus diabaikan kecuali yang ditindaklanjuti dalam ilmu fisis. Tetapi saya tidak menemukan ketidakharmonisan antara filsafat yang mencakup signifikansi pengalaman manusia yang lebih luas dan filsafat ilmu fisis yang terspesialisasi, meskipun yang terakhir berhubungan dengan sistem pemikiran yang berkembang baru-baru ini yang stabilitasnya belum diuji.

A.S.E,
Cambridge
April 1939

Daftar Isi

Dari Penerbit	**i**
Pengantar	**v**
Epistemologi Ilmu	**1**
Subjektivisme Selektif	**21**
Yang Tak-Teramati	**37**
Ruang Lingkup Metode Epistemologis	**65**
Epistemologi dan Teori Relativitas	**93**
Epistemologi dan Teori Kuantum	**119**
Penemuan atau Pembuatan	**143**
Konsep Analisis	**155**
Konsep Struktur	**187**
Konsep Eksistensi	**209**
Semesta Fisis	**231**
Permulaan Pengetahuan	**255**
Sintesis Pengetahuan	**275**
Indeks	**305**

1

EPISTEMOLOGI ILMU

I

ADA RANAH yang dapat diperdebatkan di antara fisika dan filsafat yang akan saya sebut epistemologi ilmu. Epistemologi adalah cabang filsafat yang membahas hakikat pengetahuan. Tidak perlu disangkal lagi bahwa bagian penting dari seluruh bidang pengetahuan adalah pengetahuan yang kita peroleh dengan metode ilmu fisis. Bagian pengetahuan yang berbentuk deskripsi detail tentang sebuah dunia—yang disebut alam semesta fisis. Saya memberi nama "epistemologi ilmu" pada sub-cabang epistemologi yang membahas hakikat pengetahuan ilmiah, dan karena itu secara tidak langsung berkait dengan hakikat dan status alam semesta fisis.

Ada dua definisi penting yang harus diperjelas di awal. Beberapa penulis membatasi istilah "pengetahuan" untuk hal-hal yang kita yakini pasti; penulis-penulis lain mengakui pengetahuan tentang berbagai tingkat ketidakpastian. Ini

adalah salah satu ambiguitas pembicaraan umum yang tak seorang pun berhak mendikte, dan seorang penulis hanya dapat menyatakan penggunaan mana yang dipilihnya untuk kemudian diikuti. Jika "mengetahui" berarti "cukup yakin", istilah ini tidak banyak berguna bagi mereka yang tidak ingin menjadi dogmatis. Karena itu saya lebih menyukai makna yang lebih luas; dan penggunaan saya sendiri akan memperlihatkan pengetahuan yang tidak pasti. Apa pun yang akan menjadi pengetahuan jika kita yakin akan kebenarannya, masih dianggap sebagai pengetahuan (yaitu pengetahuan yang tidak pasti atau salah) jika kita tidak yakin.

Tidak perlu lagi kita rumuskan definisi umum tentang pengetahuan. Prosedur kita akan menentukan koleksi tertentu dari pengetahuan yang diterima lebih luas atau lebih sempit, dan kemudian membuat studi epistemologi tentang hakikatnya. Khususnya, meskipun tidak secara eksklusif, kita harus mempertimbangkan pengetahuan yang diperoleh dengan metode ilmu fisis. Singkatnya, saya akan menyebut ini dengan *pengetahuan fisis*. Pada prinsipnya kita dapat mengidentifikasi pengetahuan fisis dengan isi karya ensiklopedia tertentu, seperti *Handbuch der Physik* (Buku Pegangan Fisika), yang di antaranya mencakup berbagai cabang ilmu fisis. Tetapi ada keberatan yang jelas terhadap penerimaan akan otoritas tertentu; dan oleh karena itu, saya akan mendefinisikan pengetahuan fisis sebagai sesuatu yang diterima oleh orang berpikiran-benar* saat ini sebagaimana yang dibenarkan oleh ilmu fisis.

* "Orang berpikiran-benar", tentu, adalah cara paling sopan untuk merujuk seseorang.

Seharusnya tidak dilupakan bahwa pengetahuan fisis mencakup sejumlah besar informasi lain yang tidak sesuai dengan buku-buku teks ilmiah. Sebagai contoh, hasil pengukuran berat adalah pengetahuan fisis, entah itu dibuat untuk pertimbangan problem ilmiah atau untuk memutuskan jumlah tagihan pedagang. Syaratnya adalah bahwa hal itu harus diloloskan sebagai sesuatu yang benar secara ilmiah (oleh orang yang berpikiran-benar), bukan bahwa hal itu penting secara ilmiah. Perlu juga diperhatikan bahwa istilah ini dimaksudkan untuk merujuk pada ilmu fisis sebagaimana yang berlaku saat ini. Kita tidak akan mendudukkan diri dengan spekulasi mengenai kemungkinan perkembangan di masa depan. Kita harus mengetahui hasil-hasil yang telah diperoleh dengan metode ilmu fisis hingga sekarang, dan melihat pengetahuan seperti apa yang telah kita dapatkan.

Saya telah mengatakan bahwa saya tidak menganggap istilah "pengetahuan" sebagai jaminan kepastian kebenaran. Tetapi dalam mempertimbangkan kumpulan pengetahuan tertentu, dapat diasumsikan bahwa suatu upaya telah dilakukan untuk mengakui kumpulan pengetahuan tersebut sebagai satu-satunya pengetahuan yang lebih dapat dipercaya; sehingga biasanya tingkat kepastian atau probabilitas yang wajar dapat diatribusikan pada pengetahuan yang dapat kita diskusikan. Tetapi penilaian kepastian pengetahuan harus dianggap terpisah dari studi tentang hakikat pengetahuan.

Masalah definisi lainnya adalah istilah "alam semesta fisis". Pengetahuan fisis (seperti diterima dan dirumuskan hari ini) berbentuk deskripsi tentang dunia. Kita *mendefi-*

nisikan alam semesta fisis menjadi dunia yang terjelaskan. Oleh karena itu, alam semesta fisis secara efektif dirumuskan sebagai tema kumpulan pengetahuan tertentu, sama seperti Tuan Pickwick† yang didefinisikan sebagai pahlawan dari novel tertentu.

Keuntungan besar dari definisi ini adalah bahwa hal tersebut tidak mengandaikan pertanyaan apakah alam semesta fisis—atau Tuan Pickwick—benar-benar ada. Definisi tersebut terbuka untuk diskusi jika kita dapat menyetujui definisi "benar-benar ada", yang bagi kebanyakan orang adalah frasebeo yang maknanya tidak perlu dipertimbangkan. Beberapa orang yang telah mencoba untuk memberinya makna tertentu tidak selalu setuju pada makna tersebut. Dengan mendefinisikan alam semesta fisis dan benda-benda fisis yang membentuknya sebagai tema kumpulan pengetahuan tertentu, dan bukan sebagai benda-benda yang memiliki sifat eksistensi yang sulit dipahami, kita membebaskan fondasi fisika dari kecurigaan kontaminasi metafisis.

Jenis definisi ini adalah karakteristik dari pendekatan epistemologis, yang menempatkan pengetahuan sebagai titik awal daripada sebagai entitas eksisten yang entah dengan cara apa harus kita ketahui. Tetapi dalam mendefinisikan istilah yang sudah umum digunakan secara ilmiah, kita harus berhati-hati guna menghindari penyalahgunaan bahasa. Untuk menjustifikasi definisi alam semesta fisis di atas, kita harus menunjukkan bahwa hal tersebut tidak bertentangan dengan apa yang dipahami orang biasa (tidak termasuk fil-

† Novel pertama Charles Dickens; *The Posthumous Papers of the Pickwick Club, Containing a Faithful Record of the Perambulations, Perils, Travels, Adventures and Sporting Transactions of the Corresponding Members.*

suf) tentang alam semesta fisis. Justifikasi ini akan dibahas pada halaman selanjutnya.

II

Hakikat pengetahuan fisis dan hakikat dunia yang ia gambarkan telah lama menjadi medan tempur bagi mazhab-mazhab filsafat yang berseberangan. Tetapi fisikawan hampir tidak dapat menutup telinga tentang persoalan yang menjadi perhatian utama mereka. Seorang mahasiswa ilmu fisis harus berada dalam posisi untuk memberikan sedikit cahaya pada hakikat pengetahuan yang didapat dari metode yang dia praktikkan. Baru-baru ini sejumlah buku telah ditulis oleh penulis yang kualifikasinya benar-benar ilmiah, yang di dalamnya epistemologi dikembangkan dan digunakan sebagai sebuah pendekatan untuk masalah-masalah filsafat yang lebih luas. Saya tidak berpikir bahwa "intrusi" ke dalam filsafat ini adalah bahan bagi komentar yang pedas atau mengeherankan.

Seseorang sering menemukan kesan bahwa ini adalah cara baru bagi para ilmuwan untuk menikmati filsafat; tetapi ini tidak benar. Saya telah memperhatikan bahwa beberapa buku terbaru banyak ditaburi dengan kutipan dari para ilmuwan abad kesembilan belas yang, entah mereka memiliki argumen atau tidak, membuktikan bahwa para pendahulu kita sama-sama tidak memiliki pandangan filosofis yang kuat—dan mengungkapkannya. Ada beberapa yang keluar dari kedalamannya seperti saat ini. Tetapi ada juga pemikir-pemikir besar—Clifford, Karl Pearson, Poincaré, dan yang lain—yang tulisan-tulisannya memiliki tempat terhormat

dalam pengembangan filsafat ilmu.

Namun, penting untuk diketahui bahwa sekitar dua puluh lima tahun yang lalu invasi filsafat oleh fisika memiliki karakter berbeda. Filsafat telah menjadi semacam kemewahan bagi para ilmuwan yang mencoba melakukan disposisi tersebut. Saya tidak dapat menemukan indikasi bahwa penelitian ilmiah Pearson dan Poincaré diilhami atau dipandu oleh pandangan filosofis tertentu yang mereka miliki. Mereka tidak memiliki kesempatan untuk mempraktikkan filsafat mereka. Sebaliknya, kesimpulan filosofis mereka adalah hasil dari pelatihan ilmiah yang umum, dan pada tingkat tertentu tidak bergantung pada keakraban dengan penyelidikan dan teori yang sulit dimengerti. Mengembangkan sains dan berfilsafat tentang sains pada dasarnya adalah dua hal yang berbeda. Dalam gerakan baru, epistemologi ilmu jauh lebih erat terkait dengan sains. Untuk mengembangkan teori modern tentang materi dan radiasi, pandangan epistemologis yang pasti telah menjadi kebutuhan; dan itu adalah sumber langsung dari kemajuan ilmiah yang paling jauh jangkauannya.

Kita telah menemukan bahwa *pandangan epistemologis sebenarnya merupakan sebuah bantuan dalam pencarian pengetahuan untuk memahami hakikat pengetahuan yang kita cari.*

Dengan membuat penerapan praktis dari kesimpulan epistemologis, kita menjadikannya sebagai hipotesis fisis kepada jenis kontrol observasional yang sama. Jika epistemologi kita salah, ia akan menyebabkan *kebuntuan* dalam pengembangan ilmiah yang bermula darinya; itu mengi-

ngatkan kita bahwa wawasan filosofis kita belum cukup dalam, dan kita harus mencari tahu apa yang telah diabaikan. Dengan cara ini kemajuan ilmiah yang dihasilkan dari wawasan epistemologis pada gilirannya mendidik wawasan epistemologis kita. Sains dan epistemologi ilmu telah saling memberi dan menerima sesuatu yang sangat bermanfaat bagi keduanya.

Setidaknya dalam pandangan para ilmuwan, kontrol observasional ini memberi epistemologi ilmu modern keamanan yang biasanya tidak bisa dicapai oleh filsafat. Ini juga memperkenalkan jenis perkembangan progresif yang sama yang merupakan karakteristik sains, tetapi tidak sampai hingga filsafat. Kita tidak sedang membuat serangkaian tembakan pada kebenaran tertinggi, yang mungkin mengenainya atau bahkan meleset. Apa yang kita klaim untuk sistem filsafat ilmu saat ini adalah bahwa ia adalah sebuah kemajuan pada apa yang telah terjadi sebelumnya, dan bahwa ia adalah landasan bagi kemajuan yang akan datang setelahnya.

Dalam sains, uji observasional itu berharga, tidak hanya untuk mengendalikan hipotesis fisis (yang memang satu-satunya jaminan yang mungkin), tetapi juga untuk mendeteksi kesalahan argumen dan asumsi yang tidak berdasar. Ini adalah jenis kontrol terakhir bahwa suatu uji observasional berlaku untuk epistemologi ilmiah. Hal ini mungkin tampak berlebihan bagi mereka yang tidak pernah bernalar secara salah. Tetapi bahkan mungkin filsuf yang paling percaya diri akan mengakui bahwa bagi beberapa lawannya kontrol semacam itu bermanfaat. Saya memiliki sedikit keraguan bahwa setiap kesimpulan filosofis dalam buku ini

telah diantisipasi oleh salah satu mazhab filsafat—dan dengan tegas dikutuk oleh yang lain. Tetapi bagi mereka yang mengenali kesimpulan-kesimpulan itu sebagai aksioma yang sudah dikenal lama atau sebagai kekeliruan yang lama dikutuk, saya akan menunjukkan bahwa kesimpulan-kesimpulan itu sekarang diajukan dengan persetujuan yang sama sekali baru yang harus diperhitungkan.

Fisikawan teoretis, karena tuntutan pokok soal mereka sendiri yang takterhindarkan, telah dipaksa untuk menjadi ahli epistemologi, sama seperti metematikawan murni telah dipaksa menjadi ahli logika. Invasi cabang epistemologis filsafat oleh fisika persis sejajar dengan invasi logika oleh matematika. Matematikawan murni, setelah belajar berdasarkan pengalaman bahwa yang jelas sulit dibuktikan—dan tidak selalu benar—merasa perlu untuk menyelidiki fondasi proses penalaran mereka sendiri; dengan demikian mereka mengembangkan teknik yang kuat yang telah disambut untuk kemajuan logika secara umum. Tekanan keharusan yang sama telah menyebabkan fisikawan masuk ke epistemologi, yang agak bertentangan dengan keinginan mereka. Sebagian besar dari kita, sebagai seorang yang terbiasa dengan sains, memulai dengan keengganan terhadap tipe penyelidikan filosofis atas hakikat segala hal. Apakah kita diyakinkan bahwa sifat benda-benda fisis adalah jelas untuk akal sehat, atau apakah kita diyakinkan bahwa hal itu tidak dapat dipahami di luar pemahaman manusia, kita cenderung menganggap penyelidikan filosofis itu sebagai suatu hal yang tidak praktis dan sia-sia. Tetapi fisika modern belum mampu mempertahankan sikap acuh tak acuh ini. Ada sedikit keraguan

bahwa kemajuannya, meskipun berlaku terutama pada bidang epistemologi ilmiah yang terbatas, memiliki pengaruh yang lebih luas, dan menawarkan kontribusi efektif terhadap pandangan filosofis secara keseluruhan.

Secara formal kita masih dapat mengenali perbedaan antara sains, sebagai disiplin yang membahas *isi* pengetahuan, dan epistemologi ilmu, sebagai disiplin yang membahas hakikat pengetahuan tentang alam semesta fisis. Tetapi ini bukan lagi pembagian praktis; dan untuk menyesuaikan dengan situasi saat ini epistemologi ilmu harus dimasukkan ke dalam sains. Kita tidak membantah bahwa ia juga harus dimasukkan dalam filsafat. Ia adalah bidang yang di dalamnya filsafat dan fisika saling tumpang tindih.

III

Selama seorang penulis filsafat yang ilmiah membatasi dirinya pada epistemologi ilmiah, ia tidak berada di luar batas-batas pokok soalnya sendiri. Tetapi sebagian besar penulis merasa bahwa mereka dapat melangkah lebih jauh dan mempertimbangkan petunjuk filosofis umum tentang konsepsi-konsepsi yang baru. Upaya beresiko semacam ini telah dikritik keras; tetapi tampaknya bagi saya para kritikus gagal memahami situasinya.

Tercatat bahwa Uskup Agung Davidson, dalam percakapannya dengan Einstein, bertanya apa dampak teori relativitas terhadap agama. Einstein menjawab: "Tidak ada. Relativitas adalah teori ilmiah murni, dan tidak ada hubungannya dengan agama." Pada waktu itu seseorang harus ahli dalam menghindari orang-orang yang diyakinkan

bahwa dimensi keempat adalah pintu menuju spiritualisme, dan penghindaran yang tergesa-gesa itu tidak mengejutkan. Tetapi orang-orang yang mengutip dan memuji ucapan itu seolah-olah itu adalah salah satu ucapan Einstein yang paling mengesankan mengabaikan kesalahan mencolok di dalamnya. Seleksi alam adalah teori murni ilmiah. Jika pada masa awal Darwinisme Uskup Agung saat itu bertanya apa pengaruh teori seleksi alam terhadap agama, apakah jawabannya seharunya adalah "Tidak ada. Teori Darwin adalah teori murni ilmiah, dan tidak ada hubungannya dengan agama"?

Kompartemen-kompartemen yang membagi pikiran manusia tidak begitu kuat sehingga kemajuan mendasar dalam satu hal adalah masalah ketidakpedulian terhadap yang lain. Perubahan besar dalam fisika teoretis yang dimulai pada tahun-tahun awal abad ini adalah perkembangan ilmiah murni; tetapi itu pasti memengaruhi arus pemikiran manusia secara umum, seperti sistem Copernican dan Newtonian pada zaman dahulu. Ini saja tampaknya membenarkan para penulis ilmiah dalam mengambil pandangan luas tentang tugas mereka. Bagi saya tampak tidak masuk akal untuk mempertahankan bahwa pelaksanaan implikasi yang lebih luas dari konsepsi baru dalam alam semesta fisis harus diserahkan sepenuhnya kepada mereka yang tidak memahaminya.

Belum lama ini, bidang ilmu yang sekarang disebut fisika dikenal sebagai "filsafat alam". Fisikawan sejatinya adalah seroang filsuf yang memiliki spesialisasi dalam arah tertentu. Tetapi dia bukan hanya satu-satunya korban spesialisasi.

Dengan berpisah dari fisika, bagian utama filsafat mengalami amputasi. Di dalam praktik, jika bukan dalam teori, filsafat akademik juga telah terspesialisasi, dan tidak lagi sama dengan sistem pemikiran dan pengetahuan yang dengannya kita mengarahkan diri pada lingkungan moral dan material. Bagi filsafat seseorang dalam dalam arti luas—pada riwayat hidupnya *(religio vitae)*—filsafat alam, di bawah nama sains, terus menjadi kontributor yang kuat, bahkan mungkin yang paling dominan. Akan sulit untuk menunjukkan perkembangan dalam filsafat akademis yang memiliki pengaruh besar pada pandangan manusia sebagai pertumbuhan teori evolusi ilmiah. Dalam dua puluh tahun terakhir telah menjadi giliran fisika untuk menegaskan kembali dirinya sebagai filsafat alam; dan saya percaya bahwa kontribusi baru ilmu fisis, jika digenggam sepenuhnya, tidak kurang signifikan daripada doktrin evolusi.

Kita dapat mendefinisikan dengan agak lebih dekat status seorang ilmuwan yang menulis tentang akibat filosofis dari teori-teori fisika modern. Saya tidak berpikir bahwa setiap mazhab filsuf siap untuk mencuci tangan mereka dari alam semesta fisis dan membiarkan para fisikawan untuk membuat apa yang mereka sukai. Oleh karena itu tampaknya disepakati bahwa epistemologi ilmu masih merupakan bagian utuh dari filsafat. Mereka yang karyanya terletak pada perkembangan epistemologis fisika modern harus dianggap sebagai spesialis di salah satu departemen yang membagi-bagi fisika—sebuah departemen yang tidak jauh dari inti persoalan. Dalam diskusi filsafatnya secara keseluruhan, mereka cenderung menampilkan kesalahan-kesalahan

seorang spesialis yang menemukan dirinya di luar jalurnya sendiri; tetapi mereka bukan penyusup biasa. Kejahatan spesialisasi, saya pikir, masih akan lebih jelas jika mereka tidak berusaha menghubungkan kemajuan yang telah dibuat di dalam departemen mereka sendiri dengan filsafat. Epistemologi ilmu adalah tema utama dari kuliah-kuliah ini. Kita akan membahasnya terutama dari aspek ilmiah. Tetapi kita juga akan berusaha untuk melihatnya dalam latar umumnya sebagai wilayah tumpang tindih antara fisika dan filsafat, dan melacak konsekuensinya di kedua bidang.

IV

Observasi atau pengamatan adalah Pengadilan Banding tertinggi bagi kebenaran kesimpulan ilmu fisis. Ini tidak berarti bahwa setiap hal yang secara yakin kita terima sebagai pengetahuan fisis telah benar-benar disertifikasi oleh Pengadilan; keyakinan kita adalah bahwa ia akan disertifikasi oleh Pengadilan jika diajukan. Tetapi ini berarti bahwa setiap hal dari pengetahuan fisis adalah bagian dari bentuk yang dapat diajukan ke Pengadilan. Ia harus sedemikian rupa sehingga kita dapat menentukan (meskipun mungkin tidak praktis untuk melaksanakan) prosedur observasi yang akan memutuskan apakah itu benar atau tidak. Jelas, pernyataan tidak dapat diuji dengan observasi kecuali ia merupakan sebuah pernyataan tentang hasil observasi. *Oleh karena itu, setiap hal dari pengetahuan fisis harus merupakan pernyataan tentang apa yang telah atau akan menjadi hasil dari pelaksanaan prosedur observasi tertentu.*

Saya tidak berpikir bahwa setiap orang—termasuk mere-

ka yang kritis terhadap kecenderungan fisika modern—tidak akan setuju dengan aksioma pertama epistemologi ilmu, yakni bahwa pengetahuan yang diperoleh dengan metode ilmu fisis itu terbatas pada pengetahuan observasional dalam pengertian yang dijelaskan di atas. Kita tidak menyangkal bahwa pengetahuan yang tidak bersifat observasional mungkin ada, misalnya teori bilangan dalam matematika murni; dan dengan tanpa komitmen, kita dapat memungkinkan kemungkinan bentuk-bentuk pandangan lain tentang pikiran manusia ke dalam dunia di luar dirinya. Tetapi pengetahuan semacam itu berada di luar batas ilmu fisis, dan karena itu tidak masuk ke dalam deskripsi dunia yang diperkenalkan dalam formasi pengetahuan fisis. Kita barangkali dapat menghubungkan "dunia" yang memuat alam semesta fisis sebagai aspek parsialnya saja ke sintesis pengetahuan yang lebih luas yang juga memuat pengetahuan fisis sebagai salah satu bagiannya. Tetapi dalam tahap penyelidikan ini kita hanya akan membahas pengetahuan fisis, dan karena itu juga akan membahas alam semesta fisis yang, menurut definisinya, semua karakteristik yang bukan merupakan pokok soal pengetahuan fisis perlu dikesampingkan.

Biasanya ada pembedaan antara pengetahuan observasional dan pengetahuan teoretis; tetapi dalam praktiknya istilah-istilah tersebut digunakan dengan begitu longgar sehingga menghilangkan klasifikasi dari semua makna yang sebenarnya. Perkembangan ilmu fisis secara keseluruhan telah menjadi proses pengombinasian teori dan observasi; dan secara umum setiap ihwal pengetahuan fisis—atau setidaknya setiap ihwal yang menjadi fokus perhatian pengetahuan

fisis—memiliki sebagian dasar observasi dan sebagiannya lagi dasar teoretis. Pembedaan tersebut, sejauh ia dapat dibuat, mengacu pada cara memeroleh pengetahuan—pada sifat bukti kebenarannya. Pembedaan tersebut tidak menyangkut pengetahuan itu sendiri—yaitu apa yang ingin kita bahas. Oleh karena itu, aksioma bahwa semua pengetahuan fisis itu bersifat observasional tidak dapat dipahami sebagai penyingkiran pengetahuan teoretis. Saya *tahu* posisi Jupiter tadi malam. Itu adalah pengetahuan tentang sifat observasional; prosedur observasi yang menghasilkan besaran-besaran (inklinasi dan deklinasi yang tepat) yang mengungkapkan pengetahuan saya tentang posisi planet mungkin untuk dirinci. Sesungguhnya saya tidak mengikuti prosedur ini, saya juga tidak belajar posisi dari siapa saja yang mengikuti prosedur; saya mencarinya di Nautical Almanac. Itu memberi saya hasil perhitungan menurut teori planet. Fisika masa kini menerima teori tersebut dan semua konsekuensinya; artinya, ia mengakui posisi terhitung sebagai ramalan hasil yang akan diperoleh dengan melakukan prosedur observasi yang diakui. Dari dua bagian pengetahuan saya, yaitu pengetahuan tentang hasil perhitungan matematis dan perkiraan hasil dari prosedur observasi, adalah yang terakhir yang saya nyatakan ketika saya mengklaim mengetahui posisi Jupiter. Jika, pada pengajuan ke Pengadilan Banding, pengetahuan saya tentang hasil dari prosedur observasi terbukti salah, saya harus mengakui bahwa saya salah dan tidak tahu posisi Jupiter; tidak akan ada gunanya saya bersikeras bahwa pengetahuan saya tentang hasil dari perhitungan matematis itu benar.

Ini adalah inti penerimaan sebuah teori yang kita setujui untuk menghilangkan pembedaan antara pengetahuan yang berasal teori dan pengetahuan yang berasal dari observasi nyata. Mungkin tampak sepihak bahwa pemusnahan pembedaan itu harus menjadikan semua pengetahuan fisis bersifat observasional. Tetapi bahkan penyembahan teori yang paling ekstrem pun belum mengajukan hal yang sebaliknya—bahwa dalam menerima hasil penelitian observasional sebagai sesuatu yang dapat dipercaya, kita mengangkatnya ke status kesimpulan teoretis. Kesepihakan itu disebabkan oleh penerimaan kita terhadap observasi, bukan terhadap teori, sebagai Pengadilan Banding tertinggi.

V

Kita telah melihat bahwa setiap hal dari pengetahuan fisis, baik yang berasal dari observasi atau teori atau dari kombinasi keduanya, merupakan pernyataan tentang apa yang telah atau akan menjadi hasil dari pelaksanaan prosedur observasi tertentu. Umumnya ini merupakan pernyataan tentang apa yang *akan* menjadi hasil jika observasi dilakukan; oleh karena itu, pengetahuan fisis lebih akurat digambarkan sebagai *hipotektika-observasional*‡. Kadang-kadang bentuk hipotesis dapat dijatuhkan—observasi telah dilakukan dan hasil telah diperoleh—tetapi takaran pengetahuan yang berlaku itu kecil, dan sebagian besar tidak menarik. Saya tidak menyangkal pentingnya observasi aktual sebagai sumber pengetahuan; tetapi sebagai konstituen pengetahu-

‡ "Pengetahuan Hipotektika-observasional" berarti pengetahuan tentang hasil observasi hipotesis, bukan interpretasi hipotesis tentang hasil observasi aktual.

an ilmiah, ia hampir dapat diabaikan. Setiap kali dalam proses mengurangi observasi, sebuah "koreksi" diterapkan, pengetahuan observasional yang dihasilkan dari eksperimen aktual diganti oleh pengetahuan hipotektika-observasional tentang apa yang akan menjadi hasil sebuah eksperimen di bawah kondisi ideal.

Misalnya, pengetahuan kita bahwa jarak bulan dari bumi adalah sekitar 240.000 mil. Makna pasti pernyataan ini harus ditegaskan dengan mengacu pada definisi jarak dalam fisika dan astronomi (Bab V); tetapi, cukup akurat untuk tujuan sekarang, apa yang kita klaim ketahui adalah bahwa 240.000×1760 meteran yang disambung dari ujung ke ujung akan mencapai ke bulan. Ini adalah pengetahuan hipotektika-observasional; karena tentu saja tidak ada yang melakukan eksperimen tersebut. Memang benar bahwa observasi aktual digunakan untuk mencapai angka 240.000 mil; tetapi terlepas dari teori, kita seharusnya tidak tahu bahwa besaran yang dihasilkan adalah jarak bulan. Ada berbagai metode praktis untuk menentukan jarak; salah satu yang paling akurat melibatkan antara lain pendulum berayun di garis lintang yang berbeda di bumi. Meskipun benar untuk menyatakan bahwa 240.000 mil adalah hasil dari prosedur observasi aktual dari pendulum berayun, dan lain-lain, itu bukan yang ingin kita nyatakan ketika kita mengatakan bahwa jarak bulan adalah 240.000 mil. Dengan menggunakan teori yang diterima, kita telah mampu mengganti prosedur observasi aktual dengan prosedur observasi hipotesis yang, jika dilakukan, akan menghasilkan hasil yang sama. Keuntungannya adalah pengetahuan hipotektika-observasional

dapat disistemisasi dan dikumpulkan menjadi satu kesatuan yang koheren, sedangkan pengetahuan observasi aktual bersifat sporadis dan acak-acakan.

Seseorang tidak dapat menahan perasaan salah paham bahwa pengetahuan hipotektika-observasional tidak sepenuhnya memuaskan dari sudut pandang logis. Apa sebenarnya status pengetahuan kondisional jika kondisinya tidak terpenuhi? Adakah makna yang dapat disematkan pada pernyataan bahwa jika sesuatu, yang kita tahu tidak terjadi, telah terjadi, maka hal-hal tertentu lainnya akan terjadi? Namun saya tidak dapat membantu memberikan pengetahuan saya bahwa 240.000×1760 meteran *akan* mencapai bulan, meskipun tidak ada prospek bahwa ia *akan* mencapainya.

VI

Studi ilmiah tentang fakta-fakta observasi telah menuntun kita untuk membuat sejumlah generasilasi yang kita sebut hukum alam. Generalisasi adalah sumber yang paling mencolok dari karakter hipotektika-observasional pengetahuan fisis, karena ia melampaui observasi aktual dan menegaskan pengetahuan tentang apa yang akan diamati pada setiap kesempatan jika prosedur yang diperlukan dilakukan.

Saya pikir bahwa hukum alam adalah sitematisasi, bukan generalisasi, terhadap pengetahuan. Idealnya adalah mungkin untuk menerima sistematisasi pengetahuan observasi yang ada, tanpa berprasangka apakah observasi masa depan akan sesuai dengan sistem. Bagi seorang yang memegang pandangan ini, setiap kali sebuah observasi baru ditemukan mematuhi hukum semestinya menjadi kejutan. Sebagai

contoh, hukum Bode tentang jarak planet dapat dianggap sebagai pernyataan yang sistematis tentang jarak enam planet yang dikenal pada masanya, dan tidak diharapkan untuk diterapkan ke planet yang ditemukan kemudian. Ini mungkin sikap yang tepat untuk menyetujui hukum tertentu yang telah diberitahukan; tetapi tentu tidak dapat diterapkan secara umum di seluruh fisika. Kita tidak boleh membayangkan bahwa sistematisasi Bode akan terus dimungkinkan dalam fisika yang dibersihkan dari generalisasi. Kecuali kita menerima generalisasi tertentu sebelumnya, misalnya bahwa cahaya bergerak dalam garis lurus, jarak planet tidak dapat ditentukan; dan hukum Bode kemudian terhenti, karena ia tidak memiliki bahan untuk melakukan sistematisasi. Faktanya adalah bahwa generalisasi dari observasi, baik secara bergantian maupun tidak, telah dipraktikkan dalam sains fisis sejak awal; dan kita harus menganggapnya sebagai bagian yang kurang dari metode ilmiah daripada observasi itu sendiri. Dan dengan generalisasi, elemen hipotektika-observasional, yang telah diberi hak untuk bertahan, telah menjadi bagian dari pengetahuan ilmiah.

Kesimpulan utama kita adalah bahwa, terlepas dari keragaman metode, pengetahuan fisis tetap bersifat homogen; pengetahuan fisis adalah pengetahuan tentang apa yang akan menjadi hasil dari prosedur observasional, termasuk sebagai kasus khusus hasil dari prosedur observasional yang telah dilakukan.

Dalam kemajuan fisika, fakta-fakta individual telah banyak digabungkan dalam generalisasi. Apakah itu benar untuk mengatakan bahwa pengetahuan fisika yang lengkap

akan sepenuhnya terdiri dari generalisasi seperti itu? Jawabannya berbeda-beda sesuai dengan kita merujuk pada fisika dalam arti sempit (termasuk kimia, tetapi tidak termasuk astronomi atau sains observasional lainnya, yang dibedakan dari sains eksperimental) atau ilmu fisis secara umum. Fisika, dalam pengertian sempit, saya pikir, hanya berfokus pada generalisasi. Fisikawan tidak tertarik pada fakta-fakta khusus kecuali sebagai bahan untuk generalisasi. Jika fisikawan mempelajari gumpalan besi tertentu, itu adalah sebagai contoh yang menunjukkan sifat umum besi. Di sisi lain, astronom tertarik pada bongkahan materi tertentu tempat kita hidup, apakah materi itu adalah contoh planet pada umumnya atau tidak. Dia ingin tahu tentang keberadaan tumbuh-tumbuhan di Mars, kapan komet terang berikutnya akan muncul, seberapa dekat planet kecil mendekati bumi, dan seterusnya. Dapat dikatakan bahwa ini hanya minat amatir yang semakin dibesar-besarkan oleh fisikawan yang berpikiran serius; seorang astronom, tentu saja, harus memastikan konstanta bumi, seperti seorang fisikawan harus memastikan konstanta galvanometernya, tetapi dia tidak memiliki urusan untuk *tertarik* padanya. Astronom jarang-jarang akan setuju; tetapi biarkanlah itu berlalu. Cukuplah untuk mengatakan bahwa fakta-fakta khusus ini adalah pengetahuan yang diperoleh dengan metode ilmu fisis, dan tidak boleh diabaikan di dalam epistemologi ilmu yang telah kita definisikan sebagai studi tentang hakikat pengetahuan yang kita peroleh dengan metode ilmu fisis; juga tidak dapat diabaikan di dalam alam semesta yang dideskripsikan oleh pengetahuan tersebut.

Karena itu kita harus ingat bahwa tidak semua pengetahuan kita tentang alam semesta fisis terdiri dari pengetahuan tentang hukum alam. Peringatan itu tidak terlalu berlebihan seperti kelihatannya. Saya sering menemukan kesan bahwa menjelaskan hukum alam sebagai sesuatu yang sepenuhnya subjektif itu sama dengan menjelaskan alam semesta fisis sebagai sesuatu yang sepenuhnya subjektif. Pandangan itu sama sekali tidak berdasar.

2

SUBJEKTIVISME SELEKTIF

I

ANDAIKAN seorang ahli ilmu ikan (iktiologis) sedang mengeksplorasi kehidupan lautan. Dia melemparkan jaring ke dalam air dan mendapatkan bermacam-macam ikan. Setelah meneliti hasil tangkapannya, sebagaimana biasanya seorang ilmuwan, ia melakukan sistematisasi terhadap apa yang diungkapkan oleh hasil tangkapannya itu. Dia sampai pada dua generalisasi:

(1) Tidak ada mahluk laut yang panjangnya kurang dari dua inci.
(2) Semua mahluk laut memiliki insang.

Dua generalisasi tersebut benar terkait tangkapannya, dan dia memiliki asumsi sementara bahwa kedua generalisasi itu akan tetap benar sesering apapun dia mengulanginya.

Dalam menerapkan analogi ini, hasil tangkapan berarti kumpulan pengetahuan yang membentuk ilmu fisis, dan

jaring berarti peralatan indrawi dan intelektual yang kita gunakan untuk memperoleh tangkapan. Pelemparan jaring terkait dengan pengamatan; karena pengetahuan yang belum atau tidak dapat diperoleh dengan pengamatan tidak diterima di dalam ilmu fisis.

Seorang pengamat mungkin keberatan dengan menganggap bahwa generalisasi pertama salah. "Terdapat banyak makhluk laut dengan panjang di bawah dua inci, hanya jaring Anda tidak disesuaikan untuk menangkap mereka." Iktiolog tersebut menolak keberatan ini dengan penuh penghinaan. "Apa pun yang tidak dapat dilacak oleh jaring saya pastilah di luar lingkup pengetahuan iktiologi, dan bukan bagian dari kerajaan ikan yang telah didefinisikan sebagai tema pengetahuan iktiologi. Singkatnya, apa yang tidak dapat ditangkap oleh jaring saya bukanlah ikan." Atau—versi lain analogi itu—"Jika Anda tidak sekadar menebak, tetapi mengklaim pengetahuan tentang alam semesta fisis yang ditemukan dengan cara lain selain dengan metode ilmu fisis, dan tentu saja pengetahuan itu tidak dapat diverifikasi oleh metode ilmu fisis, maka Anda adalah seorang metafisikawan. Bah!"

Perselisihan muncul, seperti banyak perselisihan lainnya, karena para protagonis membicarakan tentang hal-hal yang berbeda. Pengamat dalam pikirannya mempunyai sebuah kerajaan ikan objektif. Iktiologis tidak memperhatikan apakah ikan yang ia bicarakan membentuk kelas objektif atau subjektif; sifat yang penting adalah bahwa mereka dapat ditemukan. Generalisasinya sangat tepat untuk kelas makhluk yang dia bicarakan—yang barangkali adalah kelas

terpilih, tetapi dia tidak akan tertarik untuk membuat generalisasi tentang kelas lain. Dengan membuang analogi, jika kita mengambil pengamatan sebagai dasar ilmu fisis, dan bersikeras bahwa pernyataannya harus dapat diverifikasi dengan pengamatan, maka berarti kita memberlakukan uji selektif pada pengetahuan yang diterima sebagai pengetahuan fisis. Seleksi bersifat subjektif, karena tergantung pada peralatan indrawi dan intelektual yang merupakan sarana kita untuk memperoleh pengetahuan observasi. Generalisasi fisika—yang disebut hukum alam—itu berlaku pada pengetahuan yang dipilih secara subjektif dan pada alam semesta yang dideskripsikan oleh pengetahuan tersebut.

Hanya dengan perkembangan metode epistemologis terbaru dalam fisika, kita menyadari efek yang berjangkauan luas dari pemilihan subjektif pokok soalnya. Awalnya kita mungkin, seperti sang pengamat, cenderung berpikir bahwa fisika telah kehilangan arahnya, dan belum mencapai dunia yang benar-benar objektif yang, kita anggap sudah semestinya, coba digambarkan oleh fisika. Generalisasinya, jika merujuk pada dunia objektif, adalah atau mungkin dibuat salah melalui seleksi. Tetapi itu sama saja dengan mengutuk sains yang didasarkan pada pengamatan sebagai kegagalan karena dunia yang benar-benar objektif tidak dapat dijangkau oleh pengamatan.

Metode observasional ilmu fisis jelas tidak mungkin diabaikan. Sains yang memiliki dasar observasional sama sekali tidak pernah gagal; meskipun kita mungkin telah salah memahami hakikat keberhasilannya. Mereka yang tidak puas dengan apa pun kecuali dengan alam semesta

objektif yang murni dapat beralih menjadi metafisikawan, yang tidak dijejali oleh peraturan yang diberlakukan sendiri bahwa setiap pernyataan harus bisa tunduk pada pengamatan sebagai Pengadilan Banding terakhir. Tetapi kita, sebagai fisikawan, akan terus mempelajari alam semesta yang diungkapkan oleh pengamatan dan membuat generalisasi tentangnya; meskipun kita sekarang mengetahui bahwa alam semesta yang dicapai tidak dapat sepenuhnya objektif. Tentu saja, massa besar fisikawan, yang tidak memperhatikan epistemologi, akan terus melakukan ini dalam hal apa pun.

Haruskah kita kemudian mengabaikan pengamat dengan saran pemilihannya? Saya pikir tidak; meskipun kita tidak dapat menerima perbaikannya. Anggaplah bahwa pengamat yang lebih bijaksana membuat saran yang agak berbeda: "Saya menyadari bahwa Anda benar dalam menolak hipotesis teman kita tentang ikan yang tidak dapat ditangkap, yang tidak dapat diverifikasi dengan pengujian apa pun yang kita anggap valid. Dengan tetap menggunakan metode penelitian Anda sendiri, Anda telah mencapai generalisasi tentang hal yang paling penting—untuk tukang ikan, yang tidak akan tertarik pada generalisasi tentang ikan yang tidak dapat ditangkap. Karena generalisasi ini sangat penting, saya ingin membantu Anda. Anda sampai di generalisasi Anda dengan cara tradisional dengan memeriksa ikan. Bolehkah saya menunjukkan bahwa Anda dapat sampai dengan lebih mudah pada generalisasi yang sama dengan memeriksa jaring dan metode penggunaannya?"

Pengamat pertama adalah seorang metafisikawan yang

membenci fisika karena keterbatasannya; pengamat kedua adalah ahli epistemologi yang dapat membantu fisika karena keterbatasannya. Itu hanya karena tujuan fisika yang terbatas—sebagian orang mungkin mengatakan, tersesat—sehingga bantuan semacam itu dimungkinkan. Metode tradisional pengujian sistematis terhadap data yang diberikan oleh pengamatan bukanlah satu-satunya cara untuk mencapai generalisasi yang berharga dalam ilmu fisis. Beberapa generalisasi ini paling tidak juga dapat ditemukan dengan menguji peralatan indrawi dan intelektual yang digunakan dalam pengamatan. Epistemologi dengan demikian menyajikan fisika dengan metode baru untuk mencapai tujuannya. Pengembangan teori relativitas, dan transformasi teori kuantum dari teori empiris menjadi teori rasional adalah hasil metode baru; dan di dalam metode baru itu, kita mengharapkan kemajuan mendasar yang lebih jauh.

II

Kita kembali ke analogi ikan untuk mengilustrasikan satu hal lagi yang sangat penting. Tidak ada saran yang ditawarkan soal generalisasi kedua—bahwa semua makhluk laut memiliki insang—dan, sejauh yang dapat kita lihat, generalisasi itu tidak dapat disimpulkan dari pengujian jaring dan metode penggunaannya. Jika iktiologis memperluas penyelidikannya, membuat tangkapan lebih lanjut, mungkin di perairan yang berbeda, maka mungkin setiap hari ia memunculkan makhluk laut tanpa insang dan kesal dengan generalisasi keduanya. Jika ini terjadi; dia secara alami akan mulai tidak mempercayai keamanan generalisasi pertama-

nya. Ketakutannya tidak diperlukan; karena jaring tidak pernah bisa menangkap apa pun yang tidak sesuai dengan ukurannya.

Generalisasi yang dapat dicapai secara epistemologis memiliki keamanan yang ditolak oleh generalisasi yang hanya dapat dijangkau secara empiris. Sudah menjadi kebiasaan dalam filsafat ilmiah untuk bersikeras bahwa hukum alam tidak memiliki watak wajib; hukum alam adalah keseragaman yang telah ditemukan terjadi sampai sekarang dalam pengalaman kita yang terbatas, tetapi kita tidak memiliki hak untuk menegaskan bahwa ia akan terjadi tanpa kecuali dan secara universal. Ini adalah filsafat yang sangat tepat untuk diadopsi dalam hal generalisasi empiris—tentu saja dipahami bahwa tidak ada orang yang begitu bodoh untuk menerapkan filsafat dalam praktik. Para ilmuwan, yang diyakinkan oleh filsafat mereka bahwa mereka tidak punya hak untuk berharap, terus menghargai harapan yang tak dapat dipertahankan, dan menginterpretasikan pengamatan sesuai dengan harapan tersebut. Teori probabilitas telah melakukan beberapa upaya untuk membenarkan harapan kita bahwa jika suatu kejadian (yang penyebabnya tidak diketahui) telah terjadi secara teratur sampai sekarang, maka ia akan terus terjadi pada kesempatan berikutnya; tetapi saya pikir bahwa semua yang telah muncul adalah analisis dan aksiomatisasi terhadap harapan, bukan pembelaan terhadapnya.

Situasi berubah ketika kita mengakui bahwa beberapa hukum alam mungkin mempunyai asal epistemologis. Ini wajib; dan ketika asal epistemologis mereka terbentuk, ma-

ka kita memiliki hak untuk berharap bahwa hukum alam akan dipatuhi tanpa kecuali dan secara universal. Proses pengamatan, yang kemudian melahirkan hukum alam, tidak bergantung pada waktu atau tempat.

Tetapi, pandangan itu mungkin ditolak, dapatkah kita yakin bahwa proses pengamatan* tidak terpengaruh oleh waktu atau tempat? Sebenarnya, tidak. Tetapi jika ia terpengaruh—jika posisi dalam waktu dan ruang atau keadaan lain mencegah prosedur pengamatan dilaksanakan tepat sesuai dengan spesifikasi yang diakui—kita dapat menyebut pengamatan yang dihasilkan sebagai "pengamatan yang buruk". Mereka yang membenci gagasan keharusan dalam hukum ilmiah mungkin dapat dimaafkan oleh kelonggaran bahwa, meskipun tidak lagi dapat diterima sebagai prinsip filsafat ilmiah bahwa hukum alam tidak wajib, tidak ada keharusan bahwa pengamatan aktual dapat memuaskan mereka, karena (sayangnya) tidak ada keharusan bahwa pengamatan dapat menjadi pengamatan yang *baik*.

Bagaimana dengan hukum alam yang tersisa, yang bukan asal epistemologis, dan karenanya, sejauh yang kita tahu, tidak wajib? Haruskah hukum alam itu terus merusak skema tersebut sebagai sumber harapan yang tidak dapat dipertahankan, yang pada praktiknya ditemukan terpenuhi?

* Spesifikasi standar terhadap prosedur pengamatan harus cukup rinci untuk mendapatkan hasil pengamatan yang unik. Ini adalah tugas pengamat untuk memastikan bahwa semua keadaan pembantu yang dapat memengaruhi hasil, misalnya temperatur, tidak adanya medan magnet, dll., sesuai dengan spesifikasi. Hukum-hukum epistemologis yang mengatur hasil pengamatan hanya dapat diambil dari fakta bahwa prosedur itu ditentukan. Kontingensi yang dimaksudkan dalam paragraf ini dicontohkan oleh fakta bahwa tidak mungkin untuk membuat pengamatan yang benar-benar "baik" dalam medan magnet yang kuat, karena spesifikasi standar dari prosedur penentuan panjang mengharuskan kita untuk menghilangkan medan magnet.

Sebelum mengkhawatirkan mereka, akan lebih baik menunggu sampai kita melihat apa yang tersisa dari sistem hukum alam setelah bagian yang dapat dipertanggungjawabkan secara epistemologis telah dihapus. Mungkin tidak ada yang perlu dikhawatirkan.

Pengenalan analisis epistemologis dalam teori fisika modern tidak hanya menjadi kemajuan ilmiah yang kuat, tetapi telah memberikan jenis keamanan baru bagi kesimpulannya. Atau, saya lebih suka mengatakan, ia telah menempatkan jenis keamanan baru dalam jangkauan. Apakah kesimpulan ini aman adalah pertanyaan tentang kesalahan manusia, yang darinya ahli epistemologi tidak lebih dikecualikan dibandingkan teoretikus klasik atau pengamat praktis. Sembari tidak melupakan bahwa hasil aktual yang dicapai harus bergantung pada wawasan dan ketelitian orang yang menggunakan peralatan, saya akan menekankan bahwa kita sekarang memiliki peralatan untuk menempatkan teori fisika pada pijakan yang lebih kuat daripada yang dikehendaki sebelumnya.

III

Siapa yang akan menjaga para penjaga itu sendiri?[†] Siapa yang akan mengamati para pengamat? Jawabannya adalah—ahli epistemologi. Epistemolog atau ahli epistemologi memperhatikan mereka untuk melihat apa yang mereka amati, yang seringkali sangat berbeda dari apa yang mereka katakan mereka amati. Epistemolog memeriksa prosedur para pengamat dan keterbatasan mendasar dari peralatan

[†] *Quis custodiet ipsos custode?*

yang mereka gunakan dalam pengamatan, dan dengan demikian para pengamat menjadi sadar lebih awal terhadap keterbatasan yang kepadanya hasil yang mereka peroleh mesti disesuaikan. Para pengamat, di sisi lain, hanya menemukan keterbatasan ini ketika mereka memeriksa hasil pengamatannya, dan, tanpa menyadari asal subjektifnya, menyebut hasil pengamatan itu sebagai hukum alam.

Dapat dikatakan bahwa, dalam menerima bantuan dari epistemologi, ilmu fisis sepenuhnya menjadi kesimpulan dari pengamatan; karena epistemolog juga merupakan seorang pengamat. Astronom mengamati bintang-bintang; epistemolog mengamati pengamat. Keduanya mencari pengetahuan yang bertumpu pada pengamatan.

Saya menyesal harus menyinggung para pengamat dengan menolak bujukan dari pandangan tradisional; tetapi analogi antara mengamati bintang dan mengamati pengamat tidak akan berlaku baik. Pernyataan umum bahwa ilmu fisis bertumpu pada pengamatan, dan generalisasi adalah generalisasi tentang data pengamatan, tidak sepenuhnya benar. Ia bertumpu pada pengamatan yang baik, dan generalisasinya adalah tentang data pengamatan yang baik. Oleh karena itu, epistemologi ilmiah, yang berkaitan dengan sifat pengetahuan yang terkandung dalam ilmu fisis, harus memeriksa prosedur pengamatan yang baik. Mitra yang tepat untuk epistemolog yang mengamati pengamat yang baik adalah astronom yang mengamati bintang-bintang yang baik.

Kualifikasi terhadap pengamatan sebagai "baik", yang merupakan titik pertama yang dihadirkan dalam praktik,

tampaknya sering diabaikan dalam filsafat. Dalam pembicaraan tentang pengamatan, sering kali ada kegagalan untuk membedakan jenis khusus aktivitas pengamatan yang direnungkan dalam ilmu fisis dari "penglihatan" yang tanpa pandang bulu. Pembedaannya sangat selektif; dan ini menunjukkan satu cara di mana pemilihan subjektif, yang telah kita rujuk, diperkenalkan ke dalam alam semesta yang dijelaskan oleh fisika. Jika para astronom sama-sama diperbolehkan untuk membedakan bintang yang baik dan bintang yang buruk, astronomi pasti akan diperkaya oleh beberapa hukum baru yang luar biasa—tentu saja hanya berlaku bagi bintang-bintang yang baik yang mematuhi hukum yang ditentukan.

Apakah sebuah pengamatan itu baik atau buruk tergantung pada apa yang ia representasikan. Penentuan yang buruk dari titik leleh belerang mungkin merupakan penentuan yang sangat baik dari titik leleh campuran belerang dan residu. Istilah yang digunakan untuk menggambarkan pengamatan—untuk menyatakan tentang apa pengamatan itu—menurut definisnya menyiratkan sebuah standar prosedur yang harus diikuti dalam melakukan pengamatan; pengamat mengaku mengikuti prosedur ini, atau prosedur yang ia bebas menggantinya di dalam keyakinan bahwa pengamatan pasti akan memberikan hasil yang sama. Jika, melalui ketidaksengajaan atau kesulitan praktis, kondisi yang ditentukan prosedur tidak dilakukan, pengamatan adalah pengamatan yang buruk, dan pengamat dalam hal ini adalah pengamat yang buruk. Demikian juga dari sudut pandang ilmu fisis ia adalah pengamat yang buruk jika

keyakinannya bahwa metodenya dapat menjadi pengganti prosedur standar adalah salah; meskipun dalam kasus ini dia akan menyalahkan ahli teori yang menasehatinya dengan salah.

Epistemolog, karenanya, tidak mempelajari pengamat sebagai organisme yang kegiatannya harus dipastikan secara empiris dengan cara yang sama seperti seorang naturalis mempelajari kebiasaan hewan. Dia harus memilih pengamat yang baik—pengamat yang kegiatannya mengikuti rencana prosedur konvensional. Apa yang harus diketahui oleh epistemolog adalah rencana prosedur tersebut. Tanpanya, epistemolog tidak tahu pengamat mana yang harus diteliti dan yang harus diabaikan; dengannya, dia tidak perlu benar-benar memperhatikan para pengamat yang baik yang, sudah dia ketahui, sekadar mengikuti petunjuknya, karena kalau tidak mereka tidak akan baik.

Rencana itu harus dicari dalam pikiran pengamat, atau dalam pikiran orang-orang yang darinya pengamat itu mendapatkan petunjuk. Epistemolog adalah seorang pengamat hanya dalam arti bahwa dia mengamati apa yang ada di dalam pikiran. Tetapi itu adalah deskripsi yang bengah tentang cara kita menemukan rencana yang disusun dalam pikiran siapa pun. Kita mempelajari rencana pengamat dengan mendengarkan penjelasannya sendiri dan mempertanyakannya secara silang.

IV

Kita dapat membedakan pengetahuan tentang alam semesta fisis yang diperoleh dengan mempelajari hasil pengamatan

sebagai pengetahuan *a posteriori*, dan pengetahuan yang diperoleh dari penelitian epistemologis terhadap prosedur pengamatan sebagai pengetahuan *a priori*. Penilai mungkin sampai pada generalisasi *a posteriori* bahwa di dalam sebuah rumah tidak ada barang yang lebih berharga dari enam koin; generalisasi yang sama mungkin juga telah mencapai pengetahuan *a priori* dengan memperhatikan bahwa pemiliknya melengkapi rumah itu dengan perabotan dari Woolworth. Pengamat dipanggil untuk memasok perabotan rumah sains. Para prioris dengan melihat metodenya dalam memperoleh furnitur dapat mengantisipasi beberapa kesimpulan yang akan dicapai oleh para posterioris dengan memeriksa furnitur.

Saya berpikir di sini saya menggunakan "pengetahuan *a priori*" dengan maknanya yang sudah dikenali—yaitu pengetahuan yang kita miliki tentang alam semesta fisis sebelum ada pengamatan aktual tentangnya. Bagaimanapun juga pengetahuan epistemologis cukup dekat dengan pengetahuan *a priori* untuk membangkitkan pertentangan yang sama dengan fisikawan mazhab tradisional. Pengetahuan *a priori* memiliki asosiasi yang tidak baik dalam sains; dan saya tidak akan mencoba untuk menyembunyikan rahasia kedekatannya dengan berdebat tentang nama-nama.

Jelasnya—pengetahuan epistemologis atau *a priori* adalah pengetahuan yang ada sebelum pelaksanaan pengamatan, tetapi bukan sebelum pengembangan rencana pengamatan. Sebagai pengetahuan fisis, ia tentu merupakan pernyataan tentang hasil pengamatan yang dibayangkan telah dilakukan. Soal apakah ia dapat dianggap independen

sama sekali dari pengalaman observasional, saya kira, kita harus menjawab tidak. Seseorang yang tidak memiliki pengalaman observasional sama sekali, dan juga tidak memiliki pengetahuan taklangsung tentang pengalaman observasional yang mungkin ia peroleh melalui komunikasi dengan teman-temannya, tidak mungkin bisa memahami istilah-istilah yang mengekspresikan pengetahuan epistemologis, seperti pengetahuan fisis lainnya; dan ia mustahil untuk memasukkannya ke dalam bentuk lain yang akan memiliki arti baginya.

Kita lalu harus mengakui bahwa deduksi hukum alam dari pertimbangan epistemologis menyiratkan pengalaman observasional yang sudah lalu. Tetapi harus ditekankan bahwa hubungan hukum alam dengan pengamatan yang membentuk pengalaman terdahulu ini sama sekali berbeda dari hubungannya dengan pengamatan yang diaturnya. Orang asing di universitas kita, yang mengamati bahwa mahasiswa sarjana ada di dalam Kolese mereka sebelum tengah malam, mungkin percaya bahwa ia telah menemukan hukum hakikat manusia—bahwa ada sesuatu dalam sifat mahasiswa sarjana yang mendorongnya untuk mencari perlindungan dinding kolese sebelum pukul dua belas malam. Kita harus melepaskannya dari tipuan dan menunjukkan bahwa hukum tersebut merupakan sumber yang sangat berbeda—yaitu dari otoritas Perguruan Tinggi. Haruskah dia menyimpulkan bahwa hukum itu sama sekali tidak bergantung pada sifat mahasiswa sarjana? Belum tentu. Penelitian yang cermat akan mengungkapkan bahwa hukum itu bergantung pada pengalaman anteseden yang banyak tentang sifat mahasiswa

sarjana. Kita tidak dapat mengatakan bahwa peraturan jam dua belas tidak didasarkan pada sifat mahasiswa sarjana; tetapi kita bisa mengatakan bahwa ia tidak didasarkan pada sifat mahasiswa sarjana dalam cara yang diasumsikan oleh orang asing itu.

Dalam ilmu fisis, kesimpulan *a priori* telah lama diharamkan; dan kita harus mengharapkan pertentangan dari orang-orang yang mengikuti tradisi. Telah diterima sebagai prinsip ilmiah bahwa kita tidak dapat memiliki pengetahuan *a priori* tentang alam semesta. Setuju: asalkan "alam semesta" di sini berarti "alam semesta objektif", seperti yang jelas maksudnya ketika prinsip itu dibingkai. Tetapi, sebagaimana diterapkan pada alam semesta yang didefinisikan sebagai tema pengetahuan fisis daripada oleh karakteristik intrinsiknya,‡ prinsip itu membatalkan dirinya sendiri. Jika kita tidak dapat memiliki pengetahuan *a priori* tentang alam semesta, maka kita tidak dapat memiliki pengetahuan *a priori* bahwa alam semesta itu objektif; dan karena itu kita tidak dapat memiliki pengetahuan *a priori* bahwa kita tidak dapat memiliki pengetahuan *a priori* tentangnya.

Pengenalan kembali pengetahuan fisis *a priori* dibenarkan oleh penemuan bahwa alam semesta yang digambarkan oleh ilmu fisis itu sebagian bersifat subjektif. Secara historis, argumennya adalah sebaliknya. Telah ditemukan bahwa pengetahuan tertentu dapat diperoleh dengan metode *a priori*; ia jelas merupakan pengetahuan tentang alam semesta fisis, karena ia merupakan pengetahuan yang dicari para fisika-

‡ Ketika kita telah mendefinisikan sesuatu, kita memiliki pengetahuan *a priori* bahwa ia memiliki karakteristik yang ditentukan dalam definisi. Prinsipnya harus jelas dipahami untuk mengecualikan pengetahuan *a priori* ini.

wan dan, dalam beberapa kasus, ditemukan dengan metode *a posteriori* biasa. Namun, pengetahuan *a priori* semacam itu memang tidak mungkin jika alam semesta yang menjadi objeknya sepenuhnya objektif. Ini mengantarkan kita pada sebuah penyelidikan yang di dalamnya kita dapat melacak cara masuknya unsur subjektif ke alam semesta fisis.

Tampaknya tepat untuk menyebut pandangan filosofis yang telah kita peroleh di sini sebagai *subjektivisme selektif*. "Selektif" harus ditafsirkan secara luas. Saya tidak ingin menegaskan bahwa pengaruh prosedur pengamatan terhadap pengetahuan yang diperoleh terbatas pada pemilihan sederhana, seperti melewati sebuah jaring. Tetapi istilah itu akan berfungsi untuk mengingatkan kita bahwa subjektif dan objektif dapat dikombinasikan dengan cara lain selain penambahan belaka. Dalam matematika, jenis yang sangat umum dari kombinasi tersebut adalah kombinasi operator dan operan, dan operator selektif menjadi kasus tertentu.

Seleksi menyiratkan sesuatu yang harus dipilih. Tampaknya diperbolehkan untuk menyimpulkan bahwa bahan yang diseleksi adalah objektif. Dan satu-satunya cara untuk memuaskan diri kita soal ini adalah memeriksa secara hati-hati cara subjektivitas dapat merayap ke dalam pengetahuan fisis melalui prosedur pengamatan. Sejauh yang dapat saya lihat, seleksi atau operasi matematis mirip dengan subjektivitas yang mencakup seluruh rentang kemungkinan; artinya, seluruh subjektivitas terdiri dari operasi tipe selektif. Subjektivitas terbatas pada operator, dan operan akhir harus bebas dari subjektivitas.

Saya tidak punya alasan untuk meragukan argumen di

atas, tetapi ia bergantung pada kewaspadaan pengawasan yang tidak bisa saya jamin konklusif. "Objektif" pada dasarnya adalah karakteristik negatif (non-subjektif) dari pengetahuan; dan itu selalu lebih sulit untuk menunjukkan kesimpulan negatif daripada yang positif. Saya menerima elemen objektif dalam pengetahuan fisis dengan dasar yang, menurut saya, cukup kuat, tetapi bukan dengan jaminan yang sama dengan elemen subjektif yang mudah dibuktikan.

Subjektivisme selektif, yang merupakan filsafat ilmu modern, memiliki sedikit kesamaan dengan subjektivisme Berkeleian, yang, jika saya pahami, menyangkal semua objektivitas dunia luar. Dalam pandangan kita, alam semesta fisis tidak sepenuhnya subjektif atau sepenuhnya objektif—juga bukan campuran sederhana dari entitas atau atribut subjektif dan objektif.

3

YANG TAK-TERAMATI

I

GAGASAN-GAGASAN dasar fisika modern, sejauh mereka berbeda dengan gagasan-gagasan klasik abad XIX, terkandung dalam dua teori komprehensif—yaitu teori relativitas dan teori kuantum. Teori relativitas muncul dalam dua tahap, yakni teori khusus Einstein pada 1905 dan teori umumnya pada tahun 1915; untuk kedua teori relativitas Einstein ini harus ditambahkan teori relativitas ukuran Weyl pada 1918, yang sekarang merupakan bagian penting dari konsep relativistik. Teori kuantum berawal dari makalah Planck pada 1901; karenanya ia agak lebih tua dari dua teori relativitas, dan sudah jauh lebih lama dalam mencapai kedewasaan. Sementara teori relativitas sejak awal sudah dikaitkan dengan pandangan filosofis baru, teori kuantum hingga 1925 tidak memberikan kontribusi apa pun bagi filsafat kecuali kebingungan. Heisenberg memperkenalkan gagasan baru yang penting pada tahun 1925; dan di satu

atau dua tahun berikutnya, melalui bantuan sejumlah kontributor, teori kuantum mencapai bentuknya yang sekarang, yang secara umum disebut "mekanika gelombang". Ia bukan lagi merupakan kumpulan sihir empiris; dan, meskipun masih agak tidak jelas, ia mengandung alur pikir tertentu yang koheren yang memiliki implikasi filosofis yang tidak kalah pentingnya daripada teori relativitas.

Pokok soal fisika yang diterima dibagi dua, yakni *fisika mikroskopis* yang berhubungan dengan sistem pada skala atom, dan *fisika molar* yang berhubungan dengan sistem pada skala yang cukup besar untuk indra kasar kita, yang terdiri dari sejumlah besar unsur mikroskopis. Kita umumnya mengatakan bahwa teori relativitas berlaku untuk sistem molar dan teori kuantum untuk sistem mikroskopis. Itu tidak berarti bahwa Alam terbagi menjadi dua hal yang saling bertentangan. Dalam menerima prinsip relativitas atau prinsip kuantum, kita menerimanya untuk keseluruhan fisika; tetapi prinsip-prinsip itu mungkin memiliki terapan praktis yang lebih langsung ke satu cabang daripada yang lain. "Prinsip ketidakpastian" kuantum mungkin berlaku juga untuk sistem molar; tetapi akan sulit untuk menghasilkan contoh molar di mana ketidakpastian dapat dideteksi. "Prinsip relativitas khusus", yang menegaskan kesetaraan primitif kerangka ruang-waktu yang sesuai dengan kecepatan yang berbeda, berlaku juga dalam fisika mikroskopis; tetapi tidak memiliki terapan langsung ke bagian dalam atom atau nukleus karena kerangka ruang-waktu tempat atom atau nukleus secara keseluruhan bergerak, sebagai kerangka acuan untuk struktur internal, tidak setara dengan

kerangka ruang-waktu tempat atom atau nukleus berdiam. *Prinsip-prinsip* relativitas dan kuantum berlaku di seluruh fisika; tetapi kumpulan teorema dan formula yang biasanya dikatakan membentuk teori relativitas dan teori kuantum masing-masing melekat cukup dekat dengan pembagian antara fisika molar dan fisika mikroskopik.

Hubungan antara hukum fisika (kuantum) mikroskopis dan hukum molar diperjelas oleh Niels Bohr dalam "prinsip korespondensi"-nya. Hukum molar adalah bentuk yang disederhanakan yang menjadi bagian dari hukum-hukum mikroskopis saat jumlah partikel atau kuanta yang dipertimbangkan sangat besar. Artinya, idealnya, hukum mikroskopis saja yang memadai untuk mencakup seluruh bidang fisika, dan hukum molar hanyalah penyesuaian diri hukum mikroskopis dengan masalah khusus yang sering terjadi. Kita begitu sering harus berurusan dengan kumpulan sejumlah besar partikel yang berguna untuk memiliki pernyataan dalam bentuk ringkas tentang hasil hukum mikroskopis sebagaimana diterapkan pada sistem tersebut, yang mengambil keuntungan dari penyederhanaan yang terjadi ketika penyamarataan diperbolehkan. Hukum molar adalah versi hukum mikroskopis yang dipadatkan dan dirampingkan.

Dengan demikian, dalam urutan presentasi logis, hukum mikroskopis harus mendahului hukum molar. Tetapi pengalaman praktis telah menghadirkan masalah yang sebaliknya, karena organ indra kita sendiri adalah sistem molar. Oleh karena itu, penyelidikan ilmiah menemukan hukum molar pertama kali; dan ini telah terpatri ke dalam skema yang secara logis lengkap di dalam teori relativitas. Teori

mikroskopis secara intrinsik lebih sulit, dan baru bermula lebih belakangan; beberapa fenomena yang lebih signifikan yang terkait dengan teori kuantum diketahui sebelum tahun 1900. Di dalam sebuah survei pengetahuan fisis pada zaman sekarang, tidak mungkin untuk tidak memberikan keunggulan adventif (yang mungkin tidak permanen) pada hukum molar, karena kita berkenalan dengan sistem hukum molar yang lengkap, tetapi masih berusaha keras untuk menyempurnakan skema hukum mikroskopik yang sebagian terurai.

Sebuah penelitian psikologi-massa akan menjadi fondasi yang sangat tidak memuaskan bagi teori tentang pikiran manusia. Hukum molar atau hukum-massa tentang fisika adalah pengantar yang sama tidak memuaskannya terhadap teori perilaku individu atau atom. Jadi kita tampaknya mencapai pemahaman tentang cara berada Alam di dalam hukum molar tidak lebih cepat daripada konsepsi yang sepenuhnya baru tentang apa yang mulai tampak dalam hukum mikroskopis. Andaikan saya katakan sekaligus bahwa analogi individu dan massa tidak sempurna. Ini adalah salah satu fitur menarik dari kemajuan yang kita temukan tidak sempurna. Ini karena partikel individu atau entitas dalam fisika adalah konsepsi yang jauh lebih sukar dipahami daripada yang disadari para atomis yang lebih tua. Tetapi tetaplah benar bahwa banyak hal yang sangat penting bagi pemahaman yang tepat tentang alam semesta fisis biasanya hilang dari pengamatan melalui efek penghalusan yang berlebihan dari indra kasar kita; dan pola hukum alam terbukti berbeda dari konsepsi yang telah kita bentuk dari

pengenalan pertama kita dengannya dalam bentuknya yang membatasi jumlah yang besar.

II

Kita sering berbicara tentang "prinsip relativitas"; tetapi sulit untuk menemukan pernyataan yang jelas dan otoritatif tentang prinsip tersebut. Saya telah menerbitkan tiga buku yang menjelaskan relativitas secara cukup panjang, tetapi, jika ingatan saya tidak menipu, tidak satu pun dari ketiga buku itu yang mencoba *mendefinisikan* prinsip relativitas umum.* Saya pikir orang lain sama-sama pendiam. Saya sendiri menganggap relativitas sebagai pandangan baru yang konsekuensi-konsekuensinya harus secara bertahap membuka diri daripada sebagai aksioma atau hipotesis tertentu yang harus diterjemahkan sekali untuk semua menjadi rumusan yang pasti.

Barangkali rumusan terbaik tentang prinsip relativitas adalah pernyataan bahwa kita hanya mengamati hubungan antara entitas fisis. Ini membutuhkan sejumlah penjelasan kritis yang tidak akan saya masuki sekarang. Karena, seperti yang saya katakan, saya lebih suka mengidentifikasi relativitas dengan pandangan yang mengarah pada kesimpulan ini. Saya akan menekankan pertanyaan "Apa yang benar-benar kita amati?" daripada jawaban "Kita hanya mengamati hubungan antara entitas fisis". Karena begitu kita mengajukan pertanyaan, skema fisika klasik menjadi gelembung yang bocor; dan kita mulai di jalur revolusi yang barangkali titik akhirnya belum terlihat. Adalah umum

* Prinsip "khusus" adalah sebuah gagasan sederhana.

untuk menggambarkan keadaan fisika teoretis dalam tiga puluh tahun terakhir sebagai rangkaian revolusi; tetapi ini semua adalah satu gerakan revolusioner yang dimulai oleh sebuah pertanyaan sederhana. Heisenberg mengulangi pertanyaan tersebut pada 1925: "Apa yang benar-benar kita amati dalam atom?" Hasilnya adalah mekanika kuantum baru.

Kesimpulan epistemologis pertama kita adalah bahwa pengetahuan fisis bersifat observasional, dalam arti bahwa setiap hal adalah pernyataan tentang hasil observasi, baik yang aktual atau yang hipotesis. Langkah selanjutnya jelas harus untuk menanyakan secara tepat apa yang termasuk dalam istilah "observasi". Pengamatnya pengamat—atau epistemolog—harus mulai bekerja untuk mencari tahu pengamatan apa yang benar-benar meyakinkan kita. Dalam mengajukan pertanyaan "Apa yang benar-benar kita amati?" teori relativitas memanggil epistemologi untuk membantu sains.

Langkah kedua ini sangat komprehensif sehingga harus dilakukan secara bertahap. Pada setiap tahap kita hanya mencapai sebagian kebenaran; tetapi, setelah sikap ilmiah, kita lebih peduli untuk menghargai dan mengembangkan wawasan baru yang diwahyukan kepada kita dalam kebanaran parsial daripada berusaha menemukan jawaban akhir sebelum waktunya. Sejauh ini kemajuan belum terdiri dari penentuan apa yang sebenarnya diamati sebanyak penyingkiran apa yang pasti tak diamati *(unobserved)* dan takteramati *(unobservable)*. Dengan demikian dalam bab ini kita akan membahas situasi yang diciptakan oleh pene-

muan bahwa besaran tertentu, yang menonjol dalam fisika sebelum relativitas, adalah "tak-teramati".

Sebagai penulis cerita detektif yang sangat suka penunjukan, sangat sulit untuk mengambil fakta-fakta nyata yang sebenarnya dari saksi; dia tidak dapat membantu menyatakan fakta-fakta itu dalam pernyatannya sendiri. Kebiasaan terburu-buru dan penyimpulan cepat datang kepada kita lebih awal melalui naluri atau pendidikan; dan "orang yang awam tentang sains" mencampurkan fakta dengan kesimpulan yang mentah dan tidak dapat diandalkan, seperti saksi-saksi lain, ketika dia harus menyatakan apa yang telah dia amati. Teori relativitas adalah yang pertama yang membuat upaya serius untuk berurusan dengan fakta itu sendiri. Sebelumnya para ilmuwan mengaku sangat menghormati "fakta kasar observasi"; tetapi mereka belum memastikan apa fakta kasar itu.

Dengan membagi fisikawan menjadi tiga kelompok —fisikawan relativitas, fisikawan kuantum, fisikawan eksperimental—fisikawan relativitas meneliti fakta-fakta kasar observasi. Fisikawan kuantum mengikuti prinsip yang sama sejauh yang dia bisa; tetapi karena sifat pokok soalnya yang lebih rumit dan lebih jauh, maka tujuan membangun sebuah teori yang hanya dapat merangkul fakta-fakta yang teramati mewakili angan-angannya daripada pencapaiannya. Adapun fisikawan eksperimental, saya hanya akan mengatakan bahwa karena seseorang bekerja di laboratorium tidak berarti bahwa dia bukan seorang metafisikawan yang tidak dapat diperbaiki.

III

Saya akan mulai pembahasan tentang yang-takteramati dengan mengingatkan pada Anda bahwa pendeteksian yang-takteramati yang tunggal, yang telah masuk ke dalam pengetahuan fisis, mungkin memiliki konsekuensi yang jauh jangkauannya. Landasan teori relativitas khusus, dan permulaan revolusi modern dalam fisika, adalah kesadaran bahwa "kecepatan eter" itu takteramati. Jika kita mengatakan bahwa bulan berjarak 240.000 mil, maka berarti kita sedang menyatakan apa yang akan menjadi hasil prosedur observasi tertentu seandainya prosedur itu dilaksanakan; tetapi jika kita mengatakan bahwa di wilayah tertentu eter memiliki kecepatan 80 KM per detik yang relatif terhadap bumi, maka berarti kita tidak menyatakan hasil dari setiap prosedur observasi, baik yang aktual atau yang hipotesis.

Pertama-tama saya akan menghapus kesalahpahaman umum. Saya *tidak* bermaksud bahwa kecerdasan fisikawan eksperimental belum cukup untuk menyusun prosedur observasi yang akan mengukur kecepatan eter. Belum pernah tugas pelaku eksperimen untuk merancang prosedur observasi yang merupakan ujian *akhir* dari kebenaran pernyataan ilmiah. Itu harus ditunjukkan dengan jelas dalam pernyataan itu sendiri, dengan memperhatikan definisi istilah yang digunakan di dalamnya; jika tidak ia tidak dapat tunduk pada Pengadilan Banding, dan tidak dapat diterima sebagai item pengetahuan fisis. Kecerdikan pelaku eksperimen sering diperlukan dalam merancang prosedur yang setara dengan, tetapi lebih praktis daripada, prosedur yang disebut dalam pernyataan. Temuannya, yang menjadi landasan

teori relativitas khusus, adalah bahwa pernyataan bahwa eter memiliki kecepatan relatif 80 km per detik ternyata berdasarkan pemeriksaan bukan untuk menentukan prosedur observasi sama sekali.† Kecerdikan pelaku eksperimen tidak diperlukan; karena dia tidak dapat diminta untuk merancang prosedur praktis yang setara dengan prosedur yang belum pernah ditetapkan.

Jika kita menutup mata terhadap inkoherensi logis dalam definisi kecepatan eter, maka mungkin untuk menganggap ke-takteramati-an sebagai hipotesis fisis biasa, yang disarankan dan dikonfirmasi oleh observasi sejauh ia belum mungkin untuk menguji konsekuensinya. Karena eter bukan masalah, maka ia tidak dapat diasumsikan secara *a priori* bahwa atribut-atribut material biasa—kepadatan, kekakuan, momentum, dan sebagainya—juga merupakan atribut eter. Dengan demikian, hipotesis yang harus diuji adalah bahwa kecepatan, meskipun merupakan atribut materi yang terkenal, bukanlah salah satu atribut eter. Dengan cara ini, ia bukanlah kebenaran yang dapat diramalkan secara *a priori*; ia adalah kesimpulan yang agak mengejutkan, tetapi jelas mungkin, yang dideduksikan secara *a posteriori* dari nol hasil percobaan yang dirancang untuk mendeteksi efek yang akan diharapkan jika ada eter yang bercahaya dengan jenis struktur yang dapat dikaitkan dengan kecepatan.

Sikap ini terkenal bagi orang-orang yang tidak menyukai penyelidikan epistemologis yang terkait dengan perkembangan baru fisika. Sangat mudah mempersingkat argumen yang

† Berdasarkan pemahaman bahwa yang dimaksudkan adalah eter elektromagnetik Maxwell, yang didefinisikan memiliki sifat-sifat yang ditentukan oleh persamaan Maxwell.

tidak ingin dipahami dengan mengatakan: "Saya tidak tertarik dengan alasan Anda, tetapi saya cukup bersedia untuk mencoba kesimpulan apa pun yang mungkin Anda raih sebagai hipotesis untuk diuji dengan observasi. Kemudian, jika ia terkonfirmasi, maka akan menempati peringkat yang sama dengan hipotesis fisika lainnya, dan kita tidak akan memerlukan argumen Anda." Dengan jenis arus pendek ini, pembahasan tentang pokok soal yang lebih sulit dihentikan; dan kita dapat sekaligus memulai deduksi matematis langsung terhadap konsekuensi hipotesis dengan memandang uji observasional. Jadi anggur baru dimasukkan ke dalam botol lama. Anggur itu tidak meledakkan botol, tetapi kehilangan sebagian besar kualitas—yang oleh lawan saya mungkin akan disebut intoksikasinya—semangat hidupnya.

Mari kita coba menangkap kembali semangat hidupnya. Setidaknya kita dapat melihat bahwa pendeteksian satu penyamaran yang takteramati sebagai yang teramati dalam skema fisika klasik—entah dilakukan dengan pemeriksaan logis yang teliti atau dengan uji eksperimental—dan konsekuensi penting yang telah dihasilkan dari pendeteksian itu seharusnya ditindaklanjuti oleh pencarian sistematis terhadap pengelabuan lainnya. Beberapa penyamaran lain telah ditemukan—dalam setiap kasus dengan hasil yang sangat jauh jangkauannya. Yang terkenal adalah penemuan Heisenberg bahwa kombinasi posisi yang tepat dengan kecepatan yang tepat itu tidak teramati; ini membentuk "prinsip ketidakpastian" yang terkenal.

Sebagai contoh lebih lanjut, telah ditunjukkan sepuluh tahun lalu bahwa kita berurusan dengan partikel-partikel

seperti elektron yang tidak dapat dibedakan satu sama lain secara observasional, yang koordinat biasanya $\xi = x_2 - x_1$ dari suatu partikel yang relatif terhadap partikel lain tidak teramati; yang teramati dalam hal ini adalah jenis besaran yang sebelumnya tidak dikenal dalam analisis, yakni "koordinat tanpa tanda" $\eta = \pm\xi$. Hingga saat ini, fisikawan kuantum telah memilih untuk mengabaikan peniruan ini; dan buku-buku teks modern masih mematuhi teori sistem dua partikel yang salah, yang menganggap yang teramati adalah ξ. Dengan demikian mereka telah melewatkan pembukaan untuk kemajuan yang sangat dibutuhkan.

Saya menyebut contoh terakhir ini karena ia adalah kasus yang jelas yang di dalamnya ke-takteramati-an adalah masalah prinsip epistemologis, bukan masalah hipotesis fisis. Untuk penyederhanaan, pertimbangkan partikel dalam satu dimensi saja, katakan barat dan timur. Jika kita memiliki bola hijau dan merah, kita dapat mengamati bola hijau, katakanlah, 5 inci di sebelah barat bola merah. Dengan demikian, untuk tujuan deskripsi, kita memperkenalkan besaran yang teramati—yang menyatakan jarak bola hijau dari bola merah yang diukur ke arah barat; nilai negatif—akan menunjukkan bahwa bola hijau berada di timur. Tetapi anggaplah sebaliknya bahwa kita memiliki dua bola yang warnanya persis sama, dan tidak ada pembedaan sama sekali yang dapat kita amati. Dalam sistem semacam itu tidak ada yang dapat teramati yang sesuai dengan ξ. Kita dapat mengamati bahwa bola berjarak 5 inci di garis timur-barat, dan kita dapat memperkenalkan sebuah η yang teramati yang menyatakan jarak yang terpisah. Tetapi, tidak seperti

ξ, η adalah kuantitas tanpa tanda.

Adalah kesalahan yang wajar untuk menerapkan teori dasar tentang perilaku partikel yang teramati (yang kita sebut *mekanika partikel*) terhadap proton dan elektron, dengan mengabaikan bahwa pada tahap awal dalam teori itu, yakni dalam memperkenalkan dan mendefinisikan koordinat relatif ξ, telah diterima begitu saja bahwa partikel dapat dibedakan secara observasional. Mekanika ini menjadi tidak berlaku ketika ξ takteramati. Untuk proton dan elektron kita memiliki mekanika yang dimodifikasi dengan η sebagai yang teramati. Perbedaan mendasar dalam mekanika ini harus ditindaklanjuti secara matematis; dan meskipun masalahnya agak rumit, saya pikir ia dengan rigid dapat disimpulkan secara deduktif bahwa perbedaan tersebut setara dengan gaya antara partikel yang sebenarnya adalah gaya Coulomb yang terkenal. Artinya, gaya elektrostatik (Coulomb) antara elektron dan proton bukanlah "tambahan" yang muncul yang kita tidak tahu mengapa, tetapi hanyalah sebuah istilah yang telah putus dalam penurunan persamaan biasa melalui kekeliruan menganggap ξ daripada η sebagai yang teramati, dan oleh karena itu harus dimasukkan kembali secara empiris.

Mereka yang tidak terbiasa dengan mekanika gelombang mungkin heran bahwa seharusnya ada perbedaan antara mekanika partikel yang dapat dibedakan dan mekanika partikel yang tidak dapat dibedakan. Tetapi hal ini seharusnya tidak mengejutkan bagi fisikawan kuantum, karena secara universal diakui bahwa ada perbedaan dalam statistika mereka, yang tidak kurang misterius. Sesungguhnya saya ti-

dak pernah dapat memahami mengapa mereka yang sangat sadar akan konsekuensi penting dari ke-takterbedakan-an dalam sistem besar tidak kesulitan untuk memeriksa konsekuensinya yang tepat dalam sistem yang lebih kecil. Entah kita mempertimbangkan efek yang terkenal pada statistika sistem besar atau efek yang kurang terkenal pada mekanika sistem dua partikel, kesimpulannya tampak tidak masuk akal kecuali kita mengingat subjektivitas dunia yang dideskripsikan oleh fisika dan semua hal yang terkandung di dalamnya. Secara alamiah terbantahkan bahwa partikel tidak dapat dipengaruhi oleh ketidakmampuan kita untuk membedakan mereka, dan tidak masuk akal untuk menganggap bahwa partikel itu memodifikasi perilakunya berdasarkan penjelasan tersebut. Hal itu benar jika kita mengacu pada partikel yang sepenuhnya objektif dan perilaku yang sepenuhnya objektif. Tetapi generalisasi kita tentang tingkah laku partikel—hukum mekanika—menggambarkan sifat-sifat yang ditentukan oleh prosedur observasi kita, seperti generalisasi tentang ikan yang dapat ditangkap ditentukan oleh struktur jaring yang digunakan. Partikel objektif tidak terpengaruh oleh ketidakmampuan kita untuk membedakan mereka; tetapi mereka juga tidak terpengaruh dengan perilaku yang kita sematkan kepadanya yang sebagian sebagai konsekuensi dari kegagalan kita untuk membedakan partikel-partikel tersebut. Adalah perilaku yang teramati, dan bukan perilaku objektif, yang menjadi perhatian kita.

Kembali pada pertanyaan tentang hipotesis fisis *versus* prinsip epistemologis, dapat dipahami bahwa seseorang, yang tidak mau menerapkan pikirannya pada apa pun kecu-

ali persamaan matematis, mungkin menganggap pernyataan kita bahwa yang teramati adalah η, bukan ξ, sebagai hipotesis yang disarankan yang harus dipegang atau jatuh dengan perbandingan konsekuensi yang dideduksi dengan eksperimen. Dalam bentuknya ia menyerupai hipotesis fisis, dan konsekuensinya dapat ditindaklanjuti dengan cara yang sama. Tetapi dalam hal ini uji observasional bersifat asal saja—seperti verifikasi eksperimental terhadap proposisi Euclid. Ketidakseimbangan mungkin menunjukkan kesalahan dalam mendeduksi konsekuensi observasional dari pernyataan, atau mungkin menandakan bahwa elektron tidak sepenuhnya takterbedakan; tetapi hal tersebut tidak akan membujuk kita untuk membuat pernyataan yang kontradiktif bahwa ketika A secara observasional takterbedakan dari B, maka mungkin untuk mengamati bahwa A ada di sebalah barat, bukan di sebelah timur, B.

Akan menjadi berlebihan untuk mengatakan bahwa ketakteramati-an kecepatan eter sama jelasnya secara epistemologis—bahwa ketidakmungkinan mengamatinya beralih ke mata segera setelah kita mempertimbangkan bagaimana kita harus memulai pengamatan. Itu karena rujukan pada eter melibatkan kita dalam labirin definisi yang setengah dilupakan yang sulit untuk dilalui tanpa tersesat dalam badai debu kontrovesi verbal. Akan tetapi, pada saat ini, eter masih memiliki sedikit teman, dan kita lebih mementingkan hal-hal yang takteramati yang terkait dengan dekat, yakni "simultanitas jarak". Ke-takteramati-an simultanitas jarak pada dasarnya adalah prinsip yang sama dengan ke-takteramati-an kecepatan eter, tetapi ia bebas

dari fraseologi yang mungkin ambigu yang terkait dengan hipotesis eter yang lama. Ke-takteramati-an silmultanitas jarak ditemukan sebagai kesimpulan epistemologis murni.

Pandangan klasik menerima begitu saja bahwa dalam sejarah benda di manapun di ruang angkasa, harus ada satu momen yang diidentifikasi dengan cara mutlak dengan momen "sekarang" yang kita sendiri sedang alami saat ini. Hal tersebut juga diterima begitu saja bahwa prosedur, yang diperlukan untuk memutuskan secara observasional momen yang mana yang memiliki relasi simultanitas absolut, akan menjadi jelas untuk akal sehat. Tetapi jika simultanitas di tempat yang jauh digunakan sebagai istilah ilmiah, maka kita tidak dapat menoleransi ketidakjelasan definisi, dan harus menuntut instruksi yang tepat mengenai prosedur observasi yang dimaksud. Ditemukan bahwa upaya untuk memformulasikan instruksi tersebut selalu berakhir dengan lingkaran setan. Semisal, instruksinya mungkin untuk menghubungkan momen-momen di tempat berbeda dengan sinyal cahaya atau sinyal radio, membuat koreksi untuk waktu transit; tetapi ketika kita menanyakan bagaimana kita menentukan koreksi yang terakhir, instruksinya adalah untuk mengukur waktu transit dengan jam yang *sudah* disesuaikan untuk menunjukkan keserentakan. Hal ini tidak memerlukan percobaan Michelson-Morley untuk membuktikan bahwa ada lingkaran setan dalam definisi ini—meskipun ada kemungkinan bahwa kekurangan akan lama terus lolos dari perhatian kita jika hasil eksperimen Michelson-Morley tidak memicu sebuah penelitian yang cermat.

Petunjuk bahwa sebuah kuantitas mungkin takteramati

kadang-kadang telah diberikan oleh observasi; artinya, ketika upaya untuk mengukurnya dilakukan, maka ia terbukti secara tidak terduga sulit dipahami. Tetapi pengetahuan kita yang pasti bahwa ia takteramati tidak datang dari kegagalan upaya untuk mengamatinya; ia berasal dari penelitian terhadap definisinya, yang ditemukan mengandung kontradiksi diri atau lingkaran setan atau cacat logis lainnya. Definisi menentukan sesuatu yang kedengarannya seperti prosedur observasional; tetapi ketika kita memeriksa makna istilah-istilahnya (yang sering melibatkan penelusuran rantai definisi yang panjang), kita menemukan bahwa spesifikasi tidak masuk akal. Karena diskriminasi terhadap yang takteramati bergantung pada penelitian prosedur pemerolehan pengetahuan observasional, atau yang diduga pengetahuan observasional, dan bukan pada penelitian hasil pelaksanaan prosedur, maka pengetahuan tentang yang takteramati berasal dari epistemologi ilmu; dan prinsip ke-takteramati-an, seperti prinsip relativitas khusus, prinsip ketidakpastian, atau mekanika pertikel yang takterbedakan yang dimodifikasi, merupakan prinsip epistemologis. Prinsip-prinsip semacam itu memiliki status yang sama sekali berbeda dari hipotesis fisis, meskipun mereka mengarah pada konsekuensi praktis yang sama.

Ketika yang takteramati dimasukkan ke dalam pernyataan yang mendaku sebagai ungkapan pengetahuan fisis, pernyataan itu biasanya tidak bermakna; sebagai ihwal pengetahuan fisis ia harus menyatakan hasil prosedur observasi yang ditentukan, dan pengacauan istilah yang tanpa makna observasional menyebabkan kekosongan dalam spesifikasi.

Tetapi sangat mungkin terjadi bahwa yang takteramati terlibat sedemikian rupa sehingga kebenaran pernyataan itu tidak bergantung pada nilai yang dianggap berasal darinya. Ia kemudian tidak melemahkan pernyataan tersebut; karena, meskipun bagian dari instruksi observasi membuktikan ilusi, tidak terlalu penting hasil apa yang kita anggap sebagai bagian dari prosedur yang telah diberikan. Sebagai contoh, adalah ihwal pengetahuan fisis bahwa benda yang telah dipindahkan empat meter ke utara dan kemudian tiga meter ke timur akan menjadi lima meter dari titik awal. Ini berlaku untuk pengukuran di planet lain selain bumi. Ditafsirkan secara masuk akal, ini bahkan berlaku di planet yang tidak berputar, meskipun "utara" menjadi takteramati; karena meskipun istilah "utara" dan "timur" digunakan dalam mengekspresikan pengetahuan, kebenarannya tidak bergantung pada hasil prosedur observasi yang dengannya yang pertama dari dua arah persegi panjang ditetapkan.

Jadi ada dua cara untuk menghadapi hal-hal yang takteramati yang secara tidak sengaja diterima dalam fisika klasik. Salah satu caranya adalah dengan merumuskan kembali pengetahuan kita sedemikian rupa sehingga mencabut semuanya. Cara lain adalah dengan mensterilkan mereka; mereka dapat diizinkan untuk tetap ada asalkan pernyataan yang mengandung referensi kepada mereka tetap benar, nilai apa pun yang kita sematkan kepada mereka—hasil apa pun yang kita anggap sebagai prosedur observasi ilusif yang diberikan. Meskipun tidak praktis dari sudut pandang filosofis, metode terakhir umumnya adalah yang paling sesuai dalam pengembangan praktis ilmu fisis. Ia melibatkan lebih sedikit

gangguan terhadap bentuk ekspresi tradisional pengetahuan. Kita dapat lebih mudah melacak konsekuensi yang takteramati. Pernyataan yang mungkin yang melibatkan perujukan kepada yang takteramati sangat terbatasi oleh bentuk, karena mereka harus memiliki "ketetapan" yang membuat mereka tetap benar betapa pun kita mengubah nilai yang seharusnya dari yang takteramati. Biasanya pembatasan seperti itu akan berubah menjadi hipotesis fisis—sebuah hipotesis bahwa perilaku yang sebenarnya dari benda-benda itu sesuai dengan pembatasan. Tetapi dalam kasus saat ini pembatasan pada dasarnya adalah tautologi, karena akan sangat tidak berarti untuk membuat pernyataan yang tidak sesuai dengan pembatasan.

IV

Pembaca mungkin telah memperhatikan bahwa contoh-contoh yang kita berikan tentang penerapan pertimbangan epistemologis terhadap fisika tidak cukup seperti yang diharapkan dalam Bab II. Dalam bab itu kita membahas generalisasi (hukum alam) yang muncul dari efek seleksi prosedur observasi. Di sini pemeriksaan kita terhadap prosedur tersebut tampaknya telah mengarah pada jenis penemuan yang berbeda, yakni bahwa kuantitas tertentu yang tergabung dalam skema fisika saat ini takteramati. Dengan mengembangkan konsekuensi ke-takteramati-an ini, kita dapat menyimpulkan hukum alam yang sebelumnya telah ditemukan atau disarankan secara empiris, dan dengan demikian memindahnya dari dasar *a posteriori* ke dasar *a priori*; tetapi tampaknya ada sedikit orang yang belum

mendukung pandangan yang saya sebut subjektivisme selektif. Saya akan mencoba menunjukkan bahwa perbedaannya semu belaka. Sementara itu dapat dicatat bahwa perbedaan yang semu adalah yang diharapkan; karena penyelidikan filosofis dalam Bab II mendekati subjek dari sudut pandang ke-teramati-an, dan penyelidikan ilmiah dalam bab ini telah mendekatinya dari sudut pandang ke-takteramati-an, sehingga ada beberapa cara untuk melakukan perjalanan sebelum mereka bertemu.

Ke-takteramati-an kuantitas muncul dari kontradiksi logis dalam definisi yang mengaku untuk menentukan prosedur untuk mengamatinya. Saya harus menekankan bahwa ini bukan pertanyaan tentang kritik yang cerewet terhadap perumusan definisi lama yang umumnya dikutip sebagai otoritatif. Kita tidak mengutuk kuantitas sebagai yang takteramati, sampai setiap upaya telah dilakukan, dengan merumuskan ulang definisi jika perlu, untuk menghapus kontradiksi. Untuk memperjelas bahwa kritik tidak hanya verbal, saya akan merujuk lagi pada dua hal yang takteramati yang telah kita bahas.

Pertama, ke-takteramati-an perbedaan koordinat ξ dua partikel yang takterbedakan. Di sini tidak ada pertanyaan tentang pengubahan definisi ξ; karena itu sangat diperlukan dalam bentuknya yang sekarang dalam penelitian tentang partikel-partikel yang terbedakan. Kontradiksi logis muncul dalam penerapannya pada partikel-partikel yang takterbedakan, dengan mengabaikan bahwa ia mengandaikan partikel-partikel tersebut terbedakan secara observasional.

Ke-takteramati-an simultanitas jarak menimbulkan per-

timbangan yang lebih sulit, karena konsep tersebut telah ada sejak zaman dahulu, dan telah diterima begitu saja bahwa pengamat praktis akan tahu bagaimana menentukannya tanpa instruksi yang tepat. Ketika mencoba untuk merumuskan instruksi yang tepat, kita telah menemukan bahwa instruksi itu mengandung lingkaran setan, yang mengandaikan pengetahuan tentang sesuatu yang pada gilirannya mensyaratkan pengetahuan tentang simultanitas jarak. Tetapi kita harus memenuhi keberatan bahwa instruksi yang kita (para relativis) sebut adalah yang telah kita buat sendiri; dan jika instruksi tersebut dibuat oleh yang lebih bijaksana, mereka tidak akan memiliki lingkaran setan. Jawaban kita adalah bahwa orang-orang yang lebih bijaksana kini memiliki tiga puluh tahun untuk maju; tetapi tidak ada yang menghasilkan instruksi yang bebas dari lingkaran setan. Kita bersedia mengambil kesulitan yang wajar untuk mencari tahu makna, betapapun tidak terwakili; tetapi itu bukan sekadar sikap penasaran jika kita menolak untuk mengangkat kemajuan fisika dengan pencarian tanpa akhir terhadap makna di mana tidak ada alasan untuk menganggap bahwa ada sebuah makna.

Faktanya keyakinan yang menyedihkan dari orang-orang yang berbicara tentang simultanitas jarak bahwa seseorang pada suatu hari mungkin cukup pandai untuk mencari tahu apa yang mereka maksudkan, telah menjadi lebih dekat untuk dibenarkan. Dalam penyelidikan kosmologis telah ditemukan bahwa apabila distribusi galaksi di seluruh ruang seragam (atau hampir seragam), maka ada sistem alami (atau hal yang mendekati sistem) tentang perhitungan wak-

tu yang sesuai dengan alam semesta secara keseluruhan. Kejadian sesaat seluruh dunia dalam perhitungan ini dapat diambil untuk mendefinisikan simultanitas jarak. Tetapi akan sangat masuk akal untuk mengidentifikasi ini dengan simultanitas jarak yang mengacu pada sistem fisika Newton. Saya tidak percaya bahwa fisikawan klasik, dalam rujukannya pada simultanitas, memiliki firasat tentang hubungan yang kontingen pada keberadaan dan hukum distribusi milyaran galaksi, yang tidak terduga dalam kosmologi pada masanya.

V

Ciri khas kemajuan fisika teoretis adalah pengurangan progresif dalam jumlah hipotesis fundamentalnya.

Meskipun umumnya kita membedakan antara hipotesis fisis *fundamental* dan hipotesis *biasa* yang dibuat untuk menjelaskan fenomena tertentu atau mengisi celah dalam pengetahuan observasional tentang objek di sekitar kita, tetap sulit untuk merumuskan pembedaan yang ketat. Namun, dalam praktiknya, terkadang muncul keraguan; dan tanpa dukungan klasifikasi yang masih berlaku (yang kemudian akan saya ajukan untuk diganti dengan klasifikasi yang lebih signifikan) saya menggunakannya sebagai klasifikasi yang dikenal secara *de facto*. Dalam domain terpisah kita menemukan dasar yang sama yang ditutupi oleh sejumlah hipotesis yang terus berkurang.

Pengurangan telah terjadi dalam beberapa cara. Pertama, pengabaian cita-cita penjelasan mekanis atas segala sesuatu telah menyingkirkan banyak hipotesis kosong. Sifat-

sifat entitas fundamental fisika sekarang dinyatakan dalam bentuk persamaan matematis, bukan "dijelaskan" oleh mekanisme hipotesis. Formulasi matematis adalah bentuk ekonomis dari hipotesis. Tunduk pada reservasi tertentu memungkinkan kita untuk menyatakan kesimpulan yang tidak melampaui fakta yang dipastikan; ini tidak lebih dari pernyataan yang tersistematisasi tentang apa yang diamati. Reservasi adalah bahwa, meskipun fakta yang dipastikan membenarkan rumus matematis dalam tingkat perkiraan yang terbatas, dalam kondisi terbatas, dalam jumlah kasus terbatas, rumus matematis menghilangkan perujukan ke batasan-batasan tersebut. Jika kita harus menambahkan pada rumus tersebut jadwal kejadian yang membuktikan bahwa rumus itu benar, maka kegunaannya akan lenyap. Dalam pengertian tertentu, hukum gravitasi Einstein (atau Newton) bukanlah hipotesis; ia adalah pernyataan ringkas tentang apa yang telah kita amati, dalam batas-batas perkiraan tertentu. Ia menjadi hipotesis ketika kita menegaskan bahwa ia tepat dan universal. Karena formulasi matematis sekarang diadopsi di seluruh bagian fundamental fisika, satu-satunya hipotesis mendasar yang diperlukan adalah hipotesis generalisasi dalam pengertian ini.

Faktor lainnya yang kuat dalam mengurangi jumlah hipotesis adalah penyatuan fisika yang terus meningkat. Cabang-cabang, yang sebelumnya diperlakukan secara independen, telah disatukan; dan telah ditemukan bahwa rangkaian hipotesis mereka yang terpisah adalah duplikasi yang tidak perlu. Contoh yang patut dicatat adalah identifikasi cahaya dengan gelombang elektromagnetik, yang

sekaligus menyingkirkan semua hipotesis optik, sehingga hipotesis elektromagnetisme memadai untuk mencakup seluruh pokok soalnya. Bahkan jika kita menghitung identifikasi cahaya dengan gelombang elektromagnetik sebagai hipotesis fisis baru, subtitusi hipotesis tunggal ini ke teori-teori eter spekulatif abad kesembilan belas adalah pengurangan subtansial. Tetapi identitas cahaya dengan gelombang elektromagnetik tidak dapat dihitung sebagai hipotesis internal fisika, karena ia sama sekali di luar wilayah fisika untuk mempertimbangkan bagaimana perangsangan saraf optik oleh gelombang elektromagnetik membangkitkan sensasi yang disebut cahaya di dalam kesadaran.

Penghapusan hipotesis ini telah membuat banyak kemajuan yang patut dipertimbangkan sebelum pengenalan metode epistemologis. Penyelidikan ilmiah selalu bertujuan untuk melacak penyebab umum yang mendasari berbagai fenomena; dan kemajuan fisika yang normal adalah menuju suatu penyatuan yang akan menunjukkan seluruh tatanan alam semesta sebagai hasil dari beberapa penyebab sederhana. Kita dapat membandingkannya dengan geometri yang mengurangi berbagai macam teorema ke beberapa aksioma dasar. Jika analogi dengan geometri untuk mempertahankan yang baik, maka akan ada batas bagi pengapusan hipotesis, karena geometri tanpa aksioma sama sekali itu tidak mungkin. Namun analogi yang mungkin sama adalah dengan teori bilangan. Teori bilangan juga memiliki banyak teorema, yang mengungkapkan sifat-sifat bilangan yang tidak dapat dibuktikan dengan kecerdasan biasa; namun di seluruh pokok persoalan tidak ada yang dapat disebut aksio-

ma. Kita akan menemukan alasan untuk percaya bahwa ini adalah analogi yang lebih dekat dengan sistem hukum fisika dasar.

Dengan datangnya teori relativitas, metode ketiga untuk mengurangi jumlah hipotesis pun sudah mulai berkembang, yakni penggantian hipotesis fisis oleh prinsip-prinsip epistemologis. Kita telah memperhatikan bagaimana kesimpulan epistemologis dapat memainkan bagian yang sama dengan hipotesis fisis sejauh konsekuensi observasional diperhatikan.

Kita telah melihat bahwa hukum dan sifat yang memiliki asal-usul epistemologis bersifat wajib dan universal. Dapat ditambahkan bahwa, setidaknya dalam beberapa kasus, hukum dan sifat yang memiliki asal-usul epistemologis itu tepat. Ke-takteramati-an kuantitas tertentu—yang merupakan bentuk paling umum dari pernyataan prinsip epistemologis—dilacak pada kontradiksi logis dalam definisi mereka; dan konsekuensinya (sejauh dicapai dengan deduksi logis semata, dan bukan dengan kombinasi hipotesis yang kurang lebih tidak tentu dengan hipotesis yang tidak tepat) cukup pasti. Perembesan fisika fundamental oleh epistemologi telah sangat mengubah karakternya dan membawa ketepatan jangkauan. Selama metode-metode tersebut sepenuhnya *a posteriori*, tidak ada jaminan untuk menganggap hukum alam yang dideduksi sebagai yang lebih baik dari perkiraan.

Untuk menghindari kesalahpahaman sebaiknya dinyatakan di sini (sebelum waktunya) bahwa meskipun kita sekarang mengakui hukum yang dapat kita tegaskan dengan lugas, pokok bahasan hukum yang tepat ini adalah proba-

bilitas. Oleh karena itu tidak ada ketepatan yang sesuai dalam hukum fenomena observasi (yang berbeda dengan hukum *probabilitas* fenomena); dan, terlepas dari ketepatan yang baru diperolehnya, sistem hukum fisika fundamental itu tidak deterministik.

VI

Kita telah melihat bahwa dalam teori-teori fisika modern, kesimpulan epistemologis melakukan bagian tugas yang sebelumnya dialokasikan untuk hipotesis fisis—yang memang masih sering dianggap berasal dari hipotesis fisis oleh mereka yang tidak melihat cukup jauh ke asalnya. Tetapi tidak mudah untuk memberikan contoh langsung hipotesis fisika yang lebih tua yang telah hilang melalui penggantian ini. Hal ini karena skema fisika teoretis sangat saling bertautan. Hipotesis tunggal tidak dimaksudkan untuk berdiri sendiri; ia mengandaikan bahwa hipotesis lain dalam skemanya telah diterima. Hukum gravitasi Newton tidak menjelaskan orbit planet atau jatuhnya apel kecuali hukum geraknya juga diterima. Dengan demikian kita tidak dapat mengharapkan korespondensi satu-satu antara hipotesis fisis dalam fisika lama dan prinsip-prinsip epistemologis dalam skema baru. Prinsip epistemologis, seperti prinsip relativitas khusus, memotong keseluruhan skema hipotesis. Hipotesis yang diperlukan untuk melengkapinya kurang luas dibanding sistem hipotesis yang diterima sebelumnya; tetapi perubahan tersebut bukan penghilangan sederhana terhadap satu atau lebih hipotesis yang membiarkan sisanya tetap utuh.

Yang terbaik yang dapat saya lakukan adalah membu-

at perbandingan elemen hipotesis dalam hukum gravitasi Newton dan Einstein. Untuk memfasilitasi perbandingan, saya membagi hipotesis Newton menjadi tiga hipotesis yang semakin terspesialisasi:

($1h$) Ada sebuah hukum gravitasi universal.

($2h$) Hukum tersebut dapat diungkapkan dengan sebuah persamaan diferensial orde dua.

($3h$) Persamaan orde dua (dalam ruang hampa) adalah $\nabla^2\phi = 0$.

Saya dapat mengulangi bahwa elemen hipotesis adalah keumuman dan ketepatan pernyataan-pernyataan di atas. Jika kita mengingat tingkat keumuman dan akurasi tertentu yang terbatas, kita dapat menggantikan "kebenaran empiris" untuk "hipotesis" dalam ($2h$) dan ($3h$).

Dengan menganalisis hukum Einstein dengan cara yang sama, kita mempunyai tiga hipotesis berikut:

($1e$) Ada sebuah hukum gravitasi universal.

($2h$) Hukum tersebut dapat diungkapkan dengan sebuah persamaan diferensial orde dua.

($3h$) Persamaan orde dua (dalam ruang hampa) adalah $G_{\mu\nu} = \lambda g_{\mu\nu}$.

Hipotesis pertama dan ketiga, yang ditandai dengan huruf e (epistemologis), secara rigid dapat dideduksi dari pemeriksanaan prosedur observasi yang diikuti dalam

memperoleh pengukuran yang dianggap membangun hukum gravitasi. Dua hipotesis itu tidak melibatkan hipotesis fisis sama sekali. Tetapi hipotesis ketiga dibiarkan menggantung di udara sampai hipotesis kedua diterima, yang masih memerlukan hipotesis fisis. Oleh karena itu kita harus menjadikan penghapusan $(1h)$ dan $(3h)$ sebagai ukuran pengurangan hipotesis, dan membiarkan $(2h)$ tidak berubah. Tetapi untuk ini harus ditambahkan pengurangan lebih lanjut terhadap hipotesis yang terkait dengan hukum gerak. Dalam fisika Newton, hukum gerak adalah hipotesis tambahan; tetapi dalam skema relativitas hukum gerak dapat dideduksi sebagai konsekuensi matematis dari hukum gravitasi Einstein.

Saya memiliki sedikit keraguan bahwa langkah $(2h)$ juga dapat dilacak ke asal-usul epistemologis; tetapi untuk menyelidiki hal ini perlu untuk memperbesar ruang lingkup pembahasan sampai mencakup hampir seluruh fisika ekstra-nuklir, dan bukan hanya mekanika. Ini akan menggabungkan penyelidikan dalam masalah umum penaksiran berapa banyak hipotesis yang tetap bertahan dalam hukum dasar fisika setelah pembersihan epistemologis dilakukan secara keseluruhan. Ini akan dibahas dalam Bab IV.

4

RUANG LINGKUP METODE EPISTEMOLOGIS

I

BAGIAN besar dari domain ilmu fisis secara memadai sudah tercakup dalam fisika klasik. Biasanya kemajuan yang lebih baru dicangkokan pada pengetahuan yang lebih tua ini, dan tampak sebagai koreksi baginya. Kita telah melihat pada bab terakhir bahwa pengawasan epistemologis telah mengungkapkan penipuan dan menunjukkan kesalahan logika dalam definisi kuantitas dalam skema klasik. Dengan penyajian hasil melalui cara ini, kita menunjukkan epistemologi dalam aspek yang agak negative—yaitu memajukan fisika dengan menghapus kesalahan yang menghalangi jalurnya.

Meskipun komparasi dengan fisika klasik adalah cara yang paling sederhana, dan secara umum paling bermanfaat, untuk menunjukkan kemajuan terbaru, kita seharusnya juga berusaha untuk memahami aspek positif teori yang memiliki dasar epistemologis sebagai perkembangan fisika

yang lengkap dengan sendirinya, yang, jika dikuti dari awal, akan terhalang oleh jenis kesalahan yang telah kita bahas.

Dengan demikian, karakteristik fisika epistemologis adalah bahwa ia secara langsung menyelidiki *pengetahuan*, sedangkan fisika klasik menyelidiki atau berupaya untuk menyelidiki sebuah *entitas* (dunia eksternal) yang dikatakan semestinya digambarkan oleh pengetahuan. Fisikawan modern, karenanya, telah merancang teknik yang sesuai untuk penyelidikan pengetahuan yang diterima dalam fisika; sedangkan fisikawan klasik merancang teknik yang tepat untuk penyelidikan suatu entitas yang ia anggap sebagai dunia eksternal. Jika dari awal kita menyadari bahwa yang dianalisis adalah pengetahuan observasional—bahwa simbol-simbol matematis mewakili unsur-unsur pengetahuan, bukan entitas dari dunia eksternal—maka yang takteramati tidak dapat diperkenalkan kecuali oleh maksud yang disengaja sebagai kuantitas tambahan dalam matematika. Fisikawan modern sering dicela karena menganggap bahwa sesuatu yang tidak ia ketahui berarti tidak ada. Tetapi ini adalah kesalahpahaman; [kita] tidak perlu membuat sembarang asumsi tentang hal-hal yang tidak kita ketahui secara langsung atau tidak langsung, karena hal-hal tersebut tidak dapat muncul dalam analisis pengetahuan kita.

Perbedaan ini paling dipamerkan secara mencolok dalam teori kuantum modern. Menurut konsepsi klasik fisika mikroskopis, tugas kita adalah menemukan sistem persamaan yang menghubungkan posisi dan gerak partikel di suatu saat dengan posisi dan geraknya di waktu kemudian. Masalah ini terbukti sangat membingungkan; kita tidak memiliki alasan

untuk percaya bahwa ada solusi yang pasti, dan pencarian itu terus terang telah ditinggalkan. Teori kuantum modern telah menggantikan tugas lain, yakni untuk menemukan persamaan yang menghubungkan pengetahuan tentang posisi, gerak, dll. di suatu saat dengan pengetahuan tentang posisi, gerak, dll. pada saat berikutnya. Solusi masalah ini tampaknya berada dalam kekuasaan kita.

Simbolisme matematis menggambarkan pengetahuan kita dan persamaan matematis melacak perubahan pengetahuan itu dengan waktu. Pengetahuan kita tentang besaran fisis selalu kurang lebih tidak pasti; tetapi teori probabilitas memungkinkan kita untuk memberikan spesifikasi yang tepat tentang pengetahuan yang tidak pasti, termasuk spesifikasi ketidakpastiannya. Pengenalan probabilitas ke dalam teori fisika menekankan fakta bahwa ia adalah pengetahuan yang sedang dirawat. Karena probabilitas adalah atribut pengetahuan kita tentang suatu peristiwa; ia bukan bagian dari peristiwa itu sendiri yang pasti terjadi atau tidak.

Mekanika gelombang menyelidiki cara probabilitas meredistribusi dirinya sebagai waktu yang berlalu; ia menganalisisnya menjadi gelombang dan menentukan hukum perambatan gelombang-gelombang tersebut. Umumnya ombak cenderung menyebar; artinya, pengetahuan kita tentang posisi (atau karakteristik lainnya) dari sebuah sistem menjadi semakin jelas seturut semakin lamanya waktu yang berlalu sejak observasi dilakukan. Pemerolehan pengetahuan yang tiba-tiba—kita jadi sadar akan hasil observasi baru—adalah diskontinuitas dalam "dunia" gelombang probabilitas; probabilitas dikonsentrasikan dan perambatan mulai lagi dari

distribusi baru. Ada bentuk distribusi pobabilitas yang luar biasa terhadap beberapa atribut sistem mikroskopis yang tidak menyebar, atau menyebar sangat lambat; sehingga pengetahuan kita tentang atribut-atribut ini tidak cepat berkembang dari waktu yang seharusnya. Perhatian khusus dicurahkan pada "kondisi setimbang" ini dan pada persamaan yang menentukannya, karena mereka memberikan dasar untuk prediksi jangka panjang.

Pernyataan yang sering dibuat, bahwa dalam teori modern elektron itu bukanlah partikel melainkan gelombang, itu menyesatkan. "Gelombang" mewakili pengetahuan kita tentang elektron. Namun, pernyataannya adalah cara yang tidak tepat untuk menekankan bahwa pengetahuan, bukan entitas itu sendiri, adalah objek langsung dari penelitian kita; dan ia mungkin dimanfaatkan oleh fakta bahwa terminologi teori kuantum sekarang berada dalam kebingungan sedemikian rupa sehingga hampir mustahil untuk membuat pernyataan yang jelas di dalamnya. Istilah "elektron" setidaknya memiliki tiga arti yang berbeda* dalam penggunaan umum dalam teori kuantum, di samping penerapan longgar ke gelombang probabilitas itu sendiri.

Mekanika gelombang secara langsung menunjukkan kepada kita mengapa perbedaan antara yang-teramati dan yang-takteramati sangat penting. Observasi yang "baik" terhadap kuantitas, meskipun tidak menentukan besaran itu secara tepat, mempersempit kemungkinan ia berbohong. Ini menciptakan kondensasi dalam distribusi probabilitas

* Yaitu, partikel yang direpresentasikan oleh fungsi gelombang Dirac, partikel yang diperkenalkan dalam kuantisasi kedua, dan partikel yang direpresentasikan oleh fungsi gelombang atom hidrogen yang (relatif) internal.

besaran atau, seperti baisanya kita katakan, membentuk paket gelombang di dalamnya. Metode mekanika gelombang adalah untuk menyelidiki persamaan gelombang yang mengatur perambatan gelombang dari sumber tersebut. Tetapi jika kuantitasnya takteramati, paket-paket gelombang ini tidak dapat dibentuk. Penelitian tentang perambatan gelombang yang tidak ada cara memproduksi tidak dapat diterapkan pada fisika; dan sebuah teori yang mengaku dapat menyimpulkan hasil yang dapat diverifikasi secara obeservasional dengan analisis semacam itu jelas diremehkan oleh kesalahan identifikasi.

II

Saya berharap saya akan dituduh melebih-lebihkan unsur epistemologis dalam teori fisika modern, dan sebelum melangkah lebih jauh saya akan mencoba untuk menguji kritik ini.

Dari zaman Newton hingga saat ini, epistemologi sains tidak berubah; selama dua ratus tahun perluasan dan pengaturan pengetahuan kita tentang semesta fisis berjalan tanpa memodifisikasi epistemologi sains. Kita telah melihat bahwa fisikawan pada awalnya filsuf yang memiliki spesialisasi dalam arah tertentu; tetapi baginya epistemologi telah menjadi sejarah kuno, dan fisikawan sudah lama berhenti memperhatikannya. Umumnya fisikawan membanggakan dirinya sebagai orang yang tidak emosional—yang merupakan caranya menggambarkan seseorang yang menerima realisme naif epistemologi Newton. Jika fisikawan mengikuti filsafat, itu adalah hobi yang dipisahkan dari pekerjaan serius untuk

memajukan sains.

Jadi, meskipun epistemologi ilmu telah selalu menjadi bagian dari domain fisika, fisikawan telah begitu lama membiarkannya tidak berkembang, sehingga ketika akhirnya ia mengalihkan perhatian kepada epistemologi ilmu, kebenaran jalannya dipertanyakan. Masuknya kembali ke bidang yang terabaikan ini adalah awal dari revolusi fisika modern, yang hasil pertamanya adalah teori relativitas. Tetapi kita harus tidak menganggap epistemologi sebagai kerabat yang jauh terasing yang secara tak terduga telah mewarisi kita sebuah kekayaan dalam prinsip relativitas. Cara yang masuk akal untuk memperlakukan seorang kerabat yang kaya adalah mengundangnya bergabung kembali dengan lingkaran keluarga, sehingga Anda dapat berhubungan dengannya lebih banyak lagi.

Pertanyaan yang mungkin diajukan: Sebarapa jauh pendapat yang umum di antara fisikawan terkemuka saat ini mengakui pertemuan kembali antara fisika dan epistemologi? Sulit untuk dipastikan. Kesan saya sikap umum fisikawan dapat digambarkan sebagai *penerimaan yang kasar*. Pengajuan pertimbangan epistemologis baru dapat diizinkan dalam keadaan darurat, tetapi tidak diizinkan untuk menjadi bagian dari rutinitas kemajuan ilmiah. Ada pengakuan umum bahwa kemajuan penting dihasilkan dari pemeriksaan kritis terhadap sifat pengetahuan observasional kita. Saya juga berpikir bahwa otoritas terkemuka akan setuju dengan penjelasan singkat saya tentang metode teori kuantum di bagian akhir—bahwa ia bermula dengan analisis langsung terhadap pengetahuan tentang sebuah sistem, bukan de-

ngan analisis terhadap sistem itu sendiri—dan mereka akan mengakui bahwa perubahan metode ini bertanggungjawab untuk semua kemajuan baru-baru ini. Mereka tampaknya sadar akan elemen epistemologis yang diperkenalkan dalam revolusi fisika; dan mereka memiliki pengalaman nilai praktis dari pandangan epistemologis yang rasional. Namun ada keengganan yang tidak dapat dipertanggungjawabkan untuk mengembangkan epistemologi ilmu secara sistematis. Meskipun prinsip-prinsip tertentu telah mendapatkan pengakuan dan benar-benar berhasil sampai mati, tampaknya tidak ada kesadaran bahwa akan sangat menguntungkan untuk mengeksplorasi metode epistemologis sehingga dapat mengembangkannya untuk keuntungan maksimal.

Ada banyak masalah baru yang terkait dengan inti, radiasi, kosmologi, dll., yang diakui bahwa teori kuantum saat ini tidak dapat mencakup tanpa beberapa kemajuan mendasar. Orang telah berpikir bahwa mulai sekarang kita telah belajar bagaimana cara melepaskan diri dari kebuntuan ini. Permohonan lain harus dibuat untuk epistemologi hubungan kita yang kaya yang telah menyelamatkan kita pada kesempatan sebelumnya; Langkah maju lain harus diambil dalam menjawab pertanyaan fundamental, "Apa yang sesungguhnya kita amati"? Cara kemajuan ini masih terbuka; kita telah berhenti hanya karena banjir wawasan baru yang diungkapkan oleh langkah-langkah sebelumnya untuk saat ini lebih dari yang dapat kita tanggung. Apa pun yang mungkin ditandai karya ilmiah saya dalam arah ini, ia setidaknya menunjukkan di mana letak pembukaannya, dan kemajuan melalui pembukaan ini sama sekali tidak dapat

dipraktikkan.

Saya hampir tidak bisa mengira bahwa fisikawan kuantum tidak menyadari kesalahan identifikasi terhadap yang-teramati yang telah berulang kali ditunjukkan dalam sepuluh tahun terakhir; tetapi mereka lebih memilih untuk tetap pada kesalahan—mungkin karena mereka menganggap kesalahan-kesalahan tersebut sebagai kejahatan yang lebih rendah dari pelanggaran batas yang lebih jauh terhadap epistemologi. Sebagaimana dikatakan secara naif oleh salah seorang fisikawan kuantum: "*Yang-teramati* adalah konsep yang sangat sulit dipahami, dan jika kita mengejar kritik sampai akhir, kita harus meragukan banyak hal yang tidak ingin kita ragukan."

Kemudian tampak bahwa, meskipun karakter epistemologis teori-teori fisika modern diakui dan kadang-kadang sangat ditekankan, belum ada perpaduan antara epistemologi ilmu dengan sains yang benar-benar efektif. Saya mengacu pada sikap orang-orang yang punya keahlian khusus pada masalah-masalah fundamental. Jika kita beralih ke lingkaran fisikawan yang jauh lebih besar yang sibuk menerapkan, bukan mengembangkan, hasil teori-teori baru, maka masih lebih sulit untuk mengatakan di mana mereka berdiri. Sejauh mana penerimaan yang sangat umum terhadap teori-teori baru dapat dianggap sebagai penerimaan terhadap pandangan epistemologisnya? Saya kira masih merupakan ide yang asing di kalangan ilmuwan bahwa filsafat ilmu harus memiliki hubungan dengan praktik ilmiah. Jika seseorang menulis tentang habisnya energi semesta, dengan menyatakan bahwa ia tidak dapat dihindari menurut hukum

kedua termodinamika, maka beberapa kritikus pasti akan memprotes bahwa itu adalah kesalahpahaman menyeluruh atas hukum ilmiah; hukum ilmiah, menurutnya, tidak lebih dari generalisasi empiris yang berlaku melampaui rentang ruang waktu dan keadaan yang telah diverifikasi, dan tidak ilmiah untuk mengekstrapolasikan generalisasi semacam itu ke masa depan yang tidak diketahui. Namun kritikus yang sama, jika ia sedang menilai sebuah makalah tentang persoalan baru, seperti kemungkinan asal-usul sinar kosmik dalam galaksi di luar jangkauan teleskop kita, pasti akan melihat apakah penjelasan yang diusulkan konsisten dengan hukum kedua termodinamika dan, jika tidak, makalah akan memiliki peluang kecil untuk diterima.

Ketika teori Einstein muncul, yang tidak hanya mengemukakan epistemologi baru tetapi menerapkannya untuk menentukan hukum gravitasi dan konsekuensi praktis lainnya, fisikawan bingung bagaimana mengklasifikasikannya. Sebagian berpendapat bahwa itu adalah filsafat, alias metafisika, dan harus ditolak mentah-mentah. Yang lain mengakui bahwa rumusan-rumusan tersebut tampaknya sesuai dengan observasi dan mencapai suatu sistematisasi pengetahuan yang berharga, tetapi percaya bahwa interpretasi "yang benar-benar fisis" terhadap maknanya seiring berjalannya waktu akan menggantikan jargon epistemologis yang pada saat ini menyelimutinya. Lebih sedikit yang menyadari bahwa pandangan epistemologis yang baru itu adalah inti dari teori, menggantikan sistem pemikiran yang salah yang menghalangi kemajuan. Bahkan sekarang kita sering menemukan pengarang, yang sama sekali tidak tahu tentang alasan pe-

rubahan pemikiran, mengajukan teori-teori di mana mereka mengklaim keuntungan bahwa mereka hanya melibatkan konsepsi Newton. Seolah-olah dapat menguntungkan untuk memasukkan pandangan yang keliru dan usang tentang sifat pengetahuan observasional!

Ketidakjelasan dan ketidakkonsistenan sikap sebagian besar fisikawan ini sebagian besar disebabkan oleh kecenderungan untuk memperlakukan perkembangan matematis sebuah teori sebagai satu-satunya bagian yang patut mendapatkan perhatian serius. Tetapi dalam fisika semuanya bergantung pada wawasan yang dengannya ide-ide tersebut ditangani sebelum mencapai tahap matematis.

Konsekuensi dari kecenderungan ini adalah bahwa teori sangat umum diidentifikasi dengan persamaan matematis yang terkemuka. Kita secara terus-menerus menemukan teori relativitas khusus diidentifikasi dengan transformasi Lorentz, relativitas umum diidentifikasi dengan transformasi ke koordinat umum, teori kuantum diidentifikasi dengan persamaan gelombang atau relasi komutasi. Tidak bisa terlalu didesakkan bahwa baik teori relativitas maupun teori kuantum dijumlahkan dalam formula yang sangat mudah digunakan dalam semua kesempatan. Seorang relativis bukanlah orang yang menggunakan formula invarian-Lorentz (yang diperkenalkan beberapa tahun sebelum teori relativitas muncul), tetapi orang yang mengerti dalam keadaan apa formula tersebut harus memiliki invariansi-Lorentz; ia juga bukan orang yang mengubah persamaan menjadi koordinat umum (praktik paling tidak seabad), melainkan orang yang memahami dalam situasi apa sistem khusus koordinat

tersebut tidak dapat diterapkan. Dalam masalah kuantum, penyisihan harus dibuat untuk keadaan-keadaan terbelakang dari teori; dan dunia masih menunggu seorang ahli kuantum yang mengerti dalam keadaan apa persamaan gelombang standar dan relasi komutasi dapat diterapkan—sebagai pembeda dari orang yang hanya menerapkannya dan berharap untuk yang terbaik.

Jelas tidak ada filsafat yang koheren yang dapat dibuat dari pengakuan setengah-setengah terhadap tempat epistemologi dalam sains. Apa yang benar-benar menyangkut penyelidikan kita adalah bahwa para pemimpin fisika sejauh ini telah berkomitmen untuk menerima bantuan epistemologi bahwa asimilasi lengkapnya hanyalah masalah waktu.

III

Saya tidak melihat bagaimana orang yang menerima teori relativitas dapat membantah bahwa telah ada beberapa penggantian hipotesis fisis oleh prinsip-prinsip epistemologis; saya juga tidak berpikir bahwa mereka yang menerima teori tersebut dengan pemahaman akan cenderung membantahnya. Pertanyaan yang lebih kontroversial adalah: Seberapa jauh pengembangan ini dapat diperluas? Kesimpulan saya, berdasarkan penyelidikan ilmiah murni, jauh lebih drastis daripada kebanyakan rekan saya. Saya percaya bahwa seluruh sistem hipotesis fundamental dapat digantikan oleh prinsip-prinsip epistemologis. Atau, dengan kata lain, semua hukum alam yang biasanya digolongkan sebagai fundamental dapat diramalkan sepenuhnya dari pertimbangan epistemologis. Mereka sesuai dengan pengetahuan *a priori*, dan karena itu

sepenuhnya subjektif.

Saya menyesal harus meletakkan di garis terdepan apa yang umumnya dianggap sebagai kesimpulan ilmiah individual; tetapi ini tidak dapat dihindari. Saya berpikir saya dapat melihat filsafat yang jelas muncul dari kesimpulan bahwa sistem hukum fundamental sepenuhnya subjektif. Saya tidak dapat melihat filsafat yang koheren muncul dari kesimpulan bahwa ada yang subjektif dan objektif. Segera setelah saya mulai pada garis itu saya diliputi oleh keberatan dan kebingungan yang saya tidak tahu bagaimana caranya bertemu. Saya tidak mengutuknya berdasarkan penjelasan tersebut; mungkin dengan lebih banyak memikirkan persoalan yang besar, cara untuk maju dapat dilihat. Tetapi tidak ada pemantik untuk menghabiskan waktu saya mencoba mengatasi kesulitan filsafat yang terkait dengan keyakinan ilmiah yang tidak saya bagikan. Tidak ada seorang pun yang dapat berpikir untuk memasuki penelitian yang sulit berdasarkan pada premis yang ia yakini salah. Anda akan menemukan banyak filsafat hukum alam yang objektif; di sini Anda juga akan menemukan filsafat hukum alam subjektif. Jika filsafat hukum alam yang objektif sekaligus subjektif pernah dikembangkan, maka itu bukan oleh saya, karena saya yakin bahwa tidak ada dukungan ilmiah untuk filsafat semacam itu.

Kesimpulan saya, entah benar atau salah, memiliki dasar ilmiah murni. Bahwa ia mengarah pada filsafat yang sederhana dan rasional mungkin merupakan argumen untuk mendukungnya; tetapi itu adalah renungan yang tidak membebani saya dalam mencapai kesimpulan ilmiah.

Saya tidak berangkat dengan gagasan yang terbentuk sebelumnya tentang ruang lingkup metode epistemologis; dan kesimpulan bahwa seluruh hukum dasar alam dapat disimpulkan dari pertimbangan epistemologis adalah hasil percobaan. Setelah begitu lama menggeluti teori relativitas, yang di dalamnya metode pertama kali menunjukkan kekuatannya, dan setelah melihat dari waktu ke waktu peluang lebih lanjut untuk menerapkannya, saya menemukan teori relativitas meliputi lebih banyak lagi dasar fisika fundamental sampai akhirnya kesimpulan itu menjadi tak tertahankan.

Salah satu ciri bukti ini perlu ditekankan. Hukum alam saat ini diungkapkan oleh persamaan matematis. Pengetahuan kita tentang hukum alam hanya dapat dikatakan lengkap jika kita tahu nilai-nilai parameter yang ada di dalamnya, bukan hanya bentuk aljabar dari persamaannya. Tetapi lazim untuk membatasi istilah "hukum alam" pada bentuk aljabar, yang parameter-parameternya yang dirujuk secara terpisah sebagai "konstanta alam". Sebagai contoh, teori gravitasi Newton memperkenalkan hukum, yakni hukum kuadrat terbalik, dan konstanta, yakni konstanta gravitasi; demikian juga teori Einstein. Dalam perbandingan antara hukum Newton dan hukum Einstein pada halaman 55, saya telah menghilangkan semua referensi pada konstanta gravitasi. Namun dalam penyelidikan yang lebih lanjut yang sekarang saya maksudkan, konstanta dan juga bentuk aljabar disertakan. Kesimpulan saya adalah bahwa bukan hanya hukum alam, tetapi juga konstanta alam, yang dapat disimpulkan dari pertimbangan epistemologis, sehingga kita dapat memiliki pengetahuan *a priori* tentang keduanya.

Dengan memperlakukan skema hukum asal secara keseluruhan, sebagaimana diterapkan dalam persamaan fisika fundamental, empat konstanta alam yang merupakan bilangan murni† juga terlibat. Bilangan murni inilah yang saya temukan sebagai *a priori* yang dapat diprediksi. Saya memusatkan perhatian pada bilangan murni ini, karena ia adalah ujian yang lebih keras terhadap kekuatan metode epistemologis untuk menetapkan bilangan (yang dalam beberapa kasus dapat dibuktikan sampai kira-kira 1 per 1000) daripada menetapkan bentuk-bentuk hukum. Saya pikir bahwa fisikawan klasik memiliki perasaan batin bahwa hukum kuadrat terbalik adalah bentuk alamiah dari pelemahan efek oleh jarak, yang mungkin diharapkan secara *a priori* untuk diterapkan pada gravitasi apa pun—meskipun tentu ia akan bertentangan dengan prinsipnya untuk mengakui harapan *a priori* apa pun. Tetapi dia hampir tidak dapat memiliki isyarat batin, entah diakui atau tidak, tentang kekuatan yang paling mungkin dari gaya tersebut.

Sekarang harus diingat bahwa apa pun yang dijelaskan secara epistemologis itu bersifat subjektif; ia dihancurkan sebagai bagian dari dunia objektif. Setelah sejumlah besar hasil telah ditemukan, ada saatnya kita berhenti untuk memilih dan menilai, jika kita bisa, luasnya wilayah yang ditandai untuk pembongkaran. Generalisasi biasa akan menyarankan jauh lebih awal bahwa wilayah tersebut sama luasnya dengan hukum fundamental (termasuk konstanta) fisika. Tetapi saya tidak dapat memercayai generalisasi sampai yang terakhir dari empat konstanta itu menyerah.

† Dibentuk dengan menghilangkan tiga unit yang arbitrer (sentimeter, gram, dan detik) dari ketujuh konstanta alam yang biasanya dikenal.

Saya ditahan oleh perasaan umum, yang sekarang saya lihat secara filosofis tidak memiliki dasar yang baik, bahwa perlu untuk setidaknya meninggalkan satu sangkutan objektif tempat menggantung jubah subjektif. Tentu saja sangkutan objektif itu diperlukan, tetapi kita tidak perlu mengira bahwa sangkutan telah menyamarkan dirinya sendiri untuk menyerupai jubah.

Salah satu dari empat konstanta alamiah adalah bilangan yang sangat besar yang disebut *bilangan kosmis*. Barangkali bilangan kosmis ini paling sederhana digambarkan sebagai "jumlah partikel di alam semesta", meskipun ia juga muncul dalam fisika dengan cara lain yang lebih praktis. Kita cenderung mengatakan bahwa jika ada sesuatu yang tidak dapat diprediksi, maka itu adalah jumlah partikel di alam semesta. Ini tampaknya benteng paling dalam dari objektivitas. Tetapi, setelah bekerja pada konstanta lain, asal-usul epistemologis bilangan kosmis ini secara komparatif mudah untuk dilacak.

Dari sudut pandang filosofis, semua karya sebelumnya adalah bagian dari serangan terhadap bilangan kosmis, yang merupakan titik balik nyata dalam pemikiran kita. Selama objektivitasnya masih terkenal, bahkan jika ia adalah satu-satunya fakta yang benar-benar objektif dalam fisika, kita menyaksikan pemaparan pengaruh subjektif dengan ketenganan. *Penyatuan* tidak kita takuti; dan dengan satu fakta yang pasti objektif untuk ditunjukkan, tidak ada bahaya *penyerai-beraian*. Tetapi ketika kita mengetahui bahwa bilangan kosmis bersifat subjektif—bahwa pengaruh peralatan sensorik yang dengannya kita melakukan pengamatan

dan peralatan intelektual yang dengannya kita merumuskan hasil observasi sebagai pengetahuan memiliki jangkauan yang begitu jauh sehingga ia dengan dirinya sendiri memutuskan jumlah partikel yang kepadanya materi alam semesta tampak terbagi-bagi—kita bukan hanya kehilangan dukungan yang kita andalkan, tetapi tidak ada hati yang tersisa di dalam diri kita untuk melawan banjir subjektivitas yang terus meluas.

Saya akan membahas panjang lebar subjektivitas bilangan kosmis di Bab XI. Derivasi aktual dari pertimbangan epistemologis tentu saja terlalu teknis untuk disajikan di sana. Namun dalam kasus apa pun demonstrasi matematis tidak meyakinkan jika hasilnya "jelas tidak mungkin"; ia hanya menuntun orang-orang yang cukup tertarik untuk mencari lubang dalam demonstrasi. Saya malah akan menunjukkan cara subjektivitas mendapatkan pijakan di wilayah pemikiran yang darinya seseorang akan mengira ia harus dikecualikan secara ketat; sehingga bahkan evaluasi jumlah partikel di alam semesta akan terlihat mungkin.

Saya tidak memasukkan inti atom dalam pembahasan tentang hukum fisika ini, karena keadaan teori nuklir saat ini dapat dibandingkan dengan keadaan teori kuantum sebelum tahun 1925, dan tidak memberikan dasar bagi kesimpulan filosofis. Pengisian celah ini sepertinya tidak terlalu mendesak. Hidrogen, harus diingat, tidak mengandung nukleus (selain proton), sehingga sepenuhnya tercakupi oleh pembahasan saat ini.‡ Sampai saat ini tidak pernah terjadi kepada siapa

‡ Termasuk gaya non-Coulombian yang memanifestasikan dirinya dalam perjumpaannya dengan proton. Karena gaya ini juga memainkan peran besar dalam teori nuklir, nukleus sejauh ini termasuk dalam diskusi tersebut.

pun untuk mengadvokasi filsafat idealis terkait hidrogen dan realis terkait oksigen; saya pikir saya dapat berasumsi sama bahwa, dalam sebuah studi tentang sifat subjektif atau objektif dari alam semesta, komposisi kimianya agak tidak relevan.

Saya harus menyebutkan di sini titik yang pada akhirnya ternyata sangat penting. "Hukum peluang" biasanya tidak dihitung sebagai hukum dasar fisika, dan saya tidak memasukkannya di antara hukum yang sepenuhnya dapat diramalkan dari pertimbangan epistemologis. Tetapi menurut sistem fisika modern semua prediksi kita tentang fenomena adalah prediksi tentang apa yang mungkin akan terjadi dan didasarkan pada asumsi non-korelasi dari perilaku partikel individu yang berasal dari peluang. *Tanpa menggunakan hukum peluang fisika tidak dapat membuat prediksi masa depan.* Oleh karena itu, hukum peluang dapat diklaim sebagai hukum yang paling mendasar dan takterpisahkan dari semua hukum fisika. Alasan mengapa ia dihilangkan adalah bahwa, dari sudut pandang biasa, keacakan adalah pengingkaran terhadap hukum; dan tampaknya tidak perlu menetapkan hukum yang mengatakan bahwa tidak ada hukum. Tetapi pandangan biasa menganggap bahwa alam semesta fisis, dan partikel-partikel yang kita analisis, sepenuhnya objektif; dan status hukum peluang (atau non-korelasi) membutuhkan peninjauan kembali ketika diterapkan pada sebagian alam semesta subjektif. Tidak mungkin untuk membahas soal ini sepenuhnya sampai tahap akhir pembahasan. Pandangan yang akhirnya diadopsi akan ditemukan pada halaman 210, 254. Jika sementara ini pembaca menemukan argumen

saya tampaknya cenderung mengarah ke kesimpulan yang semakin sulit dipercaya, dia mungkin menunggu putaran berikutnya yang akan melunakkannya menjadi sesuatu yang, saya pikir, tidak akan terlalu menghina akal sehatnya.

IV

Tanpa permintaan maaf lebih lanjut sekarang saya akan mengasumsikan persetujuan pembaca terhadap proposisi bahwa semua hukum dasar dan konstanta fisika dapat dideduksi secara jelas dari pertimbangan *a priori* dan oleh karena itu sepenuhnya subjektif. Setidaknya beban pembuktian akan tampak bergantung pada orang-orang yang mengklaim objektivitas untuk setiap hukum, sehingga mengganggu homogenitas skema tanpa kebutuhan yang jelas.

Mari kita kembali ke analogi ikan untuk mengilustrasikan posisi yang sekarang tercapai. Ketika iktiologi menolak saran pengamat tentang kerajaan ikan objektif sebagai terlalu metafisis, dan menjelaskan bahwa tujuannya adalah untuk menemukan hukum (yakni generalisasi) yang benar untuk ikan yang dapat ditangkap, saya berhadap pengamat tersebut bergumam: "Saya bertaruh dia tidak terlalu jauh dengan iktiologinya dalam menjangkau ikan yang dapat ditangkap. Saya bertanya-tanya seperti apa teorinya tentang reproduksi ikan yang dapat ditangkap. Ini semua sangat baik untuk mengabaikan bayi ikan sebagai spekulasi metafisis; tetapi bagi saya mereka masuk ke dalam masalah."

Saya berpikir bahwa terdapat sesuatu dalam keberatan ini. Barangkali ia meremehkan kekuatan matematikawan untuk menangani bahan yang dipilih secara cerdas. Tetapi

jika tujuan kita adalah untuk menentukan hukum asal-usul objektif yang kita ketahui dalam bentuk yang dimodifikasi oleh seleksi subjektif, saya tidak berpikir cara terbaiknya adalah menekan semua teori tentang dunia objektif—yang bagaimanapun juga sebagai hipotesis kerja. Tetapi pada pandangan pertama, kemajuan fisika tampaknya bertentangan dengan ini; karena hanya ketika hipotesis tentang dunia objektif ditinggalkan, dan kita beralih ke studi langsung pengetahuan fisis, kemajuan itu menjadi luar biasa cepat.

Penjelasannya sederhana. Semua kemajuan ini berkaitan dengan hukum subjektif. Itu semua terkait dengan keseragaman yang dikenakan pada hasil observasi melalui prosedur observasi. Terkait jenis keseragaman yang diilustrasikan oleh generalisasi kedua iktiologi bahwa semua makhluk laut memiliki insang—keseragaman yang intrinsik di dunia sekitar—kita belum membuat permulaan. Pengamat benar. Tidak ada kemajuan sama sekali yang telah dibuat dengan jenis penelitian biologi yang ada dalam benaknya.

Saya telah menyinggung kesulitan dalam menentukan pembedaan antara hipotesis "fundamental" dan hipotesis "biasa" dalam fisika. Kesulitan yang sama, yang diekspresikan dalam bentuk yang sedikit berbeda, muncul dalam membuat pembedaan yang kaku antara "hukum alam" dan "fakta khusus".

Dalam fisika klasik, kesulitan ini tidak terjadi. Mengikuti Laplace, diasumsikan bahwa dari keadaan lengkap alam semesta pada saat tertentu, keadaan lengkap alam semesta pada saat yang lain, baik di masa lalu atau masa yang ak-

an datang, dapat dihitung. Hukum dasar alam kemudian didefinisikan sebagai hukum yang, diambil bersama-sama, menyediakan seperangkat aturan yang cukup untuk diperhitungkan. Untuk melengkapi pengetahuan kita tentang alam semesta, kita harus mengetahui, selain aturan-aturannya, data awal yang kepadanya aturan-aturan itu harus diterapkan. Data ini adalah fakta-fakta khusus.

Kita mungkin menemukan sebuah aturan atau keteraturan yang belaku untuk fakta-fakta khusus. Jika demikian, kita mungkin tidak boleh menyangkalnya dengan sebutan hukum alam. Tetapi ia dapat dibedakan dari hukum alam yang fundamental, karena ia bukan bagian dari skema prediksi. Ia hanyalah pola dari fakta-fakta khusus yang secara serempak dimasukkan dalam desain alam semesta.

Pembedaan tersebut dapat diungkapkan dengan sangat singkat dalam bahasa matematika. Persamaan diferensial yang menentukan kemajuan alam semesta adalah hukum dasar alam, dan syarat batasnya adalah fakta-fakta khusus.

Tetapi mode pembedaan ini hanya mungkin di alam semesta yang deterministik. Dalam sistem fisika saat ini yang tidak deterministik, tidak ada demarkasi yang sesuai antara hukum dan fakta-fakta khusus alam. Sistem hukum yang fundamental saat ini tidak menyediakan seperangkat aturan untuk perhitungan masa depan. Ia bahkan bukan bagian dari seperangkat tersebut, karena ia hanya berkaitan dengan perhitungan probabilitas; dan jika pencarian akan skema prediksi yang pasti diperbaharui, maka perlu untuk memulainya kembali dari awal pada jalur yang berbeda. Bagian yang dimainkan oleh fakta-fakta khusus juga diu-

bah. Fakta-fakta khusus, yang membedakan alam semesta aktual dari semua kemungkinan alam semesta lain yang mematuhi hukum yang sama, tidak diberikan satu kali untuk semua pada beberapa zaman sebelumnya, tetapi dilahirkan terus-menerus seperti alam semesta mengikuti perjalannya yang tidak dapat diprediksi. Selain itu, dalam persamaan diferensial teori kuantum, syarat batasnya bukan fakta objektif melainkan pengetahuan yang kita miliki tentang fakta objektif tersebut.

Demarkasi sederhana dalam teori klasik antara hukum dasar alam dan fakta-fakta khusus dikaitkan dengan determinisme dan tidak dapat dibawa ke dalam teori modern. Tetapi, dengan mendekati pertanyaan dari sudut pandang subjektivitas, garis demarkasi baru muncul. Kita telah menemukan bahwa hukum yang diandaikan fundamendal itu sepenuhnya bersifat subjektif. Masuk akal bahwa bagian dari pengetahuan kita yang sepenuhnya subjektif adalah jenis pengetahuan yang tentu saja berbeda dari jenis pengetahuan yang melibatkan karakteristik objektif alam semesta. Perbedaan tampaknya ini tidak diabaikan oleh para fisikawan sebelumnya; dan kita menemukan wilayah yang akan digabungkan dengan subjektivitas murni sudah ditandai dengan nama lain, yakni "fundamental".

Fakta-fakta khusus, di sisi lain, tidak dapat disimpulkan dari pertimbangan epistemologis dan tidak sepenuhnya subjektif. Ini adalah esensi dari konsep kita tentang fakta khusus yang ia mungkin sudah menjadi sebaliknya—bahwa tidak ada alasan *a priori* mengapa ia harus seperti itu. Memang benar bahwa banyak yang berpegang pada pan-

dangan bahwa hukum alam mungkin saja sebaliknya; tetapi mereka hampir tidak akan menegaskan bahwa ini adalah bagian yang tak terpisahkan dari konsep hukum alam. Semua orang mengakui bahwa dalam beberapa pengertian ia mengambil kebebasan yang lebih besar dengan alam semesta untuk membayangkan hukum alam telah berbeda daripada membayangkan fakta-fakta khusus telah berbeda.

Hasil yang dapat dideduksi dengan metode epistemologis yang *a priori* adalah wajib, dan oleh karena itu tidak mungkin metode tersebut harus diperluas untuk memprediksi fakta-fakta khusus, yang "mungkin sudah menjadi sebaliknya". Saya takut bahwa sebelum saya selesai saya akan meyakinkan pembaca yang patuh untuk mempercayai begitu banyak hal yang "tidak mungkin" bahwa kata itu akan memberi kesan kecil pada dirinya, dan dia tidak akan berhenti tiba-tiba pada kemustahilan ketika saya menginginkannya. Biarkan saya kemudian menempatkan intinya agak berbeda. Jika oleh kemajuan teori epistemologis kita berhasil dalam memprediksi salah satu dari apa yang disebut fakta-fakta khusus dengan cara yang sepenuhnya *a priori*, kita akan segera mengubah klasifikasi: "Jelas kita keliru dalam mengandaikan bahwa itu adalah fakta khusus. Sekarang kita melihat lebih jelas ke asalnya, ketika menyadari bahwa terdapat hukum alam yang memaksa hal itu terjadi."

Bilangan kosmis memberikan contoh yang baik tentang perubahan pandangan semacam itu. Dengan dianggap sebagai jumlah partikel di alam semesta, bilangan kosmis secara umum dianggap sebagai fakta khusus. Alam semesta, diyakini, dapat dibuat dengan sejumlah partikel; dan, sejauh

menyangkut fisika, kita hanya harus menerima jumlah yang dialokasikan ke alam semesta kita sebagai kecelakaan atau sebagai kehendak Sang Pencipta. Tetapi penyelidikan epistemologis mengubah gagasan kita tentang sifatnya. Alam semesta tidak dapat dibuat dengan sejumlah partikel dasar yang berbeda—yang konsisten dengan skema definisi yang dengannya "jumlah partikel" diterapkan ke suatu sistem dalam mekanika gelombang. Karena itu kita tidak perlu lagi memandangnya sebagai fakta khusus tentang alam semesta, tetapi sebagai parameter yang terjadi dalam hukum alam, dan, dengan demikian, sebagai bagian dari hukum alam.

V

Saya harus mencoba menghilangkan kesan bahwa elemen objektif dalam alam semesta fisis, setelah disudutkan di hadapan gelombang subjektivitas yang terus naik, sekarang membutuhkan pengakuan yang asal-asalan. Kesan tersebut diberikan dalam fisika, karena fisika (dalam arti sempit) tidak tertarik pada fakta-fakta khusus kecuali sebagai data yang harus digantikan oleh generalisasi. Sains fisis lainnya, seperti astronomi, tidak begitu eksklusif, dan sampai batas tertentu memulihkan perspektif. Tetapi alam semesta fisis, karena hal itu mempengaruhi kita hari demi hari, bukan hanya seperangkat hukum alam; dan fakta-fakta khusus sama pentingnya bagi kita sebagai hukum. Jadi, meskipun hanya melalui fakta-fakta khusus yang kita pahami dari alam semesta objektif, itu sama sekali bukan pandangan kosong. Selain itu, ia tidak seperti pada hari-hari deterministik ketika fakta-fakta khusus dikumpulkan menjadi satu

kejadian. Dalam batas-batas prinsip ketidakpastian, mereka selalu berubah seiring waktu berlalu.

Fakta-fakta khusus sebagian subjektif dan sebagian objektif, sebagian bergantung pada prosedur kita dalam memperoleh pengetahuan observasi dan sebagian pada apa yang harus diamati. Untuk memisahkan unsur-unsur subjektif atau objektif sepenuhnya, kita harus memertimbangkan hukum; karena hukum atau keteraturan dapat sepenuhnya berasal dari prosedur observasi kita atau sepenuhnya dari dunia objektif. Mungkin dipertanyakan apakah kita dapat mengisolasi hukum objektif selengkap hukum subjektif, karena ia harus disajikan kepada kita melalui bentuk pemikiran subjektif kita; tetapi paling tidak kita dapat mendeteksi keteraturan dan mengakui bahwa asal mulanya adalah objektif, bahkan jika kita hanya dapat menggambarkannya dalam istilah yang subjektif.

Kita berada dalam bahaya jatuh ke dalam kebingungan mengenai hukum alam—kebingungan antara apa yang memang ada dan apa yang awalnya kita inginkan ada. Untuk menghindari ambiguitas, saya akan membedakan (secara sementara) antara "hukum alam" dan "hukum Alam". Hukum Alam akan berarti bahwa istilah tersebut awalnya dimaksudkan untuk mengandung sebuah hukum yang berasal dari prinsip-dunia luar kita, yang sering kita personifikasikan sebagai Alam. Hukum alam akan berarti sampai sekarang sebagai keteratauran yang telah kita temukan dalam pengetahuan observasional kita, terlepas dari sumbernya. Singkatnya, hukum alam adalah apa pun yang akan ditunjuk oleh nama itu dalam praktik fisika saat ini.

Akan terlihat bahwa hukum Alam adalah hukum alam semesta objektif. Tetapi semua hukum alam yang diakui bersifat subjektif. Dengan demikian kita telah mencapai paradoks verbal bahwa tidak ada hukum alam yang diketahui adalah hukum Alam. Secara efektif istilah-istilah itu telah saling mengeksklusi.

Memang benar bahwa kita telah meninggalkan pembukaan. Hukum Alam adalah hukum alam jika ia *akan* (belum tentu jika sudah) diterima sebagaimana adanya dalam fisika. Ini membawa saya pada pertanyaan lebih lanjut: Apakah kita punya alasan untuk percaya bahwa jika hukum Alam—sebuah generalisasi tentang dunia objektif—diketahui oleh kita, ia akan diterima oleh fisika saat ini sebagai hukum alam? Saya pikir ia hanya akan diterima jika ia sesuai dengan pola hukum fisika yang kita terbiasa dengannya. Tetapi pola ini adalah pola hukum subjektif. Kita akan mencoba nanti untuk menunjukkan dengan studi epistemologis bagaimana pola telah tumbuh dari aspek subjektif pengetahuan fisis. Polanya merupakan ciri subjektif yang sangat luar biasa. Setiap harapan yang mungkin telah kita bentuk bahwa hukum Alam yang objektif, ketika ditemukan, akan sesuai dengan pola yang sama itu sangat tidak masuk akal.

Kita tidak boleh mencoba untuk menetapkan terlebih dahulu jenis keteraturan yang kita sebut dengan antisipasi hukum Alam. Mengasumsikan bahwa sebelumnya kita tahu pola hukum objektif akan menjadi penegasan pengetahuan *a priori* tentang alam semesta objektif, yang ditolak oleh semua aliran pemikiran ilmiah. Tidak semua sistematisasi

pengetahuan kita adalah tipe "pasti" yang digunakan dalam ilmu fisis; dan dalam ilmu lainnya hukum memiliki interpretasi yang lebih luas. Sampai sekarang hanya di dalam bagian pengetahuan kita yang sepenuhnya subjektif kita telah menemukan jenis hukum yang *pasti* yang dipatuhi.

Barangkali akan diperdebatkan bahwa meskipun hukum objektif, ketika ia ditemukan, mungkin terbukti sebagai bagian dari pola yang tidak dikenal, fisikawan akan mengubah gagasan mereka untuk mengakomodasi itu. Pola hukum fisika tidak kekal; dan pola yang diakui saat ini tidak akan diterima dalam fisika klasik. Jika kemajuan dalam bagian objektif dari pengetahuan kita membuatnya perlu untuk memperbesar pola, itu bukan kali pertama fisika mengalami revolusi. Itu adalah satu kemungkinan; tetapi ada alternatif. Apakah pokok soal yang diperbesar akan tetap mempertahankan nama fisika? Perubahan sebelumnya bersifat wajib; kita tidak menjatuhkan fisika klasik semata-mata karena bidangnya terlalu luas, tetapi karena kita menemukan cacatnya. Tetapi di sini perubahan yang diusulkan tidak dipaksakan pada kita oleh cacat dalam memperlakukan pengetahuan subjektif yang saat ini tertutupi, tetapi semata demi pembesaran. Mungkin dianggap lebih tepat untuk membatasi nama fisika ke domain yang saat ini ditempatinya, dan memperlakukan perkembangan baru sebagai "di luar fisika". Jika demikian, hukum Alam tidak akan pernah menjadi pokok soal fisika.

Ini terdengar seperti berdalih di atas nama; tetapi ia memberikan petunjuk yang mungkin sangat penting. Sarannya adalah bahwa ketika kita berhasil membuat kemajuan

dengan mempelajari dunia objektif, hasilnya akan sangat berbeda dari fisika masa kini, dan bahwa tidak ada alasan khusus untuk mengharapkan bahwa itu akan disebut fisika. Kita telah membicarakan hal ini sebagai perkembangan di masa depan; tetapi apakah mungkin ia belum terjadi? Bagi saya, fisika yang "diperbesar" yang mencakup yang objektif dan juga yang subjektif itu sains saja; dan yang objektif, yang tidak memiliki alasan untuk menyesuaikan dengan pola sistematisasi yang membedakan fisika masa kini, dapat ditemukan di bagian sains non-fisis. Kita dapat mencarinya di bagian biologi (jika ada) yang tidak tercakup oleh biofisika; di bagian psikologi yang tidak tercakup oleh psikofisika; dan mungkin di bagian teologi yang tidak tercakup oleh teofisika. Sumber yang murni objektif dari elemen objektif dalam pengetahuan observasional kita telah dinamai; ia adalah *kehidupan, kesadaran, semangat.*

Kita kemudian mencapai posisi filsafat idealis, yang berlawanan dengan filsafat materialis. Dunia yang sepenuhnya objektif adalah dunia spiritual; dan dunia material bersifat subjektif dalam arti subjektivisme selektif.

5

EPISTEMOLOGI DAN TEORI RELATIVITAS

I

KOSA kata fisika mencakup sejumlah istilah seperti panjang, energi, temperatur, daya, indeks bias, dan sebagainya, yang kita sebut sebagai besaran fisis. Teori relativitas menegaskan bahwa semua besaran fisis harus didefinisikan dengan cara yang akan memungkinkan kita untuk mengenali mereka dalam pengalaman praktis. Definisi daya harus menentukan cara penentuan daya. Definisi panjang harus menentukan cara pengukuran panjang.

Tuntutan ini hanyalah pengakuan bahwa jika teoretikus dan eksperimenter bekerja sama mereka harus berbicara dengan bahasa yang sama. Jika kita meminta seorang eksperimenter-eksperimenter untuk menguji kebenaran pernyataan kita, maka pertanyaan pertama eksperimenter tersebut pasti "Bagaimana saya bisa mengenali apa yang sedang Anda bicarakan?" Jawaban yang kita berikan kepadanya adalah definisinya. Jika dia memverifikasi kebenaran per-

nyataan itu, sertifikatnya hanya berlaku selama kata-kata tersebut berarti apa yang kita katakan *kepadanya.* Menyimpan beberapa definisi lainnya—yaitu beberapa makna non-observasional—tentang kata-kata dalam pernyataan, yang akan digunakan setelah kita memanipulasi sertifikat, itu berarti tidak jujur. Kurang jujur jika kita sendiri percaya bahwa kedua definisi tersebut merujuk pada hal yang sama; karena *keyakinan* itu tidak diserahkan ke uji eksperimental, dan belum disertifikasi.

Kemajuan telah dibuat menuju jenis definisi ini pada saat sebelum relativitas. Pada suatu waktu, massa direduksi sebagai kuantitas materi; tetapi eksperimenter tidak diberi petunjuk bagaimana dia mengenali "kuantitas materi" yang sama ketika disajikan dalam berbagai bentuk, misalnya wol dan timah. Akibatnya, meskipun tidak disadari pada saat itu, tidak ada pernyataan tentang massa (kecuali terbatas pada satu jenis materi) yang pernah diverifikasi secara eksperimental. Tetapi kemudian definisi massa terkait sifat lembam yang dapat diamati diganti; dan, dengan makna yang berubah ini, uji observasi terhadap pernyataan menjadi mungkin. Ini telah menjadi praktik yang diterima dalam memperkenalkan besaran fisis baru yang akan dianggap sebagai sesuatu yang *terdefinisikan* oleh serangkaian operasi pengukuran dan perhitungan menghasilkan besaran fisis tersebut. Orang-orang yang menghubungkan dengan hasil tersebut sebuah gambaran mental tentang beberapa entitas yang mengesampingkan dirinya dalam ranah eksistensi metafisis mesti menanggung risiko; fisika tidak dapat menerima tanggung jawab untuk hiasan ini.

Inovasi yang dibuat oleh Einstein dalam teori relativitasnya adalah bahwa besaran fisis yang terlibat dalam pengukuran ruang dan waktu mesti patuh pada aturan ini. Reformasi jelas diperlukan; karena eksperimenter dipanggil untuk mengesahkan kebenaran kesimpulan kita tentang jarak dan interval waktu, sama seperti dia dipanggil untuk mengesahkan kebenaran kesimpulan kita tentang temperatur dan medan magnet. Definisi panjang yang menetapkan cara menentukan panjang secara observasional memang merupakan kebutuhan paling mendesak dari semuanya; karena ketika kita datang untuk memeriksa apa yang sebenarnya diukur dalam setiap jenis percobaan, ia hampir selalu berupa panjang atau ukuran ruang—panjang pipa kapiler merkuri dalam termometer, pergeseran titik terang pada skala galvanometer, perpindahan garis gelap dalam spektogram, dan lain-lain.

Aneh bahwa inovasi ini seharusnya menimbulkan pertentangan, yang bahkan belum punah. Masih ada desakan yang tidak masuk akal bahwa setiap istilah yang memiliki rujukan ke pengukuran ruang tidak harus terhubung dengan observasi dengan cara yang sama dengan istilah yang memiliki rujukan ke mekanika, optika, elektromagnetika, termal, dan pengukuran lainnya. Ada bagian yang terkenal dalam tulisan tentang Henri Poincaré, yaitu tentang waktu pra-relativitas, yang sering dikutip dalam hubungan ini:

> Jika geometri Lobachevskian* benar, maka paralaks bintang yang sangat jauh akan berhingga. Jika

* Geometri hiperbolik, juga disebut Geometri Lobachevskian, geometri non-Euclidean yang menolak validitas postulat "paralel" Euclid yang kelima.

> geometri Riemann benar, maka paralaksnya akan menjadi negatif. Ini adalah hasil yang tampak dalam jangkauan percobaan, dan observasi astronomi diharapkan memungkinkan kita untuk memutuskan antara dua geometri. Tetapi apa yang disebut garis lurus dalam astronomi hanyalah lintasan sinar cahaya. Oleh karena itu, jika ingin kita menemukan paralaks negatif, atau ingin membuktikan bahwa semua paralaks lebih tinggi dari batas tertentu, maka kita harus memilih antara dua kesimpulan: kita dapat meninggalkan geometri Euclidean atau memodifikasi hukum optik dan menganggap bahwa cahaya tidak dibiaskan secara ketat dalam garis lurus. Tidak perlu ditambahkan bahwa setiap orang akan memandang solusi ini sebagai solusi yang lebih menguntungkan. Geometri Euclidean, oleh karena itu, tidak perlu takut dengan eksperimen baru.[†]

Orang yang mengutip bagian ini biasanya melewatkan pesan moralnya. Jelas pesan moralnya adalah bahwa definisi paralaks atau jarak bintang harus tidak diserahkan kepada metematikawan murni yang pernyataannya tidak perlu takut dengan eksperimen baru. Sudah cukup benar pada masa Poincaré bahwa teoretikus berbicara tentang jarak yang tidak berarti apa-apa pada khususnya, sedemikian rupa sehingga Anda bebas untuk memilih apakah mereka mematuhi geometri Euclidean atau non-Euclidean. Tetapi pengeksperiman itu berjalan dengan caranya sendiri dan mengukur jarak yang berarti sesuatu yang sangat khusus—ketujuh atau atau kedelapan figur yang penting. Teoretikus dan eksperimenter tidak berbicara dengan bahasa yang sama. Teori relativitas melembagakan reformasi yang jelas, dan

[†] *Science and Hypothesis*, hal. 72.

hari-hari bahagia penuh keberuntungan tersebut berakhir. Sekarang, apabila seorang teoretikus mencapai kesimpulan tentang jarak bintang atau galaksi, ia melakukannya dengan rasa takut yang tepat akan eksperimen baru. Saya harus mengakui telah mengajukan kesimpulan semacam ini, dan saya gemetar setiap kali hasil eksperimen baru akan segera diumumkan. Bukan berarti saya harus percaya hasil tersebut.

II

Definisi panjang atau jarak dan definisi peluasan-waktu yang bersesuaian itu sangat penting, karena secara umum definisi besaran fisis yang lain mengandaikan awal bahwa panjang dan peluasan-waktu telah didefinisikan, dan ambiguitas apa pun tentang makna mereka akan menyebar ke seluruh suprastruktur. Jika, alih-alih panjang yang didefinisikan secara observasional, definisinya diserahkan kepada matematikawan murni, maka semua besaran fisis lainnya akan terinteraksi dengan virus matematika murni.

Fisikawan praktis telah lama sibuk dengan penentuan akurasi panjang, dan prinsip-prinsip yang mereka perjuangkan untuk diselesaikan sebelum teori relativitas muncul. Cabang fisika praktis ini disebut metrologi. Oleh karena itu, ketika perlu untuk mengadopsi secara formal definisi panjang secara observasional, maka tidak ada pertanyaan tentang pengaturan prosedur tandingan. Definisi harus memberikan instruksi mengenai prosedur pengukuran panjang. Untuk ahli metrologi, instruksi ini hanya untuk "Melanjutkan".

Tidak jarang para penulis memperlakukan definisi pan-

jang atau inverval waktu seolah-olah arti dari istilah-istilah tersebut bebas dalam pembuangan mereka. Tetapi hampir tidak sah untuk mengadopsi sikap semacam itu terhadap istilah dalam penggunaan saat ini. Seorang penulis mungkin mengklaim telah memenuhi kewajibannya jika ia memperjelas arti istilah tersebut dalam tulisannya sendiri, terlepas dari cara yang telah ia digunakan sampai saat ini. Tetapi pandangan umum adalah bahwa tercela untuk menggunkaan istilah "putih" untuk menggambarkan penampilan yang biasanya lebih dikenal sebagai "hitam"; dan praktik pemberian panjang dan waktu sebuah makna tidak akan diterima oleh Bureau of Standards, yang baru-baru ini diperkenalkan oleh para penulis mengenai kosmologi kinematika, adalah sumber kebingungan yang tidak perlu.

Di dalam semua teori fisika ortodoks, praktik metrologi—atau lebih ketat prinsip yang coba dilakukan—memberikan definisi teoretis. Dengan demikian, ketika pengeksperimen menguji teoretikus, maka keduanya mengacu pada hal yang sama.

Dengan demikian, dengan panjang dalam teori relativitas kita mengartikan apa arti metrologis, bukan apa arti alat geometer murni. Dalam menerima prinsip-prinsip relativitas, fisikawan mengesampingkan *kekasih* matematika murninya, menolak metafisika antara keduanya, dan memasuki pernikahan terhormat dengan metrologi. Saya takut mereka yang mewakili mempelai wanita cenderung mencurigai bahwa dia tidak sepenuhnya lepas dari cinta pertamanya. Beberapa tulisan tentang relativitas tampak agak matematis. Karena saya tidak sepenuhnya yakin akan ketidakbersalah-

an beberapa kolega saya, saya harus menjawab pertanyaan ini hanya untuk diri saya sendiri. Saya menyatakan bahwa kecurigaan itu tidak berdasar. Jika saya terkadang menggunakan matematika murni, itu hanya sebagai sebuah kerja keras yang lain; pengabdian saya terfokus pada pemikiran fisis yang ada di balik matematika. Matematika adalah wahana yang berguna untuk ekspresi dan manipulasi; tetapi inti dari teori ini ada di tempat lain:

> Euphelia melayani untuk menghormati langkahku
> Tapi Chloe adalah nyala api nyataku.

Bagian yang sangat penting dari definisi panjang adalah spesifikasi standar yang harus tersedia untuk perbandingan di mana saja dan kapan saja. Ahli metrologi tidak memandang batang logam tertentu, seperti meter Paris, sebagai standar tertinggi; fakta bahwa mereka merasa cemas karena keabadiannya menunjukkan bahwa mereka memiliki standar yang lebih ideal yang dapat dibandingkan. Yang dibutuhkan adalah struktur fisis, yang tidak selalu permanen, tetapi *dapat direproduksi* secara unik. Kristal kalsit yang panjangnya mengandung 10^8 interval kisi akan menyarankan semacam standar yang diperlukan. Jika ia ditetapkan sebagai standar panjang, maka ia dapat direproduksi di galaksi terjauh atau pada zaman waktu yang paling lama.

Mari kita pertimbangkan dari sudut pandang umum masalah penentuan standar panjang yang dapat direproduksi. Tentunya kita harus tidak menggunakan panjang dalam spesifikasi; karena itu akan menjadi lingkaran setan. Kita juga tidak dapat menggunakan besaran fisis "dimensional", karena definisi mereka mengandaikan bahwa standar panjang,

waktu, dan massa sudah didefinisikan. Bagian kuantitatif dari spesifikasi harus terdiri dari besaran tak-berdimensi, yakni bilangan murni. Misalnya, standar yang diusulkan di atas ditentukan oleh jumlah sel kisi. Jika kita menyukai, kita dapat melangkah lebih jauh dan menentukan komposisi kimia kristal dengan bilangan murni, yakni nomor atom dari unsur-unsur yang terkait di dalamnya.

Deskripsi numerik yang murni tentang struktur material dijabarkan dalam teori kuantum. Struktur itu digambarkan sebagai struktur yang terdiri dari sejumlah inti dan elektron tertentu yang pengaturannya ditentukan oleh bilangan-bilangan kuantum. Struktur seperti itu tentu saja unik dari sudut pandang observasi; karena jika dua bahan percobaan menunjukkan perbedaan yang dapat diamati, ia akan dianggap sebagai bukti bahwa teori struktur yang ada tidak lengkap dan bilangan-bilangan kuantum tambahan akan diperkenalkan untuk membedakannya.

Dengan demikian, jawaban umum untuk masalah kita adalah bahwa struktur apa pun yang secara praktis dapat direproduksi dari spesifikasi kuantum akan berfungsi sebagai standar. Semua standar tersebut setara, berada dalam rasio numerik tertentu dengan satuan panjang h/mc yang muncul dalam persamaan dasar teori kuantum.

Standar peluasan-waktu juga ditentukan dengan cara serupa. Peluasan ruang terhadap struktur kuantum-khusus menyediakan standar panjang; periodisitas-waktu dari struktur yang sama memberikan standar peluasan-waktu. Paralelisme adalah yang terdekat jika kita menggunakan Kristal; karena, dengan melihat struktur dalam empat dimensi, pe-

riodisitas adalah struktur kisi di dalam waktu; dan dua standar kita masing-masing adalah sejumlah sel ruang-kisi tertentu dan sejumlah sel waktu-kisi dari struktur kristal.

Barangkali tidak berlebihan untuk menambahkan bahwa tidak ada pertanyaan yang muncul soal apakah standar panjang yang ditentukan dengan cara ini benar-benar konstan di setiap waktu dan tempat. Pertanyaan ini menyiratkan bahwa kita memiliki beberapa standar yang lebih tinggi (diinvestasikan dengan "realitas") untuk mengesampingkan pelanggaran standar fisis. Konsepsi kuantias fisis yang harus sesuai dengan beberapa peran tertentu yang dialokasikan sebelumnya dalam dunia realitas yang dibayangkan secara samar-samar tidak diakui dalam ilmu fisis; kuantitas seperti panjang dan peluasan-waktu diperkenalkan semata-mata untuk tujuan deskripsi singkat tentang pengukuran observasional yang bersifat aktual atau hipotesis.

III

Kita melihat bahwa teori relativitas harus bergerak ke luar perbatasannya sendiri untuk mendapatkan definisi panjang, yang tanpanya tidak dapat dimulai. Ini adalah struktur mikroskopik yang memperkenalkan skala pasti tentang hal-hal. Karena kita telah memisahkan fisika molar dan fisika mikroskopis terutama karena pertimbangan kekotoran peralatan sensorik kita, maka tidak masuk akal untuk berharap menemukan teori relativitas lengkap dengan sendirinya. Kita hanya dapat membuatnya secara logis lengkap sejauh titik di mana akarnya membentang menjadi fisika secara keseluruhan. Teori mikroskopis, jika dipisahkan dari keadaaan

diam, juga tidak dapat berdiri sendiri. Besaran fisis yang berkaitan dengan atom, elektron, foton, yang kita bicarakan dalam teori mikroskopis, juga harus diberikan definisi yang akan memungkinkan eksperimenter mengukur mereka. Tetapi dia tidak mengukurnya, dan bahkan di dalam eksperimen hipotesis tidak dibayangkan untuk mengukurnya, dengan atom, elektron, dan foton; pernyataan fisika mikroskopis bukanlah pernyataan tentang hasil percobaan yang tak terbayangkan. Pengukuran dilakukan dengan skala meter, mikrometer, spektrograf—akhirnya dengan organ-organ indra kita sendiri. Fisika molar selalu memiliki kata terakhir dalam observasi, karena pengamat sendiri adalah molar.

Rahasia penyatuan fisika molar dan fisika mikroskopis—teori relativitas dan teori kuantum—adalah "lingkaran penuh". Mereka bukan cabang yang begitu banyak yang muncul dari satu akar seperti setengah lingkaran yang bergabung di kedua ujungnya. Umumnya kita masuk pada lingkaran di persimpangan yang sekarang sedang dibahas, di mana teori relativitas mengambil standar panjangnya dari teori kuantum. Tetapi teori relativitas, yang telah membuat kemajuan yang lebih besar sepanjang busurnya daripada teori kuantum di sepanjang busurnya, sudah menjelajahi persimpangan lain, di mana konstanta kosmis dan hal-hal semacam itu dilibatkan. Di persimpangan ini akar teori kuantum menembus teori relativitas, seperti di persimpangan lain akar teori relativitas menembus ke teori kuantum. Hanya dalam teori gabungan relativitas-kuantum (jangan dikelirukan dengan "teori kuantum relativistik" saat ini yang telah secara tidak adil merebut nama) kita dapat

menunjukkan lingkaran itu secara keseluruhan.

Kegagalan untuk membuat teori relativitas benar-benar independen dari teori kuantum memiliki satu keuntungan praktis. Ini telah memastikan bahwa standar panjang dalam relativitas sama dengan teori kuantum. Standar tertinggi yang sama juga diakui oleh para ahli metrologi, yang berusaha untuk merealisasikannya dalam panjang gelombang cahaya kadmium atau ruang kisi kalsit. Jadi ahli metrologi praktis, fisikawan relativitas, dan fisikawan kuantum semua mengartikan hal yang sama ketika mereka berbicara tentang panjang atau jarak atau interval waktu. Ada keseragaman yang lengkap—kecuali untuk pendatang baru, kosmolog kinematis, yang menganggap bahwa setiap orang keluar dari anak tangga kecuali dirinya sendiri.

Sering kali disarankan bahwa beberapa konstanta alam, misalnya kecepatan cahaya atau konstanta gravitasi, bervariasi seiring waktu. Kecuali standar panjang dan peluasan-waktu telah ditentukan dengan cermat, diskusi semacam itu tidak ada artinya; dan banyak yang telah ditulis tentang masalah ini diabaikan oleh fakta bahwa para penulis jelas tidak menyadari sifat definisi standar ini. Siapa pun yang menyarankan variasi konstanta fundamental telah memiliki tugas yang berat untuk merekonstruksi teori dan mereinterpretasi pengukuran observasional sebelum dia dapat mencapai konfirmasi observasional atau kontradiksi dari sarannya. Sementara itu saya berpikir bahwa kemajuan metode epistemologis telah meyakinkan kita bahwa konstanta alam (yang terpisah dari unit arbitrer kita) adalah bilangan-bilangan yang diperkenalkan oleh pengamat subjektif kita,

yang nilainya dapat dianggap sebagai *a priori* dan bertahan untuk selamanya. Karena alasan ini, kesimpulan pribadi saya adalah bahwa kecepatan cahaya atau konstanta gravitasi akan berubah seiring waktu tidak memiliki bahaya yang lebih banyak dibandingkan bahwa rasio diameter keliling π akan berubah seiring waktu.

Mari kita uji lebih dekat apa yang tersirat dalam pendapat bahwa kecepatan cahaya *dalam vakum* berubah seiring waktu. Konsekuensi langsung adalah rasio panjang gelombang λ pada periode T dari garis spektrum, katakanlah garis hidrogen, berubah seiring waktu. Sekarang untuk semua zaman, standar waktu adalah periode waktu dalam beberapa struktur yang ditentukan kauntum, dan standar panjang adalah peluasan-ruang dalam beberapa struktur yang ditentukan kuantum. Kita dapat menganggap struktur ini adalah atom hidrogen dalam beberapa keadaan yang ditentukan kuantum yang di dalamnya atom hidrogen itu memancarkan garis yang dipertimbangkan. Ini disebabkan entah oleh rasio periode cahaya yang dipancarkan ke periode-waktu yang instrinsik di dalam atom yang memancar yang bervariasi terhadap waktu atau oleh rasio panjang gelombang yang dipancarkan ke skala spasial struktur atom yang terpancar yang bervariasi terhadap waktu. Saya tidak berpikir mereka yang mengusulkan variabilitas kecepatan cahaya menyadari bahwa, jika kata-kata mereka memiliki arti, mereka menyiratkan bahwa periode cahaya tidak memiliki hubungan konstan dengan—karena ia tidak ditentukan oleh—setiap periodesitas yang bersesuaian dengan sumbernya; atau sebagai alternatif, bahwa panjang gelombang cahaya tidak

memiliki hubungan yang konstan dengan skala linier dari sumbernya. Jika ini benar, ia akan melibatkan konsepsi struktur atomik sejauh dihapus dari konsepsi teori kuantum saat ini bahwa hampir tidak ada apa pun dalam pengetahuan kita saat ini yang akan bertahan.

IV

Sejauh ini kita telah membahas cara untuk mendefinisikan panjang dengan jelas, tetapi tidak memperhatikan komplikasi yang mungkin timbul ketika akurasi ekstrem diperlukan. Kita khawatir untuk menghindari pramuniaga dalam kisah Chaucer:

> Kau tahu seberapa besar ruang logika
> Satu mil dari dua puluh kaki luasnya.‡

Argumen-argumen ini masih muncul dalam jurnal-jurnal ilmiah, khususnya dalam kaitannya dengan panjang dan waktu pada zaman kosmologis yang jauh. Misalnya, telah diusulkan untuk memperpanjang skala waktu alam semesta yang agak tidak nyaman dengan membuat transformasi logaritmik dari perhitungan waktu kita:

> Sekarang lihatlah apakah cukup tempatnya
> Atau buatlah besar dengan kata-katamu,
> seperti biasa.§

Kita sekarang sampai pada pertimbangan pertanyaan-pertanyaan akurasi ekstrem. Standar yang ditentukan kuantum dapat direproduksi pada waktu dan tempat yang paling

‡ Ye conne by argumentes make a place
A myle brood of twenty foot of space

§ Lat see now if this place may suffyse
Or make it roum with speche, as is youre gyse.

jauh, dan karena itu memenuhi teori kosmologis yang paling tinggi. Namun demikian, ia memiliki batasan tertentu. Saya akan menyebutkan dua yang paling penting.

Pertama, standar yang ditentukan kuantum tidak memberikan definisi yang pasti tentang panjang dalam medan magnetik atau listrik yang kuat. Ini karena ia tidak direproduksi secara ketat di medan-medan semacam itu; struktur dalam medan elektromagnetik tidak dapat memiliki spesifikasi kuantum yang sama persis dengan struktur dalam kondisi bebas-medan. Kita menyerukan secara sia-sia kepada ahli metrologi praktis untuk menengahi kesulitan ini; Dia hanya menunjukkan bahwa, dalam menggunakan standar panjang, menyingkirkan medan listrik dan magnetik adalah tindakan pencegahan dasar. Tetapi tidak ada gunanya memberi tahu seseorang yang sedang mempelajari fenomena dalam sebuah medan magnetik bahwa ia harus menyingkirkan medan sebelum melakukan pengukuran apa pun. Mari kita anggap bahwa ia ingin mengukur kelengkungan jejak partikel bermuatan dalam medan magnetik. Dia mungkin tidak akan terlalu buruk untuk memasukkan standar ke medan; ia akan, misalnya, ambil foto lintasan dan mengukur *foto* tersebut dengan standar. Dia kemudian harus menggunakan persamaan teoretis untuk menyimpulkan kelengkungan lintasan di medan dari pengukuran foto-foto di luar medan. Tetapi bagaimana dia menguji apakah formula teoretis itu benar? Prosedur tidak langsung hanya dibenarkan jika diketahui memberikan hasil yang sama dengan pengukuran langsung yang akan dilakukan; tetapi dalam kasus ini karena standarnya tidak dapat direproduksi, ma-

ka tidak ada prosedur langsung; dan tidak dapat diklaim bahwa prosedur tidak langsung diketahui memberikan hasil yang sama dengan prosedur langsung yang *tak ada*.

Karena tidak ada kesepakatan awal yang harus diikuti, maka seorang teoretikus yang peduli dengan persamaan yang pasti di medan yang sangat kuat bebas untuk memperkenalkan definisi panjangnya sendiri, asalkan ia hanya menyatu dengan definisi yang diterima karena medan cenderung nol. Begitu banyak keuntungan telah diambil dari kebebasan ini, bahwa setidaknya selusin "teori terpadu *(unified theories)*" yang berbeda dari medan gravitasi dan elektromagnetik telah dikemukakan masing-masing menyiratkan definisi panjang yang sedikit berbeda. Semua teori terpadu itu benar—benar apabila definisi panjang disesuaikan agar cocok dengannya. Semua teori akan "dikonfirmasi oleh observasi", karena kesimpulan dari pengukuran yang dilakukan di luar medan, atau koreksi terhadap pengukuran (jika ada) yang dibuat di dalam medan, akan ditentukan dari teori yang diuji:

> Ada sembilan dan enam puluh cara untuk membuat
> nyanyian tribal
> Dan semuanya benar![¶]

Tetapi, mungkin ditanyakan, tidakkah teori kuantum pada akhirnya akan dapat menghitung secara tepat berapa banyak standar kristal yang mengembang atau berkontraksi ketika ditempatkan dalam medan magnetik atau bagaimana panjang gelombang diubah? Kita kemudian hanya harus

[¶] There are nine and sixty ways of constructing tribal lays,
And every single one of them is right!

menerapkan koreksi untuk perubahan standar. Saya takut hal tersebut tidak sesederhana itu. Bahkan teori kuantum pun tidak dapat menghitung besaran yang belum dikalahkan. Tidak diragukan lagi teori kuantum akan menemukan kita koreksi; tetapi ia hanya berarti bahwa teori kuantum, seperti teori penyatuan, telah memperkenalkan (atau akan memperkenalkan) definisi konvensional sendiri. Tidak diragukan lagi definisi yang memercayakan dirinya sendiri pada fisikawan kuantum pada akhirnya akan menang dengan gaya yang kahar *(force majeure)*; dan memang tepat untuk meninggalkan masalah ini di tangan fisikawan kuantum, karena teori kuantum lah yang memberikan definisi awal. Tetapi harus diingat bahwa, meskipun beberapa konvensi jelas perlu untuk memperpanjang terminologi fisika yang biasa ke medan kuat, konvensi apa pun yang kita adopsi, jarak akan menjadi pseudo-jarak (dan juga untuk semua besaran fisis, termasuk ukuran medan itu sendiri), karena mereka tidak memiliki karakteristik yang paling mendasar dari konsepsi metrologi tentang panjang, yakni korespondensi antara kesamaan panjang dan kesamaan struktur fisis.

V

Keterbatasan kedua adalah standar harus *singkat*. Standar yang panjang tidak akan berfungsi kecuali dalam keadaan yang sangat khusus.

Semisal kita mencoba mengukur diameter bumi dengan standar kristal yang panjang yang terjebak di dalamnya seperti jarum rajut melewati jeruk. Sudah diketahui dengan baik bahwa bumi menjadi regang karena gaya pasang surut

matahari dan bulan; kristal pajang juga akan meregang. Seorang ahli metrologi praktis akan bersikeras untuk menghapus matahari dan bulan (dan bumi) sebelum pengukuran yang peka diupayakan, karena bahwa standar tidak boleh mengalami regangan adalah tindakan pencegahan dasar. Kita dapat menyatakan keberatan secara lebih formal dengan menunjukkan bahwa regangan berarti bahwa struktur kristal tidak lagi memiliki spesifikasi yang ditentukan dalam definisi standar.

Kita tidak dapat selalu mengabaikan benda (tubuh) yang menyebabkan regangan. Jika kita mengukur tata surya, kita tidak dapat memulai proses dengan mengabaikan matahari. Jadi, secara umum, kita harus puas dengan standar singkat yang secara proporsional kurang dipengaruhi oleh regangan. Dengan standar singkat kita hanya dapat mengukur jarak pendek secara langsung. Untuk pendekatan pertama kita dapat menentukan jarak besar dengan mengukurnya dalam bagian pendek, dan menjumlahkan atau mengintegrasikan hasil;[‖] tetapi ke pendekatan yang lebih tinggi metode ini juga mengarah pada hasil yang ambigu. Ambiguitas ini diketahui sebagai *non-integrabilitas pergeseran.*

Perlu diperhatikan bahwa ada uji observasi langsung yang akan menunjukkan bahwa batang kristal yang panjang tidak lagi memiliki struktur yang ditentukan. Jika, misalnya, kristal pembiasan tunggal dipilih, maka regangan akan ditunjukkan oleh penampilan refraksi ganda. Inti dari pernyataan ini adalah bahwa ke-taktereproduksi-an standar

[‖] Artinya, kita *mendefinisikan* jarak yang jauh sebagai hasil pengintegrasian jarak yang pendek (asalkan hasilnya tidak ambigu) daripada mendefinisikannya sebagai hasil perbandingan dengan standar yang panjang.

yang panjang, dan ketidakmampuan kita untuk mengurangi jarak non-infinitesimal secara akurat, adalah fakta yang mungkin telah ditemukan oleh observasi langsung, bukan dideduksi dari pengetahuan kita tentang kekuatan pasang surut dalam teori gravitasi. Ini penting, karena saat ini kita akan menggunakan ketidakpastian jarak jauh sebagai landasan teori gravitasi, daripada menyimpulkannya sebagai konsekuensi teori.

Untuk survei wilayah yang luas kita harus mengembangkan sebuah sistem deskripsi metrik yang di dalamnya hanya jarak infinitesimal** yang merupakan data observasional. Ini adalah masalah teknis geometri diferensial, yang tidak perlu kita bahas di sini. Demi kesederhanaan saya telah menghilangkan referensi waktu; tetapi pertimbangan serupa berlaku untuk dunia ruang-waktu empat dimensi.

Kegagalan untuk menentukan jarak jauh secara observasional, atau dalam bahasa matematika non-integrabilitas perpindahan, merupakan fondasi dari teori gravitasi Einstein. Menurut pandangan umum, gravitasi adalah penyebab masalah (terjadinya gerakan); gravitasi menghasilkan ketegangan yang membuat standar yang panjang tidak berguna. Tetapi pandangan Einstein lebih mendekati bahwa "masalah"—non-integrabilitas perpindahan—adalah penyebab gravitasi. Maksud saya, dalam teori Einstein, manifestasi biasa dari gravitasi itu dideduksi sebagai konsekuensi matematis dari non-integrabilitas perpindahan. Saya tidak dapat masuk ke sini secara rinci, yang membutuhkan banyak risalah; tetapi intinya adalah bahwa Einstein

** Jarak yang sangat kecil [pen.]

menunjukkan bagaimana menentukan non-integrabilitas secara kuantitatif, dan menggunakan bilangan-bilangan yang diperkenalkan—$g_{\mu\nu}$ yang terkenal—sebagai ukuran pengaruh yang mengganggu kondisi ideal di mana perpindahan akan dapat diintegrasikan. "Medan gravitasi" adalah nama yang kita berikan untuk pengaruh ini. Seperti yang mungkin diharapkan, spesifikasi sistematis medan gravitasi ini telah ditemukan lebih tepat daripada spesifikasi biasa oleh salah satu efeknya yang kebetulan menarik perhatian Newton ketika ia duduk di bawah pohon-apel.

Spesifikasi Einstein lebih akurat daripada spesifikasi Newton; tetapi bahwa keduanya mengacu pada hal yang sama terlihat ketika kita ingat bahwa itu adalah regangan, yang dihasilkan oleh dua ujung standar yang panjang yang mencoba jatuh dengan percepatan yang berbeda terhadap matahari dan bulan, yang melemahkannya sebagai standar dan menggagalkan upaya kita untuk mengukur secara langsung suatu panjang yang terintegrasi. Oleh karena itu kita tidak perlu terkejut bahwa manifestasi gravitasi yang lebih biasa dalam benda yang jatuh dapat disimpulkan dari spesifikasi Einstein.

Ini adalah contoh yang sangat baik terkait cara studi epistemologis telah membawa kemajuan besar dalam sains; dan ada baiknya untuk mengingat langkah-langkah utama. Jika fisika ingin menggambarkan apa yang benar-benar kita amati, kita harus merombak definisi istilah yang digunakan di dalamnya sehingga mereka secara eksplisit mengacu pada fakta-fakta observasi dan bukan pada dugaan metafisis. Interval panjang dan waktu khususnya harus didefinisikan

secara hati-hati, karena mereka adalah dasar dari hampir semua definisi fisika lainnya. Untuk menghindari definisi melingkar, standar panjang dan interval waktu harus merupakan perluasan dari struktur yang sepenuhnya ditentukan oleh bilangan murni. Dengan struktur seperti standar, kita mendapatkan definisi interval yang sangat kecil (tanpa adanya medan elektromagnetik), tetapi kita tidak mendapatkan definisi yang tepat tentang interval yang panjang. Dengan demikian, agar fisika dapat mengekspresikan pengetahuan observasional murni, ia perlu mengembangkan suatu sistem deskripsi lokasi peristiwa yang sepenuhnya berdasarkan pada jarak yang sangat kecil dan interval waktu; dengan demikian kita menghindari referensi ke interval yang panjang yang tidak memiliki definisi observasi yang tepat. Sistem lokasi ini, yang bergantung pada interval yang sangat kecil, adalah fondasi teori relativitas umum. Dalam teori relativitas, jarak yang jauh secara umum merupakan konsepsi perkiraan saja; ia tidak mampu mendefinisikan secara tepat.††

Segera setelah kita menyadari bahwa definisi panjang tidak mencakup jarak yang jauh dan dengan demikian tidak menyiratkan keterpaduan perpindahan, maka keterpaduan menjadi hipotesis khusus yang membutuhkan pembelaan. Seseorang tidak menerima hipotesis secara serampangan. Dengan melanjutkan dari basis rasional pengukuran ruang-waktu ini kita menemukan bahwa fenomena gravitasi muncul secara otomatis—kecuali kita dengan sengaja memperkenalkan hipotesis keterkaitan untuk mengecualikannya—dan

†† Penguraian definisi biasa meninggalkan istilah pada pembuangan peneliti, dan berbagai definisi teknis jarak jauh telah diajukan. Tetapi penggunaan teknis dari istilah ini tidak relevan di sini.

dengan cara ini kita langsung diarahkan ke teori gravitasi Einstein.

VI

Saya secara terus-menerus telah menekankan subjektivitas alam semesta yang dijelaskan dalam ilmu fisis. Tetapi, Anda mungkin bertanya, bukankah itu adalah bualan teori relativitas yang menembus jauh melampaui aspek relatif (subjektif) dari fenomena dan berurusan dengan yang absolut? Misalnya, ia menunjukkan bahwa pemisahan ruang dan waktu yang biasa itu bersifat subjektif, bergantung pada gerak pengamat, dan ia menggantikan ruang-waktu empat dimensi yang independen dari pengamat. Barangkali tampak sulit untuk merekonsiliasi pandangan teori Einstein ini ketika mengangkat tabir relativitas untuk menyembunyikan yang absolut dari kita, dengan catatan tentang fisika modern ini sebagai pembebasan dalam, dan membuat yang terbaik dari, alam semesta yang sebagian subjektif.

Perlu diingat bahwa sudah ada kemajuan tiga puluh tahun. Relativitas dimulai seperti sapu baru, yang menyapu semua subjektivitas yang ditemukannya. Namun, seperti yang telah kita kembangkan, pengaruh lain subjektivitas telah terdeteksi tidak mudah untuk dihilangkan. Probabilitas, secara khusus, itu sangat subjektif dan relatif terhadap pengetahuan yang kita miliki. Alih-alih hilang, probabilitas telah dikembangkan oleh mekanika gelombang ke dalam tema utama hukum fisika.

Subjektivitas yang dimaksud dalam kuliah ini adalah yang muncul dari peralatan indra dan intelektual penga-

mat. Tanpa memvariasikan peralatannya, pengamat dapat memiliki posisi, kecepatan, dan percepatan yang bervariasi. Variasi semacam itu akan menghasilkan perubahan subjektif dalam penampilan alam semesta bagi pengamat; apalagi perubahan yang bergantung pada kecepatan dan percepatan pengamat itu lebih halus daripada yang disadari dalam teori klasik. Teori relativitas memungkinkan kita untuk menghapus (jika kita menginginkan) efek subjektif dari karakteristik *pribadi* pengamat; tetapi ia tidak menghilangkan efek subjektif dari karakteristik *umum* yang biasa bagi semua pengamat yang "baik"—meskipun ia telah membantu semua efek subjektif untuk diketahui.

Dengan membatasi perhatian pada subjektivitas pribadi, yang berbeda dengan subjektivitas umum, mari kita lihat dengan tepat apa yang dimaksud dengan menghilangkan subjektivitas ini. Tampaknya tidak banyak kesulitan dalam memahami alam semesta sebagai struktur tiga dimensi yang dilihat bukan dari posisi tertentu; dan saya kira, dengan cara tertentu, kita dapat memahaminya tanpa standar diam atau non-percepatan apa pun. Mungkin agak disayangkan bahwa ia begitu mudah untuk dipahami atau tampaknya saja begitu; karena konsepsi cenderung menjadi nakal dari sudut pandang observasi. Karena pengetahuan fisis dalam semua kasus harus menjadi penegasan hasil observasi (aktual atau hipotesis), kita tidak dapat menghindari untuk menyiapkan pengamat boneka; dan observasi yang seharusnya dia lakukan dipengaruhi secara subjektif oleh posisi, kecepatan, dan percepatannya. Hal terdekat yang dapat kita lakukan untuk menuju pandangan non-subjektif, tetapi

yang masih bersifat observasional, adalah memiliki laporan dari semua pengamat boneka yang mungkin dan melintas di pikiran kita dengan cepat dari satu orang ke orang lain sehingga kita mengidentifikasi diri kita sendiri, sebagaimana adanya, dengan semua pengamat boneka sekaligus. Untuk mencapai hal ini kita tampaknya membutuhkan otak yang berputar.

Karena alam tidak memberkati kita dengan otak yang berputar, maka kita perlu meminta bantuan ahli matematika. Dia telah menemukan proses transformasi yang memungkinkan kita untuk melintas dengan sangat cepat dari satu keterangan pengamat boneka ke keterangan pengamat lainnya. Pengetahuan itu diungkapkan dalam bentuk tensor yang memiliki sistem tetap yang saling berpautan yang ditugaskan kepada mereka; sehingga ketika satu tensor diubah, semua tensor lainnya berubah, masing-masing dengan cara yang pasti. Dengan menugaskan setiap besaran fisis ke kelas tensor yang tepat, kita dapat mengatur bahwa, ketika satu besaran diubah agar sesuai dengan perubahan dari pengamat boneka A ke pengamat boneka B, semua besaran lainnya berubah secara otomatis dan tepat. Kita hanya harus membiarkan satu ihwal pengetahuan berjalan melalui perubahannya—untuk mengubah satu pegangan—untuk mendapatkan suksesi pengetahuan observasi yang lengkap dari semua pengamat boneka.

Matematikawan berjalan satu langkah lebih jauh; dia menghilangkan pergantian pegangan. Dia menganggap simbol tensor sebagai sesuatu yang dalam dirinya mengandung semua perubahan yang mungkin terjadi; sehingga ketika dia

melihat persamaan tensor, dia melihat semua prasyaratnya berubah dalam rotasi yang disinkronkan. Ini bukan masalah bagi seorang matematikawan; simbol-simbolnya biasanya berarti kuantitas yang tidak diketahui dan fungsi dari kuantitas yang tidak diketahui; simbol-simbol itu adalah segalanya sampai dia memilih untuk menentukan besaran yang tidak diketahui. Jadi matematikawan menuliskan ekspresi yang secara simbolis merupakan pengetahuan semua pengamat boneka—sampai dia memilih untuk menentukan pengamat boneka tertentu.

Tetapi, bagaimanapun, perangkat ini hanyalah penerjemahan ke dalam simbolisme tentang apa yang kita sebut otak berputar. Sebuah tensor dapat dikatakan melambangkan pengetahuan absolut; tetapi itu karena ia berarti pengetahuan subjektif tentang semua subjek yang mungkin sekaligus.

Ini berlaku untuk subjektivitas pribadi. Untuk menghapus subjektivitas umum, yang disebabkan oleh peralatan intelektual kita, kita harus memiliki kesamaan untuk melambangkan pengetahuan karena akan dipahami oleh semua jenis intelek yang mungkin sekaligus. Tetapi ini hampir tidak dapat dicapai oleh teori transformasi matematis. Dan apa hasilnya jika itu tercapai? Menurut Bab IV, jika kita menghilangkan semua subjektivitas, kita menghapus semua hukum alam yang fundamental dan semua konstanta alam. Namun, bagaimanapun juga, hukum dan fakta subjektif ini menjadi penting bagi makhluk yang tidak dilengkapi dengan otak yang berputar dan kecerdasan variabel. Dan jika fisikawan tidak mengambil alih mereka, tidak ada orang

lain yang memenuhi syarat untuk melakukannya.

Bahkan dalam teori relativitas, yang berhubungan dengan yang absolut (dalam arti yang agak terbatas), kita terus-menerus kembali ke yang relatif untuk memeriksa bagaimana hasil yang akan muncul dalam pengalaman seorang pengamat pribadi. Kita tidak begitu bersemangat sekarang seperti dua puluh tahun yang lalu untuk menghilangkan pengamat dari pandangan dunia kita. Kadang-kadang mungkin diinginkan untuk membuang pengamat dan distorsi subjektifnya untuk beberapa waktu, tetapi pada akhirnya kita harus membawanya kembali; karena pengamat itu adalah diri kita sendiri.

6

EPISTEMOLOGI DAN TEORI KUANTUM

I

SAYA tetap harus fokus pada pertanyaan: Apa yang sesungguhnya kita amati? Teori relativitas telah mengajukan satu jawaban—kita hanya mengamati *relasi*. Teori kuantum mengajukan jawaban lain—kita hanya mengamati *probabilitas*.

Dilihat secara epistemologis, probabilitas adalah konsep yang sangat aneh; karena pengetahuan yang tepat dan pasti tentang sebuah probabilitas itu ditafsirkan sebagai pengetahuan yang kasar dan tidak pasti tentang sesuatu yang merupakan probabilitasnya. Ini sepertinya bertentangan dengan keyakinan kita bahwa pengetahuan adalah pengetahuan, dan fakta adalah fakta. Probabilitas umumnya dianggap sebagai antitesis fakta; kita mengatakan "Ini hanya probabilitas, dan tidak boleh dianggap sebagai fakta". Tetapi, jika jawaban teori kuantum benar, "fakta-fakta keras dari observasi" adalah probabilitas. Yang kita maksud

adalah bahwa hasil sebuah observasi, meskipun jelas merupakan fakta itu sendiri, hanya bernilai secara ilmiah karena ia memberi tahu kita tentang probabilitas beberapa fakta lain. Fakta-fakta sekunder ini, yang hanya diketahui oleh kita melalui probabilitas, membentuk materi yang dirujuk oleh generalisasi fisika.

Kita dapat mengasumsikan bahwa teori saat ini benar dalam kesimpulannya bahwa pengukuran kita hanya menentukan probabilitas besaran dan entitas yang digambarkan dalam fisika klasik; sehingga konsepsi probabilitas tentu mengganggu perbandingan yang lebih baru dengan gagasan-gagasan klasik. Tetapi mungkin tidak jelas bahwa interpretasi probabilitas sangat penting ketika kita berusaha mengembangkan pandangan baru di atas dasarnya sendiri yang independen. Hasil pengukuran observasional *dapat* ditafsirkan sebagai pengetahuan yang kabur dan tidak pasti tentang entitas fisika klasik; tetapi bukankah itu berarti bahwa kita harus meninggalkan entitas klasik dan memperkenalkan entitas yang lebih mendasar yang tentangnya observasi memberi kita pengetahuan yang tepat dan pasti? Sarannya adalah bahwa dalam fisika baru, apa yang disebut probabilitas sebenarnya adalah entitas nyata—hal-hal yang mendasar dari alam semesta fisis. Kita memiliki pengetahuan yang tepat tentang *entitas nyata* itu; dan akan tampak mundur jika mempostulatkan entitas lain di belakang entitas nyata itu yang tentangnya pengetahuan kita pasti selalu takpasti.

Saya berpikir gagasan ini ada di belakang saran yang agak umum bahwa reformulasi yang tepat terhadap konsep

dasar kita akan membuang indeterminisme saat ini dari sistem fisika. Gagasannya adalah bahwa inderterminisme yang diungkapkan oleh fisika baru itu tidak intrinsik di alam semesta, tetapi hanya muncul dalam upaya kita untuk menghubungkannya dengan alam semesta fisika klasik yang usang. Probabilitas kemudian akan menjadi corong yang melaluinya anggur baru dituangkan ke dalam botol-botol lama.

Tetapi saran tersebut mengabaikan fitur penting dari indeterminisme sistem fisika saat ini, yakni bahwa besaran yang hanya dapat diprediksi dengan ketidakpastian adalah besaran yang, *ketika saatnya tiba*, kita akan dapat mengamati dengan presisi tinggi. Oleh karena itu, kesalahannya bukan dalam memilih konsep yang tidak sesuai dengan pengetahuan observasional. Sebagai contoh, prinsip Heisenberg mengatakan bahwa posisi dan kecepatan suatu elektron setiap saat hanya dapat diketahui dengan ketidakpastian yang saling terkait; dan mengambil kombinasi yang paling menguntungkan, posisi elektron satu detik kemudian tidak pasti sekitar 4 sentimeter. Ini adalah ketidakpastian prediksi dari pengetahuan terbaik yang dapat kita miliki saat itu. Namun satu detik kemudian posisi tersebut dapat diamati dengan ketidakpastian yang tidak lebih dari sepersekian milimeter. Sudah sering diperdebatkan bahwa ketidakmungkinan mengetahui secara bersamaan posisi yang tepat dan kecepatan yang tepat hanya menunjukkan bahwa posisi dan kecepatan adalah konsepsi yang tidak cocok untuk digunakan dalam mengekspresikan pengetahuan kita. Saya tidak memiliki ketertarikan khusus dengan

konsep-konsep ini; dan saya akan mengakui, jika Anda suka, bahwa pengetahuan kita tentang alam semesta pada saat ini dapat dianggap sebagai pengetahuan yang sangat pasti (ketidakpastian yang seharusnya diperkenalkan dalam penerjemahannya ke dalam kerangka konsepsi yang tidak tepat). Tetapi itu tidak menghilangkan "indeterminisme" (yang berbeda dari "ketidakpastian"), yakni bahwa pengetahuan ini, yang bagaimanapun diekspresikan, tidak memadai untuk memprediksi besaran yang, terlepas dari kerangka konsepsi kita, dapat langsung diamati ketika waktunya datang.

Dengan kembali ke aspek konsepsi probabilitas yang lebih umum, kita menemukan bahwa ia tidak dapat disingkirkan oleh transformasi observasi. Tidak mungkin untuk mengubah sistem fisika saat ini, yang dengan persamaannya probabilitas di masa depan terhubung dengan probabilitas di masa sekarang, ke dalam sebuah sistem yang menghubungkan besaran fisis fisis biasa di masa mendatang dengan besaran fisis biasa di masa sekarang, tanpa mengubah konten yang dapat diamati. Batang untuk transformasi seperti itu adalah bahwa probabilitas bukanlah "besaran fisis biasa". Pada pandangan pertama ia tampak menjadi satu; kita memperoleh pengetahuan tentangnya dari observasi, atau dari campuran observasi dan deduksi, ketika kita memperoleh pengetahuan tentang besaran fisis lainnya. Tetapi ia dibedakan dari besaran fisis lainnya oleh ireversibilitas relasinya yang aneh dengan observasi. Hasil sebuah observasi menentukan secara pasti distribusi probabilitas beberapa kuantitas, atau modifikasi distribusi probabilitas yang sudah ada sebelumnya; tetapi hubungannya tidak dapat dibalik,

dan distribusi probabilitas tidak menentukan dengan pasti hasil obeservasi. Untuk besaran fisis biasa tidak ada perbedaan antara membuat penentuan baru dan memverifikasi nilai yang diprediksi; tetapi untuk probabilitas, prosedurnya berbeda.

Dengan demikian kita dapat memperluas jawaban teori kuantum bahwa "kita hanya mengamati probabilitas" ke dalam bentuk: Sintesis pengetahuan yang membentuk fisika teoretis terhubung dengan observasi dengan hubungan yang *tidak dapat dibalik (irreversible)* dari tipe formal yang sudah kita kenal dalam konsep probabilitas.

Kita kemudian akan membahas alasan epistemologis yang telah membuat teori fisika penting untuk memulai dengan cara ini daripada dengan mengikuti perumusan alam semesta yang isinya memiliki hubungan yang dapat dibalik *(reversible)* dengan observasi. Tetapi untuk saat ini kita hanya akan menerima teori modern sebagai hasil dari pemeriksaan *a posteriori* terhadap pengetahuan observasional, dan mencoba untuk memahami sifat ireversibilitas yang ditampilkan di dalamnya.

II

Contoh berikut akan membantu untuk memperjelas ireversibilitas yang terkait dengan probabilitas. Kita memiliki dua tas yang serupa, yaitu A dan B; A berisi dua bola putih dan satu bola merah, B berisi dua bola merah dan satu bola putih. Kita mengambil sebuah bola dari salah satu tas, dan mendapati bahwa bola tersebut berwarna putih. Dapat disimpulkan bahwa kemungkinannya 2:1 tas tersebut

adalah A. Demikian juga ketika yang kita peroleh adalah bola merah menunjukkan bahwa kemungkinannya 2:1 tas tersebut adalah B. Sekarang andaikan kita diberi salah satu tas dengan informasi bahwa kemungkinannya 2:1 tas itu adalah tas A; apa yang akan terjadi pada hasil pengambilan bola? Prinsip reversibilitas akan membutuhkan jawaban bahwa hasilnya pasti bola putih; karena jika bola merah yang didapat itu menunjukkan bahwa kemungkinannya 2:1 tas tersebut adalah tas B—yang bertentangan dengan informasi yang disebutkan. Tetapi jawaban ini, tentu saja, sangat salah; jawaban yang benar adalah kemungkinannya 5:4 bola yang didapat adalah putih.

Mari kita sebut probabilitas bahwa tas tersebut adalah A sebagai *ke-A-an* tas. Prosedur observasional tertentu yang diterapkan pada tas (pengambilan bola) dapat digunakan untuk mengukur *ke-A-an*. Dari dua hasil yang mungkin, x dan y dari prosedur, x menunjukkan $\frac{2}{3}$ *ke-A-an*, dan y menunjukkan $\frac{1}{3}$ ke-A-an. Tetapi jika prosedur ini diterapkan pada tas yang *ke-A-an*-nya diketahui $\frac{2}{3}$, hasilnya belum tentu x. Ini berbeda dengan besaran fisis biasa. Jika kita menentukan berat daripada *ke-A-an*, dan dari hasil atau pembacaan x dan y kita dapat menyimpulkan berat masing-masing 1 gram dan 2 gram tersebut, maka sudah aksiomatis bahwa berat yang sudah diketahui 1 gram akan memberikan bacaan x, bukan y.

Kontras lainnya mungkin perlu diperhatikan. Misalnya, dari hasil observasi kita telah menentukan nilai x dari sebuah besaran fisis. Jika kita mengulangi observasi dan mendapatkan hasil yang sama, kita menganggapnya sebagai

konfirmasi nilai x. Tetapi tidak demikian halnya dengan probabilitas. Dengan mengambil sebuah bola kita menentukan nilai *ke-A-an* tas menjadi $\frac{2}{3}$. Jika kita mengulangi pengambilan dan mendapatkan hasil sama (yakni putih), daripada menganggapnya sebagai konfirmasi, kita mengubah nilai dari $\frac{2}{3}$ menjadi $\frac{4}{5}$! *Ke-A-an* yang diindikasikan dengan pengambilan dua bola putih berturut-turut adalah $\frac{4}{5}$.

Untuk menunjukkan bahwa ireversibilitas yang sama berlaku untuk probabilitas sebagaimana ia digunakan dalam teori-teori fisika modern, kita dapat membandingkan gelombang probabilitas yang diperlukan dalam teori kuantum dengan gelombang suara. Menurut mekanika gelombang, observasi menentukan atau menghasilkan paket gelombang pepat dalam distribusi probabilitas. Paket gelombang ini menyebar sesuai dengan hukum yang diwujudkan dalam persamaan teori; dan kita dapat menghitung bentuk tempat paket gelombang akan menyebarkan satu satuan waktu kemudian. *Tetapi teori ini tidak menyatakan bahwa ini adalah bentuk paket gelombang yang akan dihasilkan oleh observasi yang telah membuat satu unit waktu kemudian.* Di sisi lain, jika dari bentuk gelombang suara yang ditentukan secara observasional pada satu saat kita menghitung bentuk yang akan ia sebarkan satu unit waktu kemudian, maka seluruh titik teorinya adalah bahwa kita memperoleh bentuk yang akan ditentukan oleh observasi yang telah membuat satu unit waktu kemudian.*

* Paralelisme dikaburkan oleh fakta bahwa kita berbicara tentang bentuk gelombang bunyi sebagai "sesuatu yang ditentukan secara observasional", dan bentuk gelombang probabilitas sebagai "sesuatu yang dihasilkan secara ob-

Oleh karena itu, terlepas dari implikasi lain probabilitas, kita dapat membedakannya secara formal sebagai nama yang diberikan pada sesuatu yang memiliki hubungan dengan pengetahuan observasional yang berbeda pengetahuan tentang besaran fisis biasa—sebuah hubungan yang ireversibel, bukan yang reversibel. Perbedaan mutlak ini akan tetap ada tetapi kita mengubah nomenklaturnya; dan akan terlihat bahwa harapan untuk kembali ke sesuatu seperti sistem fisika klasik dengan mengganti nama probabilitas dengan entitas tidak dapat dipenuhi.

Seluruh sistem hukum fisika yang diakui saat ini berkaitan dengan probabilitas yang, telah kita lihat, menandakan sesuatu yang memiliki hubungan yang ireversibel dengan observasi. Sebagai cara untuk menghitung probabilitas di masa depan, hukum membentuk sistem yang sepenuhnya deterministik; tetapi sebagai alat untuk menghitung pengetahuan observasional di masa depan, sistem hukum bersifat indeterministik. Ireversibilitas memastikan bahwa, meskipun kita menempatkan pengetahuan observasional yang pasti ke dalam mesin deterministik, kita tidak dapat mengambil pengetahuan observasional yang pasti dari hal tersebut. Oleh karena itu, dalam hal konten observasi, sistem fisika modern itu indeterministik.

Telah kita katakan bahwa setiap ihwal pengetahuan fisis pasti merupakan pernyataan tentang apa yang akan menjadi hasil dari pelaksanaan prosedur observasi yang ditentukan. Sekarang perlu untuk menambahkan bahwa pengetahuan fisis merupakan pernyataan yang memenuhi syarat yang ha-

servasional". Perbedaan frasa ini sendiri merupakan pengakuan atas perbedaan antara hubungan yang reversibel dan ireversibel dengan observasi.

nya mengklaim tingkat probabilitas tertentu. Secara tegas, Pengadilan Banding harus diminta untuk memutuskan, bukan apakah pernyataan itu benar, tetapi apakah pernyataan itu memiliki tingkat probabilitas yang ia klaim. Namun, biasanya kita menyerahkan pernyataan yang mengklaim memiliki probabilitas sangat tinggi sampai taraf "hampir pasti" kepada uji observasional. Probabilitas yang rendah hanya dapat diberikan uji statistik. Ini berarti bahwa pernyataan individual dari probabilitas yang rendah digantikan oleh konsekuensi statistik yang memiliki probabilitas sangat tinggi—yang cukup tinggi untuk dinilai sebagai hampir pasti—dan probabilitas yang tinggi itu diuji dengan observasi. Dengan demikian, Pengadilan Banding hanya diperlukan untuk menilai pernyataan yang diklaim hampir pasti.

Mengingat bahwa setiap ihwal pengetahuan fisis pasti menyatakan hasil prosedur observasi, kita harus menanyakan prosedur observasi apa yang hasilnya dinyatakan ketika kita memiliki pengetahuan fisis bahwa probabilitas sebuah peristiwa adalah $\frac{1}{3}$. Satu-satunya prosedur observasi dengan cara apa pun yang terkait dengan pengetahuan ini adalah uji statistik yang disebutkan di atas, yang terdiri dari penentuan frekuensi dalam kelas basar kejadian yang sejenis dengan kejadian tertentu yang dinyatakan. Kita mengutuk imoralitas pengklaiman pengetahuan observasional tentang satu hal ketika kita benar-benar telah menguji sesuatu yang berbeda. Oleh karena itu, pernyataan statistik harus dianggap, bukan sebagai sesuatu yang dideduksi dari pernyataan tentang probabilitas yang rendah, melainkan sebagai sesuatu yang menjelaskan apa yang sebenarnya dimaksudkan

oleh probabilitas yang rendah; artinya, pernyataan tentang probabilitas yang rendah harus dipahami untuk menegaskan hasil uji statistik, meskipun secara lisan tampaknya merujuk pada suatu peristiwa. Apa pun arti yang mungkin dimiliki probabilitas dalam departemen pemikiran yang lain, dalam ilmu fisis pada dasarnya probabilitas adalah suatu konsep statistik; artinya, ia *didefinisikan* sebagai frekuensi dalam kelas peristiwa.

Istilah "probabilitas" sering digunakan, tanpa implikasi statistik, dengan mengacu pada kekuatan harapan atau keyakinan kita. Ketika digunakan dalam pengertian ini, ia tidak dapat membentuk bagian dari pernyataan ilmiah, karena pernyataan itu akan dibuat tidak mampu melakukan uji observasi. Tetapi ia masih dapat digunakan untuk mengkualifikasi pernyataan secara keseluruhan—untuk menggambarkan kepercayaan diri kita atau kurangnya kepercayaan bahwa pernyataan itu akan terkonfirmasi jika diajukan ke uji observasi. Penting untuk membedakan penggunaan istilah ini secara non-kuantitatif dari penggunaan ilmiah teknisnya sebagai besaran yang dapat ditentukan secara observasioanal.†

III

Probabilitas, yang pertama kali diperkenalkan ke dalam fisika teoretis sehubungan dengan termodinamika dan teori kinetik gas, telah menjadi semakin penting dalam perkembangan selanjutnya, dan sekarang tertanam kuat sebagai

† Untuk aspek lain dari masalah probabilitas dalam fisika, lihat New Pathways in Science, Bab IV.

salah satu konsep yang paling fundamental. Kita telah melihat bahwa, karena hubungannya yang ireversibel dengan observasi, ia dapat dibedakan dari besaran fisis lainnya. Kita tidak dapat menghilangkan ireversibilitas ini dengan perubahan kerangka berpikir konseptual. Jika kita harus memutuskan bahwa ia harus dihilangkan dari fisika, maka satu-satunya cara adalah dengan meninggalkan sistem fisika saat ini dan membangun yang baru dari awal. Ini membawa kita pada pertimbangan aspek *a priori* masalah. Jika kita mempertimbangkan cara wilayah pengetahuan observasi diperoleh dan dirumuskan, pada titik apakah ia menjadi masalah kebutuhan atau kebijaksanaan untuk menyimpang menjadi probabilitas? Jawabannya tidak begitu mendasar seperti yang kita harapkan pada awalnya. Tampaknya tidak sulit untuk merumuskan pengetahuan observasional sebagai deskripsi yang tepat tentang alam semesta tanpa menggunakan konsepsi probabilitas; dan itu bukan berarti mudah untuk menempatkan seseorang pada kesalahan dalam upaya semacam itu.

Pertama-tama perlu untuk mengingat pemahaman implisit bahwa apa yang dimaksud dengan "observasi" adalah observasi *yang baik*. Untuk mendefinisikan sebuah besaran fisis, kita harus menentukan prosedur yang akan memberikan pengukuran yang baik tentangnya. Tetapi sekarang kita harus memperkenalkan pokok soal baru. "Baik" di sini tidak berarti "sempurna". Dengan observasi *yang baik*, kita dengan tegas tidak memaksudkan observasi yang sempurna.

Yang bermasalah bukan bahwa di dalam praktik semua pengukuran kita kurang lebih tidak sempurna. Tentu tidak

benar untuk mengatakan bahwa dasar pengetahuan fisis saat ini adalah observasi yang sempurna. Tetapi ini hanya kritik formal, yang dapat kita anggap telah ditanggapi secara memadai oleh teori kekeliruan observasi biasa. Jika konsep probabilitas dalam fisika telah dibatasi pada teori kekeliruan observasi, itu tidak akan menjadi perhatian besar bagi kita di sini. Tetapi itu telah menembus jauh lebih dalam ke akar-akar fisika.

Kesulitan serius muncul ketika kita membahas apa definisi observasi yang sempurna. Kita tidak hanya membutuhkan peralatan yang sempurna dan keterampilan yang sempurna, tetapi juga kondisi yang sempurna—bebas dari pengaruh yang mengganggu. Untuk melengkapi definisi, kondisi sempurna harus ditentukan dalam hal observasi. Tindaklah cukup untuk mengatakan bahwa semua pengaruh yang mengganggu harus dihilangkan; kita tidak dapat memutuskan apakah pengaruh luar merupakan gangguan atau bagian dari kondisi standar untuk observasi yang sempurna, kecuali kondisi standar dari observasi yang sempurna itu telah ditetapkan.

Eksperimenter yang baik menata ulang hal-hal di sekitar sistem yang sedang dia teliti. Dia mengelilinginya dengan termostat; dia melindunginya dari zat radioaktif; dia melawan medan magnet bumi. Ini adalah usahanya untuk mengamankan kondisi standar yang *baik*. Pengamat yang baik adalah—yang sedikit rewel. Seorang pengamat yang sempurna tidak akan dapat ditolerir. Karena kondisi *sempurna* standarnya, dia ingin mengatur ulang bintang-bintang dan meningkatkan alam semesta agar tidak dikenali.

Hal yang aneh adalah bahwa, setelah membuat pengaturannya yang sempurna, pengamat yang sempurna sering kali gagal mencapai hal-hal yang cukup mendasar bagi pengamat yang baik. Ini adalah uji sederhana. Dia diminta untuk memasukkan satu gram hidrogen pada temperatur 0^o C ke dalam bejana bulat dengan jari-jari sebesar 5 cm, dan mengukur tekanannya. Eksperimenter yang baik akan melakukan ini tanpa kesulitan; tetapi eksperimenter yang sempurna, setelah mencoba beberapa kali dan memperoleh jawaban yang sangat berbeda setiap saat, menyerah dan mengumumkan bahwa tekanannya cukup tak menentu. Alasannya adalah bahwa dalam membuat permukaan bagian dalam bejana bukan hanya ruang yang baik tetapi ruang yang sempurna, ia telah menghapus kekasaran kecil yang berguna yang menghilangkan momentum sudut yang mungkin dimiliki gas ketika dimasukkan ke dalam bejana. Akibatnya gas di masing-masing percobaan mengalami rotasi acak, dan tekanan yang diukur berbeda. Dalam berjuang demi kesempurnaan, pengamat hanya mencapai ketidakpastian.

Berbagai *kesialan* semacam ini menunggu pengamat yang sempurna yang bekerja sendiri; tetapi jika pengamat yang lain bergabung dengannya, hasilnya adalah kekacauan. Masing-masing dari mereka, untuk mengamankan kondisi yang sempurna untuk eksperimennya sendiri, akan besikeras untuk mengabaikan peralatan yang dibangun oleh orang lain. Pengamat panjang memuluskan alam semesta, sehingga tidak ada pengaruh asimetris yang dapat mendistorsi standarnya; sedangkan pengamat arah sudut mengeluh penunjuknya telah dihapus, dan alam semesta menjadi sangat

simetris sehingga tidak ada yang dapat dikenali untuk diukur.

Seorang pengamat yang sempurna adalah gangguan. Dua pengamat yang sempurna berkelahi. Tiga pengamat yang sempurna memaksa kita untuk berlindung pada konsep probabilitas.

Sementara satu pengamat yang sempurna terlibat dalam observasi utama yang memberikan kuantitas atau bacaan utama, pasukan pengamat yang sempurna harus menguji kondisi di mana observasi dilakukan sehingga koreksi yang tepat dapat diterapkan jika kondisi tersebut ternyata tidak sempurna. Barangkali mereka mungkin melakukan ini tanpa mengganggu pengamat utama; tetapi, sebagai pengamat yang sempurna, mereka juga akan membutuhkan kondisi yang sempurna untuk pengukurannya, dan kondisi ini harus diperiksa oleh sekelompok pengamat yang lebih sempurna. Hasilnya adalah anarki yang sempurna—pengamat yang berjuang untuk menghapus peralatan masing-masing, mengganggu eksperimen masing-masing, mencoba membuat setiap partikel di alam semesta menanggapi setengah lusin tes sekaligus. Untuk menghindari kegagalan kesempurnaan ini, kita harus puas berkompromi, dan percaya sedikit demi keberuntungan serta pengukuran. Jadi kita mendapatkan sistem fisika di mana keberuntungan (probabilitas) dan pengukuran dikaitkan bersama.

Telah diketahui dengan baik bahwa gangguan dari berbagai jenis pengukuran adalah sumber prinsip ketidakpastian Heisenberg, yang merupakan gerbang epistemologis bagi konsepsi probabilitas untuk memasuki teori kuantum.

IV

Praktik penggunaan istilah "observasi" yang hampir universal untuk apa yang akan lebih tepat digambarkan sebagai "sebuah ihwal pengetahuan observasional" dapat menyebabkan kebingungan dalam diskusi filosofis. Semisal, sebuah observasi terhadap magnitudo bintang yang tampak. Jika kita diminta untuk menyatakan sifat yang tepat dari observasi ini, kita memberikan penjelasan tentang prosedur fotometri yang, katakanlah, melaluinya tercapai hasil $11^{m}{\cdot}42$. Tetapi hasil ini tidak dengan sendirinya merupakan ihwal pengetahuan observasional, atau setidaknya bukan ihwal nilai ilmiah. Kita tahu sebelumnya bahwa di antara jutaan bintang, hampir pasti akan memiliki magnitudo $11^{m}{\cdot}42$. Ihwal yang berharga dari pengetahuan observasional adalah bahwa bintang *yang identitasnya telah tercatat* memiliki magnitudo $11^{m}{\cdot}42$. Prosedur observasi yang melaluinya pengetahuan ini diperoleh termasuk observasi yang diperlukan untuk mengidentifikasi bintang dan juga untuk mengukur kecerahan bintang.

Dalam *The Nature of the Physical World*, saya memperkenalkan istilah "membaca petunjuk" untuk menggambarkan sifat umum dari observasi yang tepat . Kuantitas apa pun yang kita "amati", prosedur yang sebenarnya hampir selalu berakhir dalam pembacaan posisi beberapa jenis indikator berdasarkan skala bertingkat atau padanannya. Pembacaan petunjuk adalah observasi dalam arti yang ketat; tetapi ia tidak dengan sendirinya membentuk ihwal pengetahuan observasional, yang mungkin merupakan makna yang lebih umum dari kata tersebut. Dalam contoh yang agak terkenal

dalam *The Nature of the Physical World*, yang mengacu pada pengetahuan observasi bahwa "massa gajah itu dua ton", saya mengidentifikasi "dua ton" dengan membaca petunjuk ketika gajah ditempatkan di mesin penimbang; tetapi pengetahuan bahwa massa dua ton adalah massa gajah tidak diperoleh dengan hanya memperhatikan gerakan petunjuk tersebut.

Secara lebih umum kita harus mengakui bahwa suatu ihwal pengetahuan observasional, selain melibatkan pembacaan petunjuk primer, juga melibatkan pembacaan petunjuk sekunder yang mengidentifikasi keadaan tempat pembacaan petunjuk primer terjadi. Harus diakui bahwa bahkan pembacaan petunjuk yang terisolasi adalah ihwal pengetahuan semacam itu; tetapi tidak dengan hal-hal yang berhubungan dengan metode ilmiah. Untuk pengetahuan ilmiah, asosiasi dengan pembacaan petunjuk lainnya adalah kondisi yang penting; dan karena itu kita dapat menggambarkan pengetahuan fisis sebagai pengetahuan tentang asosiasi pembacaan petunjuk.

Pembacaan petunjuk sekunder adalah "koordinat" (dalam arti umum) dari pembacaan petunjuk primer. Misalnya, ketika kita menentukan intensitas medan magnetik, kita mengasosiasikannya dengan waktu dan koordinat dalam ruang dari titik di mana penentuan berlaku. Intensitas magnetik adalah pembacaan petunjuk primer, dan koordinat dalam ruang dan waktu adalah pembacaan petunjuk sekunder. Namun rantai pembacaan petunjuk tidak berhenti di sini. Pembacaan petunjuk yang ketiga diperlukan untuk mengidentifikasi sistem koordinat yang digunakan,

dan untuk menentukan metriknya; tetapi pembacaan yang ketiga ini sudah umum untuk semua ihwal pengetahuan yang mengacu pada kerangka koordinat, dan (tidak seperti pembacaan petunjuk sekunder) tidak ditentukan lagi untuk setiap pembacaan primer. Ada pertimbangan ekonomi yang cukup besar dalam menggunakan rencana identifikasi yang sistematis seperti sistem koordinat ruang-waktu; karena kalau tidak, regresi panjang pembacaan petunjuk mungkin diperlukan untuk menghubungkan pembacaan petunjuk primer dengan elemen lain di dalam pengetauan fisis kita.

Di dalam *The Nature of the Physical World*, ditekankan bahwa pengetahuan fisis berkaitan dengan hubungan antar pembacaan petunjuk daripada dengan pembacaan petunjuk itu sendiri; dan disimpulkan bahwa konektivitas pembacaan petunjuk, seperti yang diungkapkan oleh hukum fisika, menyediakan latar belakang umum yang selalu dituntut oleh masalah-masalah realistis—latar belakang yang dijelaskan oleh pembacaan petunjuk ketiga yang tidak ditentukan lagi untuk masing-masing ihwal pengetahuan. Tetapi, jika saya berani mengkritik penulis buku tersebut, dia tidak tampak menghargai kesulitan yang muncul melalui gangguan pembacaan petunjuk dengan satu sama lain ketika kita merenungkan seperti banyaknya pembacaan petunjuk yang takterbatas. Memang benar bahwa gangguan dapat diabaikan dalam fisika molar (yang pembahasannya dalam *The Nature of the Physical World* terbatas). Tetapi dalam pembahasan fundamental tentang hal semacam ini, tidak sah untuk memisahkan fisika molar dari fisika mikroskopik; karena kita telah melihat bahwa tidak ada cabang yang

secara logis lengkap dalam dirinya sendiri.

Definisi kita tentang alam semesta fisis adalah bahwa dunia inilah yang ingin digambarkan oleh pengetahuan fisis. Gangguan observasi menciptakan kesulitan yang harus diatasi dalam satu dan dua cara. Entah kita harus mengambil deskripsi lengkap tentang alam semesta fisis untuk mewujudkan lebih dari totalitas pengetahuan yang mungkin tentang hal itu; sehingga, yang mana pun dari dua observasi yang mengganggu yang kita pilih, akan ada tempat untuknya di dalam deskripsi. Atau kita harus mengadopsi alam semesta *fleksibel* yang tidak mengandung apa-apa yang tidak direpresentasikan oleh pengetahuan kita yang sebenarnya (atau dalam diskusi teoretis, oleh pengetahuan yang seharusnya diberikan sebagai data masalah yang dibahas). Dalam alternatif pertama, kita tidak dapat secara konsisten menganggap semua ihwal dari deskripsi yang lengkap direpresentasikan oleh pembacaan petunjuk yang sebenarnya; dan karena itu tidak benar untuk mengatakan bahwa strukturnya adalah konektivitas pembacaan petunjuk. Alternatif kedua diadopsi dalam mekanika gelombang, yang menerima probabilitas gelombang yang diciptakan oleh observasi aktual terhadap besaran fisis yang terkait dengannya sebagai fitur utama dari alam semesta fisis. Jelas tidak ada pembedaan formal lagi antara studi tentang alam semesta yang fleksibel sesuai dengan pengetahuan yang kita alami tentangnya dan studi langsung tentang pengetahuan itu sendiri. Salah satu alternatif membawa kita kembali pada kesimpulan bahwa latar belakang umum diperlukan untuk menghubungkan satu ihwal pengetahuan dengan seluruh

pengetahuan, daripada satu elemen alam semesta eksternal dengan seluruh alam semesta.

V

Kita telah mencapai titik yang diinginkan untuk mengambil persediaan posisi kita. Ringkasan berikut ini akan mengingatkan kembali kesimpulan utama yang sejauh ini telah kita capai:

(1) Pengetahuan fisis (menurut definisinya) hanya mencakup pengetahuan yang mampu melakukan uji observasi; sebuah ihwal pengetahuan fisis karenanya harus menyatakan hasil prosedur observasi yang ditentukan.

(2) Definisi istilah yang digunakan dalam mengekspresikan pengetahuan fisis harus seperti untuk memastikan bahwa (1) terpenuhi. Khususnya, definisi besaran fisis harus secara jelas menentukan suatu metode untuk mengukurnya.

(3) Kepatuhan yang ketat kepada (2) melibatkan sejumlah modifikasi konsepsi dan praktik fisika klasik; dan memang masih ada pelanggaran mencolok terhadapnya dalam teori kuantum saat ini. Poin (4) hingga (9) di bawah ini muncul ketika definisi diteliti dari sudut pandang ini.

(4) Definisi pertama yang diperlukan adalah definisi tentang panjang dan interval waktu, karena definisi besaran fisis lainnya mengandaikan panjang dan interval waktu. Standar panjang dan waktu harus berupa struktur yang hanya ditentukan oleh bilangan asli (karena tidak ada istilah kuantitatif lainnya yang tersedia pada tahap awal ini). Ini berarti bahwa standar harus dapat direproduksi dari spesifikasi kuantum.

(5) Hanya standar pendek, yang cocok untuk mengukur perpindahan infinitesimal dalam ruang dan waktu, yang disediakan oleh spesifikasi tersebut; dan tidak boleh diasumsikan bahwa perpindahan infinitesimal yang diukur dapat diintegrasikan.

(6) Karena gangguan observasi yang tepat satu sama lain, upaya untuk mendefinisikan secara observasional kondisi yang tepat bagi pengukuran besaran fisis itu rusak. Oleh karena itu perlu untuk memberi peluang bagi detail-detail yang kecil.

(7) Dengan cara ini, konsepsi probabilitas dimasukkan dalam definisi fundamental. Ia memperkenalkan hubungan yang tidak dapat dibalik antara observasi dan pengetahuan observasi yang dirumuskan. Sifat tidak dapat dibalik (irreversibility) ini membuat sistem fisika yang sudah ada jadi indeterministik, yang dianggap sebagai sistem prediksi tentang apa yang dapat diamati di masa depan.

(8) Besaran tertentu yang digunakan dalam perumusan pengetahuan fisis dalam fisika klasik ternyata tidak memiliki definisi yang memenuhi (2). Besaran itu takteramati, misalnya simultanitas absolut pada jarak tertentu.

(9) Besaran lainnya, yang secara kondisional dapat diamati, telah digunakan dalam kondisi di mana mereka tidak dapat diamati. Misalnya, definisi koordinat relatif mengandaikan bahwa partikel dapat dibedakan, tetapi koordinat relatif biasa masih digunakan secara keliru dalam masalah yang berkaitan dengan partikel yang takterbedakan.

(10) Kesimpulan (4) hingga (9) diperoleh dengan mempertimbangkan cara pengetahuan fisis diperoleh dan diru-

muskan. Kita menyebut kesimpulan-kesimpulan itu sebagai kesimpulan epistemologis atau *a priori*, untuk membedakannya dengan kesimpulan *a posteriori* yang berasal dari penelitian tentang hasil observasi yang telah diperoleh dan dirumuskan dengan cara ini.

(11) Meskipun kesimpulan epistemologis merupakan bagian sifat dari kebenaran yang tidak dapat disangkal lagi, ia telah memiliki konsekuensi yang luas dalam fisika. Dengan demikian, ke-takteramati-an simultanitas mutlak (8) mengarah pada teori relativitas khusus; ke-takterintegrasi-an pergeseran (5) mengarah ke teori gravitasi Einstein; pengenalan konsepsi probabilitas dengan cara yang mendasar (7) mengarah pada metode mekanika gelombang.

(12) Dalam teori-teori yang dimodifikasi yang menghasilkan, prinsip-prinsip epistemologis memainkan bagian yang sebelumnya diambil oleh hipotesis fisis, yakni generalisasi yang disarankan oleh penelitian *a posteriori* tentang hasil observasi.

(13) Teori relativitas dan teori kuantum saat ini, sebagaimana biasanya diterima, belum sepenuhnya memanfaatkan metode epistemologis ini. Ketika pemeriksaan epistemologis terhadap definisi diterapkan secara sistematis, dan konsekuensinya ditindaklanjuti secara matematis, kita dapat menentukan semua hukum alam yang "fundamental" (termasuk konstanta alam yang murni numerik) tanpa hipotesis fisis apa pun.

(14) Ini berarti bahwa hukum fundamental dan konstanta fisika itu sepenuhnya subjektif, dan menjadi bekas dari alat indra dan intelektual pengamat terhadap pengetahuan

yang diperoleh melalui peralatan semacam itu; karena kita tidak dapat memiliki pengetahuan *a priori* tentang hukum yang mengatur alam semesta objektif.

(15) Tidak disarankan bahwa alam semesta fisis sepenuhnya subjektif. Pengetahuan fisis, selain terdiri dari "hukum alam", juga terdiri dari sejumlah besar informasi khusus tentang objek tertentu di sekitar kita. Informasi ini pasti sebagian objektif dan sebagian lagi subjektif.

(16) Hukum subjektif merupakan konsekuensi dari kerangka pemikiran konseptual yang dirumuskan melalui metode yang memaksakan pengetahuan observasional kepadanya, dan dapat ditemukan secara *a priori* dengan meneliti kerangka pemikiran serta secara *a posteriori* dengan menguji pengetahuan aktual yang telah dipaksa masuk ke dalamnya.

(17) Bentuk karakteristik dari hukum-hukum dasar fisika adalah cap subjektivitas. Jika ada juga hukum asal-usul yang objektif, maka hukum itu mungkin memiliki tipe yang berbeda. Tampaknya mungkin bahwa di mana pun efek tata kelola objektif muncul, mereka dianggap sebagai indikasi bahwa subjeknya "di luar fisika", misalnya kemauan sadar, atau mungkin di luar kehidupan.

(18) Hukum epistemologis (jika disimpulkan dengan benar) adalah wajib, universal, dan tepat. Karena hukum-hukum dasar fisika bersifat epistemologis, maka hukum-hukum itu memiliki karakter ini—yang bertentangan dengan pandangan yang biasanya diadvokasi dalam filsafat ilmu, yang menganggap bahwa itu hanyalah keteraturan empiris.

Empat bab berikutnya akan dikhususkan untuk kajian

yang lebih intensif tentang kerangka pemikiran konseptual yang mengacu pada (16). Ini akan menunjukkan secara lebih langsung cara elemen subjektif masuk ke dalam ilmu fisis, dan membantu untuk menjustifikasi nama "Subjektivisme Selektif" yang telah kita berikan kepada sistem ilmiah filsafat.

7

PENEMUAN ATAU PEMBUATAN?

I

SEKITAR 270 tahun yang lalu sebuah eksperimen historis dilakukan di kampus ini (Trinity College) yang dianggap menunjukkan sifat gabungan dari cahaya putih. Keterangan penemuan tersebut, dalam buku teks tekemuka saat sarjana, adalah sebagai berikut:*

Masih diandaikan bahwa setiap pembiasan cahaya sebenarnya menghasilkan warna, bukan hanya memisahkan warna yang sudah ada dalam cahaya putih biasa, tetapi pada tahun 1666 Newton membuat penemuan penting tentang keberadaan aktual warna dari semua jenis dalam cahaya matahari, yang ia tunjukkan tidak lain dari gabungan berbagai warna, yang dicampur dalam proporsi tertentu satu sama lain dan mampu dipisahkan oleh pembiasan jenis apa pun.

* Preston, *Theory of Light*, 2nd ed., hal.9.

Tampaknya mudah untuk menunjukkan bahwa cahaya putih matahari benar-benar merupakan campuran cahaya berbagai warna. Tetapi alih-alih membuktikannya kepada seorang siswa yang patuh, kita harus membuktikannya kepada seorang spiritualis yang melihat semua yang kita lakukan dengan kecurigaan yang sama bahwa kita harus merasa itu tugas kita untuk mengadopsi dalam menyelidiki klaimnya. Kita mulai dengan mengambil spektroskop—sebuah spektroskop prisma akan lebih dekat dengan Newton, tetapi kita kebetulan telah mendapatkan spektroskop kisi dan tidak layak untuk mengubahnya.

Kita biarkan sinar matahari jatuh pada salah satu ujung instrumen, dan mengundang ahli spiritual untuk menerapkan matanya ke sisi instrumen yang lain. Dia terkejut melihat cahaya hijau cemerlang yang, kita katakan padanya, spektroskop telah memisahkan dari warna lain yang hadir di bawah sinar matahari putih. Dengan mencurigai tipu daya, dia memeriksa setiap bagian instrumen. Dia menyambar sebuah gawai yang digores dengan ribuan garis paralel yang bagus. Dengan penuh kemenangan dia menyadari cara kerjanya. Cahaya jatuh miring sehingga garis-garis sejajar memantulkannya, tidak secara bersamaan, tetapi satu per satu. Sebuah pulsa insiden tunggal dengan demikian dikalikan dengan refleksi menjadi ribuan pulsa berikut secara berkala. Jelas ini telah diatur untuk menghasilkan periodisitas tertentu yang dikenali mata kita sebagai warna hijau. Klaim bahwa warna hijau (misalnya periodisitas hijau) sudah ada di bawah sinar matahari adalah klaim yang salah; kita telah menyembunyikan sebuah perangkat di dalam in-

strumen, yang kita harap dia tidak akan menemukannya, karena memperkenalkan periodisitas hijau. Spiritualis pergi dengan keyakinan bahwa dia telah mengekspos kecurangan janggal.

Dengan menggunakan kisi-kisi, alih-alih prisma yang bertindak lebih misterius, kita memberikan pertunjukkan tersebut. Seperti disebutkan dalam kutipan di atas, itu adalah pandangan yang berlaku sebelum Newton bahwa prisma sebenarnya menghasilkan warna; sehingga bagian penting dari demonstrasi Newton adalah serangkaian percobaan yang diyakini membuktikan bahwa prisma tidak menghasilkan warna tetapi memisahkannya. Ini yang akan kita tunjukkan pada spiritualis; tetapi tidak ada gunanya menunjukkannya sekarang. Percobaan lebih lanjut ini juga bekerja dengan kisi-kisi seperti prisma; dan apa pun yang mereka buktikan untuk prisma, mereka membuktikan untuk kisi-kisi. Tidak ada gunanya menarik mereka sebagai pendukung kesimpulan yang, dalam kasus kisi-kisi, kita lihat tidak benar.

Saya pikir bukan tidak mungkin bahwa bahkan seorang ahli mungkin jatuh ke dalam perangkap hari ini—seperti itulah kemewahan sebuah eksperimen bersejarah. Dia benar-benar tahu lebih baik; tetapi seseorang tidak selalu mengingat pengetahuan seseorang ketika diinginkan. Posisi dibuat datar oleh Rayleigh dan Schuster, dan memang merupakan bagian dari pengajaran optik biasa. Cahaya putih, seperti sinar matahari, adalah gangguan yang sangat tidak teratur tanpa kecenderungan pada periodisitas. Tetapi secara matematis kita dapat menganalisis setiap gangguan, meskipun

tidak teratur, ke dalam jumlah komponen Fourier periodik; dan kita dapat, jika kita suka, memikirkan gangguan yang tersusun dari komponen-komponen ini. Apakah spektroskop memilah periodisitas tertentu atau *mengesankannya* itu hanyalah masalah ekspresi. Gagasan "pemilahan" adalah tepat, karena spektroskop akan gagal untuk mengesankan periodisitas tertentu pada cahaya di mana komponen Fourier yang sesuai kebetulan hilang; dan sebenarnya spektrum matahari menunjukkan garis-garis gelap di mana cahaya putih gagal mengambil kesan periodisitas yang sesuai, karena komponen Fourier tertentu telah disaring dari cahaya sebelum mencapai kita. Tetapi gagasan "mengesankan" periodisitas juga tepat; karena kita seharusnya tidak mengharapkan kesan untuk mengambil materi yang cocok, dan analisis Fourier dapat dianggap sebagai uji pendahuluan matematikawan untuk melihat apakah materi akan menanggung kesan tersebut. Ini sangat tepat ketika kisi-kisi digunakan, karena "kesan periodisitas" kemudian merupakan pernyataan dasar sederhana dari *modus operandi*.

Kesalahannya bukan mengatakan bahwa komoponen hijau sudah ada di bawah sinar matahari, karena itulah cara berpikir yang sah, tetapi dengan mengklaim bahwa kita dapat memutuskan secara eksperimental antara dua bentuk deskripsi yang sama-sama diperbolehkan. Dan, dengan kealpaan kita, kebetulan bentuk deskripsi yang kita kutuk agak lebih alami dan lebih tepat daripada bentuk deskripsi yang kita lakukan untuk dipertahankan.

Kesadaran bahwa cahaya putih alami adalah gangguan yang cukup tidak teratur, di mana keteraturan diperkenalk-

an melalui metode pemeriksaan spektroskopi, adalah tanda pertama dari kegelisahan di kalangan fisikawan soal apakah dalam eksperimen kita mungkin tidak terlalu campur tangan seperti menghancurkan apa yang kita cari untuk diselidiki. Kegelisahan telah menjadi lebih akut dalam fisika atom modern, karena kita tidak memiliki alat yang cukup baik untuk menyelidiki atom tanpa terlalu mengganggunya.

Pertanyaan yang akan saya ajukan adalah—berapa banyak yang kita temukan dan berapa banyak yang kita buat melalui eksperimen kita? Ketika almarhum Lord Rutherford menunjukkan kepada kita nukleus atom, apakah dia *menemukannya* atau apakah dia *membuatnya*? Itu tidak akan memengaruhi kekaguman kita atas pencapaiannya dengan cara apa pun—kita hanya ingin tahu apa yang dia lakukan. Pertanyaan itu adalah pertanyaan yang hampir tidak dapat dijawab dengan pasti. Ini bermula pada masalah ekspresi, seperti pertanyaan apakah spektroskop menemukan atau apakah spektroskop membuat warna hijau yang spektroskop tunjukkan pada kita. Tetapi karena kebanyakan orang mungkin punya kesan bahwa Rutherford menemukan inti atom, saya akan mendukung pandangan bahwa dia membuatnya.

II

Kecenderungan penulis tentang teori kuantum mungkin lebih jauh daripada yang saya lakukan dalam menekankan campur tangan *fisis* dari eksperimen kita terhadap objek yang kita teliti. Dikatakan bahwa eksperimen menempatkan atom atau radiasi ke dalam keadaan yang karakteristiknya kita ukur. Saya akan menyebut ini sebagai perlakuan Pro-

crustean. Procrustes, yang akan Anda ingat, meregangkan atau membentangkan tamunya untuk menyesuaikan tempat tidur yang telah dibangunnya. Tetapi mungkin Anda telah mendengar seluruh ceritanya. Dia mengukur tamu-tamunya sebelum mereka pergi keesokan paginya, dan menulis sebuah makalah yang dipelajari "Tentang Keseragaman Perawakan Pelancong" untuk *the Anthropological Society of Attica*.

Namun kekerasan fisis tidak benar-benar penting. Idealnya, eksperimenter mungkin menunggu sampai kondisi eksperimennya terjadi secara alami, karena orang-orang yang terlibat dalam ilmu observasional dipaksa untuk melakukannya. Kita sangat mengganggu ketidakteraturan sinar matahari putih dengan melewatkannya melalui spektroskop; tetapi cahaya matahari terkadang turun melalui celah ke kristal alami dan membentuk spektrum tanpa bantuan kita. Kondisi standar, yang mengubah pengukuran tanpa tujuan menjadi ukuran yang baik dari besaran fisis tertentu yang berguna bagi induksi ilmiah, kadang-kadang dapat terjadi tanpa campur tangan manusia. Namun, sejauh menyangkut teori fisika, tidak ada bedanya apakah kita *menciptakan* atau *memilih* kondisi yang kita teliti. Apakah campur tangan pengamat bersifat fisis atau selektif itu tidak ada yang kurang ditandai dalam kesimpulan yang dihasilkan. Jenis observasi yang mendasari teori fisika bukanlah observasi biasa terhadap hal-hal di sekitar kita, juga bukan observasi umum yang berjalan dengan batang pengukur. Di balik istilah observasi yang "baik", tempat tidur Procrustes disembunyikan secara artistik.

Berapa lama campur tangan ini dapat dilakukan? Saya

tidak berpikir bahwa batasan apa pun dapat diatur secara *a priori*. Penting untuk diingat bahwa konsep subtansi telah lenyap dari fisika dasar; apa yang akhirnya kita dapatkan adalah bentuk. Gelombang! Gelombang!! Gelombang!!! Atau untuk sebuah perubahan—jika kita beralih ke teori relativitas—kelengkungan! Energi yang, karena dilestarikan, dapat dipandang sebagai pengganti modern dari substansi adalah kelengkungan ruang-waktu dalam teori relativitas dan periodisitas gelombang dalam teori kuantum. Saya tidak menyarankan bahwa kelengkungan atau gelombang harus dipahami dalam penegertian objektif harfiah; tetapi dua teori besar tersebut, dalam upayanya untuk mereduksi apa yang diketahui tentang energi ke gambaran yang dapat dipahami, sama-sama menemukan apa yang mereka butuhkan di dalam sebuah konsep tentang "bentuk".

Substansi (jika itu mungkin untuk mempertahankannya sebagai konsepsi fisika) mungkin telah memberikan beberapa perlawanan terhadap campur tangan pengamat; tetapi bentuk bermain di dalam tangannya. Misalkan seorang seniman mengajukan teori fantastis bahwa bentuk kepala manusia ada di blok marmer yang berbentuk kasar. Semua naluri rasional kita membangkitkan spekulasi antropomorfik semacam itu. Tidak dapat dibayangkan bahwa Alam seharusnya menempatkan bentuk semacam itu di dalam balok. Tetapi sang seniman terus memverifikasi teorinya secara eksperimental—dengan peralatan yang juga sangat sederhana. Hanya dengan menggunakan pahat untuk memisahkan bentuk untuk pemeriksaan, dia dengan penuh kemenangan membuktikan teorinya. Apakah dengan cara

inilah Rutherford mengonkretkan nukleus yang diciptakan oleh imajinasi ilmiahnya?

Jangan dikira nukleus itu semacam bola bilyar. Anggap saja ia lebih sebagai sistem gelombang. Memang benar bahwa istilah "nukleus" tidak benar-benar berlaku untuk gelombang: tetapi juga tidak menarik untuk berbicara tentang nukleus sebagai "penemuan". Penemuan tidak melampaui gelombang yang merepresentasikan pengetahuan yang kita miliki tentang nukleus.

Apakah prosedur pemahat patung secara esensial berbeda dengan prosedur fisikawan? Prosedur fisikawan memiliki konsepsi tentang bentuk gelombang yang harmonik yang dia lihat di tempat yang paling tidak mungkin—di dalam cahaya putih yang tidak teratur, misalnya. Dengan kisi-kisi, bukan dengan pahat, ia memisahkannya dari seluruh cahaya putih dan menghadirkannya untuk pemeriksaan kita. Sama seperti pematung saat memisahkan blok kasar dari marmer menjadi pecahan dan kepingan, fisikawan memisahkan gangguan gelombang yang tidak teratur menjadi gelombang hijau harmonik sederhana dan tumpukan-tumpukan komponen lainnya. Dalam metode Fourier dan metode analisis lain yang diakui, fisika memungkinkan dan mempraktikkan serpihan-serpihan bentuk menjadi komponen. Hal ini memungkinkan kita untuk memilih bentuk yang telah kita tentukan sendiri, dan memperlakukan sisanya sebagai kontaminasi yang dapat kita buang, jika kita dapat merancang alat yang diperlukan, sehingga dengan sendirinya menunjukkan bentuk yang dipilih. Di dalam setiap laboratorium fisika, kita melihat dengan cerdik alat yang dirancang untuk

mengeksekusi karya patung, sesuai dengan desain fisikawan teoretis. Terkadang alat tersebut tergelincir dan mengukir bentuk aneh yang tidak kita duga. Kemudian kita memiliki penemuan eksperimental baru.

Sulit untuk melihat di mana, jika ada, sebuah garis dapat ditarik. Pertanyaannya tidak hanya menyangkut gelombang cahaya, karena dalam fisika modern, bentuk, khususnya bentuk panjang gelombang, adalah akar dari segalanya. Jika tidak ada garis yang dapat ditarik, kita memiliki kekhawatiran bahwa analis fisika adalah seorang seniman yang menyamar, yang menenun imajinasinya menjadi segalanya—dan sayangnya bukan sepenuhnya tanpa keterampilan teknis untuk mewujudkan imajinasinya dalam bentuk konkret.

Sebuah ilustrasi dapat menunjukkan bahwa pertanyaan praktis yang serius muncul. Baru-baru ini para fisikawan nuklir banyak menulis tentang partikel-partikel hipotetis yang disebut *neutrino* yang dianggap menjelaskan beberapa fakta aneh tertentu yang teramati dalam disintegrasi "sinar-β". Kita mungkin dapat menggambarkan neutrino sekecil bit-bit spin-energi yang telah terlepas. Saya tidak terlalu terkesan dengan teori neutrino. Dengan cara biasa saya mungkin mengatakan bahwa saya tidak percaya pada neutrino.[†] Tetapi saya harus merefleksikan bahwa seorang fisikawan mungkin seorang seniman, dan Anda tidak per-

[†] Tak diragukan lagi sampai pemahaman yang lebih benar tentang masalah spin tercapai, lebih baik untuk beralih dengan neutrino daripada mengabaikan kesulitan yang ingin mereka temui. Saya tidak keberatan dengan neutrino sebagai upaya sementara, tetapi saya tidak mengharapkan mereka untuk bertahan hidup—kecuali bahwa, seperti yang disarankan dalam paragraf ini, kelangsungan hidup mungkin bukan sepenuhnya masalah manfaat intrinsik.

nah tahu di mana Anda berada dengan seniman. Jenis ketidakpercayaan Myoid pada neutrino hampir tidak cukup. Berani saya katakan bahwa fisikawan eksperimental tidak akan memiliki kecerdikan yang cukup untuk *membuat* neutrino? Apa pun yang saya pikirkan, saya tidak akan terpikat untuk bertaruh melawan keterampilan para peneliti dengan kesan bahwa itu adalah pertaruhan terhadap kebenaran teori. Jika mereka berhasil membuat neutrino, bahkan mungkin dalam mengembangkan aplikasi industri mereka, saya kira saya harus percaya—meskipun saya merasa mereka tidak bermanin cukup adil.

Pertanyaannya adalah apakah eksperimenter itu benar-benar memberikan kendali yang efektif pada imajinasi ahli teori seperti biasanya. Tentu saja dia adalah anjing penjaga yang tidak dapat disogok yang tidak akan membiarkan apa pun berlalu melewati hal yang tidak benar secara observasional. Tetapi ada dua cara untuk melakukannya—seperti yang disadari Procrustes. Salah satunya adalah untuk membongkar kekeliruan sebuah pernyataan. Cara lainnya adalah mengubah hal-hal sedikit sehingga membuat pernyataan tersebut benar. Dan diakui bahwa eksperimen kita *memang* mengubah hal-hal tersebut.

Saya telah bertindak sebagai pendukung pandangan ekstrem, yang menganggap bahwa semua prasangka alamiah Anda adalah sebaliknya. Sekarang saya harus mencoba memulihkan ketenangan seorang hakim. Saya tidak berpikir bahwa imajinasi analitis dari fisikawan matematika telah berkembang menjadi imajinasi seniman yang tak terkekang. Dia memainkan permainan sesuai dengan aturan-aturan

tertentu yang, berubah-ubah seperti yang tampak pada pandangan pertama, mengungkapkan prinsip epistemologis yang masuk jauh ke dalam akar pemikiran manusia. Ini akan kita bahas saat ini. Tetapi apakah kita memiliki jaminan bahwa aturan itu berlaku untuk selamanya? Anak laki-laki yang terlampau melanggar aturan permainan mungkin dihukum sesuai aturan oleh teman-temannya, atau dia dapat diperingatkan sebagai pendiri sepakbola Rugby. Orang yang membuat neutrino tidak akan dihukum jika dia melanggar aturan; dia akan diakui telah membebaskan fisika dari gangguan menuju ke perkembangan yang bermanfaat. Namun, kekhawatiran kita adalah karakteristik fisika masa kini dan bukan dengan apa yang akan terjadi di masa depan. Kita sekarang akan memasuki topik pembahasan yang sangat luas, yakni sifat dan asal-usul aturan yang membedakan metode fisikawan dari imajinasi bebas seniman.

8

KONSEP ANALISIS

DALAM memperkenalkan seleksi subjektif, saya menghubungkannya dengan "peralatan indrawi dan intelektual" yang digunakan dalam memperoleh pengetahuan observasional. Dimasukkannya peralatan *intelektual* mungkin tampak mengejutkan. Mudah untuk melihat bahwa peralatan indrawi kita memiliki efek selektif—bahwa sifat dan tingkat pengetahuan kita tentang dunia luar harus dikondisikan secara luas oleh jalur komunikasi dengan kesadaran, yang disediakan oleh organ indra kita. Tidak begitu jelas bahwa di dalam pikiran ada seleksi lebih lanjut yang dilakukan pada bahan yang dimasukkan ke pikiran oleh organ indra.

Saya pikir harus disepakati bahwa semua yang datang ke dalam kesadaran sebagai hasil dari stimulus organ indra adalah sejenis pengetahuan. Tidak mungkin untuk memersepsi tanpa mengetahui bahwa kita memersepsi; dan persepsi menyiratkan "pengetahuan tentang persepsi kita sebagaimana adanya". Tetapi kita di sini membahas *pengetahuan fisis*, yang merupakan ringkasan pengetahuan yang diperoleh de-

ngan metode ilmu fisis. Pemeriksaan instropektif terhadap persepsi kita sebagaimana adanya bukan merupakan bagian dari metode ilmu fisis. Aktivitas intelektual dimulai ketika kita menghubungkan persepsi kita satu sama lain. Hasil dari aktivitas ini adalah sintesis persepsi dan formulasi pengetahuan dari jenis yang berbeda dari pengetahuan persepsi individu *semacam itu*. Pengetahuan tentang keterkaitan persepsi indrawi, misalnya bunyi petir mengikuti kilatan petir, adalah awal sains. Dasar-dasar metode ilmu fisis tentu saja digunakan jauh sebelum penelitian sistematis tentang apa yang terjadi di sekitar kita diupayakan; dan bahkan pemahaman yang paling tidak canggih tentang fenomena melibatkan akal sehat dan juga indra—artinya, melibatkan aktivitas intelektual dan juga aktivitas indrawi murni dari kesadaran.

Kita telah memperhatikan spesialisasi intelektual dari pengetahuan fisis, dengan menunjukkan bahwa perolehan pengetahuan observasional berarti sesuatu yang lebih dari sekadar observasi dalam pengertian dasar untuk memperhatikan. Kita telah melihat bahwa, untuk perkembangan ilmiah yang baik, yang diperlukan adalah observasi yang baik (meskipun tidak sempurna) terhadap besaran yang ditentukan. Ada celah yang besar antara observasi yang baik dan penerimaan pasif terhadap kesan indrawi; dan di celah ini, pengaruh peralatan intelektual kita yang selektif memiliki peluang. Jika kita membicarakan urutannya, yaitu peristiwa objektif—persepsi—pengetahuan fisis, maka ada penyaringan ganda, petama oleh peralatan indra, kedua oleh peralatan intelektual. Dalam metode epistemologis sa-

at ini, kita memulai dari pengetahuan, sehingga urutannya terbalik, penyaringan intelektual menjadi yang pertama kali dipertimbangkan.

Dalam menganalisis aktivitas intelektual ini, saya akan menggunakan frase "bentuk pemikiran"; atau, ketika bentuk tersebut dalam beberapa tingkatan diuraikan, menggunakan frase "kerangka berpikir". Ini dapat dianggap sebagai bentuk atau kerangka yang telah ditentukan di awal yang pengetahuan yang kita peroleh secara observasi cocok. Semisal, bentuk pemikiran yang mengakar kuat adalah pemikiran yang merumuskan pengetahuan yang diperoleh dengan observasi sebagai sebuah deskripsi tentang dunia. Setiap ihwal pengetahuan fisis disesuaikan dengan bentuk pemikiran ini, dan dianggap sebagai fakta deskriptif tentang alam semesta. Begitu lazimnya bentuk ini sehingga pengetahuan yang tidak mementingkan keterkaitan persepsi indrawi sering dipaksa masuk ke dalamnya dan diperlakukan sebagai sebuah fakta deskriptif tentang dunia non-material—sebuah dunia yang bersifat spiritual. Saya tidak berpikir alasan untuk mendukung atau menentang penggunaan bentuk pemikiran ini lebih kuat dalam satu kasus daripada yang lain. Apa pun yang harus kita pahami harus dipahami dengan cara yang ketentuannya sudah dibuat oleh peralatan intelektual kita.

Metode penyelidikan epistemologis menuntun kita untuk mengkaji sifat kerangka pemikiran, dan karena itu diperingatkan terlebih dahulu tentang kesannya pada pengetahuan yang akan dipaksa masuk ke dalamnya. Kita dapat meramalkan secara *a priori* ciri-ciri tertentu yang akan dimiliki

oleh pengetahuan apa pun yang terkandung dalam kerangka, hanya karena ia terkandung di dalam kerangka tersebut. Ciri-ciri ini akan ditemukan secara *a posteriori* oleh fisikawan yang menggunakan kerangka pemikiran tersebut, ketika mereka memeriksa pengetahuan yang telah mereka paksa ke dalamnya. Procrustes lagi!

Ciri-ciri yang dapat diramalkan ini tidak berarti sepele; ia adalah hukum-hukum atau konstanta numerik yang diusahakan secara keras oleh fisikawan untuk dipastikan melalui observasi dan eksperimen. Semisal, hukum peningkatan massa dengan kecepatan, yang telah menjadi subjek dari banyak eksperimen terkenal. Kini disadari bahwa hukum-hukum ini secara otomatis dihasilkan dari bentuk pemikiran yang berurat-akar yang memisahkan tatanan empat-lipatan peristiwa menjadi tatanan tiga-lipatan ruang dan tatanan waktu. Ketika pengetahuan diformulasikan dalam kerangka yang memaksa kita untuk memisahkan dimensi waktu dari tatanan empat-lipatan, maka komponen yang disebut massa juga dipisahkan dari vektor empat-lipatan; dan itu tidak memerlukan kajian yang sangat mendalam tentang kondisi pemisahan untuk melihat bagaimana komponen yang terpisahkan terkait dengan sisa vektor yang menentukan kecepatannya. Hubungan inilah yang ditemukan kembali ketika kita menentukan secara eksperimental perubahan massa dengan kecepatan.

Dalam satu pengertian, pandangan teori relativitas telah membebaskan kita dari kerangka pemikiran yang memisahkan dimensi waktu dari sisa tatanan empat-lipatan; dan hukum variasi massa dengan kecepatan seharusnya telah

menghilang dari fisika, karena mengacu pada konsepsi yang terkait dengan kerangka yang dibuang. Fakta yang sesuai dengannya dalam kerangka pemikiran yang baru adalah sebuah kebenaran yang jelas yang tidak membutuhkan penyebutan secara terpisah. Tetapi pandangan sekilas pada literatur fisika modern menunjukkan bahwa hukum tidak menghilang; dan nilai pentingnya sama seperti ketika keterampilan tertinggi eksperimenter sedang diterapkan untuk memastikannya secara empiris. Posisi sebenarnya adalah bahwa dengan pandangan relativitas kita "melihat melalui" bentuk pemikiran, tetapi kita tidak benar-benar membuangnya—kecuali untuk sementara dalam penelitian khusus di mana pandangannya yang terdistorsi akan menjadi penghalang. Oleh karena itu, hukum perubahan massa dengan kecepatan memelihara tempatnya sebagai sebuah kesimpulan ilmiah; dan itu sama sekali bukan kesimpulan sepele. Uji kesepelean pasti apakah hasilnya tampak sepele sebelum kita memahami sifat sesungguhnya. Bahkan penciptaan kelinci dari topi adalah fenomena sepele jika Anda tahu bagaimana hal itu dilakukan.

Tidak mungkin menentukan kerangka tertentu sebagai kerangka yang berlaku secara konsisten di seluruh fisika masa kini. Bagaimanapun juga kita harus membedakan antara kerangka pemikiran yang sesuai dengan pelopor-pelopor teori modern dan kerangka yang melengkapi sebagian besar kosakata kita saat ini. Yang terakhir ini kurang lebih sama seperti kerangkan yang sesuai dengan pemahaman umum tentang hal-hal di sekitar kita. Tetapi bahkan pemahaman yang akrab tidak secara konsisten melekat pada kerangka

pemikiran siapa pun. Misalnya, dengan melihat ke bawah dari sky-scraper, kita melihat sejumlah benda kecil berjalan di jalan di bawah. Kesimpulan bahwa mereka adalah objek-objek perawakan manusia normal, dibuat tampak kecil oleh jarak, bukan masalah ketakutan langsung; itu adalah interpretasi tentang apa yang kita tangkap. Tetapi untuk benda-benda yang dekat dengan kita, kerangka ilmiah telah menjadi kerangka biasa. Ketika seorang pria berjalan menjauh dari kita di sebuah ruangan, kita tidak "melihat" dia semakin kecil. Kita melihat, atau berpikir kita melihat, objek dengan ukuran konstan mengubah jaraknya dari kita; dan hanya dengan usaha introspeksi, kita meyakinkan diri kita bahwa citra visual semakin mengecil.

Karena merupakan bagian dari seni fisika untuk menggunakan bentuk pemikiran umum sebagai pelayan ketika mereka berhenti menjadi tuan kita, maka hampir tidak akurat untuk mengatakan bahwa mereka telah dibuang. Lebih baik mengatakan bahwa kemajuan fisika telah membebaskan kita dari beberapa bentuk pemikiran yang umum. Kita menggunakannya, tetapi kita tidak tertipu olehnya.

II

Teori-teori fisika modern telah membebaskan kita dari bentuk-bentuk pemikiran tradisional tertentu. Itulah mengapa mereka tampak sangat revolusioner. Apakah ini adalah puncak kemajuan, atau apakah masih ada dalam pandangan kita bentuk-bentuk pemikiran lain yang menghalangi kemajuan yang suatu saat fisikawan masa depan akan berhasil membebaskan diri darinya? Dan jika demikian, bisakah emansipasi

itu berlanjut tanpa batas, atau apakah ia mendekati batas tempat bentuk-bentuk pemikiran yang bertahan hidup akan menjadi kebutuhan pemikiran yang sebenarnya?

Kita akan menguji beberapa bentuk pemikiran yang masih tetap tak tertandingi dalam pandangan ilmiah. Kita curiga terhadap frasa "kebutuhan pemikiran"; karena pemikiran ilmiah telah terbiasa berbuat tanpa banyak kebutuhan. Tetapi, apakah kebutuhan atau bukan, bentuk-bentuk yang akan kita bahas memiliki pegangan pada kita yang tampaknya jauh lebih kuat daripada yang kita miliki sampai sekarang terbuang.

Hal yang paling mendasar dari semua bentuk pemikiran untuk sebuah pandangan ilmiah, saya pikir, adalah *konsep analisis*. Ini berarti konsepsi keseluruhan sebagai sesuatu yang dapat dibagi menjadi beberapa bagian, sedemikian rupa sehingga koeksistensi bagian-bagian membentuk eksistensi keseluruhan. Dalam sebuah definisi formal, saya seharusnya tidak menggunakan istilah "eksistensi" karena ia mengacu pada konsep yang mungkin kurang mendasar daripada konsep analisis. Tetapi definisi formal tidak diperlukan dalam merujuk pada bentuk pemikiran Anda sendiri. Penjelasan saya cukup bagi Anda untuk mengenali bentuk yang saya maksud, dan itu saja yang diperlukan.

Hal yang harus saya tekankan adalah bahwa saya mengacu pada konsepsi *sekumpulan bagian-bagian*, bukan pada konsepsi individual tentang suatu bagian. Dalam konsep analisis, bagian selalu merupakan anggota dari kumpulan bagian yang lengkap, dan signifikansinya terikat dengan sistem analisis tempat ia ada. Jika perlu, kita dapat me-

nyatakan hubungan ini sebagai bagian dari sistem analisis dengan menggunakan "komponen", tetapi mungkin terlalu banyak terminologi matematika untuk penerapan yang sangat umum ini.

Pada pandangan pertama, desakan saya bahwa bagian harus selalu dikaitkan dengan analisis terhadap satu kumpulan bagian-bagian yang lengkap tampak seperti formalitas yang tidak berguna. Kita dapat mengenali bahwa kepala adalah bagian dari tubuh tanpa mengacu pada klasifikasi anatomis yang sistematis terhadap bagian-bagian tubuh. Untuk memenuhi persyaratan formal konsep analisis, kita dapat mengatakan bahwa kepala adalah bagian dari tubuh yang terkait dengan sistem analisis yang membagi tubuh menjadi dua bagian, yaitu kepala dan bagian tubuh yang lain. Tetapi karena itu berlaku untuk setiap bagian yang dipilih secara acak dari apa pun, perujukan ke sistem analisis menjadi tautologi.

Untuk menjelaskan mengapa kita harus mulai dari gagasan tentang kumpulan bagian-bagian yang lengkap daripada dari gagasan tentang sebuah bagian yang tampaknya lebih sederhana, saya harus mengajukan pertanyaan. Apakah lubang kecil pada sebuah laras merupakan bagian dari laras? Pikirkan baik-baik sebelum Anda menjawab; karena seluruh struktur fisika teoretis gemetar dalam keseimbangan. Anggaplah jawabannya adalah: Ya. Maka laras yang sebenarnya harus dianggap terdiri dari laras yang tidak berlubang dan dilengkapi dengan lubang—yaitu struktur kayu yang tertutup dengan kuantitas kayu yang dikurangi. Pertanyaan itu bukan soal apakah ini mengungkapkan kebenaran abso-

lut. Pertanyaannya adalah apakah ini merupakan bentuk pemikiran yang akan kita izinkan untuk digunakan. Dalam bentuk pemikiran ini, salah satu bagian, yaitu laras yang tidak berlubang, lebih banyak dari keseluruhan. Euclid dalam kepolosannya berpikir bahwa "keseluruhan lebih besar dari bagian"; tetapi Euclid tidak berkenalan dengan fisika modern.

Jawaban kita telah membuat istilah "bagian" tidak bermakna dalam dirinya sendiri. A dan B dapat berarti apa saja, tetapi A selalu menjadi bagian dari B; karena bentuk pemikiran kita mengakui pembagian B menjadi dua bagian, yaitu A dan $B - A$. Istilah "bagian" karenanya hanya dapat digunakan secara bermanfaat untuk bagian-bagian yang terkait dengan suatu sistem analisis, dan keseluruhan signifikansi suatu bagian dikaitkan dengan sistem analisis tempat ia muncul. Tidak ada yang mengatakan bahwa A adalah bagian dari B; tetapi ia menyampaikan sesuatu untuk mengatakan bahwa A adalah salah satu bagian yang muncul dalam sistem analisis khusus yang diterapkan pada B.

Selanjutnya anggaplah bahwa kita mematuhi aksioma Euclid dan memutuskan bahwa lubang kecil sebuah laras bukan bagian dari laras. Keberatan untuk ini adalah bahwa ia telah lama berhenti menjadi bentuk pemikiran yang digunakan dalam fisika. Menurut saya, ini adalah asosiasi gabungan dari dua konsep, yaitu konsep analisis dan konsep substansi. Konsep substansi memperkenalkan pembedaan yang jelas antara positif dan negatif; sehingga kita dapat memiliki bentuk konsep analisis yang terbatas, yang da-

pat kita sebut analisis substansi, di mana sistem analisis dibatasi untuk mereka yang menyediakan satu kumpulan bagian-bagian *positif* yang lengkap. Ketika analisisnya tidak terkait dengan substansi (atau dengan konsep yang setara secara struktural), misalnya ketika ia terkait dengan bentuk gelombang, maka pembatasan tidak dapat dipaksakan. Di dalam optik, kegelapan dianggap terdiri dari dua gelombang cahaya yang mengganggu; cahaya dapat menjadi "bagian" dari kegelapan. Dalam analisis Fourier, komponen-komponen secara parsial melenyapkan satu sama lain dalam gaya kuantitas positif dan negatif. Dengan demikian, meskipun mungkin ada kasus dalam fisika di mana analisis diterapkan pada entitas yang menurut definisi pada dasarnya positif dan pembatasan analisis substansi berlaku, sekarang kita melihatnya sebagai pembatasan insidental dalam penerapan tertentu dan bukan sebagai bagian dari konsep dasar analisis.

Bahwa bentuk umum dari konsep analisis adalah bentuk yang diterima dalam ilmu fisis itu ditunjukkan secara meyakinkan oleh contoh positron. Positron adalah lubang yang telah dihilangkan elektronnya; ia adalah lubang kecil yang akan menyatu dengan lingkungannya jika sebuah elektron disisipkan. Tetapi akan menjadi tidak mungkin untuk mendefinisikan "bagian" sedemikian rupa sehingga elektron adalah bagian dari sistem fisika tetapi positron bukan.

Anda akan melihat bahwa fisikawan membiarkan dirinya memiliki kebebasan yang lebih besar daripada pematung (p. III). Pematung menghilangkan material untuk mendapatkan bentuk yang diinginkannya. Fisikawan melangkah lebih jauh

dan menambahkan materi jika diperlukan—sebuah operasi yang ia gambarkan sebagai membuang material negatif. Dia mengisi lubung kecil, sembari mengatakan bahwa dia mengeluarkan positron. Tetapi dia masih mengklaim bahwa dia hanya menyingkapkan—atau mengelompokkan—sesuatu yang sudah ada di sana.

Sekali lagi saya akan mengingatkan Anda bahwa kebenaran objektif bukanlah pokok yang dipersoalkan. Kita tidak boleh membuat kesalahan, yang diilustrasikan pada awal Bab VII, dalam mencoba memutuskan dengan uji eksperimental yang krusial antara dua bentuk ekspresi yang berbeda. Saya berani mengatakan Anda memiliki deretan argumen untuk membuktikan kepada saya dengan logika yang takterbantahkan bahwa lubang kecil bukan bagian dari laras. Tetapi ini sangat tidak relevan; ia hanya akan menunjukkan bahwa Anda tidak menggunakan (kecuali melalui ketidaksengajaan) istilah "bagian" dengan keumuman makna sebanyak yang dilakukan oleh fisikawan.

Tujuan kita adalah untuk mengekspos, tidak perlu untuk membenarkan, kerangka pemikiran yang mendasari ekspresi pengetahuan fisis kita. Secara parsial, setidaknya kita membebaskan diri dari sebuah kerangka pemikiran segera setelah kita menyadari bahwa itu hanyalah kerangka pemikiran dan bukan kebenaran objektif yang kita terima. Kekuatan apa pun yang merusak yang mungkin ia miliki disterilkan selama ia tetap terbuka. Saya tidak ingin mengatakan bahwa konsep analisis adalah suatu kebutuhan pemikiran, meskipun tampaknya merupakan keharusan dari setiap bentuk pemikiran ilmiah. Tetapi, apakah ia merupakan bentuk

yang diperlukan atau tidak, itu telah mendominasi perkembangan fisika masa kini, dan kita harus menindaklanjuti pengaruhnya pada skema deskripsi fenomena yang telah dihasilkan.

III

Jelas bahwa konsep analisis sebagaimana yang diterapkan dalam fisika harus memiliki spesialisasi sesuai dengan beberapa prinsip pemandu; kalau tidak, tidak akan ada kesepakatan umum yang sama dengan produk analisis dunia fisis, yaitu molekul, atom, proton, elektron, foton, dll. Ada bentuk pemikiran lain yang telah memilih sistem analisis untuk diterapkan dalam fisika. Saya akan menyebut spesialisasi konsep analisis ini sebagai *konsep atomik*, atau untuk presisi yang lebih besar *konsep satuan struktural yang identik*.

Konsepsi baru ini, bukan hanya bahwa keseluruhan dapat dianalisis menjadi satu kumpulan bagian yang lengkap, melainkan juga dapat dianalisis menjadi bagian-bagian yang mirip satu sama lain. Ia berada pada kutub yang berlawanan dari analisis, katakanlah, tentang seorang manusia menjadi jiwa dan tubuh, di mana kedua bagian itu termasuk kategori entitas yang sama sekali berbeda. Saya akan melangkah lebih jauh, dan mengatakan bahwa tujuan analisis yang digunakan dalam fisika adalah untuk memecah alam semesta menjadi satuan-satuan struktural yang sama *persis* satu sama lain.

Mungkin ada keberatan bahwa satuan-satuan struktural yang diakui dalam fisika masa kini, meskipun mirip satu sama lain sampai tingkat tertentu, tidak sama persis. Kom-

ponen Fourier dari cahaya putih, meskipun semua rentetan gelombang harmonik sederhana, berbeda panjang gelombangnya—perbedaan yang kita amati sebagai perbedaan warna. Tetapi perbedaan ini tidak instrinsik. Perbedaan tersebut bergantung pada hubungan pengamat dengan satuan struktural; jika rentetan panjang gelombang tersebut menjauh dari sumber cahaya, lampu hijau berubah menjadi merah. Secara instrinsik, semua konstituen cahaya—rentetan gelombang atau foton—itu persis sama; hanya dalam hubungannya dengan pengamat atau dengan objek eksternal pada umumnya, konstituen cahaya itu berbeda. Itulah esensi dari teori relativitas. Semua variasi di dunia, semua yang dapat diamati, berasal dari berbagai hubungan antar entitas. Oleh karena itu, ketika kita mempertimbangkan sifat instrinsik atau struktur entitas yang terkait, tidak ada yang tersisa kecuali kesamaan—sejauh sifat atau struktur itu datang dalam lingkup pengetahuan fisis dan merupakan bagian dari alam semesta yang digambarkan oleh pengetahuan fisis.

Mengakui bahwa satuan-satuan dasar yang ditemukan dalam analisis kita tentang alam semesta persis sama secara instrinsik, pertanyaannya tetap apakah ini karena kita harus berurusan dengan alam semesta objektif yang dibangun dari satuan-satuan dasar tersebut, atau apakah ia karena bentuk pemikiran kita seperti hanya mengenali sistem analisis yang akan menghasilkan bagian-bagian yang persis sama satu sama lain. Pembahasan sebelumnya telah mengarahkan kita untuk menerima pertanyaan terakhir sebagai penjelasan yang benar. Kita telah mengklaim dapat menentukan

melalui penalaran *a priori* sifat-sifat partikel dasar yang diakui dalam fisika—sifat dikonfirmasi oleh observasi. Ini tidak mungkin jika satuan-satuan tersebut adalah satuan objektif. Dengan demikian, kita menjelaskan pengetahuan *a priori* ini sebagai pengetahuan yang murni subjektif, yang hanya mengungkapkan kesan alat indra yang melaluinya kita memperoleh pengetahuan tentang alam semesta dan dapat deduksi dari penelitian tentang peralatan. Kita sekarang mengatakan lebih eksplisit bahwa itu adalah kesan dari kerangka pemikiran kita pada pengetahuan yang dimasukkan ke dalam kerangka.

Kita baru saja melihat bahwa konsep satuan struktural yang identik itu tersirat dalam pandangan relativitas, yang mengaitkan keanekaragaman dengan relasi dan bukan dengan perbedaan instrinsik dalam relata; tetapi saya kira akan terlalu berlebihan untuk mengklaim bahwa pandangan relativitas itu tertanam dalam diri kita—bahwa pikiran kita terbentuk demikian sehingga kita tidak dapat membantu membentuk pemikiran kita dengan cara Einsteinian. Oleh karena itu, saya ingin menunjukkan bahwa konsep satuan struktural yang identik itu mengekspresikan kebiasaan dasar dan naluriah dari pemikiran, yang secara tidak sadar mengarahkan jalannya pengembangan keilmuan. Singkatnya, adalah kebiasaan pemikiran yang selalu menganggap keanekaragaman sebagai tantangan untuk analisis lebih lanjut; sehingga hasil akhir *yang paling puncak* dari analisis hanya dapat menjadi kesamaan. Kita terus memodifikasi sistem analisis kita sampai ia menghasilkan kesamaan yang kita inginkan, dan menolak upaya sebelumnya (teori fisis

sebelumnya) sebagai upaya yang tidak cukup mendalam. Kesamaan entitas utama alam semesta fisis adalah konsekuensi yang dapat diduga dari pemaksaan pengetahuan kita ke dalam bentuk pemikiran ini. Bahwa ini benar-benar tertanam dalam diri kita dapat dilihat dari contoh berikut ini.

Analisis materi, seperti yang biasanya disajikan dalam teori masa kini, mencapai tingkat homogenitas yang cukup besar pada bagian-bagian akhir, tetapi tidak cukup mencapai ideal. Kita menemukan proton yang sama persis satu sama lain; kita juga menemukan elektron, yang sama satu sama lain tetapi berbeda dari proton. Dengan demikian fisikawan mengakui dua macam satuan dasar; dan saat ini sulit untuk tidak menambahkan beberapa yang lain. Mengapa proton berbeda dari elektron? Jawaban yang disarankan oleh teori relativitas adalah bahwa mereka sebenarnya adalah satuan-satuan struktur yang serupa, dan perbedaan itu muncul dalam hubungan mereka dengan distribusi umum materi yang membentuk alam semesta. Yang satu terkait dengan tangan kanan dan yang lainnya dengan tangan kiri. Ini menjelaskan perbedaan isi; dan perbedaan massa (dengan cara yang lebih rumit) juga merupakan perbedaan hubungan dengan materi eksternal yang tanpanya tidak akan ada cara untuk menentukan observasi massa. Tidak ada keraguan bahwa jawaban ini benar; tetapi yang menarik bagi kita di sini bukanlah jawaban ilmiah yang dihasilkan dari penerapan teoretis relativitas, tetapi cara kita secara naluriah mencoba memperhitungkan perbedaan tersebut. Kita tidak dapat membiarkan diri kita memikirkan perbe-

daan antara proton dan elektron sebagai dualisme yang tak dapat direduksi—seperti perbedaan antara jiwa dan tubuh. (Saya menggunakan perbandingan terbaik yang dapat saya temukan; tetapi bentuk pemikiran, yang bersikeras untuk menyokong—atau menjelaskan—variasi, sangat universal sehingga bahkan dualisme jiwa dan tubuh ditantang olehnya). Kita menemukan perbedaan antara proton dan elektron bukan segera setelah kita mulai bertanya apa yang membuat mereka berbeda. Ketika pertanyaan ini muncul, kita selalu jatuh kembali pada struktur. Kita mencoba menjelaskan perbedaan sebagai perbedaan struktur, yaitu struktur proton yang mungkin lebih rumit. Tetapi jika proton dan elektron memiliki struktur, mereka tidak dapat menjadi satuan terakhir dari struktur yang dibangun. Oleh karena itu keberagaman hasil akhir analisis fisis saat ini adalah indikasi bahwa kita belum menyentuh bagian bawah; dan kita harus mendorong penyelidikan kita lebih jauh, sampai kita mencapai satuan yang identik yang tidak akan menantang kita untuk melakukan analisis lebih jauh lagi. Kesimpulan itu sebenarnya keliru, karena perbedaan antara proton dan elektron adalah dalam hubungan eksternal dan bukan hubungan instrinsik. Tetapi kesimpulan yang salah itu memuat informasi tentang latar belakang pemikiran kita; dan pemikiran yang sangat mengganggu adalah anggapan bahwa segala sesuatu yang berbeda itu karena mereka memiliki struktur yang berbeda. Perbedaannya terletak di dalam struktur dan bukan di dalam satuan yang membangun struktur.

Oleh karena itu saya menyimpulkan bahwa bentuk pemi-

kiran kita yang berurat-berakar adalah demikian sehingga kita tidak akan merasa puas sampai kita mampu mewakili semua fenomena fisis sebagai interaksi sejumlah besar satuan struktural yang secara instrinsik sama. Semua keberagaman fenomena kemudian akan terlihat sesuai dengan berbagai bentuk keterkaitan satuan-satuan yang berbeda atau, sebagaimana biasanya kita katakan, dengan konfigurasi yang berbeda. Tidak ada apa pun di dunia luar yang mendiktekan analisis ini ke dalam satuan-satuan yang serupa, sama seperti tidak ada apa-apa dalam vibrasi cahaya putih yang tidak teratur yang menentukan analisis kita terhadapnya menjadi rentetan gelombang monokromatik. Pendiktean berasal dari cara berpikir kita sendiri yang tidak akan menerima bentuk solusi lain apa pun terhadap masalah yang disajikan oleh pengalaman indrawi sebagai solusi terakhir.

Dalam teori kuantum saat ini, analisis itu mendekati, tetapi belum mencapai, ideal ini. Karena alasan itu, fisikawan kuantum masih belum puas meskipun mereka telah sampai ke dasar hubungan berbagai jenis partikel yang mereka kenali, dan hubungan antara gravitasi, elektromangnetisasi, dan kuantisasi. Untuk bagian saya sendiri, saya pikir penjelasan yang diberikan di sebagian besar buku tentang teori kuantum sama sekali tidak merepresentasikan pengetahuan kita tentang masalah ini sepenuhnya. Jika perhatian lebih banyak diberikan kepada sisi relativitas masalah, maka garis besar utama perluasan teori fisika dari titik-berhenti teori kuantum saat ini menuju ke satuan struktural akhir itu cukup jelas. Penjelasan umum tentang perkembangan sistem rasional fisika, mulai dari satuan struktural, diberikan

pada halaman 162-169. Untuk rincian lebih lengkap tentang langkah-langkah yang kita lalui dari awal sehingga dapat menyimpulkan hukum dan konstanta alam yang diterima, silakan merujuk ke risalah matematis yang saya tulis.*

IV

Biasanya tersirat dalam konsep analisis bahwa bagian-bagian itu mencukupi dirinya sendiri *(self-sufficient)*. Tanpa upaya keras untuk berpikir, sebuah bagian itu dapat dipahami sebagai sesuatu yang ada tanpa bagian-bagian lain yang berbatasan dengannya. Atau, untuk memahaminya secara lebih ketat, kita dapat memahami keseluruhan yang, ketika masuk ke dalam sistem analisis yang kita gunakan, tidak akan menghasilkan sesuatu yang lebih dari satu bagian ini. Fisikawan teoretis menggunakan konsepsi tentang keswasembada-an ini ketika, untuk menyelidiki struktur atom, ia menyingkirkan seluruh alam semesta kecuali atom yang satu ini dari pembahasan.

Tetapi di sini timbul pertentangan konsepsi. Jika sebuah bagian, misalnya sebuah atom, adalah sesuatu yang bisa ada tanpa bagian lain alam semesta, dan bagian lain alam semesta itu adalah sesuatu yang bisa ada tanpa atom yang satu ini, maka tubuh kita (yang merupakan bagian lain dari alam semesta) adalah sesuatu bisa ada tanpa atom ini, dan oleh karena itu kita tidak dapat memiliki pengalaman indrawi dengan cara apa pun yang berhubungan dengan atau berasal dari atom tersebut.

Konsepsi bagian-bagian alam semesta fisis yang secara

* *Relativity Theory of Protons and Electrons* (Cambridge, 936).

permanen bersifat swasembada merupakan kontradiksi-diri; karena bagian-bagian tersebut tentu di luar pengetahuan observasi, dan karena itu bukan bagian dari alam semesta yang ingin digambarkan oleh pengetahuan observasional.

Struktur model atom itu tidak lengkap kecuali mengandung beberapa ketentuan yang dengannya kita dapat menyadari apa yang terjadi di atom. Singkatnya, fisika telah membuat dunia hancur berkeping-keping, dan memiliki tugas menyatukannya kembali. Penyatuan itu disebut *interaksi*.

Salah satu pencapaian paling luar biasa dari teori kuantum saat ini adalah bagaimana ia telah mengatasi kesulitan dalam memberikan semacam ke-swasembada-an kepada bagian-bagian alam semesta, yang tidak menghalangi bagian-bagian tersebut untuk berinteraksi dengan bagian lain alam semesta. Untuk masing-masing jenis atom ada sekumpulan keadaan dasar *(eigenstate)*, masing-masing keadaan sesuai dengan struktur yang berbeda. Keadaan-keadaan inilah yang merupakan hasil akhir dari analisis kita—bukan atom itu sendiri. Atom itu sendiri adalah kombinasi dari keadaan-keadaannya; atau, seperti umumnya kita katakan, ia memiliki berbagai kemungkinan ada di dalam keadaan yang berbeda. Demikian juga satuan struktural yang utama (yang diidentifikasi pada halaman 163 dengan "simbol eksistensi sederhana") adalah elektron atau proton dalam keadaan dasar—bukan, seperti biasanya diamati, dalam kombinasi keadaan-keadaan dasar. Ketika sebuah atom terganggu oleh partikel lain, keadaan dasarnya tidak terganggu; strukturnya tetap sama seperti ketika atom sama sekali ter-

isolasi dari sekitarnya. Satu-satunya hal yang terganggu adalah distribusi probabilitas antara berbagai keadaan dasar. Dengan demikian bagian analitis dari alam semesta itu memiliki struktur yang swasembada; tetapi pengetahuan observasional kita berkaitan dengan distribusi probabilitas di antara mereka, dan dalam hal distribusi probabilitas, mereka berinteraksi.

Semakin dekat kita mempelajari metode analisis kuantum, maka kita semakin menghargai kerapian cara mengatasi konflik pemikiran yang membutuhkan bagian-bagian yang dihasilkan oleh analisis untuk menjadi mandiri secara konseptual, tetapi saling bergantung dalam observasi aktual.

Fakta bahwa mungkin untuk menganalisis alam semesta menjadi bagian yang benar-benar independen dan kemudian menambahkan interaksi antara bagian-bagian tanpa memodifikasi analisis itu kurang misterius ketika kita menyadari bahwa interaksi dapat sepenuhnya subjektif. Bahkan jika bagian-bagian itu sendiri sepenuhnya objektif, dan tidak memiliki pengaruh fisis pada perilaku bagian-bagian yang lain, sebuah interaksi subjektif dapat muncul dalam pengetahuan kita tentang mereka. Kita telah melihat bahwa hasil akhir dari analisis kita pasti merupakan satuan struktural yang identik, yang karenanya satu sama lain tidak dapat dibedakan secara observasional, sehingga mereka dapat dipertukarkan tanpa memengaruhi observasi. Sebaliknya, sistem yang dapat disimpulkan dari observasi—yaitu sistem yang dapat diketahui—kurang terkhususkan dibandingkan sistem objektif, karena partikel-partikel individu dalam sistem yang dapat diketahui dibiarkan tidak teri-

dentifikasi. Kita hanya dapat mengatakan bahwa partikel sistem yang dapat diketahui memiliki probabilitas yang sama untuk menjadi salah satu dari partikel objektif. Dalam membandingkan perilaku sistem yang dapat diketahui dengan perilaku sistem objektif, penjelasan harus diambil dari efek statistik yang takterbedakan. Efeknya setara dengan apa yang akan dihasilkan oleh gaya interaksi fisis. Semisal, sebuah partikel mungkin tampak menyimpang dari posisi yang diharapkan karena telah dipengaruhi oleh sebuah gaya atau, karena ke-takterbedakan-an observasional, partikel lain telah dikelirukan dengannya. Contoh interaksi murni subjektif ini diberikan pada halaman 36.

Sekarang ada alasan kuat untuk percaya bahwa *semua* gaya interaksi dalam fisika muncul dari ke-takterbedakan-an partikel-partikel terakhir. Oleh karena itu interaksi asal subjektif. Kita telah mengakui subjektivitas parsial terhadap partikel-partikel utama, tetapi interaksi akibat ketakterbedakan-an tidak bergantung pada hal ini. Ini bukan ketaksempurnaan analisis kita yang gagal memisahkan alam semesta menjadi bagian-bagian yang sepenuhnya independen, dan meninggalkan sejumlah interaksi di antara mereka; ini lebih merupakan kesempurnaan analisis yang membawa hasil ini. Kita telah memperhatikan argumen bahwa ada semacam diskontinuitas antara "baik" dan "sempurna" di dalam fisika. "Sempurna" bukanlah superlatif dari "baik", yaitu "baik" yang telah melampuai dirinya dan menggagalkan tujuannya sendiri. Jika tujuan analisis adalah untuk memisahkan, maka ia harus segera berhenti dari satuan struktural utama; karena ketika bagian-bagian men-

jadi begitu sederhana sehingga mereka takterbedakan, maka ke-takterbedakan-an itu membingungkan mereka dalam pengetahuan observasional kita dan, dalam satu pengertian, membatalkan pemisahan yang telah disebabkan oleh analisis.

V

"Substansi" adalah salah satu konsep yang paling dominan dalam pandangan kita tentang dunia pengalaman indrawi, dan ia adalah sesuatu yang terus-menerus digeluti sains. Kita telah menyentuh salah satu aspeknya—bahwa ia pada dasarnya bersifat positif, yang berbeda dengan bentuk yang bersifat positif dan sekaligus negatif. Sifat lain dari subtansi adalah permanensi atau semi-permanensi; dan dalam hal ini fisika telah melepaskan dirinya dari konsep substansi hanya untuk menggantikannya dengan sesuatu yang sama-sama bersifat permanen. Oleh karena itu, secara tidak langsung, substansi masih mendominasi bentuk pemikiran kita—yaitu substansi yang dicairkan, yang hanya tersisa sifat permanensinya.

Menurut bentuk pemikiran ini, analisis alam semesta ke dalam bagian-bagian itu diperlukan bukan agar menjadi pemisah sementara, melainkan agar menjadi sebuah pemisahan ke bagian-bagian yang memiliki tingkat permanensi tertentu. Permanensi dirumuskan secara ilmiah dalam hukum konservasi—yaitu konservasi massa, energi, momentum, muatan listrik. Dalam hubungannya dengan konsep atom, persyaratan permanensi mengarahkan kita untuk mengenali satuan-satuan (proton dan elektron) yang biasanya,

dan mungkin sama sekali, tidak dapat dihancurkan sebagai partikel dasar utama. Lebih lanjut, di dalam mekanika gelombang yang secara eksplisit berkaitan dengan probabilitas, kita memiliki analisis ke keadaan-keadaan dasar, yaitu distribusi probabilitas yang tetap yang memiliki tingkat permanensi yang cukup besar.

Karena perbedaan skala waktu alami yang bersangkutan, permanensi memiliki signifikansi epistemologis yang berbeda dalam fisika molar dari permanensi di dalam fisika mikroskopis. Dalam skala waktu fluks atom, seperseratus detik sebenarnya adalah keabadian. Ciri-ciri harus "abadi" dengan standar ini jika ia benar-benar muncul dalam skala waktu persepsi manusia biasa. Oleh karena itu, ada alasan yang jelas untuk memilih segi yang permanen dan mengabaikan segi yang sementara dari sistem mikroskopis. Mekanika statistik klasik dan modern itu didasarkan pada pertimbangan ini, yang mungkin merupakan prinsip epistemologis tertua yang secara eksplisit diterima dalam fisika. Namun permanensi dalam fisika molar mengacu pada periode persistensi yang lebih lama, dan tidak ada alasan yang sama untuk memusatkan perhatian pada karakteristik yang memilikinya. Bahwa formulasi subjektif pengetahuan fisis kita semestinya memaksakan pilihan yang mendukung persistensi hingga seperseratus detik atau lebih merupakan hasil alami dari ketajaman kasar persepsi-waktu kita. Jika ada seleksi yang mendukung persistensi hingga berhari-hari dan berabad-abad, maka ia harus bertumpu pada alasan lain.

Saya telah menekankan efek selektif dari desakan pikiran

pada permanensi di dalam tulisan-tulisan saya sebelumnya yang hanya membahas fisika molar.† Ia adalah isyarat pertama dari subjektivisme selektif yang saya temui. Menengok ke belakang, saya merasa penasaran bahwa saya pertama kali diyakinkan akan asal-usul subjektif dari beberapa hukum alam dengan pertimbangan hukum molar, dan cenderung untuk menganggap hukum-hukum mikroskopis (yang pada waktu itu hanya samar-samar diramalkan) sebagai sesuatu yang objektif; karena penerapannya pada hukum molar menimbulkan pertanyaan yang sulit yang tidak muncul dalam penerapannya pada hukum mikroskopis. Mari kita bahas perbedaan ini.

Kita menganggap pikiran sebagai sesuatu yang dengan 'kebutuhan pemikiran'-nya menuntut kualitas tertentu di dalam bagian-bagian yang membentuk alam semesta fisis. Pikiran memaksakan tuntutannya dengan menolak mengakui sistem analisis apa pun menjadi bagian-bagian yang tidak menghasilkan bagian-bagian dengan kualitas yang diperlukan. Hukum dasar fisika hanyalah formulasi matematis terhadap kualitas bagian-bagian yang merupakan hasil pembagian analisis kita terhadap alam semesta; dan telah menjadi pendapat kita bahwa mereka semua dipaksakan oleh pikiran manusia dengan cara ini, dan karena itu sepenuhnya subjektif. Ia akan berakibat fatal bagi pandangan ini jika ditemukan bahwa alam semesta objektif "memainkan" analisis kita—bahwa ia menunjukkan kecenderungan intrinsik untuk terpisah ke dalam bagian-bagian ini, seolah-olah mengantisipasi permintaan pikiran. Oleh karena itu kita

† *Space, Time and Gravitation*, p. 196; *The Nature of the Physical World*, p. 241.

harus memeriksa dengan penuh kecurigaan setiap fenomena di mana bagian-bagian tampak secara spontan untuk menampilkan diri secara terpisah, tanpa harus digali oleh analisis.

Dalam memeriksa fenomena mikroskopis, kita harus mengingat metode Procrustean tentang eksperimenter yang berusaha untuk menyediakan apa yang dibutuhkan kerangka pemikiran kita. Seperti pematung, eksperimenter itu menampilkan bagian atau kombinasi bagian-bagian yang dihasilkan imajinasi analitis kita; atau setidaknya operasi pemilahan dan pembuatannya menghasilkan efek yang menggelisahkan keyakinan kita bahwa bagian-bagiannya ada di sana. Namun di dalam fisika molar, campur tangan eksperimen sangat terbatas pada materi. Peralatan kita tidak dapat menghasilkan planet yang menjalankan orbit yang ditentukan sesuai urutan seperti ia menghasilkan gelombang cahaya monokromatik yang melakukan getaran yang ditentukan sesuai urutan. Oleh karena itu, jika dalam fisika molar kita menemukan apa pun yang tampak mendukung sistem analisis kita yang diadopsi, maka ia mengancam teori kita dengan lebih serius.

Fenomena yang membutuhkan pemeriksaan dari sudut pandang ini adalah adanya objek padat yang kurang lebih permanen di dunia pemahaman yang lazim. Meskipun persistensi bentuk-bentuk material bukanlah ekuivalen yang tepat dari prinsip ilmiah konservasi massa, ada hubungan yang cukup dekat. Biasanya perubahan massa yang cukup besar dikaitkan dengan perubahan bentuk material yang nyata. Benda-benda permanen di sekitar kita, dengan cara

yang kasar, memberikan demonstrasi praktis yang berkelanjutan tentang konservasi massa. Ini hampir tidak bisa diharapkan; karena pengetahuan *a priori* hanya memperingatkan kita bahwa konservasi massa pasti terjadi, bukan bahwa ia akan diteriakkan pada kita. Akan ada konservasi sesuatu, tetapi tidak harus sesuatu yang dapat dimengerti dalam sensasi.

Dunia persepsi yang lazim, yang sebagian besar terdiri dari benda-benda dengan tingkat permanensi tertentu, sampai sejauh ini secara spontan cocok dengan bentuk pemikiran kita. Penjelasan yang memadai untuk soal ini tampaknya adalah bahwa tanpa beberapa tingkat harmoni antara pemikiran dan sensasi, keberadaan kita yang berkelanjutan tidak mungkin terjadi. Untuk menanyakan bagaimana keharmonisan terjadi—apakah pengalaman indra kita menempatkannya di dalam kepala untuk berpikir seperti yang kita lakukan, atau apakah evolusi indra manusia telah dipandu oleh seleksi alam sedemikan rupa sehingga tidak terlalu bertentangan dengan kebutuhan pemikiran—mungkin seperti bertanya apakah ayam datang lebih dulu atau telur; dan mungkin ia tidak terlalu penting untuk diputuskan. Kita mungkin membiarkan pertanyaan apakah bentuk pemikiran yang mendominasi pandangan kita itu *diupayakan* atau memang *bawaan* tetap takterjawab. Tetapi saya cenderung untuk percaya bahwa akar utamanya adalah mental—sebuah kecenderungan yang tidak dapat dipisahkan dari kesadaran. Harus diingat bahwa sensasi belaka tidak menentukan apa yang biasanya kita sebut dunia pengalaman indrawi yang lazim, yang merupakan tempat objek-objek dengan bentuk

dan ukuran yang kurang lebih permanen berada. Itu melibatkan kombinasi indra dengan akal sehat. Dari berbagai indra kita, hanya pengelihatan dan sentuhan yang memiliki tanggung jawab atas konsepsi yang lazim tentang dunia eksternal benda padat yang permanen. Bentuk-bentuk primitif pengelihatan dan sentuhan—sebuah kepekaan umum terhadap cahaya dan kegelapan, dan kepekaan peraba yang fleksibel—memberikan sedikit bahan untuk konsepsi permanensi. Dari permulaan ini, sistem indrawi yang rumit telah berevolusi sedemikian rupa untuk menempatkan secara gamblang di depan kita sebuah dunia yang sesuai dengan kebutuhan pikiran terhadap permanensi.

Jelas bahwa peralatan indrawi kita harus memiliki efek selektif pada pengetahuan yang diperoleh melaluinya. Bentuk pemikiran yang menunjukkan pengetahuan observasional sebagai deskripsi dunia eksternal, menyatakan bahwa dunia itu mengandung saraf dan otak yang melaluinya pengetahuan observasi diperoleh oleh pikiran. Pemilihan bagian-bagian atau kombinasi bagian-bagian alam semesta untuk melakukan fungsi transmisi ini menentukan kunggulan relatif dari berbagai bagian dan kombinasi bagian-bagian dalam pengalaman indrawi kita. Tujuan fisika adalah untuk menghilangkan keunggulan petualang ini, sehingga pada akhirnya ia tidak menyangkut deskripsi ilmiah tentang alam semesta; misalnya, deskripsi ilmiah tidak mengakui jeda apa pun antara radiasi yang terlihat dan radiasi ultra-violet. Tetapi keunggulan dalam pandangan yang lazim yang diperoleh oleh sebuah bagian melalui hubungan eratnya dengan mekanisme sensasi memiliki banyak efek yang sama dalam

fisika molar sebagai pemilahan oleh campur tangan eksperimen dalam fisika mikroskopis; salah satu metode isolasi memberi bagian sebuah kejelasan dalam pengalaman kita yang pada pandangan pertama tampak tidak sesuai dengan pandangan bahwa ia hanyalah produk dari sistem analisis konvensional.

Saya menyimpulkan bahwa belum tentu merupakan sebuah penolakan terhadap karakter *a priori* hukum fisika untuk menemukannya diilustrasikan secara dekat oleh fitur yang menonjol dari dunia pemahaman biasa. Pemahaman biasa itu tunduk pada kebutuhan pemikiran yang sama seperti kebutuhan yang, oleh penerapan yang lebih sistematis, menghasilkan deskripsi ilmiah tentang alam semesta; sehingga keselarasan parsial tidak terduga.

VI

Peninjauan berikut dari terhadap posisi kita lebih menekankan pada masalah yang telah kita bahas di bagian terakhir:

(1) Dengan mempertimbangkan bentuk pemikiran tertentu yang mengakar kuat, kita dapat meramalkan hukum dasar dan konstanta yang terjadi dalam deskripsi fisis alam semesta, yaitu deskripsi yang telah dikembangkan di bawah bimbingan bentuk-bentuk pemikiran tersebut. Tetapi kita tidak dapat meramalkan apa yang akan menjadi korespondensi antara unsur-unsur dalam deskripsi fisis *a priori* dan unsur-unsur dalam dalam pemahaman biasa kita tentang alam semesta.

(2) Korespondensi mungkin begitu jauh sehingga teori *a priori* hampir tidak relevan dengan observasi. Tetapi

sebenarnya korespondensi ini cukup mendasar. Kita tidak harus mencari terlalu jauh dalam pengalaman yang kita kenal sebelum kita menentukan hal-hal yang mematuhi hukum yang ditentukan oleh teori *a priori*. Kita hampir dapat melihat proton dan elektron di ruang Wilson; kita hampir dapat melihat massa terlestarikan. Kita sebenarnya tidak melihat hal-hal ini; tetapi apa yang kita lihat memiliki hubungan yang sangat dekat dengan mereka.

(3) Kita dapat memaksakan pengetahuan observasi, apa pun itu, menjadi kerangka pemikiran yang telah ditentukan. Signifikansi (2) adalah bahwa pengetahuan observasional tampaknya menunjukkan kecenderungan untuk masuk ke dalam kerangka pemikiran tanpa terlalu memaksa. Namun, kecenderungan ini tidak boleh dibesar-besarkan. Keretakan yang sangat luas yang sekarang ada di antara dunia biasa dan dunia yang digambarkan dalam teori-teori ilmiah modern adalah sejumlah pemaksaan yang telah dianggap perlu.

(4) Dari sudut pandang ini, "melihat" elektron dan proton tidak begitu signifikan seperti "melihat" konservasi massa. Elektron dan proton disaring oleh campur tangan eksperimen; tetapi persepsi tentang objek yang mengilustrasikan konservasi massa terjadi tanpa kondisi buatan dan tampaknya merupakan kesaksian spontan dari sensasi terhadap kesesuaian analisis *a priori*.

(5) Adanya jalur komunikasi indrawi tertentu, yang menghubungkan sensasi dalam kesadaran dengan entitas atau kondisi tertentu di dunia fisis, merupakan faktor selektif dalam pengetahuan kita. Pilihan ini sama sekali di luar

kendali kita saat ini, tetapi ini dikondisikan oleh kenyataan bahwa kehidupan tidak mungkin tanpa tingkat harmoni antara hasil seleksi dan bentuk pemikiran kita yang berurat-berakar. Akibatnya, pengenalan persepsi kita dan abstraksi unsur-unsur tertentu (objek-objek fisis yang permanen) keluar dari jejaring keterkaitan yang membentuk alam semesta fisis berikut dengan perkiraan kasar garis yang sama dengan analisis ilmiah alam semesta fisis berdasarkan bentuk pemikiran yang berurat-akar yang sama.

Bentuk-bentuk pemikiran primitif yang terus mendominasi fisika terlepas dari revolusi modern adalah:

(1) Bentuk yang merumuskan pengetahuan yang diperoleh melalui pengalaman indrawi sebagai deskripsi alam semesta. Melalui hal inilah alam semesta fisis diperkenalkan dan didefinisikan.

(2) Konsep analisis, yang merepresentasikan alam semesta sebagai koeksistensi sejumlah bagian. Seperti yang digunakan dalam fisika, konsepsi ini tidak terbatas pada "analisis substansi" yang mengharuskan semua bagian menjadi positif. Dalam konsepsi "analisis bentuk" yang lebih umum, bagian-bagiannya bisa positif dan negatif; dan ini merupakan konsekuensi dari keumuman bahwa signifikansi sebuah bagian tidak dapat dilepaskan dari sistem analisis yang menghasilkannya.

(3) Konsep atom, yang mengharuskan sistem analisis sedemikian rupa sehingga bagian akhirnya adalah satuan struktural yang identik; sehingga semua keanekaragaman berasal dari struktur dan bukan dari unsur-unsur yang membangun struktur.

(4) Konsep permanensi (yaitu bentuk konsep substansi yang dimodifikasi) yang mensyaratkan bagian-bagian akhir memiliki beberapa tingkat permanensi. Ini juga mengarahkan kita untuk memberikan pengakuan khusus pada kombinasi bagian-bagian permenan dan semi-permanen, dan karakteristik yang tetap permanen dalam perubahan-perubahan fenomena.

(5) Konsep kemandirian bagian-bagian (yang berasal dari konsep eksistensi). Ini sampai batas tertentu bertentangan dengan konsepsi di atas. Dengan sebuah kompromi, bagian-bagian tersebut *secara instrinsik* dianggap swasembada, tetapi berinteraksi *dalam pengetahuan kita* yang berkaitan dengan probabilitas. Ini mengambil keuntungan dari hubungan yang ireversibel antara observasi dan pengetahuan yang diformulasikan yang diperkenalkan oleh konsep probabilitas (halaman 91). Sebenarnya kita mungkin menyimpulkan ireversibilitas (dan karenanya kebutuhan akan konsep probabilitas) sebagai konsekuensi epistemologis dari kerangka pemikiran yang mensyaratkan sistem fisis dasar dapat dipisahkan dan dapat diamati.

Daftar ini mungkin tidak lengkap, tetapi tampaknya mencakup bentuk-bentuk yang paling bertanggung jawab atas pandangan kita saat ini. Kesimpulan-kesimpulan itu penting untuk dibawa ke tempat terbuka, ketika kita membahas berapa banyak ilmu fisis ditentukan oleh bentuk pengetahuan *a priori* dan berapa banyak ditentukan oleh sumber objektif pengetahuan. Setelah menelusuri, sejauh yang kita bisa, sumber-sumber primitif kerangka pemikiran ilmiah, kita sekarang beralih untuk membahas kerangka yang, dengan

usaha intelektual yang canggih, telah dikembangkan dari sumber-sumber primitif tersebut. Kerangka yang dijelaskan di bab berikutnya merepresentasikan batas kemajuan saat ini. Bahkan fisikawan matematis tidak mempertahankan tingkat pemikiran yang begitu tinggi secara biasa; dan adalah hal biasa untuk kembali ke bentuk-bentuk perumusan yang lebih dikenal untuk menghargai hasil dari kemajuan.

9

KONSEP STRUKTUR

FISIKA teoretis saat ini sangat matematis. Dari mana matematika itu berasal? Saya tidak bisa menerima pandangan Jeans bahwa konsepsi matematis muncul dalam fisika karena berkaitan dengan alam semesta yang diciptakan oleh seorang Ahli Matematika Murni; pendapat saya tentang ahli matematika murni, meskipun penuh hormat, tidak seagung itu. Pertimbangan yang tidak memihak tentang pengalaman manusia secara keseluruhan tidak menunjukkan bahwa pengalaman itu sendiri atau kebenaran yang diungkapkan di dalamnya merupakan bagian dari alam yang mengubah dirinya secara spontan ke dalam konsepsi matematika. Matematika tidak ada kecuali kita meletakkannya di sana. Pertanyaan yang akan dibahas dalam bab ini adalah: Pada titik apa matematikawan berusaha untuk menguasai bahan-bahan yang secara intrinsik tampak tidak cocok untuk manipulasinya?

Matematikawan secara alami akan memulai dengan memperkenalkan sejumlah simbol. Bertentangan dengan keper-

cayaan umum, ini tidak dengan sendirinya membuat subjek matematika. Jika dalam kuliah umum saya menggunakan singkatan *No.* untuk nomor, tidak ada yang protes; tetapi jika saya menyingkatnya dengan N, maka akan dilaporkan bahwa "pada titik ini dosen menyimpang ke matematika yang lebih tinggi". Dengan mengabaikan prasangka seperti itu, kita tidak akan mengakui bahwa pemberian simbol $A, B, C, \ldots$ ke berbagai entitas atau kualitas hanyalah nomenklatur singkat yang tidak melibatkan konsep matematika.

Langkah selanjutnya adalah memperkenalkan semacam relasi (hubungan) atau perbandingan antara A dan B. Jika kita memeriksa proses mental dalam membandingkan dua objek, saya pikir kita akan membayangkan serangkaian objek perantara di antara mereka. Kita dapat menyadari dengan baik cara mereka berbeda dengan mempertimbangkan apa yang harus kita lakukan untuk mengubah sesuatu secara terus-menerus menjadi yang lain. Jika gagasan untuk memodifikasi sesuatu secara bertahap ke sesuatu yang lain itu terlalu jauh, maka kita sekadar memutuskan bahwa kedua objek tersebut sangat berbeda dengan perbandingan yang tidak akan bermakna. Karena itu akan berguna untuk memperkenalkan konsepsi operasi yang mengubah satu objek atau kualitas menjadi yang lain. Sebagai contoh, konsepsi operasi ekspansi berguna ketika kita harus membandingkan objek dengan ukuran berbeda. Sejalan dengan itu ekspansi berguna ketika kita harus membandingkan objek dengan ukuran berbeda. Dengan demikian, selain objek asli kita $A, B, C, \ldots$, kita mempunyai satu rangkaian

simbol $P, Q, R, \ldots$, yang bertindak sebagai operasi yang mengubah A menjadi B, A menjadi C, B menjadi C, dan lain sebagainya.

Tetapi kita masih dalam tahap nomenklatur, dan matematika tampak jauh seperti sebelumnya. Untuk melanjutkan, kita harus mencoba membandingkan operasi $P, Q, R, \ldots$ satu sama lain. Menurut kesimpulan kita sebelumnya, ini membuat kita membayangkan operasi pengubahan operasi P menjadi operasi Q. Dengan demikian kita memiliki serangkaian operasi baru (atau operasi-hiper) $X, Y, Z, \ldots$, yang mengubah P menjadi Q, P menjadi R, Q menjadi R, ... Dan kita terus berlanjut dalam pesta notasi, dengan memperkenalkan lebih banyak simbol, tetapi tidak pernah melampaui notasi.

Sangat mudah untuk memperkenalkan notasi matematika; kesulitannya adalah mengubahnya ke perhitungan yang berguna:

> Andaikan x menandai kecantikan, y menandai sopan santun, z menandai keberuntungan (yang terakhir ini penting),
>
> Andaikan L berarti cinta—kata filsuf kita—Maka L adalah fungsi dari x, y, z Dari jenis yang kita kenal sebagai potensi.
>
> Sekarang integrasikan L terhadap dt (t berarti waktu dan persuasi) Maka, di antara batas-batas yang tepat, ini mudah dilihat Perkawinan integral tertentu pasti terjadi (Demontrasi yang sangat singkat).*

Pada awalnya tidak ada perbedaan mendasar antara

* Prof. W.J. M. Rankinge, *Songs and Fables*, 1874

contoh notasi matematis ini dan $A, B, C, \ldots, P, Q, R, \ldots, X, Y, Z, \ldots$, yang telah kita bahas. Kita pasti menemukan apa yang mengubah yang terakhir menjadi kalkulus yang kuat untuk tujuan ilmiah, sedangkan yang pertama tidak memiliki hasil praktis—karena puisi terus berhubungan.

Untuk memperkenalkan matematika kita harus menghentikan regresi simbol yang takberhingga. Penghentian seperti itu akan tercapai jika kita menemukan bahwa $X, Y, Z, \ldots$ itu bukan operasi baru, tetapi sudah ada dalam rangkaian pertama operasi $P, Q, R, \ldots$ yang telah kita perkenalkan; artinya, jika kita menemukan bahwa operasi yang sama yang mengubah satu entitas menjadi entitas lain itu juga akan mengubah satu operasi menjadi operasi yang lain.

Semisal, operasi duplikasi, triplikasi, kuadruplikasi, dan lain-lain. Jika semua ini dianggap sebagai $P, Q, R, \ldots$, maka selanjutnya kita harus membahasakan, misalnya, operasi Y yang mengubah duplikasi menjadi kuadruplikasi. Kuadruplikasi terdiri dari dua operasi duplikasi, yaitu penduplikasian duplikasi. Dengan demikan operasi Y itu *menduplikasi* dan telah diperkenalkan sebagai P. Secara lebih umum, jika himpunan $P, Q, R, \ldots$ menandai semua operasi yang mungkin dari perkalian, pembagian, maupun integral, maka operasi pengubahan P menjadi Q, P menjadi R, Q menjadi R, dan lain-lain juga merupakan operasi perkalian, dan oleh karena itu tidak diperlukan simbol baru.

Contoh lain, anggap entitas awal $A, B, C, \ldots$ adalah titik pada sebuah permukaan kulit bola. Operasi pengubahan satu titik pada permukaan kulit bola menjadi kulit bola yang lainnya adalah rotasi permukaan kulit bola; dengan

demikian operasi $P, Q, R, \ldots$ adalah rotasi. Jika P dan Q adalah rotasi melalui sudut yang sama di bidang yang berbeda, maka satu bidang diubah menjadi bidang yang lain, dan oleh karena itu P diubah menjadi Q, dengan rotasi lain, katakanlah R. Jika P dan Q adalah rotasi melalui sudut yang tidak sama, maka satu entitas dapat diubah menjadi entitas lain dengan kombinasi operasi rotasi dan multiplikasi (perkalian). Dengan mengelompokkan semua operasi rotasi dan perkalian yang mungkin, maka tidak ada operasi lebih lanjut yang diperkenalkan dalam membandingkan satu rotasi dengan rotasi lainnya.

Oleh karena itu, kita melihat ada "himpunan rotasi yang dapat dihentikan" yang tidak mengarah pada regresi nomenklatur kompleksitas yang semakin meningkat. Hanya melalui himpunan yang dapat diakhiri, pemikiran matematika dapat diperkenalkan. Himpunan operasi yang dapat dihentikan membentuk bahan untuk penanganan matematika sejauh mana berbagai bagian dari pengalaman kita dapat dihubungkan satu sama lain dalam hal operasi ini. Pengembangan penuh gagasan ini, yang ditunjukkan secara singkat di sini, ada dalam Teori Grup *(Theory of Groups)*.†

II

Himpunan operasi yang dapat dihentikan, atau sebagaimana secara teknis disebut *grup*, memiliki struktur yang dapat dijelaskan secara matematis. Fakta bahwa operasi yang mengubah P menjadi Q selalu merupakan R yang

† Sebuah catatan dasar dari teori grup, dan bagian yang dimainkannya dalam dasar-dasar fisika teoretis, diberikan dalam *New Pathways in Science*, Ch. XII.

merupakan anggota lain dari grup yang menyediakan himpunan koneksi segitiga sebagai dasar dari struktur. Koneksi segitiga ini dapat terjalin dalam berbagai pola; dan pola yang menjalin koneksi segitiga inilah yang membentuk struktur abstrak. Grup dibedakan satu sama lain oleh struktur abstraknya. Deskripsi matematis grup hanya menentukan pola relasi dan tidak memperhatikan sifat fisis dari operasi yang menghasilkan pola ini. Karena itu, kita mungkin memiliki himpunan operasi yang sangat berbeda dengan struktur grup yang sama dan, karenanya, mereka setara sejauh deskripsi matematis diperhatikan.

Salah satu grup terpenting dalam fisika adalah grup rotasi dalam enam dimensi. Ada lima belas bidang rotasi yang independen dalam ruang enam dimensi (yang berhubungan dengan tiga bidang rotasi yang independen dalam ruang tiga dimensi); dan karena kita harus selalu menambahkan operasi "membiarkan segala sesuatu apa adanya", yang merupakan anggota *ex officio*‡ dari setiap grup, maka kita memiliki enam belas elemen yang dapat digunakan untuk membentuk struktur grup. Pola saling terkait yang pasti dibentuk oleh asosiasi elemen-elemen ini (selain elemen *ex officio*) dalam enam himpunan lima (angka lima), yang masing-masing elemen menjadi anggota dari dua angka lima. Keterkaitan dengannya adalah asosiasi unsur-unsur dalam tiga serangkai, yang tiga serangkai itu sendiri dikaitkan dalam pasangan yang tergabung. Masing-masing dari lima belas elemen itu memainkan bagian yang sama dalam polanya.

Rotasi dalam enam dimensi hanya salah satu dari seki-

‡ Istilah untuk seorang yang disuruh keluar dari kantor (pen.)

an banyak himpunan operasi yang menghasilkan pola-grup khusus ini. Misalnya, jika kita menempatkan empat koin yang berbeda di atas meja, maka operasi penukarannya secara berpasangan, dengan atau tanpa menaikkan satu pasangan dengan cara yang lain, itu menentukan grup dengan struktur ini.[§] Pola hubungan yang sama muncul dalam geometri Permukaan Kuartik Kummer, dalam teori Fungsi Theta, dan—yang paling penting dari semuanya untuk keperluan kita—dalam spesifikasi partikel dasar (proton dan elektron) dalam keadaan dasar, termasuk spesifikasi muatan dan putarannya.

Untuk mewujudkan konsepsi struktur-grup secara tepat, kita harus memikirkan pola relasi yang sama sekali abstrak dari entitas-entitas tertentu dan hubungan-hubungan yang melengkapi pola tersebut. Secara khusus, kita dapat memberikan deskripsi matematis yang tepat tentang pola tersebut, meskipun matematika mungkin tidak tepat untuk menggambarkan apa yang kita ketahui tentang sifat entitas dan operasi yang bersangkutan. Dengan cara ini matematika mendapatkan pijakan dalam pengetahuan yang secara instrinsik bukan dari jenis pengetahuan yang mengesankan konsepsi matematis . Fungsinya adalah untuk menjelaskan struktur grup dari elemen-elemen pengetahuan itu. Ia menghilangkan unsur-unsur individu dengan menyematkan simbol-simbol padanya, membiarkan pemikiran non-matematis untuk mengekspresikan pengetahuan yang mungkin kita miliki tentang simbol-simbol yang menandai elemen-elemen individual tersebut.

[§] *New Pathways in Science*, p. 267. Huruf-huruf yang ada di sana diganti dengan koin.

Kita akan menyebut abstraksi ini sebagai konsep matematis tentang struktur atau, secara singkat, sebagai *konsep struktur*. Karena struktur yang diabstraksikan dari apa pun yang memiliki struktur dapat ditentukan secara tepat dengan rumus matematika, maka pengetahuan kita tentang struktur itu dapat dikomunikasikan, sedangkan banyak pengetahuan kita tidak dapat dikomunikasikan. Saya tidak bisa menyampaikan kepada Anda pengetahuan yang jelas tentang sensasi dan emosi saya sendiri. Tidak ada cara untuk membandingkan perasaan saya tentang rasa daging kambing dengan perasaan Anda tentang rasa daging kambing; saya hanya bisa tahu bagaimana rasanya bagi saya, dan Anda hanya bisa tahu bagaimana rasanya untuk Anda. Tetapi jika kita sama-sama melihat lanskap, meskipun tidak ada cara untuk membandingkan sensasi visual kita, kita dapat membandingkan *struktur* impresi visual kita masing-masing tentang lanskap. Mungkin saja grup sensasi di pikiran saya memiliki struktur yang sama dengan grup sensasi di pikiran Anda. Mungkin juga bahwa grup entitas yang bukan sensasi dalam pikiran siapa pun, yang dihubungkan bersama oleh relasi yang tidak dapat kita konsepsikan, mungkin memiliki struktur yang sama. Karena itu, kita dapat memiliki pengetahuan struktural tentang apa yang ada di luar pikiran setiap orang. Pengetahuan ini akan terdiri dari jenis pernyataan yang sama dengan pernyataan yang dibuat tentang alam semesta fisis dalam teori fisika matematis modern. Untuk ekspresi yang ketat dari pengetahuan fisis, bentuk matematika sangat penting, karena ia adalah satu-satunya cara kita dapat membatasi

pernyataannya pada pengetahuan struktural. Setiap jalan menuju pengetahuan tentang apa yang ada di bawah struktur kemudian diblokir oleh simbol matematika yang tidak dapat ditembus.

Ilmu fisis terdiri dari pengetahuan struktural murni, sehingga kita hanya tahu struktur alam semesta yang diuraikannya. Ini bukan dugaan tentang sifat pengetahuan fisis; dalam teori yang dirumuskan saat, ia justru merupakan apa dinyatakan oleh pengetahuan fisis sendiri. Dalam penyelidikan fundamental, konsepsi struktur grup tampak cukup eksplisit sebagai titik awal; dan dalam perkembangan selanjutnya kita mengakui materi berasal dari struktur grup.

Fakta bahwa pengetahuan struktural dapat terlepas dari pengetahuan tentang entitas yang membentuk struktur itu menyelesaikan masalah dalam memahami bagaimana mungkin untuk menyusun pengetahuan tentang apa pun yang bukan bagian dari pikiran kita. Selama pengetahuan terbatas pada pernyataan tentang struktur, itu tidak terikat pada bidang konten tertentu. Akan diingat bahwa kita telah memisahkan pertanyaan tentang hakikat pengetahuan dari pertanyaan tentang kepastian kebenarannya. Kita di sini tidak membahas bagaimana mungkin untuk yakin akan kebenaran pengetahuan yang berkaitan dengan sesuatu di luar pikiran kita; kita fokus pada pertanyaan sebelumnya soal bagaimana mungkin untuk membuat segala jenis pernyataan tentang hal-hal di luar pikiran kita, yang (entah benar atau salah) memiliki makna yang dapat didefinisikan.

III

Saya ingin tahu apakah Anda ragu-ragu sebelum menerima perntayaan saya (p. 139) bahwa kuadruplikasi adalah duplikasi terhadap operasi duplikasi. Jika saya mengatakan "empat kali adalah dua kali yang dua kali" Anda akan mengakuinya tanpa ragu; tetapi itu menunjukkan bahwa duplikasi atau dua kali seperti yang diterapkan pada sebuah operasi mungkin berarti melakukannya lagi untuk memeriksa, dan itu agak serampangan untuk menganggap bahwa operasi kedua pasti dilakukan pada hasil akhir dari operasi pertama.

Di luar matematika, pernyataan bahwa "dua tambah dua adalah empat" agak terlalu serampangan; tetapi kita dapat melangkah lebih jauh dengan menyatakan bahwa jika "dua tambah dua" adalah angka, maka angka tersebut adalah empat. Dengan kata lain, jika duplikasi, triplikasi, dan lain-lain dipahami untuk membentuk grup, yaitu seperangkat operasi yang dapat diakhiri, sehingga ketika diterapkan pada masing-masing yang lain mereka menghasilkan operasi himpunan lain, maka anggota himpunan yang diperoleh dengan meduplikasi duplikasi adalah kuadruplikasi.

Namun, anggaplah kita menerima makna lain, sehingga ketika operasi duplikasi diterapkan pada duplikasi, ia menghasilkan jenis operasi baru, yang berbeda dari himpunan aslinya, yang dapat kita gambarkan sebagai "duplikasi yang diperiksa". Mari kita coba duplikasi lain. Multiplikasi atau perkalian yang dilakukan dua kali oleh dua itu sendiri harus diduplikasi; dan ini tidak memiliki arti lain selain bahwa perkalian dengan dua dilakukan empat kali. Jadi, jika bukan pada langkah pertama, bagaimanapun juga pada langkah

kedua, kita mencapai konsep duplikasi grup yang sesuai dengan aturan bahwa empat kali adalah dua kali yang dua kali. Ini sesuai dengan apa yang telah kita perhatikan—bahwa pemikiran matematis tidak mulai mengambil alih sampai langkah kedua, ketika kita mencapai relasi antar-relasi atau operasi pada operasi.

Untuk merumuskan poin ini secara eksplisit kita akan membedakan antara *konsep struktural* dan jenis konsep yang lebih umum. Konsep struktural diperoleh dari konsep umum yang sesuai dengan menghilangkan segala sesuatu yang tidak penting untuk bagian yang dimainkannya dalam struktur grup dari konsep kita. Ini adalah elemen dalam pola yang ditentukan tanpa properti apa pun kecuali hubungannya dengan pola. Sifat-sifatnya adalah sifat-sifat simbol matematis, yang hanya terdiri dari asosiasinya (atau, lebih tepatnya, asosiasi dari asosiasinya) dengan simbol lainnya. Konsep umum yang sesuai, jika ada, adalah konsepsi kita tentang apa yang dilambangkan simbol dalam bentuk pemikiran non-matematis biasa. Konsep umum kekurangan ketepatan konsep matematis dan seringkali sulit untuk dijabarkan dengan pasti. Kecuali jika diterapkan pada sensasi, emosi, dan lain-lain yang dapat kita sadari secara langsung, diragukan apakah konsep umum lebih dari sekadar penipuan diri yang meyakinkan kita bahwa kita memiliki pemahaman tentang sesuatu yang tidak dapat kita pahami. Namun demikian, konsep seperti itu harus diperhitungkan sebagai bagian dari bentuk pemikiran kita yang sudah berurat akar.

Konsep-konsep yang dimaksud dalam Bab VIII adalah konsep-konsep umum yang ada dalam bentuk pemikiran

kita yang biasa. Sekarang mungkin untuk menambahkan bahwa dalam menggunakan konsep-konsep umum untuk melengkapi kerangka pemikiran yang memuat pengetahuan ilmiah, secara bertahap kita menghilangkan aspek-aspek umumnya, sampai kita hanya mengenali konsep struktural yang sesuai. Sejalan dengan itu, kerangka pemikiran yang dihasilkan telah menjadi kerangka matematis, dan pengetahuan yang terkandung di dalamnya adalah pengetahuan matematis—pengetahuan tentang struktur grup. Dengan memperkenalkan teori matematis tentang struktur, fisika modern mampu melaksanakan prinsip-prinsip umum yang dijelaskan dalam bab terakhir secara tepat. Semisal, kita bersikeras bahwa pentingnya sebuah bagian tidak dapat dipisahkan dari sistem analisis yang mencakupinya. Sebagai konsep struktural, bagian itu adalah simbol yang tidak memiliki sifat kecuali sebagai konsituen dari struktur-grup kumpulan bagian-bagian.

Untuk menunjukkan bagaimana gagasan-gagasan ini diterapkan, mari kita perhatikan konsep *ruang*. Konsep umum, misalnya. Kita biasanya menganggap ruang Euclidean yang takberhingga sebagai jenis ruang paling sederhana untuk dipahami. Seseorang akan berpikir bahwa ketidakterbatasan akan menjadi hambatan yang serius bagi konsepsi; tetapi kebanyakan orang berhasil meyakinkan diri mereka bahwa mereka telah mengatasi kesulitan dan bahkan menyatakan diri mereka benar-benar tidak dapat memahami ruang tanpa ketakberhinggaan. Tetapi, apa pun kebenaran tentang konsep umum, konsep struktural ruang Euclidean sangat sulit. Karena saya ingin memberikan ilustrasi yang

relatif mudah di sini, saya akan mempertimbangkan ruang permukaan kulit bola yang seragam yang memiliki konsep struktural yang jauh lebih sederhana.

Setiap titik dalam ruang kulit bola dapat diubah menjadi titik lain dengan rotasi kulit bola. Dengan demikian, ada operator yang sesuai, yaitu $P, Q, R, \ldots$ yang merupakan rotasi kulit bola untuk titik-titik atau elemen-elemen ruang kulit bola, yaitu $A, B, C, \ldots,$; dan grup operator hanyalah grup rotasi dalam jumlah dimensi yang sesuai (dalam hal ini empat dimensi). Terkait "ruang" sebagai konsep struktural, *semua* yang kita ketahui tentang ruang kulit bola adalah bahwa ia memiliki struktur-grup dari grup rotasi ini. Ketika kita memperkenalkan ruang kulit bola dalam fisika, kita merujuk pada sesuatu—yang kita tidak tahu itu apa—yang memiliki struktur ini. Demikian juga, jika kita merujuk pada ruang Euclidean, kita merujuk pada sesuatu—yang kita tidak tahu itu apa—dengan struktur grup yang spesifik, meskipun ia memerlukan konsep matematika yang agak lebih maju untuk merumuskan spesifikasi. Demikian juga ruang kelengkungan yang tidak teratur yang muncul dalam teori Einstein adalah sesuatu dengan struktur grup yang membutuhkan spesifikasi yang agak rumit.

Konsep umum, yang mencoba menggambarkan ruang seperti yang muncul dalam pemahaman biasa—seperti apa ia, bagaimana rasanya, kenegatifannya dibandingkan dengan materi, "ke-di-sana-annya"—adalah hiasan deskripsi struktural yang telanjang. Sejauh pengetahuan fisis diperhatikan, hiasan ini merupakan tambahan yang tidak sah. Secara filosofis itu semua untuk kebaikan jika kita mene-

mukan kesulitan untuk menyusun dalam bentuk pemikiran non-matematis jenis ruang yang telah diperkenalkan oleh fisika modern; karena dengan demikian kita tidak dianjurkan membuat hiasan seperti itu.

IV

Teori matematis tentang struktur adalah jawaban fisika modern untuk pertanyaan yang telah membuat para filsuf sangat jengkel.

Tetapi, jika saya tidak pernah mengetahui secara langsung peristiwa di dunia luar, tetapi hanya dugaan pengaruhnya terhadap otak saya, dan jika saya tidak pernah tahu otak saya kecuali dalam hal dugaan pengaruhnya pada otak saya, saya hanya dapat mengulangi dengan bingung pertanyaan asli saya: "Hal macam apa yang saya tahu?" dan "Di mana ia?"¶

Hal macam apa yang saya tahu? Jawabannya adalah *struktur*. Untuk lebih tepatnya, itu adalah struktur dari jenis yang didefinisikan dan diselidiki dalam teori matematis tentang grup.

Benar bahwa signikansi dan kesulitan pertanyaan harus ditekankan. Tetapi saya berpikir bahwa banyak filsuf terkemuka, dengan kesan bahwa mereka telah memberi teka-teki yang tidak terpecahkan kepada para fisikawan, menjadikan pertanyaan itu sebagai alasan untuk memalingkan punggung mereka dari dunia eksternalnya fisika dan bergolak dalam realisme yang mandul yang merupakan penyangkal-

¶ C. E. M. Joad, *Aristotelian Society*, Supp. vol. IX, p. 137. Quoted by L. S. Stebbing, *Philosophy and the Physicists*, p. 64.

an terhadap semua hal yang telah dicapai ilmu fisis dalam mengungkapkan kompleksitas pengalaman indrawi. Namun, fisikawan matematis menyambut pertanyaan itu sebagai pertanyaan yang jatuh terutama di dalam wilayahnya, yang di dalamnya pengetahuan spesialisnya mungkin berguna bagi kemajuan umum filsafat.

Ungkapan "jika saya tidak pernah tahu otak saya kecuali efek yang dinyatakannya pada otak saya" menggambarkan secara jelas, jika bukan malah secara akurat,[‖] kondisi kita bekerja. Tetapi itu tidak terlalu mengkhawatirkan fisikawan, yang subjeknya dipenuhi dengan ketergantungan siklis seperti ini. Kita hanya tahu gaya listrik berdasarkan efeknya pada muatan listrik; dan kita hanya tahu muatan listrik karena gaya listrik yang dihasilkan. Sudah lama terbukti bahwa ini bukan halangan untuk pengetahuan; tetapi baru-baru ini saja metode sistematis untuk merumuskan pengetahuan semacam itu dalam hal struktur grup telah menjadi prosedur yang diakui dalam teori fisika.

Kebingungan para filsuf jelas muncul dari keyakinan bahwa, jika kita mulai dari nol, pengetahuan apa pun tentang dunia luar harus dimulai dengan asumsi bahwa sensasi menyadarkan kita akan sesuatu yang ada di dunia luar—sesuatu yang berbeda dari sensasi itu sendiri karena ia adalah nonmental. Tetapi pengetahuan tentang alam semesta fisis tidak dimulai dengan cara seperti itu. Satu sensasi (yang dilepaskan dari pengetahuan yang sudah diperoleh oleh sensasi lain) tidak memberi tahu apa-apa kepada kita; bahkan tidak mengisyaratkan apa pun di luar kesadaran tempat sensasi itu

[‖] Bentuk yang lebih akurat adalah: "jika saya tidak pernah tahu otak apa pun kecuali dalam hal efek yang dinyatakan pada otak."

berada. Titik awal** ilmu fisis adalah pengetahuan tentang *struktur grup kumpulan sensasi* dalam sebuah kesadaran. Ketika fragmen-fragmen struktur ini, yang dikontribusikan pada berbagai waktu dan oleh berbagai individu, telah disusun dan diwakili sesuai dengan bentuk pemikiran yang telah kita bahas, dan ketika celah telah diisi oleh struktur yang disimpulkan yang bergantung pada keteraturan yang ditemukan dalam bagian yang diketahui secara langsung, maka kita memperoleh struktur yang dikenal sebagai alam semesta fisis.

Setelah sintesis umum terhadap struktur ini, kita berada dalam posisi untuk menggambarkan setiap bagian tertentu dari struktur dengan istilah-istilah yang bisanya mengekspresikan pengetahuan fisis. Ini akan memberikan deskripsi (fisis) alternatif tentang sensasi asli. Karena mereka adalah elemen dari struktur sensasi, dan struktur ini telah dimasukkan ke dalam struktur yang membentuk alam semesta fisis, kita dapat menggambarkannya dalam bentuk fisis. Pengetahuan fisiologis kita mungkin tidak cukup untuk menentukan peristiwa fisis yang tepat yang juga merupakan sensasi dalam pikiran seseorang; tetapi kira-kira cukup untuk sebagaian besar tujuan, kita boleh menganggapnya sebagai serangkaian impuls listrik yang terjadi di terminal otak dari sekumpulan saraf.

Penting untuk diperhatikan bahwa penafsiran pengalaman indrawi, seperti penafsiran sandi, mencakup dua masalah berbeda. "Menafsirkan sebuah sandi" dapat berarti prosedur menemukan kode, atau mungkin berarti mengungkap

** Maksud saya titik awal yang logis, bukan titik awal historis, dari subjek yang telah tumbuh dari permulaan yang kasar.

makna pesan tertentu dengan kode yang sudah diketahui. Dengan cara yang sama, prosedur menafsirkan sensasi sebagai informasi tentang dunia eksternal dapat merujuk pada masalah, yang ada pada awal fisika, tentang pengaitan fragmen struktur dalam kesadaran dengan struktur alam semesta eksternal; atau ia dapat merujuk pada informasi tertentu yang dapat diperoleh dari setiap sensasi baru ketika kita menerapkan akumulasi pengetahuan fisis dan fisiologis kita. Sehubungan dengan masalah awal, sensasi tunggal tidak lebih informatif daripada satu huruf dalam sandi yang kita tidak memiliki kuncinya. Tetapi, setelah masalah awal dipecahkan, kita dapat menafsirkan sensasi secara individual seperti sebuah sandi yang diterjemahkan huruf demi huruf. Sebuah sensasi suara memberi saya informasi tentang gangguan listrik pada terminal saraf tertentu—yang, tentu saja, tidak berarti bahwa ia menginformasikan bahwa ini adalah deskripsi fisis yang benar tentang apa yang telah terjadi. Deskripsinya diberikan sebelumnya oleh solusi terhadap masalah awal, sehingga ia siap digunakan ketika sensasi memberitahu saya bahwa suatu peristiwa telah terjadi yang kepadanya ia dapat diterapkan.

Gangguan pada terminal saraf umumnya merupakan hasil dari rantai panjang penyebaban di dunia fisis. Dalam pemikiran yang sudah lazim, kita biasanya melompat ke ujung rantai penyebaban, dan mengatakan bahwa sensasi itu disebabkan oleh suatu objek yang agak jauh dari tempat sensasi. Dalam kasus sensasi visual yang disebabkan oleh spiral nebula, objek bukan hanya ada di ruang agkasa yang jauh tetapi mungkin memiliki jarak waktu jutaan tahun.

Penyebaban menjembatani kesenjangan dalam ruang dan waktu, tetapi peristiwa fisis di tempat sensasi (yang secara sementara diidentifikasi dengan gangguan listrik terminal saraf) bukan penyebab sensasi; ia adalah sensasi. Lebih tepatnya, peristiwa fisis adalah konsep struktural yang konsep umumnya adalah sensasi.

Jadi, ketika Anda memberi tahu saya bahwa Anda mendengar suara bising, informasi yang disampaikan itu direpresentasikan dalam pengetahuan saya dengan *(a)* konsep umum suara bising, yaitu konsep sesuatu yang mirip dengan kesadaran saya sendiri akan kebisingan dan *(b)* konsep struktural dari suara bising yang didengar, yaitu bagian dari struktur alam semesta fisis yang kita gambarkan sebagai terminal gangguan saraf pendengaran. Dari dua konsep kebisingan yang didengar ini, yang satu mengacu pada apa yang ada dalam dirinya sendiri, yang lain mengacu pada apa yang ada sebagai unsur penyusun struktur yang dikenal sebagai alam semesta fisis.

V

Pengakuan bahwa pengetahuan fisis adalah pengetahuan struktural itu menghapus semua dualisme kesadaran dan materi. Dualisme itu bergantung pada keyakinan bahwa kita menemukan sesuatu di alam eksternal yang tidak dapat dibandingkan dengan apa yang kita temukan dalam kesadaran; tetapi semua yang diungkapkan ilmu fisis kepada kita di dunia eksternal adalah struktur grup, dan struktur grup juga dapat ditemukan dalam kesadaran. Ketika kita mengambil struktur sensasi dalam kesadaran tertentu dan

menggambarkannya dengan istilah fisis sebagai bagian dari struktur dunia eksternal, itu masih merupakan struktur sensasi. Sama sekali tidak ada gunanya untuk menciptakan sesuatu yang lain kepadanya untuk menjadi struktur. Atau, dengan kata lain, tidak ada gunanya menciptakan replika non-fisis dari bagian tertentu dari struktur dunia eksternal dan mentransfer kualitas non-fisis yang kita sadari dalam sensasi ke replika tersebut. Bagian-bagian dari alam semesta eksternal yang tentangnya kita memiliki pengetahuan tambahan melalui kesadaran langsung itu sama dengan pecahan yang sangat kecil dari keseluruhan; selain pecahan kecil itu, kita hanya mengetahui strukturnya, dan bukan apa itu sebuah struktur.

Mari kita tandai entitas yang strukturnya adalah semesta fisis dengan simbol X,[††] dan bedakan bagian kecil X_s yang diketahui bersifat indrawi dari sisa X_u yang tidak kita sadari secara langsung. Dapat dikatakan bahwa masih ada dualisme antara X_s dan X_u yang sama dengan dualisme lama antara kesadaran dan materi; tetapi, saya pikir, ini adalah kebingungan logis, yang melibatkan peralihan dari pandangan epistemologis tentang alam semesta sebagai tema pengetahuan ke pandangan eksistensialis tentang alam semesta sebagai sesuatu yang harus kita ketahui. Secara struktural, X_u tidak berbeda dengan X_s, dan untuk memberi makna pada dualisme yang diandaikan, kita harus membayangkan pengetahuan non-struktural tambahan tentang X_u yang mengungkapkan ketaksamaannya dengan X_s. Kita harus mengandaikan bahwa kesadaran langsung akan

[††] Saya biasanya menyebut X itu "dunia eksternal", yaitu "dunia fisis" yang terbatas pada struktur dunia eksternal.

X_u, jika kita dapat memilikinya, akan menunjukkan bahwa ia bukan bagian sifat indrawi. Tetapi anggapan ini tidak masuk akal; karena jika kita memiliki kesadaran langsung yang seharusnya tentang X_u, maka ia sebenarnya adalah sebuah sensasi dalam kesadaran kita. Dengan demikian, kita tidak dapat memberi makna pada dualisme tanpa membuat sebuah pengandaian yang menghilangkan dualisme.

Meskipun pernyataan bahwa alam semesta merupakan bagian dari sifat "pemikiran atau sensasi dalam Pikiran universal" itu terbuka untuk dikritik, ia setidaknya menghindari kebingungan logis ini. Saya pikir, itu benar dalam arti bahwa ia adalah konsekuensi logis dari bentuk pemikiran yang merumuskan pengetahuan kita sebagai deskripsi tentang alam semesta. Tetapi ia mensyaratkan ekspresi yang lebih dijaga jika ia harus diterima sebagai suatu kebenaran yang melampaui bentuk-bentuk pemikiran.

Kesimpulannya: Alam semesta fisis itu adalah sebuah struktur. Tentang X yang ia adalah strukturnya, kita hanya tahu bahwa X memasukkan sensasi dalam kesadaran. Jawaban yang tepat untuk pertanyaan: Apa itu X ketika ia bukan sensasi dalam kesadaran apa pun yang kita kenal—mungkin adalah bahwa pertanyaannya tidak bermakna—bahwa sebuah struktur tidak selalu menyiratkan X yang darinya ia adalah struktur. Dengan kata lain, pertanyaan itu membawa kita ke titik di mana bentuk pemikiran yang menjadi asal usulnya tidak lagi berguna. Bentuk pemikiran hanya dapat dipelihara dengan tetap menghubungkan sifat indrawi—yaitu sebuah sensasi dalam kesadaran yang tidak kita ketahui—kepada X. Apa yang menarik bagi ki-

ta bukanlah kesimpulan positif, tetapi fakta bahwa dalam keadaan apa pun kita perlu merenungkan X yang sifatnya non-indrawi.

Fakta bahwa konsep struktur memberi jalan keluar dari dualisme telah diakui terutama dalam filsafat Bertrand Russell. Meskipun saya telah mengutipnya dalam tiga buku sebelumnya, saya merasa berkewajiban untuk mengutip lagi sebuah bagian dari buku Russell yang berjudul *Introduction to Mathematical Philosophy* (1919) yang telah sangat memengaruhi pemikiran saya sendiri:

"Ada banyak spekulasi dalam filsafat tradisional yang mungkin telah dihindari jika pentingnya struktur, dan kesulitan untuk mendukungnya, telah disadari. Misalnya, sering dikatakan bahwa ruang dan waktu bersifat subjektif, tetapi keduanya itu memiliki pasangan-pasangan yang objektif, atau bahwa fenomena itu subjektif, tetapi ia disebabkan oleh benda dalam dirinya, yang di antara mereka sendiri harus memiliki perbedaan sesuai dengan perbedaan dalam fenomena yang mereka munculkan. Saat hipotesis itu dibuat, secara umum diandaikan bahwa sangat sedikit yang dapat kita ketahui tentang pasangan-pasangan objektif. Namun, kenyataannya, jika hipotesis yang dinyatakan itu benar, maka pasangan-pasangan objektif akan membentuk dunia yang memiliki struktur yang sama dengan dunia fenomenal... Singkatnya, setiap proposisi memiliki signifikansi yang dapat dikomunikasikan itu pasti benar terkait kedua dunia atau tidak sama sekali; satu-saatunya perbedaannya pasti terletak pada esensi individualitas yang selalu menghindari kata-kata dan deskripsi yang membingungkan, tetapi karena

alasan tersebut tidak relevan dengan sains."

Kutipan di atas ditulis secara independen dari teori-teori ilmiah yang baru, yang kemudian ada pada tahap awal; tetapi ia menerangi kecenderungan filosofis yang mulai muncul di dalamnya. Sangat menarik untuk membandingkan posisi ilmiah pada tahun 1919 dengan posisi pada tahun 1939. Pada tahun 1919, adalah kesimpulan yang adil bahwa pengetahuan fisis pasti berupa pengetahuan tentang struktur, meskipun dalam bentuk yang di dalamnya pengetahuan fisis itu dipresentasikan ia tidak terlihat seperti itu. Secara umum pengetahuan struktural tidak muncul dalam fisika secara eksplisit; ia dianggap sebagai inti kebenaran yang akan bertahan lebih lama dari teori-teori perubahan yang menguatkannya. Pada tahun-tahun berikutnya pentingnya menggali struktur dari ornamen-ornamen yang tidak penting menjadi diakui, dan diketahui bahwa dalam Teori Grup matematika murni, teknik yang diperlukan telah dikembangkan. Selain itu, gagasan struktur, yang sebelumnya agak kabur, ternyata mampu mendefinisikan matematika yang tepat. Akibatnya hari ini ia bukan sekadar kebenaran yang tersembunyi dalam pengetahuan fisis kita, tetapi pengetahuan fisis dalam bentuknya yang sekarang kita kenal sebagai pengetahuan struktural.

10

KONSEP EKSISTENSI

I

SAYA kesulitan dalam memahami buku-buku filsafat karena ia banyak berbicara tentang "eksistensi", dan saya tidak tahu apa artinya. Eksistensi tampak menjadi sifat yang agak penting, karena saya berkesimpulan bahwa salah satu sumber utama pembagian antara mazhab filsafat yang berbeda adalah pertanyaan apakah hal-hal tertentu itu eksis atau tidak. Tetapi saya bahkan tidak dapat mulai memahami masalah ini, karena saya tidak dapat menemukan penjelasan tentang istilah "eksis".

Kata "eksistensi" tentu saja tidak asing dalam percakapan sehari-hari; tetapi ia tidak mengekspresikan gagasan yang seragam—sebuah prinsip yang disepakati secara universal yang menurutnya segala sesuatu dapat dibagi menjadi eksis atau tak-eksis. Perbedaan pendapat mengenai apakah sesuatu itu eksis atau tidak kadang-kadang muncul karena benda itu sendiri tidak didefinisikan dengan sempurna, atau karena implikasi yang tepat dari definisi tersebut belum dipahami;

dengan demikian, "eksistensi nyata" elektron, eter, ruang, warna, dapat ditegaskan atau ditolak karena orang yang berbeda menggunakan istilah ini dengan implikasi yang agak berbeda. Tetapi ambiguitas definisi tidak selalu bertanggung jawab atas perbedaan pandangan. Mari kita ambil sesuatu yang tidak asing, misalnya cerukan di bank. Tidak ada orang yang tidak bisa memahami dengan tepat apa artinya hal itu. Apakah sebuah cerukan adalah sesuatu yang eksis? Jika pertanyaan tersebut diajukan pada pemungutan suara, saya pikir beberapa orang akan mengatakan bahwa eksistensinya harus diterima sebagai kenyataan yang suram, dan yang lain akan menganggapnya tidak masuk akal untuk mengakui eksistensi pada apa yang secara instrinsik merupakan negasi. Namun yang membedakan kedua belah pihak tidak lebih dari pertanyaan tentang kata-kata. Tidak masuk akal untuk membagi umat manusia menjadi dua sekte, yang satu percaya pada eksistensi cerukan dan yang lainnya menyangkal eksistensi mereka. Pembagian adalah masalah klasifikasi, bukan masalah kepercayaan. Jika Anda memberi tahu saya jawaban Anda sendiri, maka saya tidak akan belajar sesuatu yang baru tentang hakikat atau sifat cerukan; tetapi saya akan belajar sesuatu tentang penggunaan istilah "eksis"—kategori apa yang ingin Anda bahas.

Pemikiran bahwa segala sesuatu itu eksis atau tak-eksis adalah bentuk pemikiran primitif; dan konsep kategori hal-hal yang memiliki eksistensi dihasilkan dari pemaksaan pengetahuan kita ke dalam kerangka berpikir yang sesuai. Setiap orang melakukan ini secara naluriah; tetapi ada kasus batas di mana semua tidak menggunakan kriteria yang

sama, seperti yang ditunjukkan contoh cerukan. Seorang filsuf tidak terikat oleh konvensi-konvensi tradisional atau naluriah dengan tingkat yang sama dengan orang awam; dan ketika ia juga mengungkapkan pengetahuannya dalam kerangka pemikiran primitif ini, mustahil untuk menebak sistem klasifikasi apa yang akan ia adopsi. Akan lebih mengejutkan jika semua filsuf mengadopsi sistem yang sama. Dalam kasus apa pun, saya tidak melihat mengapa misteri semacam itu harus dibuat darinya, atau bagaimana keputusan yang sewenang-wenang mengenai klasifikasi yang akan diadopsi telah diubah menjadi keyakinan filosofis yang tajam.

Saya tidak ingin mengajukan tuntutan atas dasar pembacaan filosofis yang sangat terbatas. Saya sadar bahwa dalam karya-karya yang lebih sulit dipahami, makna istilah ini terkadang dibahas. Tetapi, bagaimanapun juga, para filsuf kadang-kadang menulis untuk orang awam; dan beberapa dari mereka berusaha untuk mengusir penyerang ilmiah dalam bahasa yang seharusnya dia pahami. Apa yang saya keluhkan adalah bahwa para penulis ini tampaknya tidak menyadari bahwa istilah "eksis", jika mereka tidak menjelaskan arti yang *mereka* kenakan padanya, tentu pasti membingungkan bagi ilmuwan, seperti istilah "kelengkungan ruang", jika dibiarkan tidak dijelaskan, juga akan membingungkan bagi filsuf. Dan saya pikir itu bukan penyimpulan yang tidak adil dari kelalaian ini bahwa mereka sendiri lebih mementingkan kata daripada artinya.

Tidak setiap kalimat yang mengandung kata kerja "eksis" itu mengganggu saya. Istilah ini sering digunakan dengan

cara yang dapat dipahami. Bagi saya (dan tampaknya juga bagi kamus saya), "eksis" adalah bentuk yang agak tegas dari "ada". "Sebuah pemikiran eksis di dalam pikiran seseorang," berarti sebuah pemikiran ada di dalam pikiran seseorang—saya bisa mengerti itu. "Keadaan perang eksis di Ruritania," berarti keadaan perang ada di Ruritania—bukan bahasa Inggris yang sangat baik, tetapi dapat dipahami. Tetapi ketika seorang filsuf mengatakan "Kursi dan meja yang lazim itu eksis", berarti kursi dan meja yang lazim itu ada. . . , saya menunggu dia untuk menyimpulkan. Ya? Apa yang akan Anda katakan tentang mereka? Tetapi dia tidak pernah menyelesaikan kalimat tersebut. Bagi saya, filsafat penuh dengan kalimat yang setengah jadi; dan saya tidak tahu harus bagaimana.

Tuturan seringkali tidak sempurna, dan saya tidak keberatan dengan kalimat yang belum selesai jika saya tahu bagaimana kalimat tersebut harus diselesaikan. "Sebuah suara yang menakutkan itu eksis" mungkin dimaksudkan untuk diselesaikan dalam beberapa bentuk seperti "Sebuah suara yang menakutkan" sedang mengganggu saya? Tetapi itu bukan cara filsuf menyelesaikan pernyataannya yang belum selesai "suara benar-benar eksis"—dan saya benar-benar tidak tahu penyelesaian apa yang dia inginkan. Saya sendiri, ketika tidak terintimidasi oleh eksistensi* para kritikus yang bertekad, jika mungkin dilakukan, membuat kata-kata saya jadi omong kosong, sering mengatakan bahwa atom dan elektron itu eksis. Tentu saja, saya memaksudkan bahwa atom dan elektron itu eksis—atau ada—di dunia fisis yang men-

* Tidak; Anda belum menangkap saya saat ini. Para kritikus juga mengintimidasi saya, apakah filsafat mengakui "eksistensi nyata" atau tidak.

jadi tema pembahasan dalam konteks ini. Kita tidak perlu memeriksa elipsoid yang tepat yang melaluinya seorang ahli matematika mengatakan bahwa akar suatu persamaan itu eksis, ketika ia berarti bahwa persamaan tersebut memiliki akar; cukuplah untuk mengatakan bahwa ia tidak memiliki gagasan untuk mengajukan sebuah klaim untuk memasukkan akar persamaan matematis dalam kategori segala sesuatu yang dibicarakan para filsuf sebagai "benar-benar eksis".

Dalam bab-bab sebelumnya saya telah membahas sejumlah hal yang eksis di alam semesta fisis; artinya, mereka berada di, atau bagian dari, alam semesta fisis. Kita telah melihat bahwa "eksis di dalam", bahkan dalam ungkapan yang setara "menjadi bagian dari", tidak bebas dari ambiguitas, dan hanya dibuat pasti oleh konvensi yang dibahas dalam kaitannya dengan konsep analisis. Pertanyaan apakah alam semesta fisis itu sendiri eksis belum muncul. Sebenarnya saya telah menghindari mengatakan bahwa ia eksis—yang akan menjadi hukuman yang belum selesai. Biasanya tidak perlu terlalu khusus. Eksistensi atau non-eksistensi sesuatu adalah bentuk pemikiran primitif; dan, jika saya menggunakan istilah tersebut, itu berarti saya memaksakan pengetahuan observasi ke dalam biangkai semacam itu,[†] karena ia dipaksa masuk ke dalam beberapa bingkai lain yang telah kita bahas. Namun, dengan mengetahui bahwa sebagai filsuf kita harus berusaha untuk berada di belakang bentuk-bentuk pemikiran ini, saya berpikir dalam buku ini sebaiknya ia tidak memperkenalkannya bahkan meskipun untuk sementara.

[†] Jika kita menginginkan pernyataan lebih dari sekadar ekspresi bentuk pemikiran primitif, kita mengatakan "benar-benar eksis".

II

Keuntungan pendekatan epistemologis adalah bahwa pertanyaan tentang penyematan sifat yang misterius yang disebut "eksistensi" kepada alam semesta fisis itu tidak pernah muncul. Saya akan mengingatkan Anda lagi tentang posisi itu. Titik awal kita adalah kumpulan pengetahuan tertentu. Kita tidak perlu mendefinisikan pengetahuan untuk membahas ruang lingkup yang tepat dari pengetahuan. Apa yang diperlukan adalah spesifikasi kumpulan pengetahuan tertentu atau dugaan pengetahuan yang akan menjadi tema pembahasan. Ada anggapan luas bahwa apa pun diterima sebagai pengetahuan dalam domain ilmu fisis sesuai dengan kesimpulan terbaru. Sesuai dengan kebutuhan pemikiran yang seharusnya, pengetahuan ini telah dirumuskan sebagai deskripsi tentang alam semesta fisis. Itulah cara alam semesta fisis dibahas. Saya pikir, itulah yang diperlukan untuk memberi tahu Anda apa sebenarnya alam semesta fisis; dan Anda tidak akan tahu lagi tentang hal tersebut jika saya menambahkan kalimat yang belum selesai "alam semesta fisis adalah entitas yang ada. . . ", atau bahkan jika saya sangat heterodoks dengan mengatakan "alam semesta fisis adalah entitas yang tidak ada. . . ".

Saya juga merujuk pada alam semesta objektif yang tidak dapat diidentifikasi dengan alam semesta yang dideskripsikan oleh kumpulan pengetahuan yang disebut di atas. Alam semesta yang dideskripsikan oleh kumpulan pengetahuan tersebut, seperti yang telah kita lihat, sebagian bersifat subjektif dan sebagaian lagi bersifat objektif. Beberapa orang mungkin akan mengatakan bahwa sampai

saat ini "alam semesta fisis" selalu dipahami sebagai alam semesta objektif, dan istilah itu seharunya masih digunakan dalam pengertian demikian. Oleh karena itu, perlu ada pembedaan antara alam semesta fisis dan alam semesta fisika, yaitu alam semesta yang dideskripsikan dalam fisika. Ketika suatu istilah telah dikaitkan dengan beberapa konsepsi yang ternyata bertentangan, maka ia selalu merupakan hal yang dapat diperdebatkan yang di antara beberapa konsepsi itu harus memiliki kekuatan pendefinisian. Istilah "alam semesta fisis" sebelumnya jelas dimaksudkan untuk merujuk pada sesuatu yang memiliki objektivitas murni, selain juga memiliki karakteristik lain; tetapi untuk menguji apakah *objektivitas* adalah bagian dari definisinya, saya harus bertanya, "Apakah Anda akan tetap pada definisi ini apa pun yang terjadi"? Anggaplah, misalnya, seharusnya tidak ada yang murni objektif dalam pengalaman kecuali Tuhan; apakah Anda akan setuju bahwa ketika Anda mengatakan "alam semesta fisis", Anda benar-benar selalu mengacu pada "Tuhan"? Saya pikir Anda tidak akan setuju. Tetapi itu berarti bahwa definisi tertinggi, yang siap Anda patuhi dalam semua keadaan, ditentukan oleh pertimbangan lain. Objektivitas bukan sifat yang mendefinisikan, tetapi merupakan sifat yang (secara salah, seperti yang terjadi) kita harap dimiliki oleh sesuatu yang didefinisikan oleh sifat-sifat yang lain. Karena itu, kita harus memeriksa dengan pikiran terbuka apakah alam semesta fisis memiliki objektivitas, dan tidak boleh mencoba menyelundupkan objektivitas sebagai bagian dari definisinya.

Setelah menolak definisi yang mempostulatkan objekti-

vitas, kita kembali ke definisi epistemologis yang telah saya ikuti. Alam semesta fisis adalah dunia yang hendak dideskripsikan oleh pengetahuan fisis; dan tidak ada perbedaan antara alam semesta fisis dan alam semesta fisika.

Jika pengetahuan fisis melibatkan penggunaan istilah dalam arti yang berbeda dari yang digunakan dalam ungkapan biasa, maka itu akan menjadi keberatan yang serius terhadap definisi tentang alam semesta fisis di atas. Ungkapan biasa tidak terlalu berkaitan dengan alam semesta; tetapi pertimbangan yang sama berlaku untuk bagian-bagian alam semesta, yaitu benda-benda fisis. Apakah yang dimaksud oleh ilmuwan dengan "objek fisis" adalah apa yang dimaksud oleh manusia biasa? Misalkan, ketika kita memberikan deskripsi ilmiah tentang kursi menurut teori fisis yang paling modern, apakah kita menggambarkan objek yang dalam kehidupan sehari-hari disebut kursi?

Beberapa filsuf murni menyangkal bahwa deskripsi ilmiah berlaku untuk benda-benda yang dalam tuturan biasa disebut benda-benda fisis. Pendapat mereka disuarakan oleh Prof. Stebbing: "Dia (fisikawan) tidak pernah peduli dengan *kursi*, dan bukan kompetensinya untuk memberi tahu kita bahwa kursi yang kita duduki itu abstrak."‡ Fisikawan tidak peduli dengan kursi! Apakah kita benar-benar diharapkan untuk mengambil tempat duduk ini?

Mari kita perhatikan terlebih dahulu bahwa frasa "kursi yang kita duduki" tidak menambahkan apa pun pada istilah "kursi". Karena yang duduk di atas kursi adalah tubuh; dan jika kita harus membedakan kursi ilmiah, yaitu objek, yang

‡ L. S. Stebbing, *Philosophy and the Physicists,* hal. 278.

bukan benar-benar kursi, yang dijelaskan oleh fisikawan, dengan kursi yang kita kenal, kita juga harus membedakan tubuh ilmiah, yang dijelaskan oleh fisikawan tersebut dengan tubuh yang kita kenal. Jadi ketika kita duduk di atas sebuah kursi, maka tubuh yang biasa duduk di atas kursi yang biasa, dan tubuh ilmiah duduk di atas kursi ilmiah. Dan jika ada tubuh abstrak, maka ia pasti melakukan abstraksi terhadap keadaan duduk di kursi abstrak.

Saya tidak keberatan dengan filsuf yang merenungkan konstruksi kualitas indrawi yang tidak dapat diidentifikasi dengan objek yang dideskripsikan dalam fisika. Tetapi ketika dia mengklaim bahwa yang dirujuk oleh manusia biasa adalah kursi filosofis dan bukan kursi ilmiah, maka dia menipu diri sendiri. Karena jika dia benar, mengapa Perusahaan Transportasi, yang ingin memperbaiki pengaturan tempat duduknya, berkonsultasi dengan fisikawan yang tidak peduli dengan kursi yang kita duduki daripada dengan seorang filsuf yang peduli dengan kursi yang kita duduki?

Jika fisikawan tidak peduli dengan kursi, ahli astrofisika tidak peduli dengan bintang. Ada satu Profesor Astrofisika, Prof. Dingle, yang tidak takut untuk mengakui kesimpulan logis ini: "Dia [Bertrand Russell] telah melewatkan poin penting bahwa fisika sama sekali tidak peduli dengan planet."[§] Prof. Dingle, seperti Prof Stebbing, telah menjatuhkan pandangan yang menentukan penggunaan kata-kata biasa, dan telah kesasar ke dunia tempat manusia memandang benda-benda dengan cara filsuf, dan bahasa dialihkan untuk menggambarkan hal-hal yang dianggap paling layak

[§] H. Dingle, *Through Science to Philosophy*, p. 93.

diperhatikan oleh para filsuf.

> Berkelip, berkelip bintang kecil,
> Betapa saya ingin tahu siapa kamu!

Tetapi anak itu tidak bertanya-tanya apakah bintang tersebut adalah "fungsi data indra" (Russell) atau "pengelompokan pengalaman yang masuk akal" (Dingle). Dia bertanya-tanya seberapa besar ia dan seberapa jauh ia, apa yang membuatnya tidak jatuh, apakah ia terbuat dari emas, apakah ia dinyalakan oleh listrik. Ketika dia ingin tahu apa itu bintang, yang dapat memberinya informasi yang dia inginkan adalah Dingle yang ahli astrofisika, bukan Dingle yang filsuf. Satu pertanyaan memunculkan pertanyaan lain; dan dalam risalah fisika yang susah dipahami, kita masih bertanya, dan sekarang menjawab, serangkaian pertanyaan yang tak henti-hentinya. Ketika seorang fisikawan memberi tahu kita dengan deskripsi ilmiahnya apa itu bintang, dia masih menjawab pertanyaan anak tersebut; tetapi anak tersebut sedikit lebih tua.

Memang benar bahwa si anak—atau orang biasa—tidak tahu bahwa yang benar-benar ia tanyakan adalah struktur grup bintang. Tetapi ketika kita membagikan kepadanya sedikit demi sedikit, dalam bahasa yang disesuaikan dengan tahap yang telah dia capai, khususnya tentang struktur grup, dia mengakui bahwa informasi tersebut adalah jawaban untuk pertanyaannya yang setengah jadi. Dan keingintahuannya tidak terpuaskan sampai dia telah mengekstraksi dengan cara ini semua yang dapat kita katakan kepadanya tentang struktur grup, atau sampai dia menemukan kita

menjadi sangat tidak dapat dipahami sehingga tidak ada gunanya lagi untuk bertanya kepada kita.

Fisikawan itu sendiri mungkin sebagian disalahkan karena kecurigaan bahwa ia berbicara tentang sesuatu yang berbeda dari apa yang orang biasa akan maksudkan dengan alam semesta fisis dan benda-benda fisis; karena dia tidak selalu teliti dalam penggunaan kata-kata yang sudah dikenalnya. Namun tidak ada penyalahgunaan dalam kasus ini.

Alam semesta fisis seperti yang dijelaskan dalam buku ini mungkin tampak jauh dari alam semesta yang biasanya direnungkan karena penekanan yang telah diletakkan pada subjektivitasnya. Tetapi kecurigaan bahwa istilah itu disalahgunakan muncul dari kesalahpahaman. Tugas khusus saya dalam kuliah-kuliah ini adalah untuk mempelajari elemen subjektivitas di alam semesta fisis, sehingga elemen objektif telah dijauhkan dari pusat perhatian; tetapi, seperti yang telah saya tunjukkan, elemen subjektif memanjang sebagian besar di bagian yang tidak sistematis dari pengetahuan kita yang juga membentuk bagian dari deskripsi alam semesta fisis. Ketika kita menanggalkan penutup mata spesialis, dan melihat kedua elemen bersama-sama dalam perspektif yang tepat, kita akan menemukan bahwa elemen-elemen itu membentuk alam semesta yang tidak dapat diterima sebagai jawaban atas pertanyaan-pertanyaan dasar yang muncul dari pengalaman biasa, dan juga jawaban atas pertanyaan ilmiah yang lebih sukar dimengerti.

III

Saya berharap sekarang sudah cukup jelas bahwa saya menolak konsep metafisis tentang "eksistensi nyata"; dan tanpa bahaya saya mungkin memperkenalkan *konsep struktrukal tentang eksistensi* yang memiliki pengertian yang didefinisikan secara matematis. Bahwa segala sesuatu eksis atau tidak eksis itu merupakan bentuk primitif pemikiran. Saya mengira bahwa setiap orang berpikir seperti itu, meskipun akan mustahil baginya untuk mengkristalkan konsepsi eksistensi yang dimaksud. Mari kita kesampingkan konsep umum yang kabur dan hanya pertimbangkan struktur konsep. Strukturnya yang sangat sederhana direpresentasikan oleh sebuah simbol yang mengandung dua kemungkinan—yaitu eksistensi dan non-eksistensi. Dalam bahasa matematis, ia adalah simbol J dengan dua nilai eigen, yang paling mudah dianggap sebagai 1, yang berarti eksistensi, dan sebagai 0, yang berarti non-eksistensi. Simbol J harus memenuhi persamaan $J^2 - J = 0$, karena itu adalah persamaan kuadrat yang hanya memiliki dua solusi $J = 1$ dan $J = 0$. Cara lain untuk menulis persamaan yang sama adalah $J^2 = J$. Kita menyebut simbol yang sama dengan kuadratnya sendiri sebagai simbol *idempoten.*¶

Konsep structural tentang eksistensi direpresentasikan oleh sebuah simbol idempoten.

Secara umum ia memerlukan lebih dari satu elemen untuk membentuk struktur; dan eksistensi adalah satu-satunya contoh struktur yang dimiliki oleh satu elemen.

¶ Idempoten adalah sifat dalam pengoperasian dua buah objek yang hasilnya objek itu sendiri [pen.]

Harus diingat bahwa struktur pertama kali muncul ketika operasi X yang mengubah operasi P menjadi operasi Q bukan jenis operasi baru, tetapi salah satu dari rangkaian operasi yang sudah ditentukan. Ketika hanya ada satu operasi J untuk dipertimbangkan, kondisi untuk struktur ini berubah menjadi "operasi yang mengubah operasi J menjadi operasi J adalah operasi J". Itulah yang ditegaskan oleh kondisi idempoten $J.J = J$. Dengan demikian, jika kita merepresentasikan elemen-elemen utama dari analisis kita dengan simbol-simbol idempoten, kita menyatakan bentuk pemikiran bahwa, terlepas dari keterkaitan strukturalnya dengan elemen-elemen lain, semua yang dapat dikatakan tentang suatu elemen adalah bahwa elemen tersebut eksis atau bahwa ia tidak eksis.

Entitas yang direpresentasikan oleh simbol eksistensi sederhana J itu seperti sebuah titik karena ia "tidak memiliki bagian dan ukuran"; karena jika memiliki bagian, akan mungkin untuk membayangkan satu bagian yang eksis tanpa yang lain, dan masing-masing bagian akan memerlukan simbol eksistensi yang independen. Keberadaan keseluruhan, yang setara dengan ko-eksistensi bagian-bagian, kemudian akan bergantung pada kombinasi simbol eksistensi mereka yang terpisah, dan bukan pada simbol J sederhana. Entitas dalam fisika yang, seperti titik dalam geometri murni, tidak memiliki bagian yang digambarkan sebagai *partikel elementer*. Saat ini partikel elementer kita tidak memiliki "ukuran"; karena ukuran itu relatif dan kita tidak memperkenalkan apa pun yang terkait denganya. Ukuran (massa m, muatan e, dan kisaran dalam fenomena nuklir) yang kita atribut-

kan pada partikel elementer adalah miliknya, bukan secara intrinsik, tetapi karena hubungannya dengan bagian alam semesta lainnya.

Observasi hanya dapat mengungkapkan hubungan antar entitas; dan hubungan yang paling dasar yang dapat kita pertimbangkan adalah hubungan antara dua partikel elementer dengan simbol eksistensi sederhana masing-masing J_1 dan J_2. Relasi ini hanya eksis jika kedua partikel tersebut eksis. Oleh karena itu, kita menetapkan simbol eksistensi ganda $J_1 \times J_2$ padanya, yang akan memiliki nilai eigen eksistensi 1 jika J_1 dan J_2 memiliki nilai eigen 1, dan nilai eigen non-eksistensi 0 jika salah satunya atau keduanya memiliki nilai eigen 0.

Relasi antara dua relasi hanya akan eksis jika kedua relasi tersebut eksis, dan karenanya harus disematkan simbol eksistensi rangkap empat. Tetapi cara tersebut mengarah pada pesta pora notasi yang terus berkembang.[‖] Tujuan kita adalah struktur tempat relasinya relasi itu direpresentasikan oleh seperangkat simbol yang sama dengan relasi itu sendiri, sehingga syarat bagi deskripsi matematis dalam hal teori grup terpenuhi. Karena itu, relasinya relasi akan memiliki simbol eksistensi ganda tentang relasi sederhana yang dengannya relasinya relasi itu diidentifikasi.

Harus diingat bahwa partikel elementer bukanlah data aktual. Datum tersebut adalah pengetahuan observasi kita, yang, karena sifatnya yang dapat dikomunikasikan, merupakan pengetahuan tentang struktur grup; dan partikel elementer adalah produk analisis struktur grup ini. Kon-

[‖] Simbol-simbol eksistensi rangkap empat penting pada tahap selanjutnya karena pengukuran melibatkan rangkap empat.

stituen grup adalah operator yang kita sebut $P, Q, R, \ldots$ Kita sekarang ingin mengungkapkan secara simbolis fakta bahwa P,Q,R adalah *relasi*. Konsep struktural dari suatu relasi adalah bahwa ia adalah sesuatu yang eksistensinya bergantung pada eksistensi dua entitas yang dapat eksis atau tak-eksis. Jadi, dalam mengungkapkan $P, Q, R, \ldots$ dengan simbol-simbol eksistensi ganda, kita mengatakan tentang mereka tidak lebih dari yang diperlukan agar mereka dapat dipahami sebagai relasi. Sampai sekarang kita telah berbicara secara samar tentang struktur grup $P, Q, R, \ldots$, tetapi sekarang kita dapat menentukan grup matematika tertentu yang terlibat, yaitu grup simbol eksistensi ganda. Berdasarkan penyelidikan, grup simbol eksistensi ganda ini ternyata merupakan grup yang sama dengan grup rotasi dalam ruang enam dimensi, yang perujukannya telah dibuat.

Mengapa enam dimensi? Bahkan jika kita memasukkan waktu, kontinum lokasi yang diungkapkan dalam pengalaman observasi hanya memiliki empat dimensi. Tetapi kita berhadapan dengan partikel, bukan dengan titik geometri; dan simbol eksistensi ganda merepresentasikan relasi antara dua partikel yang lebih kompleks daripada (tetapi termasuk) relasi geometris murni antara dua titik yang mereka tempati. Bukan hanya kompleksitas yang lebih besar yang secara langsung diprediksi dengan metode ini, tetapi pengembangan lebih lanjut teori menunjukkan bagaimana ia akan memanifestasikan dirinya dalam pengalaman observasi. Komplikasi tambahan sesuai dengan bidang putar dan tanda muatan partikel elementer—yang tidak memiliki padanan pada titik geometris.

Langkah selanjutnya dalam pengembangan teori dikondisikan oleh fakta bahwa unsur-unsur struktur di alam semesta sangat banyak. Kita telah merenungkan sebuah struktur yang tidak "eksis" kecuali setiap elemennya eksis. Tetapi, ketika jumlah elemen sangat besar, kita memiliki konsepsi yang agak berbeda tentang eksistensi struktur, yang menurutnya eksistensi dua atau tiga elemen lebih atau kurang tidak layak untuk dikhawatirkan. Karena tidak ada satu pun dari partikelnya yang sekarang penting bagi eksistensi struktur, kita harus memberi struktur sebuah simbol eksistensi yang independen dari simbol eksistensi partikel-partikel individualnya.

Untuk mengekspresikan perubahan bentuk pemikiran kita ini, harus diperhatikan bahwa ia menduplikasi eksistensi setiap elemen; sebagai sebuah kontributor untuk struktur tersebut, setiap elemen dianggap eksis terus-menerus, tetapi sebagai entitas independen, setiap elemen mungkin hadir atau tidak. Mari kita nyatakan secara matematis sifat eksistensi yang *independen* yang kita atributkan padanya. Pertama-tama kita harus menduplikasi simbol eksistensinya yang biasa, yang memperoleh $2J$. Kita kemudian mengabstraksi bagian yang mempresentasikan eksistensinya sebagai kontributor struktur; ini bukan potensi eksistensi dan noneksistensi yang memerlukan representasi simbolik, tetapi merupakan eksistensi tanpa syarat yang telah kita setujui untuk direpresentasikan oleh angka 1. Sisanya $2J - 1$ mewakili eksistensi elemen yang independen. Dengan demikian, kita memperoleh konsepsi partikel yang ada secara independen, yang diwakili oleh simbol eksistensi independen

$K = 2J - 1$. Nilai eigen K adalah 1 untuk eksistensi dan -1 untuk non-eksistensi. Ketiadaan partikel itu bukan sekadar negasi (0), melainkan sebuah lubang (-1) yang terjadi di, atau ditambahkan ke, struktur.

Terlepas dari eksistensi atau non-eksistensinya, satu-satunya karakteristik yang dimiliki oleh partikel elementer adalah relasinya dengan seluruh struktur. Dalam sudut pandang kita yang baru, relasinya adalah yang utama. Dengan kata lain, kita mengklasifikasikan relasi yang berbeda dari suatu partikel individu dengan keseluruhan strukur, dan kemudian pada setiap relasi yang memungkinkan, kita menetapkan simbol eksistensi independen K yang menunjukkan apakah sebuah partikel yang memiliki relasi tersebut eksis atau tidak. Terminologi yang lebih umum adalah menyebut relasi dengan seluruh struktur sebagai sebuah *keadaan*, dan menggambarkan keadaan itu sebagai sesuatu yang *dihuni* atau *tak-dihuni*. Karena itu, kita dapat menyebut K sebagai *simbol hunian* daripada sebagai simbol eksistensi yang independen.

Dalam mode representasi ini, "seluruh struktur" memainkan bagian yang mirip dengan geoid** dalam geodesi, yang darinya bumi sebenarnya diperoleh dengan menambahkan dan mengurangi materi di berbagai titik. Setelah memperhatikan analogi ini, saya mengusulkan untuk menyebut struktur yang dimaksudkan sebagai *uranoid* yang terus menerus ada. Ini akan membedakannya dari struktur lain yang mungkin kita pertimbangkan. Setiap partikel yang independen itu independen hanya karena ia telah meng-

** Geoid adalah bidang ekuipotensial yang mendekati permukaan laut rata-rata atau model bumi yang mendekati sesungguhnya. [pen.]

ontribusikan setengah "eksistensi"-nya pada uranoid. Ini menyiratkan bahwa jumlah partikel yang direnungkan (tetapi belum tentu ada) telah ditetapkan pada awalnya, dan uranoid dibangun sesuai dengan jumlah partikel tersebut. Kita akan membahas bagaimana jumlah ini ditentukan nanti.

IV

Untuk langkah lebih lanjut pengembangan fisika teoretis dari fondasi epistemologis, perlu merujuk ke risalah matematis saya.[††] Dalam buku ini saya telah mencoba: pertama menunjukkan secara rinci prinsip-prinsip yang melaluinya matematika pertama kali menguasai subjek, sehingga kita dapat memahami relasi yang tepat dari kerangka berpikir matematis simbolis dengan konsepsi non-matematis; dan kedua membawa pengembangan cukup jauh untuk menunjukkan bahwa materi matematika yang diperoleh dengan cara ini tidak sepele. Baik pada tahap ini maupun pada tahap selanjutnya tidak ada sesuatu yang sewenang-wenang dalam proses pengembangan, asalkan kita mengakui bahwa ia harus seperti mengekspresikan pengetahuan sesuai dengan bentuk pemikiran tertentu yang kita kenal telah tertanam dalam pandangan kita.

Namun, saya harus menyebutkan konsepsi yang muncul dalam perkembangan selanjutnya, karena akan ada kesempatan untuk menggunakannya dalam bab berikutnya. Setiap keadaan secara ideal itu berbeda dan terkait dengan simbol K yang berbeda yang hanya dapat menunjukkan hunian

[††] *Relativity Theory of Protons and Electrons* (1936), khususnya Bab XVI.

atau non-hunian; tetapi dalam praktiknya kita terkadang mengabaikan perbedaan menit yang lebih banyak dan mengatur sejumlah besar keadaan menjadi satu. Jadi kita sering harus bekerja dengan keadaan yang padat, yang dibentuk pengaturan keadaan dasar n secara bersama, dan karena itu mampu dihuni oleh jumlah berapa pun hingga n partikel. Untuk menggambarkan keadaan hunian yang padat, kita harus mengaitkannya dengan *simbol kardinal* K', yang nilai eigennya adalah bilangan bulat dari $\frac{-1}{2}n$ hingga $+\frac{1}{2}n$ dan merepresentasikan kelebihan jumlah keadaan yang dihuni dengan $\frac{1}{2}n$.[‡‡] Persamaan yang dipenuhi oleh K' adalah

$$K'(1-K'^2)(1-K'^2/2^2)(1-K'^2/3^2)\cdots(1-K'^2/\frac{1}{4}n^2)=0$$

karena akarnya adalah nilai eigen yang diperlukan. Biasanya n begitu besar sehingga dianggap takberhingga, dan sisi kiri persamaan kemudian merupakan produk tak-berhingga yang dikenal sama dengan $\sin \pi K'$. Dengan demikian persamaan karakteristik[§§] bagi K' adalah $\sin \pi K' = 0$, yang dipenuhi oleh setiap bilangan bulat, positif, dan negatif, termasuk nol (0). Ini adalah bentuk di mana persamaan digunakan dalam teori kuantum saat ini; tetapi harus diingat bahwa ia adalah perkiraan, dan dalam bentuk persamaan yang ketat, ada bilangan bulat tertinggi.

Kita akan mendapatkan beberapa gagasan tentang ukur-

[‡‡] Kita telah mengambil n genap. Modifikasi yang sesuai diperkenalkan jika n gasal. Separuh dari eksistensi masing-masing partikel, yaitu $\frac{1}{2}n$ secara keseluruhan, dianggap sebagai termasuk dalam uranoid, dan karena itu kelebihan $\frac{1}{2}n$ adalah eksistensi independen yang terkait dengan keadaan terkondensasi.

[§§] Dalam arti yang sama di mana $J^2 = J$ adalah persamaan karakteristik J.

an pekerjaan yang tersisa sebelum perkembangan teori saat ini dengan dasar epistemologis murni bergabung ke dalam teori fisis saat ini, jika kita menyadari bahwa kita belum memperkenalkan pengukuran; sehingga jumlah fisis biasa yang dihasilkan dari pengukuran belum muncul. Dalam Bab V kita menghabiskan banyak waktu untuk definisi panjang dan interval waktu yang merupakan dasar dari semua pengukuran fisis lainnya. Sistem ekspresi pengetahuan kita dengan besaran fisis yang terukur ini belum dikaitkan dengan ekspresi yang lebih primitif dalam hal struktur grup.

Kita dikatakan "mengobservasi" relasi antara dua entitas; tetapi sebuah "pengukuran" terdiri dari pembandingan relasi tersebut dengan standar. Dengan demikian, pengukuran panjang adalah perbandingan relasi ekstensi antara dua entitas dalam sistem yang diamati dengan relasi ekstensi antara dua entitas yang menandai ujung standar yang kita adopsi. Oleh karena itu, ukuran melibatkan empat entitas, dan pada penampilan pertamanya dikaitkan dengan simbol eksistensi rangkap empat. Namun, secara konseptual ia ditransfer ke relasi yang dibandingkan dengan standar; dan beberapa ukuran (misalnya ukuran massa) bahkan ditransfer ke entitas tunggal yang dipilih dari empat. Perlakuan formal pemindahan ini mengarah pada percabangan teori fisika yang sangat luas. Di sini kita hanya akan mencatat bahwa simbol eksistensi rangkap empat, yang darinya kita berpaling di awal pembahasan ini, memainkan peran penting dalam tahap-tahap selanjutnya karena keterkaitan langsung mereka dengan proses pengukuran. Namun, ini bukan awal dari regresi tanpa batas. Kerangka konseptual

yang di dalamnya pengetahuan fisis diekspresikan itu seperti melibatkan simbol-simbol eksistensi sederhana, ganda, rangkap empat yang masing-masing berkaitan dengan entitas, relasi, dan ukuran; tetapi tidak memiliki penggunaan mendasar untuk simbol rangkap delapan atau yang lebih tinggi.

Dari asosiasi pengukuran dengan empat entitas, kita diarahkan, tanpa penyeledikan lebih lanjut, untuk mengharapkan bahwa angka 4 dengan cara tertentu akan menjadi jelas dalam gambaran dunia yang mewujudkan hasil pengukuran kita. Ini adalah benih yang darinya muncul angka-angka murni yang disusun secara aneh yang kita sebut konstanta alam. Kesimpulan ini dengan sendirinya memberi tahu kita sangat sedikit, dan tidak memberikan jaminan untuk spekulasi numerologis. Saya percaya bahwa angka 4 yang diperkenalkan dengan cara ini sebenarnya bertanggung jawab atas empat dimensi ruang-waktu, tetapi hanya secara tidak langsung. Dalam perhitungan aktual, jumlah dimensi ruang-waktu dicapai oleh rute

$$\frac{4.3}{1.2} - 1 - 1 = 4,$$

dan merupakan suatu kebetulan bahwa angka yang kita akhiri adalah angka yang kita gunakan. Banyak utas yang harus kita jalin bersama sebelum kita membuat sesuatu dari permulaan yang kecil ini.

Orang tidak dapat membuat batu bata tanpa jerami. Pembahasan di atas mungkin akan berfungsi untuk menunjukkan di mana saya mendapatkan jerami untuk batu bata yang saya buat—atau jatuhkan—dalam teori yang lengkap.

11

SEMESTA FISIS

I

SAYA PERCAYA ada 15.747.724.136.275.002.577.605.653.961.181.555.468.044.717.914.527.116.709.366.231.425.076.185.631.031.296 proton di alam semesta, dan jumlah yang sama untuk elektron.

Dalam jumlah total ini, positron dihitung sebagai minus satu elektron; sehingga penciptaan dan pemusnahan elektron dan positron secara berpasangan, yang terus terjadi, tidak memengaruhi jumlah total. Bagaimana mesotron dihitung dalam total (jika sama sekali) tidak dapat dinyatakan sampai kita tahu lebih banyak tentang partikel-partikel ini. Neutron dan nukleus, tentu saja, dihitung sesuai dengan jumlah proton dan elektron yang menyusunnya.

Seharusnya tidak perlu menyatakan kembali apa yang telah diketahui sejak tahun 1920, bahwa setiap nukleus terdiri dari sejumlah proton dan elektron yang pasti dapat ditentukan dari berat atom dan nomor atomnya. Tetapi

beberapa tahun yang lalu ada keinginan untuk menyangkal hal ini, yang menyebar begitu luas sehingga referensi yang paling tidak berbahaya untuk itu masih menimbulkan kritik—seolah-olah mengkhianati ketidaktahauan gagasan-gagasan terbaru tentang struktur nuklir. Pernyataan itu mengacu pada komposisi, bukan struktur, dari nukleus. Hanya mereka yang memiliki imajinasi yang sangat naif yang dapat mengira itu berarti bahwa pemeriksaan nukleus akan mengungkapkan elektron yang menempel di dalamnya seperti kismis di dalam puding. Nukleus tersusun atas proton dan elektron dengan cara yang sama seperti omelet terdiri dari telur; artinya, ketika telur dadar muncul di atas meja, terdapat sedikit telur di lemari makan. Komposisi proton-elektron yang ditetapkan pada beberapa nucleus cukup dikonfirmasi oleh eksperimen transmutasi yang secara langsung menerapkan kriteria komposisi "omelet". Saya pikir kegilaan pernyataan metafisis, bahwa telur dan elektron tidak ada lagi ketika mereka diacak, kini telah menghilang; tetapi bagaimanapun juga ia tidak relevan.

Kembali ke jumlah proton dan elektron, saya telah menyatakan keyakinan saya. Seseorang percaya dengan berbagai tingkat kepercayaan diri. Keyakinan saya bahwa saya tahu jumlah pasti proton dan elektron di alam semesta tidak ada di antara keyakinan ilmiah terkuat saya, tetapi saya harus menggambarkannya sebagai jenis kepercayaan rata-rata yang cukup. Saya, bagaimanapun, sangat yakin bahwa, jika saya salah angka, itu hanya kesalalahan konyol, yang akan segera diperbaiki jika ada lebih banyak pekerja di bidang ini. Singkatnya, mengetahui jumlah pasti partikel

di alam semesta adalah aspirasi fisikawan yang sepenuhnya sah.

Orang yang sinis akan mengatakan bahwa ini adalah perhitungan yang aman, karena tidak ada yang akan menghitung partikel dan menunjukkan bahwa menurut saya, katakanlah, 14. Saya melangkah sejauh ini untuk membenarkan orang-orang yang sinis untuk mengakui bahwa, jika saya mengira ada sedikit kesempatan bagi siapa pun untuk menghitung partikel, saya tidak akan pernah menerbitkan perhitungan saya. Tetapi alasan saya bukan yang Anda curigai. Alasannya adalah bahwa dalam perhitungan itu saya menggunakan jenis analisis yang hanya cocok untuk partikel yang *tak-terhitung (tak-tercacah)*; sehingga jika ada yang meyakinkan saya bahwa dia benar-benar dapat menghitung proton dan elektron, dia akan membujuk saya bahwa perhitungan saya salah, dan saya harus menariknya tanpa menunggu untuk mendengar apakah perhitungannya tidak sesuai.

Mari kita lihat mengapa proton dan elektron tak-terhitung. Bukan hanya karena mereka begitu banyak. Fisikawan kuantum memberi tahu kita bahwa sebuah elektron tidak pasti berada di satu tempat tetapi dibalutkan pada distribusi probabilitas; juga bahwa elektron tidak dapat dibedakan satu sama lain. Itu bukan materi yang sangat menjanjikan untuk dihitung. Tidak ada yang perlu diingat tentang elektron yang terakhir Anda hitung—baik posisinya maupun tanda pembedanya. Jadi, bagaimana Anda bisa tahu apakah yang Anda perhatikan berikutnya adalah yang baru atau sudah dihitung? Dengan prinsip ketakpastian, semakin dekat An-

da menentukan posisinya pada satu saat, semakin tidak pasti kecepatannya dan di mana ia akan muncul berikutnya. Ketika Anda berhenti untuk beristirahat, sebagai varian untuk menghitung domba di padang hijau, mungkin Anda hendak mencoba menghitung elektron dalam distribusi probabilitas.

Sifat elektron membuat tidak mungkin untuk menghitungnya kecuali dalam kasus yang sangat khusus; dan hal yang sama berlaku untuk proton. Namun demikian, fisikawan memberi tahu kita dengan yakin jumlah elektron yang diperkirakan (sekitar 6×10^{23}) dalam satu gram hidrogen. Jelas mereka belum menghitungnya. Itu sendiri tidak memerlukan kritik, karena kita menyadari bahwa sah untuk mendapatkan hasil seperti itu secara tidak langsung. Direktur bank menentukan (atau biasa menentukan) jumlah penguasa dengan menimbang dan mengetahui bahwa ini akan memberikan hasil yang sama dengan proses perhitungan yang lebih sulit. Tetapi dapatkah dikatakan bahwa prosedur tidak langsung yang digunakan oleh fisikawan untuk menentukan jumlah elektron dalam satu gram hidrogen memberikan hasil yang sama seperti yang akan diperoleh dengan benar-benar menghitungnya? Jelas tidak; karena kita baru saja melihat bahwa mereka tidak dapat dihitung—menghitung mereka sebenarnya tidak akan memberikan hasil sama sekali.

Setiap ihwal pengetahuan fisis adalah pernyataan tentang hasil prosedur observasi yang bersifat aktual atau hipotesis. Ketika pengetahuan diklaim tentang jumlah proton dan elektron dalam gram hidrogen, prosedur observasi

yang dimaksudkan tidak dapat dihitung. Ini pasti merupakan pengetahuan tentang hasil beberapa prosedur lain di mana bilangan integral ditempelkan ke suatu sistem. Kita menyebut bilangan ini sebagai jumlah partikel; tetapi ia adalah angka yang dihitung sesuai "aritmatika kuantum" yang tidak berdasarkan pada konsepsi yang sama dengan aritmatika penghitungan Pythagorean. Barangkali kita harus marah dengan fisikawan kuantum karena menipu kita. Tetapi tidak mungkin untuk tidak mengagumi keindahan aritmatika kuantum yang sangat mengena, dan kecerdikan trik yang digunakannya untuk menghitung bilangan yang takterhitung.

Nama "aritmatika", seperti "geometri" atau bahkan "hidrodinamika", dapat diterapkan pada cabang matematika murni dengan definisi dan aksioma sendiri yang tidak berhubungan dengan apa pun di alam semesta fisis; tetapi dalam konteks ilmiah, istilah-istilah ini harus dipahami dalam arti praktis aslinya sebagai ilmu pengetahuan yang memiliki subjek tentang penomoran benda-benda fisis, pengukuran dunia, dan pergerakan cairan material. Sebagai cabang ilmu fisis, mereka menganut kecenderungan umum menuju penyatuan; dan karena teori relativitas memiliki geometri dan mekanika yang menyatu, maka teori kuantum memiliki aritmatika dan mekanika gelombang yang lebih menyatu. Kita telah melihat bahwa spesifikasi standar material panjang perlu beralih ke teori kuantum dengan bilangan murni saja. Teori relativitas mampu mengekspresikan pengetahuan dalam hal angka, tetapi hanya karena ia meminjam standar panjangnya dari teori kuantum, dan juga karena asosiasi kuantum

terhadap angka dengan sistem fisis.

Kunci untuk penyatuan yang telah mengubah aritmatika menjadi mekanika gelombang adalah simbol kardinal K' yang telah kita perkenalkan. K' adalah simbol yang memenuhi sin π $K' = 0$, dan nilai eigennya adalah seluruh rangkaian bilangan bulat positif dan negatif. Mekanika gelombang dengan demikian membawa bilangan bulat (yang membentuk seluruh materi aritmatika biasa kita) ke bidangnya sebagai nilai eigen dari salah satu operator simbolisnya. Dengan diperkenalkan dengan cara ini, bilangan bulat adalah konsep yang tidak terkait dengan prosedur penghitungan. Penghitungan, jika diperkenalkan semuanya, didefinisikan dalam hal nilai eigen K', yakni bilangan bulat, bukan sebaliknya. Langkah yang kita buat dari 3 ke 4 dalam penghitungan adalah transisi—yaitu sebuah lompatan kuantum—karakteristik fisis sebuah sistem dari suatu nilai eigen ke nilai eigen lainnya. Transisi sebuah sistem dari keadaan ke-tiga-an ke keadaan ke-empat-an hanyalah salah satu dari banyak jenis lompatan kuantum yang dapat dilewati oleh sistem, dan tidak berbeda dari lompatan kuantum lain dalam teori mekanika-gelombang yang umum.

Bahan, atau operan, yang kepadanya operator simbolis bekerja disebut fungsi gelombang sistem. Ketika disertakan dengan bahan tertentu, K' berkurang ke angka 4; kita kemudian mengatakan bahwa jumlah partikel dalam sistem yang direpresentasikan oleh operan adalah 4; dan juga untuk angka lainnya. Harus dipahami bahwa ini bukan sistem penafsiran khusus yang diciptakan untuk simbol K'; ia adalah garis "jumlah partikel" dengan jumlah fisis lain yang

menggambarkan sistem, yang dalam mekanika gelombang masing-masing simbol yang sesuai direduksi menjadi angka yang berbeda (biasanya bilangan bulat) sesuai dengan fungsi gelombang yang dipasok ke mereka untuk beroperasi. Seringkali bahan yang disediakan—yaitu fungsi gelombang—itu sedemikian rupa sehingga simbol pengoperasian tidak dapat direduksi ke angka berapa pun; untuk sistem itu besaran fisis yang direpresentasikan oleh simbol tidak memiliki nilai pasti, tetapi ada metode penghitungan "nilai ekspektasi"—yaitu nilai yang terkait dengan tingkat ketakpastian. Hal ini juga dapat terjadi dalam kasus jumlah partikel, jika pengetahuan yang direpresentasikan oleh fungsi gelombang hanya cukup untuk memberikan perkiraan yang mungkin tentang jumlahnya.

Fakta bahwa K', jika direduksi menjadi angka semuanya, selalu merupakan bilangan bulat itu membedakannya dari sebagian besar operator simbolik lainnya. Kondisi ini memastikan bahwa kita tidak pernah mengatakan bahwa jumlah partikel dalam sebuah sistem itu adalah $3\frac{3}{4}$. Memang benar bahwa ada operator lain yang terkait dengan sistem fisis yang hanya memiliki nilai eigen integral; tetapi itu karena partikel bukan satu-satunya hal yang dapat kita hitung—atau lebih tepatnya kita dapat menyusun pengganti untuk penghitungan. Harus diingat bahwa "atomitas" meluas ke radiasi (foton) dan ke momentum sudut, serta partikel material.

Dalam menerima aritmatika, teori kuantum sedikit telah melampaui batasnya sendiri. Untuk memuat seluruh bilangan bulat, operator kardinal harus memenuhi sin π

$K' = 0$. Tetapi kita telah memperhatikan bahwa, meskipun ia adalah persamaan yang biasanya digunakan, ia hanya perkiraan; dan jika kita menggunakan persamaan yang tepat, maka rangkaian bilangan bulat yang direpresentasikan oleh K' berhenti pada angka yang agak tinggi yang akan kita sebut N. Oleh karena itu, ada perbedaan antara aritmatika kuantum dan aritmatika Pythagorean. Tidak ada ketakberhinggaan dalam aritmatika kuantum, dan angka-angka berhenti pada angka tertinggi N. Sehingga prinsip yang melaluinya angka yang disebut sebagai "jumlah partikel dalam suatu sistem" disematkan ke sistem membuatnya tidak mungkin untuk menetapkan angka yang lebih tinggi dari N, yang tidak ada dalam aritmatika kuantum.

Bilangan kosmik N menggantikan ketakterbatasan dalam aritmatika kuantum relativistik dengan cara yang hampir sama dengan kecepatan cahaya menggantikan kecepatan takberhingga dalam teori relativitas dasar. Sejauh ini, saya belum mengatakan apa pun tentang cara N ditentukan; saya hanya memperhatikan pengaturan di mana ia muncul. Tetapi sekarang bahwa kita telah diseret untuk menerangkan sifat perangkat yang melaluinya angka disematkan ke yang takterhitung, saya pikir akan menjadi jelas bahwa saat mengklaim hendak menentukan secara *a priori* jumlah partikel elementer di alam semesta, kita tidak mengambil hak prerogatif yang biasanya dianggap milik Pencipta alam semesta.

Kata lebih lanjut dapat diungkapkan tentang tak terhitungnya elektron. Mungkin terdapat keberatan bahwa kita benar-benar menghitung elektron dalam ruang Wilson,

di mana jejaknya diperjelas oleh perangkat yang berbakat. Tetapi berapa banyak elektron yang ada di ruang Wilson? Sesuatu dari urutan 10^{20}. Dan berapa banyak yang kita hitung? Selusin atau lebih. Kita menghitung hingga sekitar dua belas dan kemudian berhenti; bukan karena kita lelah, tetapi karena tidak ada cara untuk melanjutkan. Saya tidak berpikir itu bertentangan dengan pernyataan saya bahwa penghitungan yang saya maksudkan dengan enumerasi sistematis, tidak dapat diterapkan pada elektron.

Secara umum satu-satunya partikel yang dapat dihitung adalah partikel yang memiliki kecepatan sangat tinggi. Memang benar bahwa dengan menguji ini, kita dapat memperoleh rasio massa terhadap jumlah, yang, jika diasumsikan juga memiliki partikel takterhitung, memungkinkan kita untuk menyimpulkan jumlah dari massa. Tetapi saya tidak menyangkal bahwa fisikawan telah menemukan cara yang rasional dan konsisten untuk memperluas definisi bilangan ke sistem yang takterhitung. Intinya adalah bahwa mereka telah memperluas definisi. Sehingga ketika saya, dengan patuh mengikuti definisi mereka, berbicara tentang jumlah partikel di alam semesta, Anda tidak boleh berpikir yang saya bahwa ada entitas yang terpisah N, yang diletakkan di sana oleh Sang Pencipta, yang siap untuk dihitung.

II

Kalkulasi teoretis terhadap bilangan kosmis N bergantung pada fakta bahwa sebuah pengukuran melibatkan empat entitas dan oleh karena itu terkait dengan simbol eksistensi rangkap empat. Dari sini tampak bahwa bilangan kosmis

pasti merupakan jumlah total dari fungsi gelombang rangkap empat yang independen, yang ternyata $2 \times 136 \times 2^{256}$. Ini adalah jumlah proton *dan* elektron. Jumlah proton adalah 136×2^{256}, yang merupakan angka yang diberikan secara penuh di awal bab ini.

Berikut ini, menurut saya, adalah cara yang sah untuk memperhatikan penyusunan angka tersebut. Angka 136 adalah karakteristik dari struktur grup simbol eksistensi rangkap empat; dan untuk alasan tersebut, ia juga muncul dalam teori konstanta numerik alam lainnya (konstanta struktur-rinci dan rasio massa). Pola struktur tersebut adalah penjalinan relasi 136 elemen, yang dalam terapan ini diidentifikasi dengan 136 keadaan yang padat. Simbol kardinal K' yang terkait dengan setiap keadaan yang padat merepresentasikan sebuah aritmatika yang di dalamnya bilangan bulat tertinggi adalah 2^{256}. Akhirnya, angka tersebut digandakan karena kita mulai dengan setengah partikel (atau setengah "eksistensi" partikel) yang tergabung dalam uranoid; sehingga bilangan bulat negatif yang merepresentasikan pengurangan partikel dari uranoid harus dihitung dan begitu juga bilangan bulat positif yang merepresentasikan pejumlahan.

Angka $2.136.2^{256}$ dikaitkan dengan simbol eksistensi rangkap empat. Angka-angka yang bersesuaian yang terkait dengan simbol yang rangkap dan sederhana adalah $2.10.2^{16}$ dan $2.3.2^4$. Angka terakhir adalah 96. Kita memperkirakan bahwa angka 4, yang terkait dengan pengukuran, akan dimasukkan dalam beberapa bentuk dalam gambaran dunia kita tentang hasil pengukuran, meskipun kita menyadari bah-

wa itu mungkin tampak agak tersamarkan. Kita sekarang menemukan bahwa salah satu penyamarannya adalah peningkatan jumlah partikel di alam semesta dari 96 menjadi $3.145.10^{79}$.

Saya telah memberitahu Anda apa yang saya yakini sebagai kisah nyata bilangan kosmik N. Apa yang harus kita simpulkan dari itu?

Singkatnya, kita telah *menghilangkan prasangka terhadap* N. Ia bukan penghitungan terhadap sekumpulan partikel yang berlainan yang membentuk alam semesta objektif. Karena ia hanyalah angka yang dipaksakan kepada kita oleh teori kuantum, yang dikaitkan secara *a priori* dengan metode analisisnya, apakah ia lebih menarik? Saya pikir minat ilmiahnya sama sekali tidak terpengaruh. Pada dasarnya jumlah partikel di alam semesta, bahkan jika itu yang sebenarnya, akan menjadi masalah rasa ingin tahu yang agak sepele. Jumlah ini penting secara ilmiah karena terus muncul dalam masalah yang lebih sederhana. Ini memperbaiki rasio gaya listrik dengan gaya gravitasional antara proton dan elektron—suatu besaran yang sulit ditentukan oleh fisikawan praktis. Sebenarnya penentuan mereka memverifikasi nilai yang kita temukan sekitar satu bagian dalam 500. Itu juga memperbaiki kecepatan resesi nebula yang menghasilkan "perluasan alam semesta". Data astronomi itu agak kasar, tetapi data-data tersebut mengonfirmasi nilai N yang dihitung sampai 25 persen. Ini juga memperbaiki kisaran gaya aneh yang mengatur kesetimbangan inti atom. Kesesuaian dengan nilai eksperimental adalah dalam 1 persen.

Saya telah memilih N untuk diperhatikan karena, dari semua pengetahuan yang terkandung dalam fisika fundamental, pengetahuan tentang jumlah partikel elementer tampaknya paling mungkin ternoda dengan subjektivitas. Oleh karena itu sangat cocok untuk uji kasus. Tetapi subjektivitas yang sama muncul di mana-mana, dan biasanya tidak begitu sulit untuk dilihat. Seluruh skema hukum fisis terbantah, jika Anda suka mengatakan demikian. Tetapi menghilangkan hukum-hukum optik tidak akan memadamkan cahaya matahari; menghilangkan hukum gravitasi tidak akan mencegah kita jatuh dari tangga; menolak hukum balistik tidak akan menghentikan perang. Sekalipun misteri dicabut darinya, hukum alam semesta yang semi-subjektif berlaku di alam semesta tersebut, dan dalam penemuan-penemuan teknis dan penemuan-penemuan sains akan terus membuahkan hasil untuk kebaikan atau kejahatan.

Jumlah yang besar, yang diberikan pada awal bab ini, entah bagaimana masuk ke skema fisika. Siapa yang bertanggung jawab meletakkannya di sana? Ada sejumlah tersangka. Kita secara alami memeriksa terlebih dahulu mereka yang membangun metode mekanika gelombang; tetapi saya pikir mereka cuci tangan. Kecurigaan lebih banyak bersandar pada orang yang pertama kali membuat elektron—kita menolak dalihnya bahwa ia hanya menemukan elektron. Tetapi dia juga harus dibebaskan. Pada akhirnya sepertinya tidak ada kemungkinan vonis selain "Penyebab Alami". Ini hanya bentuk primitif pemikiran yang bekerja dengan sendirinya dan mengklaim setiap orang yang mengambil bagian dalam pengembangan fisika sebagai alatnya.

Untuk argumen bahwa, bahkan jika tidak ada kelalaian yang bersalah, pasti ada sedikit kecerobohan dalam membiarkan angka seperti itu masuk, kita dapat menjawab angka itu, begitu mereka masuk ke pokok pembahasan, memiliki cara berkembang biak, dan jumlah 8 digit ini, seolah-olah, hanya cucu dari angka 96.

Sedikit kemerahan dari cahaya galaksi yang jauh adalah petunjuk pertama untuk bilangan kosmis. Itu adalah metode sains *a posteriori* tradisional. Tetapi bagi pengamatnya para pengamat, nilai pasti dari bilangan kosmis itu tersirat dalam pandangan pertamanya tentang seorang fisikawan eksperimental:

> Saya mengangkat mataku lagi, dan melihat, dan lihatlah seorang pria dengan garis pengukur di tangannya.*

III

Delapan belas tahun yang lalu saya bertanggung jawab atas komentar yang sering dikutip:†

> Hal yang perlu dilakukan pikiran manusia adalah mengekstraksi dari fenomena alam hukum-hukum yang telah dimasukkan ke dalamnya; mungkin merupakan hal yang jauh lebih sulit untuk mengekstraksi hukum-hukum yang tidak memiliki kendali. Bahkan mungkin saja hukum-hukum yang tidak memiliki asal-usulnya dalam pikiran mungkin tidak rasional, dan kita tidak akan pernah berhasil merumuskannya.

* Zechariah, ii, I.

† *Space, Time and Gravitation*, hal. 200.

Ini tampaknya menjadi kenyataan, meskipun tidak dengan cara yang disarankan sendiri. Saya memikirkan fenomena kuanta dan fisika atom, yang pada saat itu benar-benar membingungkan upaya kita untuk merumuskan sistem hukum yang rasional. Sudah jelas bahwa hukum utama fisika molar adalah buatan pikiran—yaitu hasil dari peralatan indrawi dan intelektual yang kita gunakan untuk memperoleh pengetahuan observasional—dan bukan hukum tata kelola alam semesta objektif. Sarannya adalah bahwa dalam teori kuantum pertama kalinya kita menentang hukum sejati dari tata kelola alam semesta objektif. Jika demikian, tugasnya mungkin jauh lebih sulit daripada sekadar menemukan kembali kerangka berpikir kita sendiri.

Sejak itu fisika mikroskopis telah membuat kemajuan besar, dan hukum-hukumnya ternyata dapat dipahami oleh pikiran; tetapi, seperti yang telah saya coba tunjukkan, ternyata juga mereka dipaksakan oleh pikiran—yaitu oleh bentuk pikiran kita—dengan cara yang sama seperti yang diberlakukan oleh hukum molar. Sementara itu, situasi baru yang berkaitan dengan hukum asal usul objektif telah muncul, karena sistem fisika tidak lagi bersifat deterministik. Totalitas hukum yang dibuat berdasarkan pikiran tidak memaksakan derterminisme. Ia ada dalam perilaku yang tidak ditentukan, yang tersisa ruang baginya di dalam skema lengkap hukum fisika yang saat ini diakui, bahwa hukum yang mengatur alam semesta objektif (jika ada) harus muncul. Oleh karena itu, selama delapan belas tahun kita tidak lebih dekat ke perumusan hukum tata kelola yang objektif; satu-satunya perbedaan adalah bahwa apa yang saya

gambarkan sebagai kemungkinan perilaku irasional sekarang digambarkan sebagai perilaku yang tidak ditentukan.

Dalam teori fisis saat ini, unsur yang tidak ditentukan dalam perilaku suatu sistem diperlakukan sebagai masalah peluang. Jika ada penyimpangan serius dari hukum peluang, maka observasi dan teori tidak akan setuju. Oleh karena itu, kita dapat mengatakan bahwa ia adalah sebuah hipotesis dalam fisika, yang didukung oleh observasi, bahwa tidak ada hukum tata kelola yang objektif—kecuali peluang dideskripsikan sebagai hukum.

Namun demikian, jika kita mengambil pandangan yang lebih luas dari pandangan fisika, saya pikir akan menyesatkan jika menganggap peluang sebagai fitur karakteristik dunia objektif. Penyangkalan terhadap hukum tata kelola yang objektif bukan merupakan hipotesis fisika, melainkan sebagai batasan pokok soalnya. Penyimpangan dari peluang terjadi, tetapi mereka dianggap sebagai manifestasi dari sesuatu yang di luar fisika, yaitu kesadaran atau (lebih dapat diperdebatkan) kehidupan. Ada beberapa bagian otak di dalam manusia, mungkin hanya setitik materi otak, mungkin wilayah yang luas, tempat pengaruh fisis terhadap kemauannya dimulai, dan darinya mereka disebarkan ke saraf dan otot yang menerjemahkan kemauan untuk bertindak. Kita akan menyebut bagian dari materi-otak ini sebagai "materi sadar". Itu pasti persis seperti materi anorganik dalam kepatuhannya terhadap hukum dasar fisika yang, menjadi bagian dari asal-usul epistemologis, bersifat wajib untuk semua materi; tetapi ia tidak dapat identik dalam semua hal dengan materi anorganik, karena itu akan mereduksi

tubuh pada otomatisasi yang bertindak secara independen dari kesadaran. Perbedaannya tentu terletak pada bagian perilaku yang tidak ditentukan; bagian dari perilaku yang tidak ditentukan oleh hukum-hukum dasar fisika harus secara sadar diatur oleh hukum atau arahan objektif alih-alih sepenuhnya menjadi bidang peluang.

Istilah "hukum peluang" cenderung menyesatkan, karena ia diterapkan pada apa yang hanya merupakan ketiadaan hukum dalam pengertian istilah yang biasa. Lebih jelas untuk menggambarkan kondisi dengan mengacu pada korelasi. Hipotesis teori fisika saat ini, yang dikonfirmasi oleh observasi fenomena anorganik, adalah bahwa tidak ada korelasi perilaku yang tidak ditentukan dari partikel individu.

Dengan demikian, perbedaan antara materi biasa dengan materi sadar adalah bahwa di dalam materi biasa tidak ada korelasi dalam bagian perilaku partikel yang tidak ditentukan, sedangkan dalam materi sadar korelasi dapat terjadi. Korelasi semacam itu dipandang sebagai suatu gangguan terhadap perjalanan alam biasa, karena asosiasi kesadaran dengan materi; dengan kata lain, ia adalah aspek fisis dari kehendak. Ini tidak berarti bahwa, untuk melaksanakan kehendak, kesadaran harus mengarahkan setiap partikel individu sedemikian rupa sehingga korelasi terjadi. Partikel-partikel hanyalah representasi pengetahuan kita dalam kerangka pemikiran yang sesuai dengan konsep analisis dan konsep atom. Ketika kita menerapkan sistem analisis yang memberikan representasi ini, kita tidak dapat melihat apakah partikel yang dihasilkan akan memiliki perilaku yang berkorelasi atau tidak berkorelasi; itu sepenuhnya bergan-

tung pada karakteristik objektif dari apa pun yang sedang kita analisis. Ketika non-korelasi diasumsikan, seperti kebiasaan dalam fisika, itu diasumsikan sebagai hipotesis. Tetapi, tanpa membuat hipotesis, kita dapat mengatakan bahwa korelasi dan non-korelasi adalah representasi dalam kerangka pemikiran kita tentang karakteristik objektif yang berbeda; dan karena non-korelasi diakui mewakili karakteristik objektif sistem yang menerapkan rumus fisika biasa, korelasi harus mewakili karakteristik objektif lain yang—karena ia bukan karakteristik sistem yang kepadanya rumus-rumus fisika berlaku—dianggap oleh kita sebagai sesuatu "yang di luar fisika".

Dalam pembahasan tentang kehendak bebas yang diprovokasi oleh teori-teori fisika modern, saya kira, secara umum diasumsikan bahwa, karena hukum-hukum biasa dari materi anorganik membiarkan perilakunya tidak ditentukan dalam kisaran sempit tertentu, tidak mungkin ada keberatan ilmiah untuk mengizinkan kemauan kesadaran untuk menentukan perilaku yang tepat dalam batas rentang yang disebutkan di atas. Saya akan menyebutnya hipotesis *A*. Untuk sistem apa pun pada skala molar, kisaran yang diizinkan sangat kecil; dan anggapan yang sangat tidak masuk akal diperlukan untuk memungkinkan kemauan, yang bekerja dalam jarak yang sangat kecil, untuk menghasilkan gerakan otot yang besar. Untuk mendapatkan rentang yang lebih luas, kita harus mengakui korelasi perilaku partikel. Ini adalah teori yang telah kita bahas, dan akan disebut hipotesis *B*. Dalam tulisan-tulisan sebelumnya saya telah menganjurkan hipotesis *B* terutama atas dasar ketidakmemadaian hipotesis *A*;

tetapi dalam mode pendekatan, hipotesis B mempresentasikan dirinya sebagai solusi yang jelas dan alami.

Meskipun mangarah pada kesimpulan yang sama, pembahasan saya sebelumnya[‡] dirusak oleh kegagalan untuk mengakui bahwa hipotesis A adalah omong kosong; sehingga saya lebih apologetik daripada yang saya butuhkan untuk melampaui itu. Tidak ada rumah singgah antara perilaku acak dan korelasi. Entah perilaku terebut sepenuhnya masalah peluang, yang dalam hal ini perilaku yang tepat dalam batas ketidakpastian Heisenberg bergantung pada peluang dan bukan pada kemauan. Atau ia bukan sepenuhnya peluang, yang dalam hal ini batasan Heisenberg, yang dihitung berdasarkan asumsi non-korelasi, tidak relevan. Jika kita menerapkan hukum peluang pada pelemparan koin, jumlah kepala dalam 1000 lemparan tidak ditentukan dalam batas, misalnya, 450 hingga 550. Tetapi jika mesin pelempar koin digunakan, yang mengambil dan melempar koin tidak sepenuhnya secara acak, maka elemen non-peluang bukanlah faktor yang menentukan angka yang mana di antara 450 hingga 550 yang akan muncul; suatu korelasi, atau kecenderungan sistematis dalam melempar, dapat menghasilkan sejumlah kepala dari 0 hingga 1000.

Kekeliruan hipotesis A adalah bahwa ia menganggap perilaku yang perlu dibatasi oleh hukum fisika biasa termasuk hipotesis non-korelasi atau "hukum peluang", dan kemudian dibatasi lebih lanjut (atau diputuskan) oleh faktor non-peluang (kemauan). Tetapi kita tidak dapat menganggap perilaku dibatasi oleh peluang dan non-peluang (non-

‡ *The Nature of the Physical World*, hal. 310-315. *New Pathways in Science*, hal. 88.

korelasi dan korelasi) secara bersamaan. Penerapan hukum peluang adalah hipotesis; pengakuan bahwa perilaku tidak melulu diatur oleh peluang itu menyangkal hipotesis. Jadi jika kita mengakui kemauan sama sekali, kita tidak boleh lupa dulu untuk menghapus hipotesis peluang jika kita telah menerapkannya; khususnya jika harus menghilangkan batasan Heisenberg yang hanya berlaku untuk perilaku yang tidak berkorelasi. Jika kemauan beroperasi pada sistem, ia melakukannya tanpa memperhatikan batasan Heisenberg. Satu-satunya batasannya adalah batasan yang ditentukan oleh hukum epistemologis yang fundamental.

Keinginan kita tidak sepenuhnya tidak logis; sehingga harus ada jenis hukum yang belaku baginya dan menghubungkannya dengan konstituen kesadaran lainnya, meskipun hukum semacam itu tidak diharapkan menjadi bagian karakteristik matematis yang tepat dari hukum subjektif. Terutama bidang hukum objektif adalah interaksi pemikiran, emosi, ingatan, dan kemauan dalam kesadaran. Dalam mengendalikan kehendak, hukum objektif juga mengendalikan korelasi yang merupakan bagian fisis dari kemauan.

Filsafat kita telah mengarah pada pandangan bahwa sejauh kita dapat memisahkan unsur subjektif dan objektif dalam pengalaman kita, yang subjektif harus diidentifikasi dengan yang fisis dan yang objektif harus diidentifikasi dengan aspek pengalaman sadar dan spiritual. Sekarang kita tambahkan, seperti analogi yang membantu asalkan tidak ditekan terlalu jauh, bahwa tujuan sadar adalah "materi" dan peluang adalah "ruang kosong" dari dunia objektif. Di dalam alam semesta fisis, materi hanya menempati wilayah kecil

dibandingkan dengan ruang kosong; tetapi, benar atau salah, kita melihatnya sebagai bagian yang lebih penting. Dengan cara yang sama kita memandang kesadaran sebagai bagian penting dari alam semesta objektif, meskipun tampaknya hanya terjadi di pusat-pusat yang terisolasi dalam latar belakang kekacauan *(chaos)*.

IV

Saya akan beralih dari keadaan ilamiah ke keadaan filosofis epistemologi ilmu. Ini adalah tempat yang cocok untuk membuat perbandingan dengan pandangan yang paling umum diterima tentang filsafat ilmu. Pernyataan berikut ini cukup khas:

Bahwa sains lebih berkaitan dengan korelasi pengalaman yang rasional daripada dengan penemuan serpihan kebenaran absolut tentang dunia eksternal adalah pandangan yang sekarang diterima secara luas.[§]

Saya pikir bahwa fisikawan rata-rata, sejauh ia memegang pandangan filosofis tentang sainsnya, akan setuju. Ungkapan "korelasi pengalaman yang rasional" memiliki ortodoksi yang membuatnya menjadi langkah aman bagi tepuk tangan. Penolakan terhadap tujuan yang lebih berani memberi perasaan yang nyaman tentang kesederhanaan—semua lebih menyenangkan jika kita suka bahwa orang lain diberitahu: Untuk bagian saya sendiri saya menerima pernyataan, asalkan "ilmu" dipahami berarti "fisika". Saya membutuhkan hampir dua puluh tahun untuk menerimanya; tetapi dengan mendalami dengan mantap selama periode itu saya telah

[§] Unsigned review, *Phil. Mag.*, vol. 25, hal. 814, 1938.

berhasil menelan semuanya sedikit demi sedikit. Akibatnya saya agak terperangah oleh cara yang hati-hati di mana pernyataan ini, yang membawa implikasi yang paling mendalam baik untuk filsafat dan fisika, umumnya dibuat dan diterima.

Saya tidak memiliki pertengkaran serius dengan fisikawan rata-rata atas keyakinan filosofisnya—kecuali bahwa ia melupakan semua itu dalam praktik. Teka-teki saya adalah mengapa keyakinan bahwa fisika berkaitan dengan korelasi pengalaman dan bukan dengan kebenaran absolut tentang dunia eksternal biasanya harus disertai dengan penolakan tetap untuk memperlakukan fisika teoretis sebagai deskripsi korelasi pengalaman dan desakan untuk memperlakukannya sebagai deskripsi isi dunia objektif absolut. Jika saya dengan cara apa pun itu heterodoks, itu menurut saya karena konsekuensi penerimaan kepercayaan bahwa kita akan semakin dekat dengan kebenaran apa pun yang dapat ditemukan dalam fisika dengan mencari dan menggunakan konsepsi yang sesuai untuk ekspresi korelasi pengalaman daripada konsepsi yang cocok untuk deskripsi dunia absolut.

Pernyataan itu jelas berarti bahwa metode fisika tidak mampu menemukan fragmen kebenaran absolut tentang dunia eksternal; karena kita seharusnya tidak memiliki hak untuk menyembunyikan kebenaran absolut tentang dunia eksternal dari umat manusia jika itu berada dalam jangkauan kita. Jika laboratorium, yang dibangun dan difasilitasi dengan biaya besar, dapat membantu penemuan kebenaran absolut tentang dunia luar, maka akan tercela jika kita mencegah penggunaannya untuk tujuan menemukan kebenaran

absolut tentang dunia eksternal. Tetapi pernyataan bahwa metode fisika tidak dapat mengungkapkan kebenaran (objektif) yang absolut atau bahkan fragmen kebenaran absolut itu mengakui poin utama saya bahwa pengetahuan yang diperolehnya sepenuhnya subjektif. Memang itu terlalu mudah diterima; karena pernyataan itu adalah pernyataan yang seharusnya dibuat setelah penyelidikan yang berkepanjangan. Seperti yang telah saya tunjukkan, ilmu-ilmu selain fisika dan kimia tidak begitu terbatas dalam cakupannya. Penemuan tanda-tanda yang jelas tentang kehidupan yang cerdas di planet lain akan dipuji sebagai pencapaian astronomis zaman modern; hampir tidak dapat disangkal bahwa itu akan menjadi penemuan fragmen kebenaran absolut tentang dunia di luar kita.

Dengan menjaga fisika, filsafat ilmu yang diterima secara umum adalah bahwa ia tidak berkaitan dengan penemuan kebenaran absolut tentang dunia eksternal, dan hukum-hukumnya bukan fragmen kebenaran absolut tentang dunia eksternal, atau, seperti yang saya katakan, hukum-hukum itu bukan hukum dunia objektif. Lalu apa hukum-hukum itu, dan bagaimana kita menemukannya dalam korelasi pengalaman kita? Kecuali kita dapat melihat, dengan meneliti prosedur korelasi pengalaman observasional kita, bagaimana hukum-hukum yang sangat rumit ini dapat masuk ke dalamnya secara subjektif, tampaknya terlalu dini untuk menerima filsafat yang memotong kita dari semua penjelasan lain yang mungkin tentang asal-usulnya. Ini adalah pemeriksaan yang telah kita lakukan.

Akhir dari perjalanan kita adalah sedikit kecengengan

setelah banyak kerja keras. Alih-alih berjuang sampai ke puncak kesepian, kita telah mencapai perkemahan orang-orang percaya, yang memberi tahu kita "itulah yang telah kita tegaskan selama bertahun-tahun". Agaknya mereka akan menyambut dengan tangan terbuka para pengembara yang bekerja keras yang akhirnya menemukan tempat peristirahatan dalam iman yang benar. Namun demikian, saya agak ragu dengan sebutan itu. Mungkin pernyataan itu, seperti banyak keyakinan beragama, dimaksudkan hanya untuk dilafalkan dan disambut. Siapa pun yang *percaya* itu agak sesat.

12

PERMULAAN PENGETAHUAN

I

KITA sekarang beralih untuk mebahas relasi antara pengetahuan fisis dan pengalaman manusia secara keseluruhan. Ada dua cara pendekatan yang dapat kita gunakan:

(1.) Kita dapat mengembangkan filsafat umum sejak awal, yang percaya bahwa pengalaman yang diperoleh dalam kajian intensif satu cabang dapat membantu kita untuk membuat keputusan yang tepat tentang beberapa pertanyaan yang telah dibagi oleh para filsuf.

(2.) Kita mungkin menanyakan sistem filsafat mana yang paling selaras dengan kesimpulan yang dicapai dalam epistemologi ilmiah.

Jalan pertama membawa kita ke dalam permainan sebagai *pemain*, yang kedua sebagai *wasit*.

Jika kita memilih jalan kedua, kita (sebagai ilmuwan) secara alami mengambil pandangan bahwa sistem filosofis yang bertentangan dengan hasil epistemologis ilmiah harus ditolak. Lebih mungkin bahwa ada kesalahan dalam asumsi

atau logika filsafat umum daripada bahwa prinsip-prinsip epistemologis, yang konsekuensinya telah diuji dalam aplikasi praktis yang tak terhitung jumlahnya, tidak sehat. Tetapi, dengan mengesampingkan klaim ini untuk mengadili kebenaran tertinggi, kita mungkin berkonsentrasi pada tujuan yang lebih dekat. Jika sains adalah studi tentang korelasi pengalaman yang rasional, maka upaya filsuf ilmu haruslah memperluas korelasi rasional ini dari bidang pengalaman yang terbatas ke seluruh pengalaman. Tugasnya adalah memberikan filsafat umum yang dapat diterima oleh seorang ilmuwan *tanpa membuang kepercayaan ilmiahnya.* Jika pencerahan ilmiah kita belum mencapai tahap di mana kita siap untuk menerima kebenaran filosofis murni, maka tidak kalah pentingnya untuk mengintegrasikan pemikiran kita ke dalam filsafat yang konsisten yang sejauh ini menuju kebenaran sebagaimana keterbatasan yang diizinkan oleh sains.

Pengacau ilmiah merasa dirinya dirugikan jika ia mengikuti jalur pertama. Seolah-olah dia sedang menangani masalah yang telah menjadi studi kehidupan ratusan orang yang lebih siap pada sebagian besar masalahnya daripada dirinya sendiri. Satu-satunya keuntungannya, yang membenarkan pengacauan, disimpan di latar belakang, yaitu bahwa epistemologi ilmiah memberinya ramalan tentang kesimpulan tertentu yang pasti dihasilkan oleh sebuah argumen, atau setidaknya kesimpulan tertentu yang harus dihindari oleh sebuah argumen. Oleh karena itu, pertimbangan kehati-hatian membuat saya cenderung ke jalur kedua; tetapi pertimbangan kejelasan memaksa saya untuk mengadopsi

yang pertama. Tampaknya tidak ada jalan keluar dari aturan bahwa untuk memperjalas sistem pemikiran seseorang harus dimulai dari awal. Keinginan akan kejelasan kadang-kadang mengharuskan kita untuk memperjelas hal-hal yang akan lebih aman jika dibiarkan tidak jelas; itu mengekspos untuk menyerang pos-pos pemikiran kita yang mungkin tidak penting untuk posisi utama. Tujuan saya dalam buku ini adalah untuk membuat kontribusi spesifik bagi filsafat daripada menetapkan sistem filsafat yang lengkap; tetapi kontribusi tidak dapat dibekukan dalam keadaan hampa udara atau (masih lebih buruk) dalam suasana yang memusuhi pemikiran ilmiah di mana mereka berasal, dan karena itu saya merasa berkewajiban untuk membuat sketsa di latar belakang yang mungkin bagi mereka yang, saya harap, akan membuat tempat mereka di dalam filsafat umum lebih baik dipahami.

Saya pikir, tidak disarankan untuk mencoba menggambarkan filsafat yang memiliki dasar ilmiah dengan label sistem filosofis yang lebih tua. Menerima label semacam itu akan membuat ilmuwan menjadi bagian dari kontroversi yang tidak ia sukai, bahkan jika dia tidak mengutuk label itu sebagai label yang sama sekali takbermakna. Tetapi jika perlu untuk memilih pemimpin di antara para filsuf yang lebih tua, tidak ada keraguan bahwa pilihan kita adalah Kant. Kita tidak menerima label Kantian; tetapi, sebagai pengakuan, memang benar untuk mengatakan bahwa Kant mengantisipasi gagasan-gagasan luar biasa yang kepadanya sekarang kita didorong oleh perkembangan fisika modern.

Referensi juga dapat dibuat untuk sistem filsafat umum

lainnya, yaitu *positivisme logis*. Desakan kita bahwa besaran fisis harus didefinisikan sedemikian rupa sehingga pernyataan-pernyataan fisika mengakui verifikasi observasi dapat mengesankan suatu kecocokan dengan positivisme logis. Makna pernyataan ilmiah harus dipastikan dengan mengacu pada langkah-langkah yang akan diambil untuk memverifikasinya. Ini akan diakui sebagai prinsip positivisme logis—hanya saja ia ada di semua pernyataan. Ketika, seperti di sini, ia terbatas pada ihwal pengetahuan fisis, maka ia bukan prinsip filosofis; ia hanya garis pembatas antara bahasa fisika teoretis dan bahasa fisika eksperimental, sehingga Anda tidak boleh mengklaim dukungan observasi untuk pernyataan yang tidak memiliki dasar observasi. Jika ia adalah karakteristik umum dari pengetahuan, maka tidak akan berguna membedakan pengetahuan fisis dari jenis pengetahuan lainnya. Karena itu kita tidak terlalu cenderung untuk mendukung pernyataan yang lebih umum dari positivisme logis bahwa makna semua pernyataan nontautologis harus dipastikan dengan cara yang sama, yaitu dengan merujuk pada prosedur pemverifikasiannya

II

Perbandingan dengan positivisme logis membentuk pembukaan yang berguna untuk penyelidikan sifat jenis pengetahuan lainnya. Jika saya berkata kepada Anda, "Saya sangat lelah", Anda tahu apa yang saya maksudkan, karena Anda sendiri merasa lelah. Anda dapat mencoba memverifikasi pernyataan dengan melihat gejala konfirmasi dalam perilaku saya; tetapi bahkan jika gejalanya memberikan tes yang

tidak dapat salah, maka makna pernyataan itu tidak dapat dipastikan dengan merujuk pada gejala tersebut. Pernyataan itu *berarti* "Saya sangat lelah"; ia tidak *berarti* "Saya akan menguap".

Harus diakui bahwa pengetahuan yang disampaikan oleh pernyataan tersebut itu terbatas—jauh lebih terbatas daripada yang muncul pertama kali. Anda tahu apa yang saya maksudkan karena saya mengungkapkan perasaan yang telah Anda alami sendiri. Tetapi Anda hanya tahu perasaan lelah Anda sendiri; Anda tidak bisa mengetahui rasa lelah saya. Pemahaman Anda terhadap maksud saya (jika Anda memahaminya) adalah *pemahaman simpatik*. Pengetahuan simpatik, jika kita memutuskan untuk mengakuinya sebagai pengetahuan, harus dibedakan dari pengetahuan langsung, seperti pengetahuan yang kita miliki tentang perasaan kita sendiri, dan pengetahuan struktural, seperti pengetahuan yang kita miliki tentang alam semesta fisis.

Apakah benar menganggap pemahaman simpatik sebagai pengetahuan? Sejauh menyangkut ilmu fisis, jawabannya tidak penting; karena kita telah melihat bahwa hanya pengetahuan struktural tentang sensasi dalam kesadaran, baik kesadaran kita sendiri maupun kesadaran orang lain, yang digunakan dalam fisika; dan pengetahuan jenis ini dapat dikomunikasikan secara bebas tanpa menggunakan pemahaman simpatik tentang sensasi. Tetapi jika kita ingin melihat ilmu fisis dalam kaitannya dengan cabang pemikiran manusia lainnya, kita perlu mengambil keputusan tentang pengetahuan simpatik.

Satu kemungkinan adalah menolak sama sekali validitas

pemahaman simpatik, dengan memperlakukannya sebagai cara meyakinkan diri kita bahwa kita memahami sesuatu yang tidak kita ketahui. Jika demikian, pernyataan "Saya sangat lelah" pasti sepenuhnya tidak berarti bagi Anda; karena ia tidak berarti bahwa saya mengalami perasaan lelah *Anda*, juga tidak mengacu pada gejala fisis kelelahan saya yang akan memiliki arti bagi Anda. Maknanya—bagi seseorang yang menganggap pernyataan itu memiliki makna—kemudian tampak berada dalam batasan aturan positivisme logis, yaitu bahwa ia harus dipastikan dengan mengacu pada prosedur pemverifikasiannya. Misalkan saya bimbang: Apakah itu perasaan lelah atau perasaan penat yang membuat saya tidak tertarik untuk beraktivitas? Saya kira, verifikasinya adalah dengan cara mengingat perasaan lelah standar yang dijadikan tolok ukur dan membandingkan perasaan saya saat ini dengan standar tersebut. Verifikasi pengetahuan tentang rasa lelah ini pada dasarnya sama dengan verifikasi pengetahuan tentang panjang, kecuali bahwa saya sendiri yang dapat melakukan verifikasi.

Tetapi, sebelum mengambil keputusan, kita harus memperhatikan bahwa kesulitan yang sama muncul sehubungan dengan *memori* perasaan kita sendiri. Ketika saya memeriksa totalitas pengetahuan saya, saya menemukan bahwa sebagian darinya terdiri dari kesadaran langsung terhadap perasaan saya, tetapi lebih banyak lagi terdiri dari memori akan perasaan saya. Memori adalah sesuatu yang saya sadari secara langsung; tetapi, sebagai objek kesadaran langsung, memori sangat berbeda dari perasaan itu sendiri. Tidak ada yang dapat salah dengan memori sakit gigi karena sakit

gigi.

Oleh karena itu, tidak benar untuk mengatakan bahwa saya memiliki kesadaran langsung terhadap sensasi saya sendiri, kecuali istilah "sensasi" terbatas pada sensasi yang terjadi pada saat ini—batasan yang bertentangan dengan penggunaan umum. Berkenaan dengan sensasi sebelumnya, "Saya" yang mengumpulkan pengetahuannya telah kehilangan kesadaran langsung yang dulu dimiliki, dan mengenal mereka hanya dengan memori. Jadi, dengan mengeyampingkan pengetahuan sementara tentang apa yang saya rasakan saat ini, bagian stabil dari pengetahuan saya adalah pengetahuan tentang kesan-kesan yang kabur yang disebut memori sensasi atau, lebih jelasnya, sensasi yang diingat. Saya secara langsung menyadari sensasi yang diingat; tetapi bahwa sensasi yang diingat harus dianggap bukan sebagai unsur pengetahuan yang penting dalam dirinya, tetapi sebagai pemahaman tidak langsung terhadap sensasi masa lalu yang tidak saya sadari secara langsung itu merupakan bentuk pemikiran universal. Singkatnya, ini adalah pengetahuan simpatik terhadap sensasi masa lalu.

Perbedaan antara pemahaman simpatik tentang perasaan kita di masa lalu dan pemahaman simpatik terhadap perasaan orang lain berkurang ketika kita kembali ke memori yang jauh. Memori saya tentang perasaan kembali ke memori tentang seorang bocah lelaki yang tampaknya jauh lebih asing bagi saya daripada banyak kenalan saya saat ini. Saya ragu apakah saya benar-benar tahu bagaimana bocah kecil itu merasakan, mencicipi, dan melihat sesuatu dengan cara yang lebih baik daripada saya tahu bagaimana seseo-

rang yang berbincang dengan saya merasakan, mencicipi, dan melihat sesuatu.

Jika kita menyangkal semua pengetahuan simpatik, pandangan kita tidak hanya menjadi solipsistik tetapi juga ultra-solipsistik. Kita merenungkan sebuah dunia yang di dalamnya hanya ada diri sesaat; karena kita menyangkal semua pengetahuan tentang diri yang telah ada sebelumnya. Diri yang telah ada sebelumnya, yang diceritakan oleh ingatan kita, ditolak sebagai gagasan pemahaman simpatik yang seharusnya meyakinkan kita bahwa kita memiliki pengetahuan yang tidak kita miliki. Di sisi lain, jika kita mengakui pemahaman simpatik bahkan dari jenis yang terbatas yang diperlukan untuk interpretasi memori, kita mengakui jenis pengetahuan ketiga yang bukan pengetahuan struktural atau kesadaran langsung. Ini tidak berarti bahwa pemahaman simpatik kita tentang perasaan orang lain juga harus diakui sebagai pengetahuan yang asli; tetapi keberatan utama terhadap kemungkinan keasliannya diganti.

Dengan melihat pertanyaan itu secara luas, saya tidak berpikir kita dapat menyangkal tempat dalam jumlah pengetahuan manusia untuk pengetahuan yang hanya dipahami oleh pemahaman simpatik. Karena kita mengakui bahwa ada elemen subjektif dalam pengetahuan, maka perlu untuk menunjukkan dengan jelas mitra subjek yang pengetahuannya sedang kita pertimbangkan. Mitra subjek dalam "pengetahuan manusia" tidak dapat diidentifikasi dengan mitra subjek dalam "pengetahuan saya"; spesifikasinya harus bergantung pada konsepsi kita tentang manusia. Jika

kita menganggap kemampuan simpatik sebagai bagian yang mengerikan, kita pasti dibenarkan dalam menolak pengetahuan yang berpura-pura dipahami; seperti orang buta dalam kisah Wells, yang menganggap pengelihatan sebagai iritasi yang tidak wajar pada otak karena kondisi sakit dari dua depresi lembut di wajah, itu dibenarkan menurut cahaya mereka dalam menolak pengetahuan visual tentang orang asing. Tetapi bagaimana saya dapat mendefinisikan sifat manusia (yang berbeda dari sifat khusus saya) kalau saya tidak mengakui validitas pemahaman saya tentang pikiran orang lain? Tanpa kemampuan siampatik yang memungkinkan saya untuk mengenali diri saya sendiri, bukan sebagai individu *pribadi*, tetapi sebagai elemen sosial yang kompleks, konsep "pengetahuan manusia" tidak akan muncul; dan karena itu tampaknya tidak masuk akal untuk menolak kemampuan ini dalam mendefinisikan tingkat pengetahuan manusia.

Tidak ada orang yang percaya pada solipsisme, dan bahkan sangat sedikit yang menyatakan bahwa mereka percaya pada solipsisme. Mereka yang terobsesi dengan kata "eksistensi" entah bagaimana sampai pada kesimpulan bahwa ada kesadaran lain selain kesadaran mereka sendiri; artinya, kesadaran lain bisa jadi adalah subjek kalimat misterius yang tidak pernah mereka selesaikan. Mereka yang mengadopsi pendekatan epistemologis mengambil pengetahuan yang memasukkan pengalaman individu lain pada pijakan yang sama dengan pengalaman mereka sendiri bagi pokok bahasannya. Secara formal ini bukan komitmen; ia tidak perlu menetapkan alasan untuk memilih tema studi tertentu. Tetapi tidak diragukan lagi pilihannya ditentukan oleh

keyakinan, mirip dengan keyakinan agama, bahwa pengetahuan ko-operatif ini adalah yang paling bernilai saat ini. Keyakinan ini tidak konsisten dengan pandangan solipsistik.

Tidak ada artinya menyematkan kesadaran kepada orang lain tanpa mengetahui sama sekali apa yang kita sematkan padanya. Tetapi kesadaran bukanlah konsep struktural yang dapat digambarkan oleh pengetahuan struktural murni; kesadaran yang kita sematkan kepada orang lain itu juga bukan sesuatu yang kita sadari secara langsung, karena ia bukan kesadaran kita sendiri. Oleh karena itu, jika pengakuan kita terhadap makhluk sadar selain diri kita itu memiliki makna, maka kesadaran mereka pasti sesuatu yang tentangnya kita memiliki sebuah pengetahuan yang bukan pengetahuan struktural atau kesadaran langsung; dan deskripsi apa pun tentangnya harus diungkapkan dalam bentuk jenis pengetahuan ketiga yang kita sebut pemahaman simpatik. Kita biasanya mendefinisikan kesadaran orang lain sebagai sesuatu yang memiliki kesamaan umum dengan kesadaran kita sendiri. Tetapi kita hampir tidak dapat menyandingkan kesamaan umum dengan ketidaksamaan detail yang lengkap—yaitu dengan pernyataan bahwa tidak ada apa-apa dalam kesadaran orang lain yang sepenuhnya tidak disalah-artikan oleh bandingannya dalam diri kita sendiri. Oleh karena itu, tampaknya perlu untuk menyandingkan beberapa ukuran pemahaman simpatik tentang perasaan orang lain dengan pemahaman simpatik tentang kesadaran orang lain.

Kesimpulan kita bahwa pengetahuan simpatik harus diakui (sebagai satu-satunya alternatif untuk solipisme) tidak

menyiratkan bahwa pengetahuan tentang perasaan orang lain yang kita anggap diri kita miliki harus diterima tanpa pertanyaan. Pengalaman buta warna mengajarkan kita bahwa sensasi warna satu orang mungkin tidak sebanding dengan sensasi warna orang lain. Tampaknya mustahil untuk melampirkan makna apa pun pada pertanyaan apakah sensasi Anda tentang merah sama dengan sensasi saya tentang merah. Saya ragu untuk mengatakan bahwa sama-sama takbermakna jika mengatakan bahwa sensasi Anda tentang merah itu lebih mirip seperti sensasi saya tentang merah daripada seperti sensasi saya pada not musik—meskipun saya akui saya tidak melihat artinya. Ketika kita melampaui sensasi dan mempertimbangkan pertanyaan atau pernyataan serupa yang, misalnya, meliputi jenis-jenis perasaan berikut ini—pengalaman waktu, perasaan bersalah, rasa gula, jatuh cinta, sakit gigi, terhibur karena lelucon—maka nalar saya memberontak. Kesadaran tempat pos umum perasaan ini tidak dapat diakui sebagai kesadaran sama sekali.

Untungnya, bagi fisikawan, ia memiliki domain yang independen dari pengetahuan simpatik, dan ia dapat menyerahkan tugas memilah-milah residu kebenaran dalam konsepsi umum kita tentang bagaimana pikiran orang lain jika kita dapat masuk kedalamnya kepada orang lain yang lebih siap. Karena itu, kita hanya melangkah cukup jauh untuk menunjukkan apa yang penting dari pandangan filosofis umum yang tidak akan menempatkan kita dalam dilema antara (a) menyangkal bahwa ada pengetahuan selain pengetahuan fisis atau (b) kambuh ke dalam solipsisme yang kita sangkal sejak permulaan ilmu fisis.

III

Mari kita sekarang bahas akar yang memunculkan pengetahuan ilmiah dan semua pengetahuan lainnya. Satu-satunya pokok bahasan yang perlu saya pelajari adalah isi kesadaran saya. Menurut deskripsi yang biasa, isi kesadaran saya adalah kumpulan sensasi, emosi, konsepsi, dan memori yang heterogen. Bahan mentah pengetahuan dan produk buatan aktivitas intelektual itu eksis secara berdampingan dalam kumpulan ini. Kita ingin memilih bahan mentah—yaitu data primitif yang belum terjamah oleh intervensi bentuk kebiasaan pemikiran.

Saya pikir, harus diakui bahwa ini adalah cita-cita yang tidak mungkin tercapai. Fakultas persepsi indrawi kita dimodifikasi oleh pelatihan; dan mustahil untuk membayangkan melepaskan seluruh pelatihan yang dipaksakan padanya oleh kondisi kehidupan dan adaptasi terhadap lingkungan. Saya tidak berpikir bahwa sensasi, seperti yang kita ketahui, dapat ada tanpa aktivitas pikiran yang berkonsentrasi, membandingkan, dan membedakan. Apa yang kita sebut sensasi tidak pernah murni indrawi. Tetapi pertanyaan itu lebih baik diserahkan kepada psikolog. Bagaimanapun kesulitan praktis itu ada. Kita akan menyelidiki akar-akar pengetahuan; tetapi data paling primitif yang dapat kita jangkau tidak akan sepenuhnya independen dari bentuk primitif pemikiran. Kita tidak dapat tidak berpikiran cerdas, dan harus berusaha sebaik-baiknya.

Adalah salah satu bentuk primitif pemikiran, yaitu konsep analisis, yang mempresentasikan kesatuan kesadaran kepada kita dalam bentuk kumpulan sensasi, memori, dan lain-

lain. Analisis kesadaran menjadi beberapa bagian mempresentasikan masalah yang sama dengan analisis alam semesta fisis menjadi beberapa bagian. Dengan kriteria apa sistem analisis yang diterima itu dibedakan dari sistem analisis lain yang mungkin? Apakah bagian yang ideal itu mandiri, sehingga tanpa kontradiksi ia dapat dianggap terisolasi dari yang lain?

Saya akan mengambil pandangan bahwa kesadaran adalah keseluruhan yang kita analisis menjadi beberapa bagian, dan bukan sejumlah unit terpisah (sensasi, emosi, pikiran, dan lain-lain) yang diucapkan secara kolektif sebagai kesadaran. Saya juga berpendapat bahwa analisis biasa kita agak kasar, dan ada tumpang tindih dan interaksi bagian-bagian. Apa yang kita sebut sensasi tunggal tidak sepenuhnya dapat dipisahkan dari lingkungan emosi, memori, dan bentuk konseptual tempat ia muncul.

Pada titik pertemuan semua cabang pengetahuan ini, kita harus membedakan cabang pengetahuan yang mengarah pada pengetahuan tentang alam semesta fisis. Bahan mentah untuk pengetahuan ini terkandung dalam bagian-bagian kesadaran yang disebut sensasi atau kesan indrawi. Kedua nama tersebut tidak memiliki signifikansi yang sama; "sensasi" hanya menghubungkan karakteristik yang secara langsung kita sadari, sedangkan "kesan indrawi" mengacu pada hubungan yang dipostulatkan dengan rangsangan fisis yang ditransmisikan melalui organ-organ indra. Pada tahap ini, sementara kita masih mencari rute ke alam fisis, dan kemudian ke tubuh dan organ indra kita, istilah "kesan indrawi" itu prematur. Ada bahaya lingkaran setan jika

kita mendefinisikan alam semesta fisis dengan hubungannya secara umum dengan struktur sensasi dalam kesadaran, dan kemudian menggunakan bagian-bagian alam semesta yang cacat (organ-organ indra) untuk menentukan bagian mana dari kesadaran kita yang dirujuk oleh kata "sensasi". Oleh karena itu timbul pertanyaan apakah perbedaan antara sensasi dan bagian lain kesadaran adalah salah satu hal yang secara langsung kita sadari atau apakah ia diperoleh ketika kita telah belajar tentang kesan indrawi. Saya pikir jawabannya adalah bahwa dengan pengetahuan langsung kita dapat membuat klasifikasi awal yang membedakan sensasi dari isi kesadaran yang lain; tetapi ini dielaborasi ke dalam, dan pada akhirnya digantikan oleh, klasifikasi yang lebih tepat yang mengidentifikasi sensasi dengan kesan indrawi.

Pertanyaan ini sangat disederhanakan oleh fakta bahwa, meskipun semua indra kita dapat digunakan untuk menjelajahi alam semesta fisis, kebanyakan alat indra itu melakukan pengulangan dan hanya menguatkan informasi yang dapat diperoleh oleh orang lain. Karena itu tidak perlu mengetahui pada tahap ini ruang lingkup yang tepat dari istilah "sensasi". Cukuplah jika kita dapat membedakan, dengan kesadaran langsung, kelas sensasi tertentu, yang dengan sendirinya cukup untuk mengungkapkan semua yang diketahui tentang alam semesta fisis. Idealnya semua pengetahuan kita tentang alam semesta fisis dapat dicapai hanya dengan sensasi visual—yang pada kenyataannya, dengan bentuk sensasi visual yang paling sederhana, tidak berwarna dan non-stereoskopik.* Karena itu, kita dapat menganggap ih-

* *New Pathways in Science*, hal. 13.

wal pengetahuan fisis sebagai penegasan apa yang telah dan akan dirasakan secara visual. Oleh karena itu, tes fisiologi dan psikologi eksperimental, yang digunakan untuk membedakan kesan indrawi dari perasaan lain, dapat dijelaskan dalam istilah visual. Dengan cara ini kita mendefinisikan lingkup kesan indrawi tanpa menggunakan upaya pendahuluan untuk mendefinisikan, dengan kesadaran langsung, lingkup sensasi yang penuh.

Perbedaan antara sensasi dan perasaan lainnya bukanlah klasifikasi yang jelas seperti yang kadang-kadang kita pikirkan. Satu kasus garis perbatasan sangat penting. Apakah perasaan kita tentang berlakunya waktu merupakan sensasi? Kita tidak dapat menyusun uji ilmiah umum yang mendukung pandangan bahwa perasaan kita akan waktu adalah kesan indrawi; bisa dikatakan, itu terkait erat dengan rangsangan dari dunia fisis seperti sensasi cahaya. Sama seperti gangguan fisis tertentu yang memasuki sel-sel melalui saraf optik yang menyebabkan sensasi cahaya, perubahan entropi, baik di dalam sel-sel otak pada umumnya atau dalam sel-sel khusus, juga menyebabkan sensasi pergantian waktu, saat entropi yang lebih besar yang sedang *dirasakan* terjadi kemudian. Saya telah membahas masalah ini dengan agak lengkap dalam tulisan-tulisan sebelumnya dan tidak perlu menambahkan pembahasan yang lebih banyak di sini.†

Selain sensasi yang langsung saya sadari, saya juga mengakui dua jenis sensasi yang tidak saya sadari secara langsung, yaitu: (1) sensasi yang saya ingat pernah saya miliki di masa lalu, dan (2) sensasi yang dimiliki atau pernah dimiliki

† *The nature of the Pysical World*, hal. 100.

oleh orang lain dan diceritakan kepada saya. Ini adalah aksioma ilmu fisis bahwa, sebagai bahan baku pengetahuan, itu semua berada pada pijakan yang sama.

Pengakuan bahwa ingatan tertentu harus diperlakukan sebagai pengetahuan sensasi masa lalu sangat penting untuk ilmu fisis; karena, seperti yang akan kita lihat nanti, langkah pertama menuju pengetahuan struktural adalah perbandingan sensasi dalam satu kesadaran. Datum ilmu fisis bukanlah kesadaran akan sensasi, tetapi kesadaran bahwa sensasi itu sama seperti, atau berbeda dari, sensasi yang sebelumnya kita miliki. Dengan mengingat hal ini, sensasi satu orang saja memberikan bahan yang cukup untuk analisis struktural; dan dari bahan itu mungkin untuk mengembangkan sebuah teori ilmiah yang, kecuali bahwa ia disajikan dalam kerangka pemikiran yang egosentris, akan sesuai dengan teori fisika biasa. Tetapi karena analisis tidak akan pernah membawa kita keluar dari kesadaran tunggal, ia tidak akan memberikan petunjuk tentang dunia luar kepada kesadaran. Eksternalitas dunia fisis dihasilkan dari fakta bahwa ia terdiri dari struktur-struktur yang ditemukan dalam kesadaran yang berbeda.

Dengan demikian, pengenalan sensasi selain dari sensasi kita sendiri, meskipun tidak diperlukan sampai pembahasan yang agak belakangan, sangat penting bagi derivasi alam semesta fisis yang *eksternal*. Kesadaran langsung kita terhadap sensasi aural dan visual tertentu (kata-kata yang didengar dan dibaca) dipostulatkan sebagai pengetahuan tidak langsung tentang sensasi yang sangat berbeda (yang dideskripsikan oleh kata-kata yang didengar dan dibaca)

yang ada di tempat lain selain di dalam kesadaran kita sendiri. Solipsisme akan menolak pandangan ini; dan dengan menerima dalil ini berarti fisika menyatakan dirinya anti-solipsistik.

IV

Di dalam banyak bahasa, diperlukan dua kata kerja untuk mencakup arti kata kerja bahasa Inggris *"know"*. Ketika kita mengatakan bahwa kita mengetahui perasaan kita sendiri, maknanya biasanya adalah *kennen (connaître)*[‡], sedangkan yang kita miliki dalam buku ini terutama berkaitan dengan *"know"* dalam arti *wissen (savior)*. Adalah perlu untuk memeriksa dengan agak hati-hati sifat kesadaran langsung kita untuk memperjelas bahwa ia menyediakan data pengetahuan dalam pengertian *Wissenschaft*.[§]

Untuk pertanyaan "Apa yang paling langsung kita ketahui?", jawaban umumnya adalah "Perasaan, dan bagian lain dari isi kesadaran". Tetapi ini adalah idiom tuturan. Perasaan itu sendiri merupakan kesadaran. Apa yang kita sebut *kesadaran hidup* tidak memiliki objek tata bahasa kecuali dirinya sendiri. Kesadaran saya adalah kesadaran saya, dan bagian-bagian dari kesadaran saya—perasaan, emosi, dan lain-lain—adalah bagian dari kesadaran saya; dan itu adalah keanehan bahasa yang menuntun kita untuk mengungkapkan ulang kesadaran dalam ungkapan seperti "kesadaran akan perasaan". Tujuan kita sekarang adalah untuk menunjukkan bahwa kesadaran itu cerdas dan berakal;

‡ *Kennen* (Jerman), *connaître* (Prancis): "to know". [pen.]

§ Istilah dalam bahasa Jerman yang digunakan untuk semua studi yang melibatkan penelitian sistematis. [pen.]

dan *kesadaran yang cerdas* itu memiliki objek tata bahasa, yakni ihwal pengetahuan.

Pertimbangkan pernyataan "Saya sadar bahwa saya merasakan sakit". Ini berarti bahwa saya tahu bahwa saya merasakan sakit dalam arti yang sama seperti saya mengetahui fakta lain, misalnya bahwa matahari telah terbit. "Sadar" digunakan di sini hanya untuk membedakan cara saya memperoleh pengetahuan. (Pengetahuan saya bahwa matahari telah terbit sama sekali bukan masalah kesadaran langsung—karena cuaca telah berkabut sepanjang hari). Tetapi perlu untuk memperhatikan bahwa apa yang saya sadari secara langsung adalah fakta tertentu, bukan bahwa bentuk kata "Aku merasakan sakit" adalah deskripsi yang benar tentang fakta. Intervensi bentuk kata-kata menciptakan kesulitan yang canggung dalam membahas elemen-elemen pengetahuan; semakin akurat uraiannya, semakin luaslah gambaran tersebut berdasarkan pengetahuan umum kita, dan dengan demikian mengalihkan perhatian dari unsur pengetahuan tertentu yang menjadi fokus diskusi kita. Deskripsi yang tidak tepat bukanlah perlindungan yang ideal dari dilema ini; jadi mari kita coba cara lain.

Misalkan saya tiba-tiba berkata "Aduh". Itu akan menyampaikan kepada Anda apa yang dimaksudkan untuk disampaikan oleh pernyataan sebelumnya "Saya merasa sakit". Ini memiliki keuntungan besar yang tidak mengisyaratkan teori psikologis apa pun yang telah terjadi; ia tidak menyeret ke dalam pengetahuan yang tidak sepenuhnya berasal dari kesadaran langsung, seperti yang dilakukan oleh setiap deskripsi yang tepat. Biasanya ini adalah pernyataan

yang tidak disengaja; tetapi sangat disayangkan jika tidak disengaja menggunakan ungkapan yang menyampaikan apa yang ingin kita sampaikan dan tidak lebih. Unsur khas pengetahuan yang diperoleh dengan kesadaran langsung adalah apa yang kita sampaikan kepada orang lain dengan ejakulasi "aduh".

Jelas bahwa ihwal pengetahuan itu disampaikan. Ketika dokter gigi, dalam proses pemeriksaannya, bertanya "Apakah itu sakit"? dan saya menjawab "Aduh", ia memperoleh informasi yang tidak jelas. Jelas bahwa saya sendiri memiliki informasi itu sebelum dokter gigi; dan memang itu adalah ihwal pengetahuan yang ingin saya sampaikan kepadanya. Juga jelas bahwa pengetahuan itu datang kepada saya dengan kesadaran langsung.

Ini, saya pikir, tidak diragukan lagi bahwa kesadaran bukan hanya berakal, tetapi juga sarana untuk memperoleh ihwal pengetahuan *(Wissenschaft)*. Kebingungan muncul ketika pengetahuan tersebut dimasukkan ke dalam kata-kata, karena pilihan kata-kata yang tepat bergantung pada pengetahuan umum yang bukan sebagai aturan yang diperoleh dengan kesadaran langsung. Hanya luar biasa bahwa kita dapat memberikan ekspresi verbal untuk pengetahuan yang diperoleh dengan kesadaran langsung tanpa memalsukannya. Biasanya ungkapan verbal pasti dianggap sebagai petunjuk yang menunjukkan pengetahuan, tetapi tidak membentuk bagian dari pengetahuan.

13

SINTESIS PENGETAHUAN

I

DALAM membahas data primitif pengetahuan yang dilengkapi dengan kesadaran langsung, perlu diingat bahwa deskripsi tentang datum bukan bagian dari datum. Agar Anda tahu datum apa yang saya maksudkan, saya harus menggunakan bentuk kata-kata sebagai penunjuk; tetapi bahkan jika (seperti yang kadang-kadang terjadi) bentuk kata-kata adalah ekspresi akurat dari kebenaran tentang datum, ia adalah kebenaran yang dicapai melalui penyelidikan berikutnya dan tidak terberi kepada kita sebagai datum primitif.

Orang asing di suatu wilayah, yang bahasa lokalnya tidak ia ketahui, akan membuka komunikasi dengan cara penunjukan. Dalam pembahasan tentang asal-usul pengetahuan, kita berada dalam posisi yang sama dan harus melakukan banyak pengarahan. Tetapi karena penunjukan dalam arti harfiah itu tidak mungkin, maka kita harus menunjukkan dengan kata-kata dan frasa. Penggunaan bahasa untuk penunjukan ini harus dibedakan dari penggunaannya untuk

deskiripsi eksplisit yang tidak dapat dimulai sampai tahap selanjutnya. Inferensi logis tidak berlaku untuk itu, karena inferensi hanya dapat dibuat dari data; dan penunjuk bukan datum. Kita tidak menolak pemikiran logis, tetapi kita bersikeras bahwa ia akan diterapkan pada data nyata.

Jadi, dalam masalah-masalah fundamental yang ada di awal filsafat, bentuk kata-kata secara umum adalah hal terakhir yang harus diperhatikan. Entah kata-katanya mewakili pandangan filosofis dari penemu bahasa prasejarah; atau secara prematur mengasumsikan kebenaran yang menjadi urusan kita untuk mencari tahu dengan penyelidikan. Dengan mempertimbangkan kembali pernyataan "Saya sadar bahwa saya merasakan sakit", Anda tahu artinya karena kadang-kadang Anda sendiri memiliki kesadaran seperti itu. Ia berfungsi sebagai sebuah penunjuk; dan, jika Anda puas bahwa pembicara tidak berbohong, Anda dapat menerimanya (dengan makna yang telah Anda kenali) sebagai datum pengetahuan. Tetapi barangkali Anda tidak menerima, sebagai datum pengetahuan, filsafat yang diwujudkan dalam bentuk pernyataan—bahwa ada makhluk sadar "Saya" yang merasa, dan makhluk cerdas "Saya" yang tahu bahwa makhluk sadar "Saya" itu merasa, yang mungkin disertai dengan sebuah regresi takberhingga dari masing-masing "Saya" yang menyadari bahwa "Saya" yang berikutnya itu juga menyadari sesuatu. Bahkan jika Anda setuju dengan filsafat tersebut, maka Anda menyadari bahwa itu tidak ada hubungannya dengan pengetahuan yang sedang dikomunikasikan di keadaan tersebut. Seseorang dapat menyadari rasa sakit tanpa menjadi seorang filsuf.

Mari kita bahas mengapa deskripsi itu (meskipun bukan datum) memperkenalkan dua "Saya", yang ternyata sulit untuk diidentifikasi sepenuhnya. Ia adalah konsekuensi dari pandangan non-solipsistik bahwa orang yang tahu biasanya tidak bersama dengan orang yang merasa. Sensasi orang lain sama pentingnya dengan sensasi kita; dan bentuk pengetahuan yang biasa adalah "Saya tahu bahwa sesuatu itu terasa sakit". Ketika kasus luar biasa terjadi, bentuk tersebut tidak boleh diubah; karena akan menjadi solipsisme jika memberikan sensasi pada setiap jenis prioritas atau kekhasan dalam pengetahuan kita. Dengan demikian, uraian harus menunjukkan pemilik pengetahuan dan pemilik perasaan secara terpisah, bahkan ketika pengetahuan dan perasaan itu adalah bagian dari kesadaran yang sama—bagian yang tumpang tindih. Setiap upaya untuk berdebat tentang kata-kata bahwa kedua pemiliki tidak dapat sepenuhnya identik itu dikesampingkan karena ia salah fungsi dari bentuk kata-kata yang menunjuk. Apa yang ditunjukkan, yaitu datum, adalah bahwa mengetahui dan merasakan adalah bagian dari satu kesadaran yang dibedakan dari kesadaran lain dengan penunjuk verbal "Saya".

Dapat dipahami bahwa "Saya tahu itu" adalah sebuah frase idempoten:

Saya tahu bahwa Saya tahu itu = Saya tahu itu.

Pernyataan yang berulang-ulang itu tidak membuat perbedaan dengan nilai penunjuknya. Bahwa dua frasa berarti (yaitu menunjuk ke) hal yang persis sama itu terlihat ketika kita memeriksa alternatif yang jelas "Saya tidak tahu bahwa

saya tahu itu", yang jelas-jelas omong-kosong.* Jika kita merepresentasikan "A mengetahui itu" dengan simbol J_A, maka pernyataan $J_A J_B$ biasanya tidak dapat direduksi; tetapi dalam kasus khusus $A = B$, kita memiliki $J_A J_A = J_A$. Pernyataan yang berulang-ulang dapat diulang beberapa kali; dengan demikian $J_A J_A J_A \cdots J_A = J_A$.

Dalam bahasa kita yang biasa, perasaan itu dihubungkan dengan pengetahuan, yaitu pengetahuan bahwa perasaan itu eksis. Tidak ada ambiguitas dalam menyelesaikan "kalimat yang belum selesai" ini; perasaan itu eksis di dalam, atau merupakan bagian dari, kesadaran. Bagi seorang solipsis, ini jelas pernyataan yang benar, karena perasaan adalah nama yang diberikan kepada bagian dari kesadaran; dan hanya ada satu kesadaran—yaitu kesadarannya—yang memuat perasaan tersebut. Tetapi ketika kita mengakui lebih dari satu kesadaran, maka kita membuat pengetahuan itu lebih komprehensif daripada perasaan dengan menambahkan sebuah penunjuk yang menyatakan kesadaran tertentu yang di dalamnya perasaan itu ada dan menjadi bagiannya.

II

Karena pengetahuan tentang dunia fisis itu berasal dari sensasi, mari kita diskusikan sensasi tertentu, misalnya, sensasi yang digambarkan sebagai Saya-memersepsi-suara-sinyal-waktu-Greenwich. Jelas deskripsi itu berisi informasi yang bukan bagian dari sensasi, dan deksripsi itu sendiri bukan masalah pemahaman langsung. Kita sekarang harus

* Harus diingat bahwa "mengetahuai" tidak berarti "mengetahui dengan pasti" (hal. 1).

bertanya, Apakah *ada* bagian dari deskripsi yang merupakan masalah pemahaman langsung? Secara khusus, apakah kita memiliki kesadaran langsung bahwa sensasi adalah hubungan subjek-objek, seperti yang disiratkan oleh bentuk deskripsi? Saya rasa kita tidak punya kesadaran itu. Jika kita suka, kita dapat bereksperimen dengan hipotesis bahwa sensasi adalah, atau dapat direpresentasikan sebagai, hubungan (pemersepsian) antara subjek ("Saya") dan objek (sebuah "sensum"); tetapi itu sangat berbeda dengan menyatakan bahwa kita secara langsung sadar bahwa sensasi adalah hubungan semacam itu. Bahwa percobaan itu tidak berhasil, saya pikir, ditunjukkan oleh mandulnya filsafat realis. Objek-akhir dari hubungan itu adalah jalan buntu *(cul-de-sac)*. Tetapi mari kita teliti lebih dekat subjek-akhir dari relasi tersebut.

Sampai sekarang, istilah "Saya" bagi kita adalah sebuah kata penunjuk, yang digunakan untuk menunjuk pada kesadaran tertentu tempat sensasi menjadi bagian. Secara ekuivalen, kata "Saya" adalah label yang melekat pada kesadaran untuk menyelamatkan kesulitan penunjukan setiap kali kita menyebutkannya. Ketika dengan konsep analisis kita memisahkan kesadaran menjadi sejumlah sensasi, emosi, dan lain-lain, maka kita melekatkan label "Saya"—atau, dalam penghormatan kepada para ahli tata bahasa, label "milik saya"—kepada setiap bagian kesadaran itu. Label yang dimodifikasi tidak menunjukkan kepemilikan kecuali dalam arti keseluruhan "memiliki" bagian; ia tidak mempostulatkan pemilik yang berbeda dari kesadaran, yang memiliki semua bagian dan karenanya seluruh kesadaran.

Namun demikian, fungsi "Saya" sebagai label tidak menghilangkan signifikansi yang umumnya melekat pada "Saya". Di antara isi kesadaran saya ada kesadaran diri. Dalam bahasa hubungan subjek-objek kita mengatakan "Saya sadar akan saya". Tanpa mengesahkan deskripsi kesadaran diri ini sebagai hubungan subjek-objek, kita mengenalinya sebagai sebuah penunjuk dan mengakui datum primitif yang ditunjukkannya. Pertanyaannya kemudian adalah: Apa arti penting tambahan yang diberikan kepada "Saya" sehubungan dengan datum kesadaran diri ini?

Kita harus ingat bahwa konsep analisis adalah bentuk pemikiran; dan meskipun penerapannya pada kesadaran memiliki tujuan tertentu yang bermanfaat, tidak ada jaminan bahwa penyatuan bagian analitis tanpa bahan pengikat akan mereproduksi keseluruhan. Bahkan di alam semesta fisis, di mana analisis diterapkan lebih sistematis, dan tindakan pencegahan yang lebih besar telah diambil untuk mengamankan swasembada bagian yang tidak tumpang tindih dan permanen, bagian-bagian elementer tidak sepenuhnya dapat dipisahkan. Yang masih kurang adalah sensasi tunggal yang benar-benar dapat dipisahkan dari lingkungan emosi, ingatan, dan aktivitas intelektual tempat sensasi itu muncul; juga tidak dapat dipisahkan dari kemauan yang mengarahkan perhatian padanya dan pemikiran yang mewujudkan pengetahuan makhluk cerdas tentang hal itu. Dengan demikian, kesadaran yang memuat sensasi tertentu itu memperhatikannya, bukan hanya sebagai label, melainkan juga sebagai lingkungan.

Saya memiliki pengetahuan tentang sensasi tertentu, dan

saya memiliki pengetahuan lebih lanjut bahwa ia adalah sensasi saya. Jika saya adalah seorang non-solipsis, maka pernyataan kedua itu menggabungkan dua data. Satu datum merujuk pada klasifikasi sensasi sebagai bagian dari sejumlah kesadaran yang berbeda, dan menghilang jika semua sensasi yang saya akui memiliki pengetahuan berada dalam satu kesadaran. Tetapi datum lain itu berkaitan dengan aspek positif dari "milik saya", yang tidak berbeda dengan "milik dia", dan tetap berlaku bahkan untuk orang yang solipsis. Datum lain tersebut adalah bahwa sensasi bukan elemen kesadaran yang mencukupi dirinya sendiri yang terlepas dari elemen-elemen lain kesadaran, tetapi merupakan salah satu bagian dari kesadaran yang dipresentasikan kepada kita sebagai sebuah keseluruhan dan kita membagi-baginya dengan pembagian yang agak kasar. "Saya" yang merupakan objek kesadaran diri itu berhubungan dengan "milik saya" dalam aspek kedua ini—yaitu "milik saya" yang berfungsi menyatukan—dengan cara yang sama seperti "Saya" yang merupakan subjek dari kata kerja kesadaran itu berhubungan dengan "milik saya" sebagai sebuah label—yaitu "milik saya" yang berfungsi membedakan. Soal nominatif, objektif, dan posesif harus diabaikan, karena aturan sintaksisnya belum dirancang untuk bahasa penunjuk. Data yang ditunjukkan masing-masing itu kontras dengan sensasi yang dimiliki oleh kesadaran lain, dan kesatuan kesadaran yang sadar yang mencegahnya direpresentasikan sepenuhnya sebagai sebuah agregasi bagian-bagian kesadaran diri.

Kita mungkin mengidentifikasi kesadaran diri dengan kesadaran akan kesatuan kesadaran ini. Dalam satu pe-

ngertian, kesadaran diri dapat dianggap sebagai "bagian" kesadaran, sama seperti interaksi antara partikel-partikel dasar yang dapat dianggap sebagai bagian dari alam semesta fisis. Tetapi ia tidak homogen dengan bagian lain; dan dalam pengertian yang lebih ketat, yang menurutnya makna sebuah "bagian" tidak dapat dipisahkan dari sistem analisis yang menghasilkannya, kesadaran diri bukan bagian analisis melainkan residum yang menghindari analisis.

Di dalam deskripsi subjek-objek tentang kesadaran-diri "Saya sadar akan "Saya"", "Saya" yang kedua berarti kesatuan kesadaran. Dengan membedakannya sebagai I_2, maka I_2 adalah apa yang tersisa jika Anda membayangkan saya tanpa perasaan, pikiran, dan lain-lain, yang diinventarisasi oleh konsep analisis. Konten yang diinventarisasi ini dapat bervariasi tanpa mengubah "Saya" yang penting yang terkait dengannya. Mungkin tidak diterima bahwa uraian tentang I_2 ini cocok dengan "Saya" yang tidur nyenyak beberapa jam yang lalu—yang tampaknya mengarah pada *reductio ad absurdum* bahwa dalam tidur itulah kata "saya" yang esensial muncul dari kerumunan pikiran dan emosi yang biasanya mengaburkannya. Tetapi itu seperti berargumen bahwa kualitas esensial dari perekat itu sebaiknya ditampilkan ketika tidak mencemari dirinya sendiri dengan menempelkan apa pun. Untuk mendapatkan I_2, yang kita sadari dalam kesadaran diri, pikiran dan perasaan harus disarikan, bukan dihilangkan. Kesatuan kesadaran termanifestasikan *karena* ada bagian-bagian yang perlu disatukan.

Ringkasnya: pertama, "Saya" itu adalah label atau kata-penunjuk yang dilekatkan pada kesadaran khusus, dan konse-

kuensinya pada sensasi, emosi, dan lain-lain yang kepadanya kesadaran itu dibagi-bagi oleh konsep analisis; dan kedua, terkait dengan kesadaran-diri, "Saya" adalah bagian dari bentuk verbal "Saya sadar akan 'Saya'" yang digunakan untuk menunjuk pada sisa-sisa kesadaran yang menghindari konsep analisis. Ungkapan tersebut menunjuk pada datum (yang tentangnya kita memiliki pengetahuan langsung) bahwa seluruh kesadaran kita tidak sepenuhnya diwakili oleh bagian-bagian yang kepadanya kita biasanya membagi kesadaran; dengan kata lain, ia adalah satu kesatuan dan bukan kumpulan bagian. Tampaknya tidak lebih dari kebiasaan linguistik bahwa "Saya" dalam kasus pertama adalah subjek dan dalam kasus kedua adalah objek dari kata kerja "sadar". Ketika kita mencoba untuk melampaui kata-kata, kita tidak menemukan apa pun untuk mendukung pandangan bahwa kesadaran adalah hubungan subjek dengan objek atau bahkan hubungan subjek dengan kata kerja intransitif.

III

Mari kita beralih ke objek-akhir relasi. Untuk keperluan fisika, satu-satunya nilai kesadaran langsung yang dideskripsikan sebagai Saya-memersepsi-suara-sinyal-waktu-Greenwich adalah bahwa ia dapat dibandingkan dengan dan dalam beberapa kasus yang diakui sama seperti kesadaran langsung yang lain yang saya ingat pernah saya miliki. Oleh karena itu, datum yang khas untuk fisika adalah Saya-memiliki-sensasi-yang-telah-saya-miliki-pada-kejadian-sebelumnya. Asalkan dapat ditemukan alat untuk menggambarkan peristiwa sebelumnya dengan cara yang ak-

an memungkinkan orang lain untuk mengenalinya di dalam pengalaman mereka sendiri (yang tanpanya informasi itu tidak bernilai), datum itu merepresentasikan pengetahuan yang dapat dikomunikasikan. Tidak perlu diasumsikan bahwa orang yang kepadanya pengetahuan itu dikomunikasikan memiliki pemahaman simpatik terhadap sensasi aural saya; dia mungkin orang yang benar-benar tuli yang tidak dapat membayangkan seperti apa suara itu.

Teori struktur yang dijelaskan dalam Bab IX menunjukkan cara pengetahuan yang dapat dikomunikasikan ini dielaborasi dan dibuat sepenuhnya independen dari sensasi individu yang tidak dapat dikomunikasikan. "Kejadian sebelumnya" diidentifikasi oleh hubungannya dengan sensasi atau kelompok sensasi lain di dalam kesadaran yang sama, yang kemudian dibandingkan dan ternyata sama dengan sensasi sebelumnya atau sensasi yang kemudian. Akhirnya, dari perbandingan ini, kita mendapatkan pola yang saling terkait, yang dapat dijelaskan secara matematis dan merepresentasikan pengetahuan struktural tentang konten indrawi dari kesadaran yang dikaji.

Dalam kasus sensasi visual, strukturnya lebih jelas. Tanpa merujuk pada ingatan tentang sensasi sebelumnya, kita dapat mendeteksi pola dalam sesuatu yang kita lihat setiap saat. Terutama melalui sensasi visual, konsepsi biasa kita tentang dunia fisis itu terbentuk. Tetapi hanya karena ia cocok untuk penyelidikan struktural, ia telah dipertimbangkan oleh pencarian awal kita yang tidak berpengalaman; dan tidak mudah untuk melakukan awal yang jelas dalam memisahkan esensi matematis struktur dari bentuk kesadaran

tempat struktur itu ada. Kebiasaan kita memvisualisasikan struktur membuat kita lebih sulit untuk menyadari keabstrakan struktur yang esensial.

Sebagai hasil dari pengomunikasian pengetahuan struktural, kita segera menemukan bahwa konten struktural kesadaran yang berbeda tidak sepenuhnya independen. Masalahnya kemudian muncul: Bagaimana kita merepresentasikan kesalingtergantungan ini? Kita dapat mulai dengan kasus sederhana di mana struktur yang sama ditemukan di hampir semua kesadaran yang dengannya kita dapat berkomunikasi, misalnya, struktur sensasi visual yang muncul ketika kita melihat sebuah rasi bintang di langit berbintang. Kita menolak gagasan bahwa kemunculan struktur yang sangat terspesialisasi ini dalam begitu banyak kesadaran adalah kebetulan, dan dengan demikian mengikatkan diri pada hipotesis bahwa banyak struktur serupa adalah reproduksi dari satu struktur asli. Ini adalah bibit dari gagasan sebab akibat. Dalam bahasa sebab-akibat, kita mengaitkan struktur yang sama dalam kesadaran yang berbeda dengan penyebab umum yang mendukung struktur yang sama.

Hipotesis yang mungkin adalah bahwa ini adalah efek keturunan. Kesadaran biasa mungkin mengandung struktur khusus karena alasan yang sama dengan tubuh biasa mengandung struktur khusus lain yang disebut hati. Namun, hipotesis ini disangkal oleh terjadinya nova (bintang baru). Nova adalah perubahan struktur sensasi visual, yang terjadi secara bersamaan di semua kesadaran, yang nenek moyang kita semua jelas tidak dapat dianggap bertanggung jawab untuk munculnya nova tersebut. Penyebab umumnya tidak

ada dalam kesadaran siapa pun tanpa solipisme, juga tidak ada dalam kesadaran leluhur; oleh karena ia pasti ada di luar bentuk kesadaran yang diakui. Ranah yang ada di luar kesadaran individu ini, tempat penyebab umum struktur indrawi dalam kesadaran yang berbeda itu berada, disebut "dunia eksternal".

Dengan mengakui kesadaran orang lain setara dengan kesadaran kita sendiri, kita sudah berkomitmen untuk menerima ranah yang ada di luar kesadaran individu. Namun demikian, ini adalah langkah baru yang sangat besar ketika, dengan penemuan struktur serupa yang umum pada semua kesadaran normal, kita memperkenalkan dunia eksternal yang mengandung struktur asli yang merupakan reproduksi. Karena dunia eksternal diperkenalkan sebagai wadah struktur, pengetahuan kita tentangnya terbatas pada pengetahuan struktural; dan ilmu fisis adalah studi tentang pengetahuan struktural ini. Tetapi, seandainya suatu peristiwa muncul, fungsi dunia eksternal dapat diperbesar sehingga mencakup lebih dari pengetahuan fisis kita. Jika kita menemukan alasan untuk tidak puas dengan dunia fisis murni yang ada di luar diri kita, maka ada ruang bagi interpretasi spiritual tentang "sesuatu" yang alam semesta fisis hanyalah struktur abstraknya.

Pada mulanya, kita tidak mengemukakan teori apa pun tentang *bagaimana* struktur asli di dunia eksternal muncul untuk direproduksi sebagai struktur sensasi dalam kesadaran; kita hanya mengakui bahwa, dengan mengesampingkan kebetulan, terjadinya struktur yang sama di banyak kesadaran adalah tanda bahwa strukur asli ada di dunia yang ada di

luar kesadaran. Dengan demikian, adegan sintesis besar itu dipindahkan ke ranah eksternal, di mana potongan-potongan struktur yang merupakan asal-usul struktur sensasi dalam kesadaran kita sendiri dan lainnya berdiri seperti potongan-potongan puzzle jig-saw yang menunggu untuk dipasangkan bersama. Sintesis yang sangat rumit ini adalah tugas yang secara perlahan diselesaikan oleh ilmu fisis selama berabad-abad. Kesalahan sering terjadi. Secara khusus, teori-teori sebelumnya berusaha merajut ke dalam pengetahuan sintesis yang tidak murni struktural; dan hanya dalam beberapa tahun terakhir, teori fisika, bentuk dan kenyatannya, telah menjadi teori struktur-kelompok matematis. Tetapi di awal sintesis, mungkin untuk melihat beberapa langkah-langkah di mana struktur-struktur di dunia eksternal dipindahkan dari lokasi asalnya ke kesadaran. Dengan kata lain, dengan menyatukan potongan-potongan struktur, kita memperoleh struktur yang komprehensif, yang tidak hanya berisi potongan-potongan asli tetapi mekanisme untuk menyebarkan struktur.

Dalam perkembangan sintesis ini kita telah belajar untuk mengesampingkan pandangan naluriah yang kasar bahwa "melihat" adalah semacam pengkhianatan yang mengumpulkan informasi ketika penjaga taman mengumpulkan sampah. Struktur sensasi visual kita tentang perbintangan direproduksi berkali-kali di dunia eksternal—dalam satu himpunan objek material, dalam gelombang cahaya, pada retina, pada saraf optik, dalam sel-sel otak. Reproduksi dalam sensasi aktual terjadi pada akhir urutan ini. Ketika pengetahuan fisis kita telah mencapai tahap ini, kita berhak

mengganti sensasi dengan istilah "kesan indrawi". Selain kesadaran langsung kita terhadap sensasi, kita sekarang memiliki pengetahuan tidak langsung yang dikaitkan dengan saraf dan organ-organ indra yang diperkenalkan dalam sintesis pengetahuan struktural. "Teori sensasi" ini, tentu saja, telah digunakan secara bebas dalam pengembangan ilmu fisis. Ia dapat diperkenalkan pada setiap tahap sebagai hipotesis yang masuk akal untuk diuji dengan eksperimen. Tetapi ia bukanlah titik awal logis dari eksplorasi fondasi sains; dan dalam pemeriksaan sifat pengetahuan yang terkandung di dalam ilmu fisis, kita harus kembali lebih jauh ke datum yang independen dari teori sensasi, yaitu bahwa struktur sensasi yang sama yang ada di lebih dari satu kesadaran jauh lebih sering daripada yang bisa dijelaskan oleh kebetulan.

IV

Sebagai kontras dengan metode ilmu fisis, mari kita lihat bagaimana filsafat realis berusaha untuk memperlakukan objek-akhir dari relasi. Bagi saya ia tampaknya memberikan ilustrasi tentang pengaruh bencana yang cenderung dimiliki bentuk-bentuk verbal pada pemikiran kita, yang dipaksakan kepada kita oleh pembentuk bahasa yang tidak filosofis.

Berikut ini adalah pengantar khas untuk filsafat realis:

> Jelas bahwa setiap kali saya memiliki pengalaman, apakah saya bermimpi, berpikir, berhalusinasi, atau hanya mempersepsi, ada sesuatu yang diimpikan, dipikirkan, dihalusinasikan, atau dipersepsikan, dan juga jelas bahwa pikiran saya memiliki beberapa

relasi dengan sesuatu ini.†

Argumen selanjutnya menunjukkan bahwa "sesuatu" ini dapat memiliki relasi yang berbeda terhadap pikiran; karena apa yang dipersepsi juga dapat diingat atau diimajinasikan. Sedangkan sesuatu yang ada dalam pikiran itu tidak dapat memiliki variasi hubungan dengan pikiran; oleh karena itu, "sesuatu" yang dapat memiliki berbagai macam relasi dengan pikiran itu bukan bagian dari pikiran. Kesimpulannya adalah:

Bahwa sebuah tindakan mental itu harus menyadari sesuatu selain dirinya itu merupakan karakteristik yang umum dan sekaligus khas bagi semua tindakan mental. Mengatakan sebuah tindakan adalah sebuah mental itu sama dengan mengatakan bahwa ia adalah kesadaran akan sesuatu yang bukan dirinya. Kesimpulan ini mensyaratkan konsekuensi yang wajar bahwa "sesuatu yang lain" yang disadari itu tidak terpengaruh oleh kesadaran pikiran terhadapnya. Dengan kata lain, apa yang dialami itu sama dengan apa yang ada saat ia tidak dialami.‡

Akan menjadi upaya detektif yang terpuji jika tujuan kita adalah untuk menemukan pandangan filosofis dari perintis tuturan—yaitu orang yang awalnya bertanggung jawab atas cara kita merangkai kata-kata menjadi frase dan kalimat. Tetapi soal mengapa ini harus dibangkitkan untuk menjadi dasar filsafat abad ke-20 itu melewati pemahaman saya.

Tidak ada perbedaan makna antara "memimpikan" dan "memimpikan mimpi", atau antara "memikirkan" dan "memikirkan pikiran". Pada pandangan pertama, "memimpikan mimpi" tampaknya pengulangan tanpa tujuan. Tetapi jika diinginkan untuk masuk ke bagian khusus, bahasa tidak me-

† C.E.M. Joad, *Guide to Philosophy*, hal. 66. Joad belum tentu menyatakan pandangannya sendiri.

‡ *Ibid*, hal.74.

nyediakan cara untuk melampirkannya ke kata kerja; saya tidak mungkin mengatakan bahwa saya telah-jatuh-dalam-mimpi. Saya harus memberi objek pada kata kerja, bahkan jika itu hanya sebuah objek tiruan, dan menyematkan keterangan yang saya ingin tambahkan pada objek. Oleh karena itu, jika bentuk-bentuk bahasa memungkinkan, saya menganggap keterangan yang mungkin juga diberikan sebagai keterangan mimpi saya itu sebagai deskripsi mimpi saya. Kelompok realis dengan penuh kemenangan menghasilkan objek tiruan ini, dan berkata, "Anda mengakui bahwa ada *sesuatu* yang diimpikan, yaitu mimpi yang telah Anda gambarkan dengan jelas". Saya tidak mengakui hal semacam itu. Yang saya akui adalah bahwa aturan bahasa memaksa saya untuk berbicara seolah-olah saya mengakuinya.

Demikian pula "menjalani kehidupan" sama dengan "hidup". Secara tata bahasa, sebuah kehidupan adalah sesuatu yang dijalani; tetapi dalam arti yang sebenarnya, kehidupan saya dan hidup saya itu sama. Adalah tirani bahasa yang menyatakan bahwa uraian terperinci tentang kehidupan seseorang itu dapat diberikan, tetapi bukan tentang hidupnya yang dianggap sebagai kegiatan yang tidak dapat dianalisis. Akan terlihat bahwa ada peluang besar bagi filsafat dialektik, dengan alasan menghapus kebingungan yang perlu diperkenalkan pada seseorang. Dengan demikian, ditunjukkan bahwa "sensasi" dapat berarti "merasakan" atau apa yang "dirasakan"; dan disarankan bahwa kedua makna tersebut dikacaukan oleh filsafat tertentu. Tetapi tidak ada dua makna yang mesti dikacaukan—itu hanya dua bentuk tata bahasa dengan makna yang sama. Dan para kritikuslah

yang membingungkan diri mereka dengan memperkenalkan sebuah sensum, yaitu sesuatu yang dirasakan yang berbeda dari yang merasakan, untuk memberikan makna kedua.

Pandangan bahwa aktivitas (yang diekspresikan oleh kata kerja dan *gerunds*) adalah beberapa jenis sederhana dan bahwa variasi berada dalam kepasifan (yang diungkapkan oleh kata benda) memiliki asal mula linguistik murni. Kurangnya bentuk kata kerja yang lazim bagi matematikawan sebagai kesulitan berbicara yang biasa dengan mudah diatasi dalam bahasa simbolik mereka sendiri. Dengan demikian dimungkinkan untuk berbicara tentang duplikasi, triplikasi, pecahan, dan sebagainya, tetapi mode yang mengekspresikan berbagai operasi ini segera ditinggalkan; sebaliknya kita menggunakan satu bentuk kata kerja "mengalikan" dan mentransfer semua variasi ke bentuk kata benda yang disebut bilangan. Maka mungkin akan dikatakan "Jelas bahwa kapan pun sesuatu dikalikan, ia harus dikalikan dengan sesuatu, dan sesuatu itu sendiri, misalnya dua, bukanlah pengalian tetapi sebuah entitas yang independen, yang persis sama ketika ia adalah pengali dan saat ia bukan pengali". Argumen itu tidak akan muncul jika kita terjebak pada persyaratan duplikasi, triplikasi,dan lain-lain; karena satu tidak terduplikasi dengan apa pun.

Kurangnya bentuk kata kerja dan frasa bagi pengualifikasian bentuk kata kerja yang memenuhi syarat itu membuat kita sulit untuk menggambarkan kesadaran sebagai sesuatu yang kita kenal—sebuah aktivitas yang sangat beragam. Dalam bahasa biasa, keragaman aktivitas intelektual kita hanya dapat digambarkan sebagai berbagai pemikiran,

bukan sebagai variasi pemikiran. Ini tidak ada bedanya dengan ahli fisika, yang hanya memerhatikan struktur, karena struktur pemikiran juga merupakan struktur pikiran. Tetapi hal itu mengarahkan banyak filsuf untuk menempatkan semua keragaman data indrawi di luar kesadaran, dan membatasi kesadaran pada beberapa kegiatan yang tidak dapat dianalisis—memersepsi, memahami, mengingat, meniru keragaman yang ada di luar dirinya. Tetapi itu bukan karakteristik penting dari aktivitas yang seharusnya tidak akan mampu untuk disubklasifikasikan. Gerakan tangan, misalnya, adalah salah satu kegiatan dari banyak ragam kegiatan—mengangkat bahu, melambaikan tangan, menggelengkan kepala, dan lain-lain. Kita dapat menggambarkan ragam kegiatan secara langsung, tanpa memperluas "gerakan" menjadi "menggerakkan gerakan", dan melanjutkan untuk mengklasifikasi gerakan. Dan, demikian saya kira, kaum realis tidak akan bersikeras bahwa setiap kali kita menggerakkan tangan, sesuatu harus digerakkan, dan bahwa sesuatu itu tidak terpengaruh oleh gerakan tangan kita, ia benar-benar persis sama sebagaimana adanya saat ia tidak digerakkan. Namun saya kadang bertanya-tanya bagaimana realis akan menganggap gerakan yang dikenal sebagai "gerakan mengejek dengan cara mengokang hidung melalui ibu jari" *(cocking snook)*. Tampaknya jelas bahwa sesuatu pasti diangkat; dan saya khawatir satu-satunya kesimpulan logis adalah bahwa ada sebuah dunia eksistensi yang mengandung hidung yang tidak dikokang yang persis sama saat ia dikokang—tetapi mungkin itu terlalu berbahaya untuk dipikirkan ketika para filsuf mencoba mengekspresikan apa

yang mereka pikirkan satu sama lain.

Dalam pengantar realisme yang telah saya kutip di awal, konsepsi tentang sesuatu yang diindra yang berbeda dari pengindraan tampaknya memiliki asal usul linguistik murni; tetapi kesimpulan penting bahwa sesuatu yang diindra adalah sesuatu yang berada di luar kesadaran didasarkan pada keberadaan sejumlah cara yang berbeda yang di dalamnya ia dapat dikaitkan dengan kesadaran. Dengan mengakui objek persepsi, misalnya sepetak warna biru, yang bukan persepsi itu sendiri, saya pikir sejumlah cara ia dapat dipahami secara mental telah dilebih-lebihkan. Hanya ada dua cara; ia dapat dirasakan, atau dapat dibayangkan. Dengan meninjau isi kesadaran saya, saya mungkin menemukan persepsi atau imajinasi; tetapi hipotesis kaum realis adalah bahwa ia adalah objek atau sensum yang sama yang ditangkap dengan dua cara berbeda. Saya hanya memiliki dua jenis kesadaran warna biru ini; tetapi dalam isi kesadaran saya, saya mungkin juga menemukan pemikiran tentang warna biru yang bukan kesadaran itu, meskipun mereka mungkin menyertai persepsi atau membayangkannya. Ketika pemikiran (pengetahuan intelektual) dan kesadaran disatukan, maka keragaman klasifikasi lain diperkenalkan. Dengan pengetahuan intelektual, halusinasi dibedakan dari persepsi, meskipun secara instrinsik mereka identik. Demikian pula, ingatan dibedakan dari angan-angan biasa.

Sebagai petunjuk relasi antara pemersepsian dan pengimajinasian, patut dicatat bahwa (biasanya setidaknya) sensasi elementer baru tidak dapat diimajinasikan kecuali ia telah terlebih dahulu dipersepsi. Kita dapat menciptak-

an kombinasi sensasi yang baru di dalam imajinasi, tetapi kita tidak dapat menemukan rasa, warna, rasa sakit, dan lain-lain yang sepenuhnya baru. Tampaknya saat pertama kali kita merasakan rasa yang baru, kesadaran kita diubah sedemikian rupa sehingga setelah itu membayangkan rasa tersebut menjadi mungkin. Kita biasanya mengatakan bahwa memori tentang rasa itu disimpan di dalam imajinasi. Saya tidak paham bagaimana ini dapat didamaikan dengan pandangan realis bahwa mengimajinasikan dan mempersepsi adalah hubungan kesadaran yang independen dengan sensum yang ada di luar kesadaran.

Dalam pesan yang saya kutip tersebut diakui bahwa, jika mempersepsi adalah semata-mata relasi antara pikiran dan objek eksternal, objek itu tidak termodifikasi oleh persepsi kita terhadapnya. Tidak jelas apakah juga diakui bahwa pikiran tidak termodifikasi. Jika pikiran diubah oleh tindakan mempersepsi, adalah tidak tepat untuk menggambarkan mempersepsi sebagai "relasi"; dan argumen yang didasarkan pada adanya jenis relasi yang lebih dari satu itu jadi runtuh. Di sisi lain, jika pikiran atau sensum tidak dimodifikasi oleh tindakan mempersepsi, bagaimana mungkin, setelah persepsi, hubungan yang baru dari pikiran dengan sensum dimungkinkan, yaitu mengingat atau membayangkan?

V

Terjadinya struktur sensasi yang identik, atau terkait erat, di dalam kesadaran yang berbeda menggambarkan titik awal logis ilmu fisis. Ini berkembang secara alamiah menjadi penyelidikan umum tentang korelasi pengalaman indrawi;

tetapi pada saat kita mencapai masalah yang lebih luas ini, jalur utama perlakuan telah diselesaikan. Korespondensi struktur menunjuk pada penyebab umum di luar kesadaran individu. Oleh karena itu media yang berkorelasi dipahami sebagai dunia eksternal, di mana pengaruh yang berasal dari berbagai fokus disebarkan ke titik-titik tempat kesadaran yang berbeda ada. Dalam menguraikan konsepsi ini kita harus mempertimbangkan penyebaran pengaruh dari satu bagian ke bagian lain dari dunia eksternal, tidak hanya sebagai sarana untuk menyampaikan pesan kepada kesadaran, tetapi juga secara terus-menerus mendistribusikan kembali karakteristik dunia, dan dengan demikian membawa berbagai bagiannya ke dalam koneksi sebab akibat dalam waktu dan ruang. Jadi kita meneruskan ke tugas utama fisika, yaitu merumuskan sistem deskripsi tentang dunia eksternal dan sistem hukum yang dapat berlaku untuk entitas yang disebutkan dalam deskripsi tersebut, yang dalam segala hal akan sesuai dengan korelasi aktual pengalaman indrawi. Apa yang dimaksud "sesuai dengan pengalaman indrawi" adalah bahwa bagian-bagian dari strukturnya yang merupakan elemen-elemen dari struktur sensasi dalam suatu kesadaran memiliki korespondensi yang seragam dengan sensasi yang sebenarnya dialami dalam kesadaran tersebut.

Saya telah menekankan dua fitur pengetahuan tentang dunia eksternal yang dicapai dengan cara ini: (a) sebagian bersifat subjektif, dan (b) pengetahuan tersebut adalah pengetahuan struktural. Dalam beberapa hal, ini adalah alternatif; artinya, jika kita menunjukkan pengetahuan fisis dalam bentuk struktural murni yang disediakan oleh Teori

Grup, kita menghilangkan sebagaian besar elemen subjektif yang muncul dalam formulasi yang lebih umum. Saya bahkan tidak menganggap struktur grup sebagai sepenuhnya objektif; ini bergantung pada bentuk pemikiran yang berurat akar yang dibahas dalam Bab VIII, IX, dan X. Tetapi apa yang disebut hukum fundamental dan konstanta fisika bukanlah fitur yang dapat ditunjukkan dalam struktur grup pamungkas; mereka diperkenalkan dengan mengadaptasi pengetahuan ke bentuk pemikiran yang tidak terlalu jauh dari pandangan kita yang sudah dikenal. Seperti yang telah ditunjukkan di awal, kerangka pemikiran yang sesuai dengan pelopor kemajuan ilmiah bukanlah kerangka pemikiran yang di dalamnya kita menilai hasil kemajuan.

Adalah tidak masuk akal untuk mengaitkan kesamaan struktur dalam kesadaran yang berbeda dengan penyebab umum tanpa membiarkan penyebab umum memiliki status yang objektif seperti struktur itu sendiri. Karena itu saya menganggap aksiomatik bahwa dunia eksternal harus memiliki konten yang objektif. Tetapi menurut kesimpulan kita, hukum fisika adalah sifat dari kerangka pemikiran yang di dalamnya kita merepresentasikan pengetahuan kita tentang konten objektif, dan sejauh ini fisika tidak dapat menemukan hukum yang berlaku untuk konten objektif itu sendiri. Hal ini menimbulkan pertanyaan, bagaimana kita dapat membuat prediksi fenomena yang berhasil tanpa mengetahui hukum yang mengendalikan konten objektif alam semesta dan karenanya tanpa mengetahui bagaimana konten objektif akan berperilaku?

Meskipun merupakan kebiasaan para penulis ilmiah un-

tuk mengatakan bahwa fisika tidak mementingkan kebenaran objektif, tetap tidak aman untuk memercayai apa yang mereka katakan. Rupanya pernyataan itu dimaksudkan untuk mengakhiri pembahasan, bukan untuk menegaskan suatu prinsip yang implikasinya yang luas memantik penyelidikan. Kesimpulan kita sendiri kurang diekspresikan secara luas; tetapi ini dimaksudkan dengan serius, dan kita harus memeriksa kesulitan yang kelihatannya akan ditemui oleh kesimpulan yang kita buat.

Banyak kesulitan yang hilang jika kita ingat bahwa subjektivitas murni dibatasi oleh hukum—atau keteraturan—dunia fisis. Keragaman penampakan di sekitar kita itu adalah keragaman objektif. Bahwa distorsi subjektif diperkenalkan dalam pemahaman kita tentang berbagai hal itu tidak lebih dari yang biasa diakui oleh fisikawan. Kita telah mencoba membawa lebih jauh daripada sekadar pemilahan elemen objektif dan subjektif—dengan hasil yang mungkin mengejutkan. Tetapi kita mengakui elemen objektif dalam fakta-fakta khusus yang merupakan bagian besar dari pengetahuan kita tentang alam semesta di sekitar kita.

Beberapa kesimpulan yang merupakan bagian dari sifat "fakta khusus" memiliki keumuman yang agak luas. Adalah fakta khusus bahwa sebagian besar ruang hampir kosong, yang materinya dikumpulkan di pulau-pulau yang relatif kecil. Tidak ada yang menyarankan bahwa ini harus digolongkan sebagai hukum dasar fisika; kita memang cenderung berpikir bahwa itu adalah fitur yang dikembangkan akhir-akhir ini, distribusi primodial dari materi yang telah menjadi nebula yang berkelanjutan. Namun untuk beberapa tujuan,

kekosongan ruang yang normal memiliki banyak kepentingan yang sama dengan hukum fisika. Dalam astronomi, kita sering menambahkan pengetahuan observasi kita yang sangat terbatas tentang distribusi materi dengan menganggapnya sebagai hipotesis—yaitu hipotesis yang biasa, bukan yang fundamental.

Pengakuan objektivitas dalam fakta-fakta khusus, meskipun menghilangkan satu jenis kesulitan, masih membuat pertanyaan bagaimana kita dapat membuat prediksi tanpa mengetahui hukum yang mengendalikan konten objektif alam semesta itu lebih relevan. Bukannya seolah-olah kita dapat mengabaikan konten objektif dari pertimbangan; karena prediksinya adalah prediksi tentang fakta khusus yang melibatkan konten objektif.

Faktanya adalah bahwa dengan hukum-hukum epistemologis yang fundamental saja tidak mungkin untuk membuat prediksi yang tajam. Dalam prediksi aktual, mereka digabungkan dengan hukum peluang. Kita telah melihat (Bab VI) bahwa sistem fisika modern hanya mengakui prediksi probabilitas. Dalam menyimpulkan hasil yang mungkin, ketidakpastian dipersempit ke batas Heisenberg dengan mengasumsikan bahwa bagian yang tidak ditentukan dari perilaku partikel individu yang bersangkutan itu tidak berkorelasi. Prinsip non-korelasi ini penting dalam semua prediksi yang cukup pasti untuk menjadi subjek uji observasional.

Kita telah mencapai kesimpulan bahwa non-korelasi perilaku individu, meskipun umumnya agak luas, adalah fakta khusus. Adalah fakta khusus bahwa materi biasanya tidak berhubungan dengan kesadaran, seperti halnya fakta khusus

bahwa ruang biasanya kosong atau hampir kosong. Fisika tidak akan mengambil bentuk yang telah ia ambil jika itu adalah aturan, bukan pengecualian, agar materi berada di bawah pengaruh kemauan sadar; tetapi fisika juga tidak akan mengambil bentuk yang ia ambil jika materi yang dijumpai dalam pengalaman biasa telah didistribusikan secara terus-menerus seperti halnya di bagian dalam bintang.

Sering ditunjukkan bahwa perbedaan utama pandangan antara ilmuwan dan orang biadab adalah bahwa orang biadab menghubungkan semua yang ia temukan secara misterius di alam dengan aktivitas setan dan roh lain. Bagi orang biadab, objek fisis apa pun mungkin memiliki kemampuan setan, dan tidak mungkin untuk menghitung perilakunya kecuali sejauh iblis yang mengarahkan mungkin menerima doa dan perdamaian. Ilmu fisis telah membuat tempat bagi dirinya sendiri dengan sangat membatasi ruang lingkup kegiatan iblis, sehingga ada bidang pengalaman yang luas tempat perilaku dapat dihitung dan prediksi ilmiah dimungkinkan. Sebesar apa pun efek praktis dari perubahan ini, itu adalah masalah detail (fakta khusus) daripada prinsip. Aktivitas iblis (kemauan) tetap ada, meskipun terbatas pada pusat-pusat tertentu pada manusia dan hewan yang lebih tinggi. Doa dan perdamaian mungkin masih mempengaruhi perjalanan fenomena fisis ketika diarahkan ke pusat-pusat ini. Kita sekarang menganggap sangat menggelikan jika membayangkan batu, laut, dan langit digerakkan oleh kemauan seperti yang kita sadari dalam diri kita sendiri. Akan dianggap lebih menggelikan jika membayangkan bahwa perilaku batuan, laut, dan langit tanpa kemauan meluas ke

diri kita sendiri, seandainya kita belum lepas dari pengaruh fisika deterministik selama 250 tahun.

Dengan demikian kita tidak menganggap prinsip non-korelasi sebagai salah satu hukum dasar fisika. Non-korelasi biasanya berlaku; tetapi korelasi terjadi secara luar biasa, dan hasilnya adalah perilaku yang tidak terduga yang diakui oleh kita sebagai manifestasi fisis dan kemauan sadar. Saat mengatakan bahwa perilaku itu tidak terduga, yang kita maksudkan tidak terduga itu dari sudut pandang fisika, yang memasok celah yang ditinggalkan oleh ketidaktahuan kita tentang mata air perilaku objektif dengan mengasumsikan non-korelasi. Sebenarnya perilaku kehendak dapat sepenuhnya diharapkan—itu mungkin merupakan jawaban atas permintaan kita sendiri—tetapi harapan ini memperhitungkan pengetahuan tentang dunia objektif yang tidak termasuk dalam ilmu fisis dan tidak dapat direduksi ke pola hukum fisika yang diterima. Sejauh kejarangan korelasi yang komparatif dapat dianggap sebagai hukum, itu adalah hukum distribusi kesadaran daripada hukum dunia fisis.

Dalam referensi saya sebelumnya ke sistem hukum dasar fisika, saya seharusnya tidak berani untuk mengecualikan hukum peluang jika pendapat saat ini cenderung untuk memasukkannya. Tetapi saya pikir mayoritas akan menentang memasukkannya, meskipun alasan mereka berbeda dari saya sendiri. Pandangan umum adalah bahwa di mana kita memiliki sejumlah besar sistem individu itu tidak mungkin bahwa akan ada korelasi perilaku mereka kecuali ada beberapa penyebab spesifik yang menghasilkan korelasi. Tetapi penyebab spesifik korelasi akan dijelaskan dalam fisika seba-

gai interaksi, dan karena itu harus disediakan dalam sistem hukum biasa. Berdasarkan pandangan ini, hukum peluang itu murni negatif—yang menyatakan bahwa tidak ada korelasi lebih lanjut dari yang diatur dalam sistem hukum yang telah dirumuskan. Singkatnya, hukum peluang atau non-korelasi itu bukan salah satu hukum fundamental fisika, melainkan kata "Akhir" yang ditambahkan ketika daftarnya telah selesai.

Argumen ini didasarkan pada pandangan sintetik tentang struktur-dunia, yang dimulai dengan partikel-partikel individual dan menggabungkannya untuk membentuk objek yang dapat dilihat oleh indra kita. Meskipun tidak ada bukti yang benar-benar ketat telah ditemukan, tampaknya kesimpulan yang masuk akal bahwa jenis konstruksi seperti itu cukup untuk memastikan non-korelasi; dan karena itu tidak perlu memasukkan prinsip non-korelasi sebagai hipotesis tambahan. Tetapi non-korelasi muncul dalam cahaya yang berbeda menurut pandangan analitik tentang struktur-dunia, yang dimulai dengan benda-benda kasar dan menganalisisnya menjadi elemen-elemen struktural yang kita sebut partikel-partikel individual. Sesuai dengan karakteristik objek yang dianalisis, kita dapat memperoleh elemen struktural dengan perilaku yang berkorelasi atau tidak berkorelasi. Ketika kita menemukan non-korelasi, independensi bukanlah kepemilikan individu dari setiap partikel, itu hanya karakteristik dari kombinasi tertentu yang dipelajari. Oleh karena itu, pandangan analitik tidak secara otomatis memaksakan prinsip non-korelasi. Ini tidak seperti pandangan sintetis di mana independensi—atau ketidakpedulian terha-

dap apa yang dilakukan partikel lain—diasumsikan sebagai karakteristik tanpa syarat dari setiap partikel, sehingga perilaku yang berkorelasi dari partikel-partikel dalam sistem agregat akan bertentangan dengan alam.

Kita menerima pandangan analitik yang tidak memberikan alasan *a priori* untuk tidak berkorelasi. Namun, seperti yang sudah dijelaskan, kita tidak mengakui prinsip umum atau hukum non-korelasi. Sebaliknya kita mengakui prinsip *kelangkaan* korelasi sebagai fakta khusus tentang dunia dalam kondisi saat ini.

VI

Sepanjang pembahasan ini kita telah mengikuti mode pendekatan episteologis. Bagi kita, *pengetahuan* telah menjadi satu hal yang diperhitungkan. Unsur spiritual dalam manusia muncul dalam survei kita sebagai sesuatu yang *mengetahui*—sesuatu yang harus diambil karena harta pengetahuan yang dikandungnya. Dengan kekejaman seorang kolektor, kita membawa harta itu ke museum kita, untuk diatur dan ditampilkan secara sistematis.

Saya memiliki sedikit alasan untuk memperluas survei saya di luar batas yang ditunjukkan oleh istilah "pengetahuan". Tetapi saya tidak ingin meninggalkan kesan bahwa deskripsi roh manusia sebagai "sesuatu yang mengetahui" dapat diterima sebagai keseluruhan kebanaran tentang sifatnya. Deskripsi ini tidak terlalu sempit sebagai "pengamat"—nama yang diberikan oleh ilmu fisis. Kesadaran memiliki fungsi lain selain sebagai mesin pengukur yang agak tidak efisien; dan pengetahuan dapat mencapai kebenaran lain selain

yang berkorelasi dengan kesan indrawi. Namun, dengan mengakui perluasan bidang pengetahuan yang paling luas, pencariannya hanyalah salah satu kegiatan yang tepat untuk pemenuhan diri kita. Naluri untuk mengumpulkan, menyempurnakan, dan memuliakan pengetahuan tidak berdiri sendiri; itu serupa dengan naluri lain yang mengklaim penerimaan yang sama, yang memproses hal yang sama dari sumber mistik yang muncul di alam kita.

Bahkan dalam sains kita menyadari bahwa pengetahuan bukanlah satu-satunya hal yang diperhitungkan. Kita membiarkan diri kita berbicara tentang semangat sains. Munculnya sistem politik yang bermusuhan dengan sains mengkhawatirkan kita, bukan karena cek terhadap hasil pengetahuan, tetapi karena penindasan dan penyimpangan semangat sains. Yang lebih dalam dari "bentuk pemikiran" mana pun adalah keyakinan bahwa aktivitas kreatif lebih berarti daripada apa yang diciptakannya. Dalam keyakinan ini, remuknya pengetahuan yang diperoleh dengan susah payah dalam revolusi sains yang berurutan bukanlah tragedi berkelanjutan yang tampak.

Di zaman nalar, iman masih tetap tinggi; karena akal adalah salah satu dari pasal iman.

Masalah pengetahuan adalah kulit luar yang di bawahnya ada masalah filosofis yang lain—yaitu masalah *nilai-nilai*. Tidak dapat dibayangkan bahwa pemahaman dan pengalaman yang diperoleh dalam mengejar epistemologi ilmiah sangat bermanfaat di sini; tetapi itu bukan alasan untuk mencoba meyakinkan diri kita sendiri bahwa masalahnya tidak ada. Seorang ilmuwan harus mengakui dalam

filsafatnya—sebagaimana ia telah mengakui propagandanya—bahwa untuk pembenaran akhir dari kegiatannya, perlu untuk melihat, dengan menjauh dari pengetahuan itu sendiri, ke upaya keras dalam sifat manusia, bukan untuk dibenarkan oleh ilmu pengetahuan atau nalar, karena itu sendiri adalah pembenaran terhadap sains, nalar, seni, perilaku. Tentang relasi mistisisme dan sains telah saya tulis di tempat lain.

Bahaya dari pandangan yang diterima banyak orang adalah bahwa ia sering dangkal. Kita dapat mengklaim pandangan epistemologis, meskipun mungkin terbatas, bahwa ia memberikan pandangan yang lebih luas kepada ilmuwan daripada pandangan tradisionalnya tanpa mengorbankan kedalaman. Tidak diragukan bahwa itu bermanfaat bagi kemajuan teknis ilmu fisis. Pada saat yang sama ia memberikan konsepsi yang membingungkan tentang pentingnya pengetahuan fisis dalam kaitannya dengan pemikiran filosofis—sebuah perspektif yang tidak membesar-besarkan atau meremehkan aspek fisis dunia yang membentuk latar bagi pengalaman sadar umat manusia. Secara khusus, kesadaran bahwa pengetahuan fisis hanya berkaitan dengan struktur itu menunjukkan cara pemahaman tentang manusia sebagai sebuah elemen dalam tatanan moral dan spiritual dapat dikaitkan dengan pemahaman tentang manusia sebagai mainan dari kekuatan dunia material.

INDEKS

A posteriori 32, 35, 45, 54, 60, 139, 140, 243.
A priori 32, 34, 35, 45, 54, 75, 77, 78, 82, 85, 86, 89, 104, 129, 139, 140, 149, 157, 168, 180, 182, 183, 185, 238, 241, 302.
Absolut 51, 113, 116, 117, 138, 250, 251, 252.
Alam semesta objektif 34, 87, 89, 140, 167, 178, 214, 215, 241, 244, 250,
Analisis 26, 28, 47, 66, 69, 70, 71, 81, 146, 150, 155, 161, 172-9, 182-4, 198, 213, 221-2, 233, 246-7, 266-7, 270, 280, 282-3.
Analisis Fourier 146, 164.
Aritmatika 235-8, 240.
Aritmatika kuantum 235, 238.
Astronomi 16, 19, 30, 87, 96, 241,252, 298.
Bagian 1, 8-9, 11-5, 18, 22, 25, 161, 184-5, 198, 261, 280.
Bahasa 4, 84, 93, 96, 110, 211, 212, 217-8, 220, 258, 271-2, 275-6, 278, 280-3, 285, 288-291, 297, 302.
Bentuk 12-3, 15, 33, 39-40, 54, 58, 60, 68, 77-8, 83, 88-9, 94, 115, 123, 125, 140, 146, 149, 150-1, 157-161, 163-7, 170-1, 176, 179-182, 184-6, 194, 197, 200-2, 206, 208, 210, 212-3, 219-221, 224, 226, 227, 240, 242, 261, 264, 266-8, 272, 275-7, 279-280, 283-4, 286-8, 290-1, 295-6, 299, 301,303.
Bilangan bulat 227, 236-8, 240.
Bohr, N. 39.
Data 25, 29, 43, 84, 87, 110, 136, 218, 222, 241, 266, 271, 275-6, 281, 292,
Davidson 9
Definisi 1-4, 11, 13, 16, 44-5, 50-2, 55, 60, 65, 87, 93, 94-103, 105-9, 110-112, 128, 130, 136-9, 161, 164, 209-210, 215-6, 228, 235, 239.
Deterministik 61, 84, 87,126, 244, 300.

Dimensi 10, 47,99, 100, 110, 113-4. 158, 192, 199, 223, 229,
Dingle, H.217-8.
Dualisme 170, 204-7.
Einstein, A. 9-10, 37,58, 62, 63, 73, 77, 95, 110-1, 113, 139, 199.
Eksistensi 4, 94, 161, 173, 184-5. 205, 209-210, 212-4, 220-9, 240, 263, 292.
Eksperimen Michelson-Morley 51.
Elektron 47-8, 50, 68, 100, 102, 121, 164,166, 169-170, 173, 176, 183, 193, 210, 212, 231-4, 238-242.
Elektrostatik 48.
Elementer 221-3, 225, 238, 242, 280, 293.
Epistemologi 1-2, 4-9, 11-3, 19, 23-9, 31-3, 42, 45, 47, 49-52, 54, 59-63, 65-6, 69-75, 77-81, 85-7, 89, 93, 103, 111, 119, 123, 132, 139-140, 153, 156-7, 177, 185, 205, 214, 216, 226, 228, 245, 249-50, 255-6, 263, 298, 303-4.
Eter 44-5, 50-1, 59, 210,
Evolusi 11, 41-2, 44, 70-1, 90, 180-1, 184, 303.
Filsafat alam 10-1.
Filsafat Idealis 81, 91.
Filsafat realis 279, 288.
Fisika mikroskopik 39, 135.
Fisika molar 38-9, 101-2, 135, 177-9, 182, 244.
Fundamental 57-8, 60-1, 71-2, 75-8, 83-5, 103, 116, 129, 135, 138-9, 195, 242, 249, 276, 296, 298, 301.
Gaya Coulomb 48.
Gelombang 38, 48, 58-9, 67-9, 74-5, 87, 103, 104, 107, 113, 125, 136, 139, 149, 150-1, 164, 167, 171, 177, 179, 235-7, 240, 242, 287.
Gravitasi 58, 61-3, 73, 77-8, 103-4, 107, 110-3, 139, 171, 241-2.
Grup 191-9, 200-2, 204, 208, 218, 222, 223, 228, 240, 296.
Heisenberg, W. 37, 42, 46, 121, 132, 148, 249, 296.
Hipotesis 6-7, 15-6, 24, 41-2, 44-7, 49, 50-2, 54, 57-9, 60-3, 75, 83, 101-2, 112, 114, 139, 207, 234, 245-9, 279, 285, 288, 293, 298, 301.
Hukum alam 17, 20, 23, 26-9, 33, 40, 54, 60, 75-7, 83-4, 86-9, 90, 116, 139, 140, 178, 242.
Hukum Bode 18.
Hukum molar 39, 40, 178, 244.
Hukum objektif 88-9, 90, 249.
Hukum peluang 81, 245-6, 248-9, 298, 300-1.
Idempoten 220-1, 277.
Ikan 21-2, 24-5, 49, 82.
Interaksi 171, 173-5, 185, 249, 267, 282, 301.
Invarian 74.
Ireversibel 126, 129, 185.

Jarak 16, 18, 44, 47, 50-1, 55-7, 78, 95-7, 103, 108-9, 110, 112, 138, 160, 203, 247.
Jeans, J.H. 187.
Joad, C.E.M 200, 289.
Jumlah proton dan elektron 231-2, 234, 340.
Kehendak bebas 247.
Kecepatan 38, 44-6, 50, 103-4, 114, 121, 158-9, 234, 238-9, 241.
Konservasi 176, 179, 180, 183.
Kerangka 38-9,122, 129, 135, 140-1, 157-9, 160, 165, 168, 179, 183, 185-6, 198, 210-1, 226, 228, 244, 246-7, 270, 296.
Kesadaran 44, 59, 71, 91, 146, 155-6, 180, 183, 201-6, 245-7, 249, 250, 259, 260-9, 270-3, 275-9, 280-9, 291-6, 298, 300, 302, 304.
Konsep Atom 166, 176, 184, 246.
Konstanta 19, 77-9, 82, 102-4, 116, 139, 158, 172, 182, 229, 240, 296.
Kursi 212, 216-7.
Laplace 83.
Lingkaran 51-2, 56, 70, 72, 99, 102-3, 267.
Massa 24, 40, 94, 100, 134, 158-9, 169, 176, 179, 180, 183, 221, 228, 239, 240.
Matematika 8, 13, 35, 66, 82, 84, 97-9, 110, 115-6, 146, 152, 162, 187-9, 190-1, 193-6, 199, 208, 213, 223, 226, 236, 291.
Matematikawan 8, 82, 97, 115-6, 146, 187, 291.
Materi sadar 245-6.
Medan elektromagnetik 106, 112.
Memori 260-2, 266-7, 294.
Metafisikawan 22, 24, 43.
Metode Epistemologis 23, 59, 65, 71, 77-8, 86, 103, 139, 156.
Metrologi 97-9, 103, 106, 108-9.
Neutrino 151-3.
Newton 10, 57-8, 61-3, 69, 74, 77, 111, 143-5.
Nilai Eigen 220, 222, 225, 227, 236-7.
Nilai ekspektasi 237.
Notasi 189, 190, 222.
Nukleus 38-9, 80, 147, 150, 231-2.
Observasi 12-9, 42-6, 49, 51-4, 61-2, 67-8, 73, 80, 83, 94-6, 100, 102, 107, 109, 110-1, 114-5, 119, 120, 122-9, 130, 132-4, 136-9, 148, 156-8, 168-9, 173-4, 181-3, 185, 213, 222-3, 234, 245-6, 258, 298.
Observasional 6-7, 13-9, 23, 33, 42, 46-8, 50-2, 55, 57, 60, 66, 70, 74, 88, 91, 94-5, 97, 101, 103, 110, 112, 115, 120-1, 123-7, 133-4, 138, 140, 148, 152, 155-6, 173-6, 181, 183, 244, 252, 298.
Operator 35, 199, 223, 236-7.
Paket gelombang 69, 125.

Partikel 39, 40, 46-9, 55, 66, 68, 79, 80-1, 86-7, 106, 132, 138, 168, 171, 173-5, 177, 193, 221-7, 231-3, 235-9, 240-2, 246-7, 282, 298, 301-2.
Pearson, K. 5-6.
Pemahat 150.
Pengamat 22-5, 28-9, 30-2, 42, 56, 82-3, 102-3, 113, 116-7, 130-2, 139, 148-9, 167, 243, 302.
Pengukuran 3, 53, 63, 93-5, 97, 101-3, 106-7, 109, 112, 120, 129, 132, 138, 148, 222, 228-9, 235, 239,240.
Perpindahan 95, 110-2, 138.
Persamaan karakteristik 227.
Planck, M. 37.
Poincare 5-6, 95-6.
Positron 164-5, 231.
Prediksi 68, 78-9, 81, 84-6, 121-3, 138, 223, 296, 298-9.
Prinsip Epistemologis 47, 49, 52, 60-1, 75, 139, 153, 177, 256.
Prinsip korespondensi 39.
Probabilitas 3, 26, 61, 67-8, 84, 113, 119, 120-9, 130, 132, 136, 138-9, 174-5, 177, 185, 233-4, 298.
Proton 48, 80, 166, 169, 170, 172-3, 176, 183, 193, 226, 231-4, 240-1.
Rangkap 145, 222, 228-9, 239, 240.
Rangkap empat 222, 228-9, 240.
Rayleigh, Lord 145.
Relasi 51, 74-5, 81, 119, 122, 168, 188, 192-4, 197, 222, 223, 225-6, 228-9, 246-9, 250-2, 255-6, 279, 283, 288-9, 293-5, 298, 300-4.
Relativitas 9, 25, 37-9, 41-5, 52, 60-1, 63, 70, 74-5, 77, 93-8, 101-3, 112-4, 117, 119, 139, 149, 158-9, 167-9, 171, 235, 238.
Roh 299, 302.
Rotasi 116, 131, 190-2, 199, 223.
Ruang 27, 38-9, 51, 56, 62-3, 65, 73, 77, 95, 100-1, 103-5, 110, 112-3, 131, 134-5, 138, 149, 158, 160, 183, 192, 198-9, 200, 203-4, 207, 210-1, 214, 223, 229, 238-9, 244, 249, 250, 268, 286, 295, 297-9.
Russell, B. 207, 217-8.
Sapien 17, 266, 281-3.
Satuan 17, 100, 125, 166-9, 170-1, 173-6, 184, 266, 281-3.
Seniman 149, 151-2.
Sensasi 59, 180-1, 183, 194, 197, 201-6, 259, 261, 265-9, 270, 277-9, 280, 281, 283-8, 290, 293-5.
Simbol kardinal 227, 236, 240.
Solipsistik 262-4, 271, 277.
Standar panjang 99, 100-4, 106, 112, 137.
Stebbing, L.S. 200, 216-7.
Struktur grup 192-3, 195, 197-9, 201-2, 204, 218, 222-3, 228, 240, 296.
Struktur-grup 193, 198-9.

Subjektivisme Berkeleian 36.
Substansi 149, 163-4, 176,
184-5.
Tak-teramati 37, 43.
Tensor 115-6.
Teori Grup 191, 208, 222.
Teori kuantum 25, 37-9, 40,
66-8, 70-1, 74, 80, 85,
100, 102-3, 105, 107-8,
119, 123, 125, 132, 137,
139, 147, 149, 171, 173,
227, 237, 241, 244.
Transformasi Lorentz 74.
Warna 47, 123, 143-5, 147,
167, 210, 265, 268, 293-4.
Weyl, H. 37.

Produksi pengetahuan hari-hari ini nyaris selalu membutuhkan topangan (pe)modal. Tepat ketika produksi pengetahuan itu menyandarkan diri sepenuhnya pada modal, maka saat itulah juga terjadi produksi kekuasaan—yang pada akhirnya juga akan memproduksi ketidaksetaraan: ada orang yang mampu mengakses pengetahuan, juga ada yang tidak mampu mengaksesnya. Antinomi Institute, sebuah organisasi nonprofit yang membaktikan dirinya untuk pengembangan pengetahuan, ingin memutus ketergantungan produksi pengetahuan pada modal—yang watak primordialnya adalah selalu untuk melipatgandakan dirinya—dan juga ingin memastikan bahwa pengetahuan itu bisa dinikmati oleh semua orang.

Sejauh ini, Antinomi Institute telah melakukan produksi dan distribusi pengetahuan melalui dua bentuk: situs web dan buku. Semuanya dikerjakan dengan semangat untuk memproduksi pengetahuan, bukan untuk mengakumulasi kapital. Semua konten di situs web kami bisa diakses secara gratis, beberapa buku cetak dijual hanya untuk mengganti biaya produksi, selebihnya dibagikan secara gratis, dan semua buku elektronik (ebook) yang kami buat juga dibagikan secara gratis. Namun, untuk memastikan keberlanjutan itu semua, kami memerlukan keterlibatan Anda sebagai pembaca dan penikmat pengetahuan untuk memberikan bantuan dan dukungan material.

Sebagaimana moto "Sci-Hub", kami ada untuk ***"removing barriers on the way of knowledge"***.

Jika kalian merasa terbitan-terbitan Antinomi penting, kalian dapat membantu kami untuk tetap konsisten dalam memproduksi pengetahuan yang dapat diakses semua orang melalui:

BCA: 521-1386-747 (Fajar Nurcahyo)
SAWERIA: http://saweria.co/antinomi

FILSAFAT ILMU FISIS

Ilmu alam secara garis besar dibagi dua: ilmu fisis *(physical science)* dan ilmu biologis *(biological science)*. Yang pertama, membahas benda-benda takhidup, mencakup fisika, kimia, astronomi, dan ilmu bumi. Yang kedua, membahas makhluk hidup dari segala jenis dan rupa, mencakup biologi dan seluruh cabangnya.

Buku ini adalah terjemahan dari *Philosophy of Physical Science* yang mengulas satu problem filosofis dari ilmu fisis. Pertanyaan besar yang ingin dijawab Arthur Eddington melalui buku ini adalah: apa hakikat pengetahuan yang diperoleh oleh ilmu fisis tentang objeknya?

Karenanya, buku ini tidak hanya perlu dibaca oleh orang yang punya minat pada filsafat, tetapi juga oleh orang yang berminat pada fisika, kimia, astronomi, dan ilmu bumi.

ANTI NOMI
antinomi.org

FILSAFAT/TRANSLASI

ISBN 978-623-90111-6-1 (PDF)

9 786239 011161