



Pesta 80 Tahun P. Louis Leahy, SJ

# DUNIA, MANUSIA, dan TUHAN

Antologi Pencerahan Filsafat dan Teologi



PRIBADI  
PELLI

Editor:

Prof. Dr. J. Sudarminta

Dr. S.P. Lili Tjahjadi

*Dua Belas Esai Pencerahan*

# **DUNIA & MANUSIA & TUHAN**

Editor:

J. Sudarminta & S.P. Lili Tjahjadi

*Festschrift untuk merayakan 80 tahun Prof. Dr. Louis Leahy, S.J.*



Penerbit Kanisius

## **Dunia, Manusia & Tuhan**

026901

© Kanisius 2008

PENERBIT KANISIUS (Anggota IKAPI)

Jl. Cempaka 9, Deresan, Yogyakarta 55281

Kotak Pos 1125/Yk, Yogyakarta 55011

Telepon (0274) 588783, 565996; Fax (0274) 563349

E-mail : office@kanisiusmedia.com

Website: www.kanisiusmedia.com

Cetakan ke-      5            4            3            2            1

Tahun            12           11           10           09           08

### **Keterangan sampul:**

Lukisan fresco dari seniman termasyhur Michelangelo (1475-1564) yang terdapat pada langit-langit Kapela Sistina di Vatikan, Roma, ini menggambarkan penciptaan manusia (Adam; kiri) oleh Allah (kanan) sesudah Dia menciptakan langit, bumi, dan segala kehidupannya.

**ISBN 978-979-21-1794-3**

### **Hak cipta dilindungi undang-undang**

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apa pun, termasuk fotokopi, tanpa izin tertulis dari Penerbit.

Dicetak oleh Percetakan Kanisius Yogyakarta

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	1
Louis Leahy: Sketsa sebuah Profil <i>S.P. Lili Tjahjadi</i> .....	13
1. Allah Para Ekoteolog <i>Martin Harun</i> .....	29
2. Sains dan Islam dan Upaya Perluasan Panggung "Sains dan Agama" <i>Zainal Abidin Bagir</i> .....	49
3. Monoteisme dan Sains Modern <i>J. Sudarminta</i> .....	69
4. Rasionalitas Sains: Di Antara Tuhan dan Matematika? <i>Karlina Supelli</i> .....	81
5. Manusia dalam Bahasa Mitik-Symbolik: Mircea Eliade dan Paul Ricoeur <i>M. Sastrapratedja</i> .....	117
6. Manusia dalam Ateisme Modern <i>S.P. Lili Tjahjadi</i> .....	145
7. Utopi Ateis Ernst Bloch <i>F. Magnis-Suseno</i> .....	169
8. Tuhan dan Masalah Penderitaan <i>Budhy Munawar-Rachman</i> .....	185
9. Peristiwa Wahyu dan Cara Berpikir Kita <i>A. Sunarko</i> .....	203

10. Manusia di Hadapan Kedaulatan Allah <i>Martin L. Sinaga</i> .....	229
11. Kita Tidak Dapat Berbicara tentang Allah. Dia Hanya Dapat Ditemui Saja <i>Alex Lanur</i> .....	241
12. Dengan Takut dan Gentar: Menelusuri Diskursus Kierkegaard tentang Tuhan <i>Thomas Hidyia Tjaya</i> .....	257
Wawancara dengan Louis Leahy .....	273
Riwayat Hidup dan Karya Louis Leahy .....	286
Biodata Singkat Para Penulis .....	290

## **Rasionalitas Sains: Di Antara Tuhan dan Matematika?**

"Alam lihai dan keras kepala." Kalimat fisikawan Alan Martin ini membuka kuliah musim panas 2004 bidang fisika partikel di Universitas Durham, Inggris.<sup>1</sup> Ia mau mengatakan bahwa kita mengira melalui sains kita bisa mengetahui banyak hal mengenai alam semesta. Di saat yang paling tidak terduga, tiba-tiba alam semesta—atau Tuhan, demikian beberapa ahli fisika menafsirkannya—memperlihatkan kecerdikannya. Teori yang kita kira sudah cukup kokoh karena didukung data eksperimen atau observasi yang memadai, ternyata runtuh oleh sekumpulan kecil data yang tidak pernah kita bayangkan.

Situasi ini menggelisahkan banyak fisikawan. Mereka yakin, ada prinsip dasar yang memandu beragam proses alam. Akan tetapi, prinsip itu belum juga mau membuka diri kepada kita atau tunduk pada skema yang coba kita paksakan kepadanya.<sup>2</sup> Contohnya, ketika para fisikawan menemukan begitu banyak gejala setangkup di wilayah subatom, mereka mengira mereka sudah menemukan salah satu prinsip keindahan alam. Sesudah berhasil menuangkan beragam jenis kesetangkupan ke formula matematik yang indah, serta menemukan pula kesesuaiannya di alam, mereka justru berhadapan dengan retakan-retakan halus (*soft symmetry breaking*). Hanya sesudah melewati pencarian yang melelahkan serta melibatkan banyak sekali fisikawan, mereka akhirnya melihat sebuah kemungkinan menarik. Kesetangkupan sempurna adalah rancangan pokok alam semesta, namun pengejawantahannya bisa sempurna, menuntut syarat tertentu, atau sama sekali berlawanan.

Kendati kesetangkupan termasuk salah satu kriteria keindahan, ketaksetangkupan seringkali lebih menggoda. Ketaksetangkupan berarti ada bagian yang lebih atau kurang dibandingkan bagian lainnya. Mungkin melalui pengalaman para ahli fisika, alam ingin kita waspada. Untuk banyak perkara dalam hidup, kita memang seringkali mengira kita bebas memilih satu hal lebih daripada hal lainnya. Di ujung hari kita sadar bahwa kita terkecoh oleh kelicikan penampakan.

Apa pun prinsip dasar yang memungkinkan dunia ini terbentuk, serta betapa pun tersembunyinya prinsip itu, kebanyakan ahli fisika yakin bahwa rancangan kosmik *haruslah* indah. "Saya ingin tahu bagaimana Tuhan menciptakan dunia, saya tidak tertarik dengan gejala ini atau itu. Saya ingin tahu pikiran Dia. Selebihnya hanya detail" (Einstein dikutip Zee, 1992, 815).

Dalam tulisan sederhana ini, saya mencoba menggambarkan bagaimana intuisi akan keindahan, yang memandu banyak ilmuwan dalam menemukan dan memilih teori-teori yang mereka yakini benar,<sup>3</sup> pada akhirnya melahirkan sebuah model alam semesta yang sesuai dengan keberadaan kita di dalamnya. Keindahan yang dimaksud para ilmuwan bukanlah keindahan visual yang sehari-hari bertebaran di sekitar kita, melainkan keindahan yang dirasakan oleh Kepler ketika ia menekuni angka-angka kecepatan gerak planet mengitari Matahari, sehingga ia melahirkan *Harmonice mundi* -hukum ketiga- yang ia yakini memperdengarkan lantunan langit. Itulah juga keindahan yang dirasakan para ahli teori evolusi ketika menatap ragam warna hidung seekor babun jantan. Si biolog terpesona bukan oleh keelokan warna, melainkan karena ia mengerti, hidung cantik itu adalah hasil evolusi jutaan tahun yang memungkinkan babun tetap ada di muka Bumi. Bukankah itu membuat babun betina lebih terpikat, sehingga kelangsungan hidup spesies lebih terjamin? Dari rasa keindahan semacam itulah lahir apa yang oleh Einstein disebut sebagai religioitas kosmik. Mungkin ini pula alasan ilmuwan sering menyebut Tuhan dalam risalah-risalah populer yang mereka tulis. Kendati ungkapan mereka terdengar amat religius, itu tidak selalu dimaksudkan untuk menunjuk ke Tuhan personal

yang kita kenal dalam agama-agama monoteis. Di bagian akhir, saya mencoba menjawab pertanyaan berikut: kosmologi seperti apa yang mampu menerima pengalaman tak tertuturkan ilmuwan, tetapi masih menjamin rasionalitas kosmologi sebagai sains? Apa kandungan rasionalitas itu?

## 1. Keindahan dan Sains

Melalui kacamata epistemologi, "keindahan" yang dimaksud para ilmuwan menimbulkan masalah tidak sederhana. Kebanyakan filsuf sains berpendapat bahwa putusan estetik dalam sains mengakar dalam dimensi kontekstual. Acuan estetik ilmuwan lebih dipandang sebagai efek samping psikologis, sesuatu yang bersifat emotif dan idiosinkretik, sehingga sumbangannya terhadap kemajuan sains diterima sebatas perannya dalam proses penemuan (peran *heuristik*). Epistemologi masih belum menempatkan keindahan sebagai salah satu kriteria ilmuwan memilih teori, ketika ilmuwan berhadapan dengan beberapa teori yang semuanya memadai secara empiris. Tentu tidak mudah menghubungkan keindahan sebuah teori dengan kepadaan empirik (*empirical adequacy*), apalagi di bawah tekanan ketat ide tentang rasionalitas sains. Bagaimanapun, ketika Paul Dirac menyatakan bahwa pertimbangan keindahan sebuah persamaan matematika jauh lebih penting daripada kesesuaiannya dengan eksperimen (1963), jelas bahwa ia menempatkan keindahan sebagai azas konstitutif sains. Artinya, bagi Dirac keindahan adalah salah satu syarat metodologis yang memungkinkan pengetahuan ilmiah terbentuk. Dirac yakin, sejauh ilmuwan mengikuti intuisinya untuk mencari teori yang indah, kesesuaian empirik hanya perkara waktu. Jika eksperimen ternyata gagal mengukuhkan sebuah teori yang diyakini indah, Dirac percaya bahwa masalahnya adalah kekurangcermatan yang akan selesai sendiri dengan berkembangnya teori.<sup>4</sup>

Di kalangan ahli fisika, Persamaan Dirac dinilai sebagai salah satu persamaan yang menakjubkan karena keindahannya. Dirac menemukannya melalui jalan yang kiranya akan membuat Descartes gembira. Dalam ungkapan Dirac, ia sekadar "bermain-main dengan persamaan" (maksud-

nya, bertumpu sepenuhnya di atas penalaran matematik tanpa merujuk ke fakta eksperimen) serta setia kepada intuisi estetik (1982, 603).<sup>5</sup> Permainan Dirac menghasilkan persamaan matematika yang bukan hanya indah tetapi juga punya konsekuensi dramatik: prediksi akan adanya antimateri (1931). Intuisi Dirac berkelindan dengan fakta fisika dalam milyaran bulir yang jatuh ke Bumi dari langit di atas Pasadena. Setahun setelah Dirac merumuskan persamaannya, Carl Anderson yang tidak mengenal persamaan Dirac, menemukan partikel yang sifatnya sesuai dengan antimateri dalam sebuah eksperimen sinar kosmik (bdk. Wilczek dalam Farmelo, 2003, h. 132-160).

Bukan rasionalitas yang dipandu oleh kaidah-kaidah ketat metodologis model positivisme, melainkan penalaran kreatif model Dirac yang juga memicu lahirnya teori dawai.<sup>6</sup> Bayangkan alam semesta di aras yang tidak pernah tercerap oleh indera. Di sana menghampar sebuah padang berselimutkan milyaran dawai. Ketika dawai bergetar belasan milyar tahun lalu, lahirlah pola yang menggerakkan seluruh alam semesta untuk memulai evolusinya. Dawai-dawai tidak kasat mata ini panjangnya antara  $10^{-35}$  dan  $10^{-43}$  cm, bergantung pada parameter teori yang bersangkutan (Zwiebach, 2004). Bagi para ahli teori dawai, partikel-partikel fisika paling mendasar seperti elektron dan quark mengambil rupa dawai. Brian Greene, ahli fisika yang ikut mengembangkan teori dawai, menafsirkannya sebagai penanda bagi alam semesta yang "tidak lain kecuali musik" (1999, Bab 6). Kendati belum satu eksperimen mendukung teori ini, struktur matematikanya membuat banyak ahli fisika teori berpendapat bahwa teori ini terlalu indah untuk salah.<sup>7</sup> Ingatan hangat akan peristiwa tahun 1954 membantu mereka setia merawat harapan. Pada tahun itu model kesetangkupan baru yang dinamakan *gauge symmetry* ditemukan. Kesetangkupan indah itu punya masalah. Ia seolah hanya nyata di langit cita-cita, tetapi tidak terlihat sedikitpun hubungannya dengan fakta. Eksperimen malah mengeluarkan hasil yang bisa memadamkan harapan. Namun ilmuwan sudah lama belajar, memperoleh hal-hal yang berlawanan dengan harapan justru membuat mereka di kemudian hari lebih banyak mengerti. Setelah 20 tahun mencari

dengan setia, kesetangkupan itu terdeteksi. Anthony Zee (1992, h. 826) mengingatkannya sebagai "*the triumph of beauty.*"s

Empat setengah abad yang lalu, intuisi estetik membimbing Copernicus mendirikan pilar utama kosmologi modern. Kebanyakan kitab pelajaran sekolah atau risalah-risalah populer memperkenalkan Copernicus sebagai astronom yang seolah menemukan keganjilan empirik dalam konsep geosentrik Ptolemeus. Padahal sampai abad ke-16, konsep itu menyuguhkan prediksi yang cukup cermat, kecuali menyangkut gerak-balik planet Mars. Jika kita membaca pengantar Copernicus bagi *De revolutionibus orbium coelestium* (1543) -bukan pengantar anonim yang menurut Kepler ditulis oleh Andreas Osiander<sup>8</sup>- kita akan mengerti bahwa tujuan utama Copernicus bukanlah membangun tatasurya. Sistem heliosentrik yang menempatkan Matahari di pusat gerak planet merupakan konsekuensi dari kebutuhan Copernicus untuk menata ulang sistem planet yang ada agar menjadi lebih indah, lebih sederhana, dan lebih masuk akal. Copernicus menilai buruk sistem Ptolemeus. Ia menganggap sistem itu menodai intelektualitas manusia karena tidak sistematis, tidak konsisten, dan terlalu rumit. Copernicus menggambarkan Ptolemeus sebagai seniman gagal. Ia melukis "tangan, kaki, kepala, dan bagian lain tubuh manusia, tetapi untuk setiap bagian ia memilih model yang berbeda. Sekalipun tiap-tiap bagian tubuh ia lukis dengan sangat bagus, semuanya tidak saling berhubungan." Lukisan Ptolemeus "menghasilkan monster, bukan manusia" (Copernicus dalam Adler, 1996, h. 506).<sup>9</sup>

Dalam kajian sejarah ilmu, komunitas ilmiah masa itu menerima sistem heliosentrik bukan dengan alasan kelebihanannya di tataran empirik (Kuhn, 1957; 1962). Sistem Copernicus tidak menghasilkan prediksi yang lebih cermat dibandingkan sistem geosentrik. Upaya Galileo menganalogikan sistem bulan Jupiter yang ia amati dengan tatasurya sama sekali tidak memadai. Kuhn menyimpulkan, komunitas ilmiah memilih sistem Copernicus lebih karena pertimbangan estetika: sistem itu jauh lebih ratah dan lebih anggun.<sup>10</sup>

Beberapa contoh di atas mudah-mudahan memadai untuk memahami alasan Henri Poincaré menuliskan kalimat berikut (1905, h. 186),

"Ilmuwan tidak mengkaji alam karena itu berguna; dia mengkajinya karena itu menggembarakan hatinya, dan hatinya gembira karena keindahannya. Seandainya tidak indah, alam tidaklah pantas untuk diketahui, dan seandainya alam tidak pantas diketahui, hidup menjadi tidak berarti. Tentu saja saya tidak sedang membicarakan keindahan yang tercerap oleh indera, yaitu keindahan kualitas dan penampakan; bukannya saya menganggap remeh keindahan tersebut tetapi keindahan semacam itu tidak ada kaitannya dengan sains ... yang saya maksudkan adalah keindahan yang lebih agung yang muncul dari penangkapan nalar murni akan keselarasan tatanan antar bagian-bagiannya ... Inilah yang memberi kerangka bagi keindahan yang memesona indera ... keindahan intelektual mencukupi dirinya sendiri, dan demi keindahan inilah, mungkin lebih daripada demi kebajikan masa depan umat manusia, para ilmuwan mengabdikan diri bagi kerja yang panjang dan melelahkan."

## 2. Problem Epistemik Keindahan

Pertanyaannya, apakah "teori yang indah"? Mengapa intuisi akan keindahan sering kali di kemudian hari menemukan dukungan dari tataran empiri? Sebaliknya, dapatkah kita membayangkan bagaimana sains akan maju jika semua mahasiswa yang hadir di kelas Dirac mengikuti anjurannya agar tidak sibuk mengurus arti fisis rumusan matematika, tetapi semata memnumpun perhatian ke keindahannya? Pemenang Nobel Fisika Steven Weinberg yang pernah hadir di kelas Dirac mengeluhkan hal itu (1986). Einstein, kendati menegaskan bahwa hanya teori fisika yang indah yang mau ia terima, tetap berpendapat bahwa eksperimen merupakan kriteria utama bagi kegunaan (fisis) sebuah konstruksi matematik (1935, h. 136). Ia mengritik teori gravitasi Arthur Eddington yang indah tetapi tidak bermakna secara fisika.

Keindahan di sini dipahami sebagai nilai dan bukan semata pemaparan mengenai ciri obyek. Keindahan ada di tahap abstraksi intelektual yaitu dalam nilai estetik yang dikandung oleh sebuah teori ataupun sebuah formula matematika. Ambil contoh persamaan yang dikenal sebagai *Euler's identity*,  $e^{i\pi} + 1 = 0$ . Persamaan ini 'memenangkan' kontes persamaan paling menakjubkan ketika Robert Crease (Jurusan Filsafat, State University of New York at Stony Brook), melalui sebuah jaringan internet *Physics World* (2004) meminta pembaca mengirimkan persamaan yang mereka nilai agung. Persamaan Euler mengandung sembilan konsep matematika dalam satu ekspresi sederhana: 4 fungsi aritmatik dasar (eksponen, perkalian, perjumlahan, sama-dengan) yang menghubungkan 5 jenis tetapan (satuan imajiner  $i$ , bilangan real  $e$  (2,71828...),  $\delta$  (3,14159...), 1, dan 0). Pertanyaan retorik salah seorang dari 120 pembaca yang menjawab pertanyaan Crease kiranya memadai untuk menjelaskan mengapa persamaan ini dinilai menakjubkan, "adakah yang lebih mistis daripada interaksi antara bilangan real dan bilangan imajiner untuk menghasilkan ketiadaan?"

Apakah keindahan memang terdapat dalam alam atau sesuatu yang diproyeksikan oleh ilmuwan ke teori?<sup>21</sup> Perbedaan keduanya menjadi jernih, jika kita membandingkan komentar Dirac "Tuhan menggunakan matematika yang indah kala menciptakan dunia" dengan komentar Lindsay (1937, h. 155), "fisika adalah deskripsi atas sebagian pengalaman manusia. Kerataan fisika hakikatnya merupakan kerataan pemaparan." Ini merupakan permasalahan ontologi menyangkut realitas matematik yang sangat bergantung pada posisi epistemik seseorang, apakah ia realis atau antirealis. Saya berharap perbedaan ini akan menjadi lebih jelas dalam bagian lain tulisan ini (mengenai Poincaré) walaupun saya tidak secara spesifik membahasnya. Lepas dari perdebatan tersebut, dalam kegiatan ilmiah dapat dibedakan tiga tahap abstraksi keindahan, yaitu di (i) aras objek penelitian, (ii) aras keteraturan alam yang terungkap melalui teori, dan (iii) aras rumusan matematik dan teori (teori estetika Hutcheson yang dikutip McAllister 1996, h. 19-23).

Ketika menyebut "teori yang indah", ilmuwan banyak memaksudkan kerataan sebagai salah satu kriterianya. Dalam *Prinsip-prinsip Matematika Filsafat Alam* (1687), Newton menegaskan bahwa alam tidak boros dan menyenangi kerataan. Ia anjurkan agar orang tidak berlebihan menggunakan hipotesis, jika yang ada sudah memadai bagi sebuah penjelasan. Prinsip parsimoni (ekonomi penjelasan) sejak awal abad ke-19 populer dengan sebutan "pisau cukur Occam." Kita bisa menelusurinya sampai ke *Physica* dan *De Anima* karya Aristoteles, sekalipun bagi Aristoteles keindahan matematika lebih terletak dalam ketertatannya, kesetangkupan (dalam arti keterbandingan -*commensurability*) dan kepastian (*Metaphysics*, XIII, 3 1078 b 5). Bagaimanapun, kerataan tidak sesederhana sebagaimana kata itu terbaca (*simplicity*).

Para ilmuwan memaknai kerataan secara berlainan. Einstein memaksudkan kerataan logis, yakni sesedikit mungkin penggunaan elemen konseptual yang independen (1949, h. 140). Ernst Mach (1883, h. 586) menunjuk ke parsimoni ontologis sehingga sains adalah "penjelasan selengkap mungkin atas fakta dengan memanfaatkan pikiran sehemat-hematnya"; dengan kata lain sains menuntut keyakinan akan entitas material yang paling hemat. Sementara ada juga yang mengaitkannya dengan daya penyatuan: teori dinilai semakin anggun apabila dengan derajat kerataan yang tinggi, gejala yang dijelaskan semakin banyak (Wilson, 1978, h. 11). Ini artinya, sebuah teori mampu menunjukkan bahwa banyak gejala yang seolah tidak berhubungan satu dengan yang lain sebetulnya merupakan efek dari sejumlah kecil penyebab tersembunyi. Dengan kriteria ekonomi penjelasan, persamaan Einstein  $E = mc^2$  menjadi salah satu persamaan teranggun yang pernah dirumuskan.<sup>12</sup> Dalam perjalanan, ekonomi penjelasan bisa jatuh ke reduksionisme: ilmuwan menyaring gejala sehemat mungkin tetapi dengan langkah ini, banyak detail tertinggal. Konsekuensi lanjut yang tidak diharapkan adalah kesesatan yang pernah direfleksikan Husserl: para penafsir mengelirukan sesuatu yang semata metode (misalnya postulat tertentu) dengan ada yang sesungguhnya (Husserl, 1986, h. 51-52).

Tidak sedikit ilmuwan dan filsuf sains yang menilai keratahan sebagai kategori empirik, bukan estetik (bdk. McAllister, 1996, h. 112-113, h. 105-109). Para ilmuwan juga tidak selalu sepakat mengenai nilai estetik keratahan. Bagi Dirac, tuntutan akan keratahan tidak jarang justru bertentangan dengan keindahan dan jika ini yang terjadi, ia memilih yang terakhir. Keindahan dalam persamaan Dirac muncul dari kesetangkupan, keseimbangan, tetapi juga ketegangan antar komponen mirip keindahan yang kita dengar mengalir misalnya dari komposisi musik karya Bach. Dalam persamaan yang indah, ruang, waktu, energi dan momentum -semua berdiri setara dan setangkup (Wilczek, 2003, h. 158). Ini sejalan dengan pemikiran Poincaré (1908, h. 375) yang menyatakan bahwa solusi matematik yang anggun memiliki keselarasan antarbagian, kesetangkupan, dan kesesuaian yang menyuguhkan keteraturan sehingga dengan jernih kita dapat menemukan penyatuan bagian-bagian dengan keseluruhan. Kendati Poincaré dan Dirac sama-sama percaya nilai estetik merupakan petunjuk bahwa teori kian mendekati kebenaran, namun Dirac tidak melihat alasan untuk menempatkan keratahan sebagai kriteria *verisimilitude*.<sup>13</sup> Persamaan Dirac sendiri sebetulnya memperlihatkan keratahan numerik yang menunjukkan nilai ratah pada koefisien dan eksponen sistem persamaannya.

Kriteria estetik lain yang kerap disebut ilmuwan adalah kesetangkupan intrinsik yang sudah disebutkan di atas,<sup>14</sup> koherensi ide, kejernihan konseptual, sifat komprehensif teori, kedalaman tilikan, dlsb.<sup>15</sup> Secara umum dapatlah dikatakan bahwa beberapa persamaan matematika terasa memukau karena dengan sedikit simbol, persamaan itu mengubah persepsi kita tentang dunia, mengintegrasikan alam secara baru dengan cara mendefinisikan ulang entitas-entitas fisika; baik itu energi dan massa, partikel dan gelombang, maupun geometri dan kelengkungan ruang, kebolehdjian posisi dan kepastian momentum (atau sebaliknya; Crease, 2004).

Hal yang menarik, berbeda dengan analisis para filsuf positivisme-(empirisme)logis, banyak ilmuwan justru bertumpu ke komitmen metafisik dengan cara serupa sebagaimana mereka berpegang ke intuisi keindahan.

Komitmen metafisika bisa berfungsi sebagai syarat metodologis atau sebagai landasan pengambilan keputusan, ketika mereka harus memutuskan teori mana yang mereka nilai lebih benar. Bahwa sampai saat ini epistemologi sains belum berhasil meletakkan kriteria "extra-science" sebagai elemen konstitutif, merupakan bukti bahwa positivisme belum sepenuhnya mati. Banyak epistemolog masih mengambil sikap seperti Helmholtz dan Reichenbach. Kedua ahli fisika ini mengawali gerakan neo-Kantian dalam sains; Reichenbach kemudian mengawali empirisisme-logis. Helmholtz mencela para filsuf pewaris idealisme Jerman yang membebani sains dengan metafisika (dalam Dampier, 1982, h. 291-292), sedangkan Reichenbach dengan tegas menyatakan bahwa sains bersifat anti-metafisika (1951, Bab I).<sup>16</sup>

### 3. Kebutuhan Sains akan Metafisika

Poincaré adalah ahli matematika yang mewakili sikap kebanyakan ilmuwan, ketika mereka perlu mengalihkan konsep teoretik ke penafsiran ontik. Ia termasuk ahli matematika yang paling awal dalam upaya menyelamatkan sains dari ancaman kehilangan *raison d'être*-nya sendiri: sains hanya mungkin berjalan apabila ilmuwan percaya akan adanya kawasan real objek yang layak dipelajari. Di satu pihak Poincaré sadar akan kontingensi pengetahuan manusia, tetapi di pihak lain ia percaya bahwa sains bukan sekadar deretan kata tentang ada. Bagi Poincaré, prinsip keindahan seperti kerataan dan penyatuan, merupakan prinsip yang jelas dengan sendirinya, sehingga ia berani mengatakan "kita tidak perlu bertanya apakah alam adalah suatu kesatuan, tetapi bagaimana alam adalah suatu kesatuan" (Poincaré 1902, h. 112). Di satu pihak ia sepakat dengan rekan-rekannya yang ikut dalam gerakan positivisme-(empirisisme)logis, yaitu bahwa sains tidak memberi penjelasan atas gejala.<sup>17</sup> Di pihak lain ia percaya bahwa sains mampu menyingkap relasi-relasi objektif yang ada dalam alam. Dengan keyakinan ini, ia memilah komponen teori yang bersifat formal dari komponen yang berisi relasi faktual.<sup>18</sup> Komponen formal merupakan hasil konvensi, sementara komponen faktual berisi relasi antar entitas (ontik)

yang terejawantahkan dalam bentuk hukum fisika. Relasi adalah satu-satunya realitas yang dapat diketahui manusia (1902, h. 161).

Dengan realisme strukturalnya, Poincaré mau mengingatkan bahwa kita tidak akan pernah tahu apakah ungkapan-ungkapan teoretik sains (gaya, elektron, dlsb.) sungguh punya kesamaan dengan dengan realitas. Akan tetapi itu bukan masalah karena bagi Poincaré cukuplah sains bisa mengungkap relasi yang benar serta sifat-sifat fisisnya. "Ilmuwan, bahkan siapapun juga, tidak akan mampu mengajarkan hakikat objek kepada kita, walaupun ada dewa yang mengetahuinya, ia tidak bisa menemukan kata untuk mengekspresikannya" (1905, h. 347). Poincaré membuka ruang dalam sains bagi dimensi ontik, kendati sangat terbatas. Batas itu tidak sedikitpun mengurangi keyakinannya bahwa tujuan sains adalah menemukan kebenaran. Bagi seorang ahli matematika-fisika yang membatasi realismenya di aras ontik dan memilih menjadi seorang antirealis (tepatnya, konvensionalis) di aras epistemik sebagaimana Poincaré, kebenaran senantiasa menggetarkan seraya juga mengggentarkan. "Kebenaran...seperti hantu yang tidak pernah menunjukkan wujudnya kecuali sekejap ... (ia) perlu dikejar lebih jauh dan semakin jauh tanpa pernah terjangkau ... Tidakkah ini berarti bahwa aspirasi kita yang paling sah, paling penting, sekaligus merupakan yang paling sia-sia?" Ia melanjutkan dengan kalimat yang memperlihatkan keyakinannya akan dimensi ontik sains, "dunia ini bersifat ilahi karena keselarasannya ... Ungkapan terbaik bagi keselarasan itu adalah hukum" (1905, h. 189, 192).

Dimensi ontik sains yang diyakini banyak ilmuwan, yakni kawasan objek dengan karakter dan mekanisme yang membangkitkan gejala yang tercerap indera, merupakan suatu kawasan yang secara epistemik berstatus a priori. Kawasan ini merupakan andaian, bukan sesuatu yang ditemukan dalam pengalaman. Ia adalah komponen ontik suatu realisme metafisik (lihat Rescher, 2006, h. 33 dst). Andaian ini adalah syarat transendental kegiatan ilmiah. Dengan andaian ini sains membangun teori yang berisi prediksi empirik yang terbuka untuk diuji. Tanpa itu, sains akan tetap tinggal sebagai bangunan-bangunan ide. Tesis mengenai realitas eksternal ini, serta

keyakinan bahwa realitas (fisika) berisomorfis dengan struktur matematika,<sup>19</sup> sekaligus juga mengisi keyakinan epistemik akan inteligibilitas kosmos.<sup>20</sup>

Sains memiliki dimensi instrumental dan konstruktif sebagaimana kritik para sosiolog sains dan ahli sejarah pengetahuan. Namun mengandaikan bahwa bukan hanya sains tetapi juga objek sains sepenuhnya merupakan rekaan komunitas ilmiah,<sup>21</sup> sama dengan membuang secara sistematis kemungkinan epistemik yang bekerja tegak lurus terhadap relasi sosio-kultural sains. Inilah pula alasan mengapa perdebatan filosofis mengenai realisme dan antirealisme sains sedikit sekali menarik minat para ilmuwan. Kata boleh jadi tidak punya kuasa untuk menjanging ada, tetapi ini bukan alasan untuk menghapus *raison d'être* sains. Tidak sedikit filsuf sains yang terdampar di kawasan *philosophy of science fiction* para filsuf, dan bukan kawasan filsafat 'ilmu' para ilmuwan, sebagian karena arogansi menolak metafisika dan sebagian karena cita-cita mulia untuk menghasilkan rumusan ideal pola rasionalitas sains.<sup>22</sup> Metode yang mereka gunakan untuk merekonstruksi kegiatan sains mengakibatkan aspek formal sains menjadi jauh lebih menonjol dibandingkan kandungannya (bdk. Papineau, 1996, bab I). Di sisi lain, ketika para sosiolog sains dan para ahli sejarah ilmu gigih mempromosikan model irasional kemajuan sains, para ilmuwan tetap setia pada apa yang mereka yakini: mendengarkan bisikan keindahan yang hampir-hampir tidak terpengaruh oleh derau perdebatan ini.

#### 4. Kosmos Kait Kelindan

Dari kesenyapan bilik laboratorium, ahli fisika Faraday (1860) berbagi pengalaman. "Segala sesuatu yang kita lihat, jika kita melihatnya cukup dekat, apapun itu, membuat kita terlibat dengan seluruh alam semesta." Melihat yang dimaksud tentu bukan sekadar laku menghibur diri seperti saat kita menonton pertunjukan tari, melainkan sebagaimana yang oleh Teilhard de Chardin dipahami sebagai "ketentuan yang dibebankan alam kepada para penghuninya" (1969, h. 31).

Saya ingin memberi ilustrasi bagi subjudul dan paragraf di atas melalui kosmologi, yang sejak abad ke-20 berkembang menjadi sains yang mengkaji struktur spasio-temporal alam semesta serta evolusinya. Sepanjang tiga puluh tahun terakhir, kosmologi berkembang melalui dua pendekatan. Pertama, kosmolog mencoba menjelaskan struktur alam semesta teramati melalui proses-proses fisika yang berlangsung pada tahap awal ruangwaktu. Kedua, kosmolog mencoba menunjukkan bahwa struktur alam semesta yang sekarang teramati merupakan konsekuensi dari proses fisika pada masa yang amat lampau, namun jejaknya sudah terhapus oleh evolusi kosmik. Pendekatan pertama menuntut pengetahuan mengenai syarat awal yang memastikan bahwa dengan hukum-hukum fisika yang berlaku, alam semesta berevolusi mencapai kondisi sekarang. Pendekatan kedua terbebaskan dari tuntutan syarat awal, yang sampai sekarang memang belum diketahui apa, dan bagaimana akan diperoleh.

Syarat awal merupakan entitas yang tidak bergantung ke hukum-hukum fisika. Mengapa alam semesta memuai dengan kecepatan tertentu dan tidak lebih cepat atau lebih lambat, mengapa kecepatan cahaya besarnya  $c$  atau muatan elektron  $e$  atau konstanta Planck  $h$ ? Semua pertanyaan ini tidak bisa dijawab dengan cara mendeduksikannya dari teori. Fisikawan terpaksa menerima  $c$ ,  $h$ ,  $e$ , dan semua tetapan fisika lain sebagai terberi; sesuatu yang ada begitu saja dalam alam sebagai masukan (*input*) bagi persamaan matematik hukum-hukum fisika.

Tanpa mengerti hukum yang menata syarat awal, kita boleh saja mengandaikan Alam Semesta<sup>23</sup> memang istimewa sejak permulaan temporal, sedemikian sehingga kombinasi tetapan-tetapan fisika sebagaimana kita temukan sekarang adalah satu-satunya kemungkinan yang koheren secara nomologis. Bahwa keistimewaan itu berujung di kehadiran kita yang memertanyakannya, akan tetap merupakan misteri. Di pihak lain, fisika juga mengizinkan kita mengandaikan bahwa syarat awal adalah hasil proses acak dari berbagai pilihan yang ada. Ini berarti alam semesta sekadar buah keberuntungan walau keberuntungan yang menakjubkan, 1 setelah  $10^{123}$  kali lontaran dadu (Penrose, 1990, h. 343-344). Pertimbangan kita

mungkin menjadi berbeda jika ada  $10^{500}$  alam semesta yang terbentuk pada saat *big bang*, karena ini berarti alam semesta kita hanyalah satu dari trilyunan alam semesta potensial yang bertebaran di atas sebuah lanskap kosmik raksasa. Kalau jumlah alam semesta melibatkan angka sedemikian gigantik, tentu juga akan ada sejumlah besar kebolehjadian. Hampir niscaya bahwa salah satu kebolehjadian itu punya kombinasi tetapan yang menghasilkan alam semesta ini (Brumfiel, 2006, h. 10-12). Kemungkinan terakhir menawan bagi para ilmuwan karena memungkinkan mereka menyingkirkan hipotesis Tuhan yang kerap dengan gegabah dilekatkan orang ke *big bang*.<sup>24</sup> Masalah yang tersisa adalah pertanyaan, dari mana lanskap itu muncul?

Sedemikian rumit problematika menyangkut syarat awal sampai muncul komentar bahwa ilmuwan berurusan dengan hukum-hukum yang mengevolusikan alam semesta (bagaimana alam semesta bekerja) sedangkan syarat awal (mengapa alam semesta seperti ini) merupakan urusan para teolog. Pendekatan kedua yang disebut di atas boleh dibilang merupakan upaya ahli fisika untuk menggusur para teolog dari ranah kosmologi.

Model kosmologi standar yang merupakan penafsiran atas Teori Kerelatifan Umum Einsteins (selanjutnya, TKU) dan secara populer dikenal sebagai model *Big Bang*, mewakili pendekatan pertama. Sedangkan model *big bang + inflasi* mencerminkan pendekatan kedua. Terserah permulaannya seperti apa -atau malah mungkin tidak pernah ada permulaan temporal sama sekali- alam semesta yang kita huni adalah hasil sebuah mekanisme inflasi. Dari sebuah objek mikroskopik, ruangwaktu membengkak mencapai skala 13,7 milyar tahun cahaya. Sebagaimana dengan teori dawai, ilmuwan menyukai model inflasi karena memungkinkan mereka mengajukan lontaran spekulatif tentang kosmos yang merupakan "makan siang gratisan."<sup>25</sup>

Kendati *big bang* disepakati sebagai model yang paling mendekati alam semesta teramati, baik karena kepadaan empirik (*empirical adequacy*) maupun koherensi internal, uji empirik bagi pilar utama metodologisnya, yakni Prinsip Kosmologi,<sup>26</sup> hanya berlangsung dalam kawasan alam semesta

teramati. Di sinilah muncul masalah metodologis dan epistemologis mendasar.

Pertama, "totalitas materi-energi," atau alam semesta keseluruhan, melampaui alam semesta teramati. Secara konseptual, totalitas itu mencakup kawasan tidak-teramati akibat adanya cakrawala kepengamatan (*cosmic horizon*: batas yang timbul akibat limit kecepatan cahaya) yang secara teoretik tidak bisa diabaikan, dan adanya "materi gelap" (*dark matter*) yang tidak teramati karena hanya berinteraksi melalui gravitasi, serta ujud gelap berstatus hipotetis (*dark energy*) namun niscaya agar model standar tidak retak dan terutama agar hukum-hukum fisika dapat tetap berjalan.<sup>27</sup> Secara statistik, "energi gelap" mengambil porsi lebih dari 70%, sedangkan materi kurang dari 30%. Dari 30% itu pun, hanya 4% berbentuk materi konvensional yang teramati sebagai bintang, planet, galaksi, meteorit, dan lain sebagainya, termasuk gunung-gunung, lautan, serta Anda dan saya (lihat Carroll, 2003, h. 26; 2006, h. 653). Sisanya adalah "materi gelap" yang baru setahun terakhir ini mulai terdeteksi, walau wujudnya belum diketahui (Clowe, 2006; Mahdavi, 2007).<sup>28</sup> Ilmuwan paham betul, bahwa kecermatan dan ketepatan membaca data bakteri TBC tidak sama dengan membaca data dari wilayah yang jaraknya ke bintang terdekat saja melibatkan satuan tahun cahaya. Di tataran empirik kosmologi, kecermatan dan ketepatan (Peebles, 2002)<sup>29</sup> punya makna khusus berikut: 96% bahan pengisi alam semesta masih berupa misteri.<sup>30</sup>

Bisa jadi penjelasan yang kita perlukan "tidak gelap" dan "bukan energi." Mereka sekadar narna bagi bagi daya dorong yang belum diketahui—semacam *deus ex machina*. Ini berarti, bahwa hipotesis yang bisa diuji secara empirik sebetulnya juga belum ada. Boleh jadi juga dugaan itu tidak perlu, andai suatu hari kita sepenuhnya mengerti apa itu gravitasi dan menemukan bagaimana gravitasi sungguh-sungguh bekerja dalam rentang seluas alam semesta. Dalam fisika sekarang, hipotesis ini niscaya. Ia mirip hantu. Jika disingkirkan, ia memaksa para ahli fisika mencari teori pengganti yang bisa menjelaskan gejala. Dalam sains, ini perkara biasa tetapi akan memicu revolusi jika yang digusur adalah teori-teori yang selama ini

menyuguhi kita dengan prediksi terbaiknya.<sup>31</sup> Ringkasnya, jika kita bicara data, kosmologi bertopang di atas dukungan kekayaan empirik 4%. Selebihnya ditambahkan sebagai dakuan teoretik (*knowledge-claim*). Kepada para peserta dialog sains-agama, terutama mereka yang gemar memaksakan kesesuaian temuan-temuan ilmiah dengan ayat-ayat Kitab Suci, bisa kita ajukan pertanyaan berikut. Apakah Tuhan akan kita sandarkan ke bangunan 4% itu? Alangkah rapuh!

Kedua, Willem de Sitter (1931) pernah mengingatkan bahwa segala pembicaraan mengenai alam semesta "melibatkan ekstrapolasi luar biasa besar dan ini tindakan berbahaya." Dalam kosmologi, ilmuwan berhadapan dengan teka-teki realitas yang jawabannya terletak dalam satu-satunya ruang-waktu yang ia ketahui, sementara ia sendiri meletak di dalamnya. Ruang-waktu ini sedemikian luas, sehingga tidak mungkin ia jelajahi seluruhnya. Kosmolog akan memanfaatkan cuplikan data dari kawasan teramati, lalu mengekstrapolasikannya ke kawasan yang lebih luas; dari situ ia membangun model alam semesta.

Ekstrapolasi semacam ini pertama kali dilakukan oleh Hubble tahun 1929, dengan tujuan membangun sebuah kosmologi yang mempunyai landasan empirik agar alam semesta bukan semata ide dan kosmologi bukan lagi spekulasi. Alam semesta punya ukuran; ada volume dan massa total yang dapat dihitung, ada masa lampau yang dapat ditelusuri, dan ada masa depan yang dapat diprakirakan. Akan tetapi, ekstrapolasi sekaligus berarti menerapkan hukum fisika yang hanya teruji secara lokal ke seluruh alam semesta teramati. Kendati masuk akal, tindakan ini bukan tanpa risiko. Ketika kawasan observasi meluas, langkah empirik tidak lagi memadai.<sup>32</sup> Ketidakpastian masa lalu semakin meningkat, semakin jauh kita mengembara dalam alam semesta. Observasi meningkatkan derajat kepercayaan ilmuwan untuk memastikan bahwa unsur-unsur yang diprediksikan oleh suatu model memang terkandung dalam **Alam Semesta**. Meski demikian, pemaparan empirik bukan tanpa batas. Kawasan tempat teori (bermaksud) memaparkan realitas jauh lebih luas daripada wilayah yang bisa dijangkau oleh observasi, apalagi yang masih bisa dibahasakan oleh para ilmuwan.<sup>33</sup>

Telaah oleh Ellis & Perry (1979) dan dan Ellis (1985) menunjuk ke problem epistemologis yang sudah kita kenal sejak Hume: langkah induksi tidak memadai untuk menghasilkan geometri unik wakturuang.<sup>34</sup> Ketakpastian pengetahuan kita akan masa lalu akan terus menghantui kosmologi. Kosmolog menetralisasikan situasi ini dengan mengajukan postulat agar sebuah model tampil lebih memadai daripada model lainnya. Andaian bisa punya kandungan empirik walau hanya secara prinsip (agihan materi seperti Prinsip Kosmologi), bisa juga metafisik (keindahan, kerataan, dlsb). Akan tetapi, ini berarti bahwa data yang tersedia hanya mungkin ditafsirkan setelah kosmolog terlebih dulu mengajukan sebuah postulat yang diterima secara terberi.

Keunikan alam semesta memaksa kosmolog memilih sikap realis secara ontik, namun antirealis secara epistemik sebagaimana pilihan Poincaré. Mereka menafsirkan alam semesta terpahami sebagai wilayah objek dan proses fisika sebagaimana didefinisikan, dipaparkan, dan dibuat terpahami melalui konsepsi yang dipakai dalam model kosmologi tertentu. Model kosmologi-lah yang menyediakan kaidah untuk mendefinisikan bagaimana ungkapan "alam semesta keseluruhan" akan dipergunakan. Akan tetapi, kosmologi sebagai sains bukannya tidak mungkin. Fakta bahwa baru 4% saja bagian alam semesta yang kita ketahui, tidak cukup memaksa kita menerima kembali antinomi Kant, yaitu bahwa setiap upaya untuk memperoleh pengetahuan menyangkut totalitas alam semesta, pasti memerosokkan kita ke kegagalan.<sup>35</sup> Data kurus tersebut secara konsisten meneguhkan bingkai model standar (Peebles, 1999, h.18). Di atas semua itu, bagi para kosmolog kawasan observasi merupakan bagian kecil saja dari keseluruhan pola yang ingin ia pahami.

Dengan segala problematika metodologis dan epistemologis yang rumit ini, kosmologi mengungkap hal menarik. Dalam proses ekstrapolasi dari skala lokal ke skala global kosmos, banyak hal yang dimulai sebagai andaian, ternyata berjalan dengan cukup baik kalau bukan malah menerima dukungan empirik yang semakin kokoh dari waktu ke waktu. Berbagai gejala berskala primitif di kawasan teramat jauh ternyata masih bisa ditafsirkan

dengan menggunakan skema Bumi. Ini melahirkan pertanyaan bukan mengenai status skema, melainkan mengenai kawasan real tempat skema bisa diterapkan. Apakah di aras yang jauh lebih dalam daripada yang terjangkau indera, realitas terhubung melalui sebuah jaringan yang cakupannya seluas alam semesta? Sebuah jaringan yang mengelindan masa silam, sekarang, dan kelak masa depan, melalui simpul-simpul material dan non-material.

## 5. Misteri Kosmologi Abad ini

Dalam bab terakhir *The Periodic Table* (1975), tanpa merujuk ke kosmologi, Primo Levi menceritakan dengan indah tentang kisah keterjalinan ini. Saya mengutipnya secara cukup panjang di bawah ini,

"Setiap elemen mengatakan sesuatu kepada seseorang...kecuali karbon...ia mengatakan segalanya kepada semua orang...karbon...elemen kunci substansi hidup: tetapi ia masuk ke dunia kehidupan melalui jalan yang tidak gampang...selama ratusan juta tahun ia terikat sebagai batu apung bersama elemen lain; ia punya sejarah kosmik yang amat panjang...baginya, waktu tidak berlaku...eksistensinya yang monoton membangkitkan rasa horor, (baginya) panas dan dingin silih ganti tanpa belas kasihan...batu apung...terengkuh manusia...ia dipanggang sehingga terpisah dari kalsium...melayang ke udara melalui cerobong...kisahnya kini menjadi hiruk pikuk...ia terbawa angin...beruntunglah ia terdampar di pucuk daun anggur...menembusnya...terpaku di sana oleh kekuatan sinar matahari...Saya bisa menceritakan macam-macam kisah atom karbon...yang beralih menjadi warna atau harum bunga...dari ganggang ke ikan...sebuah tarian abadi hidup dan mati. Tetapi, saya akan menceritakan satu kisah lagi saja, yang paling rahasia dan saya akan menyampaikannya dengan rendah hati...tahu sejak awal bahwa mengalihkan fakta ke kata pada hakikatnya akan gagal...(karbon) sekali lagi hadir di tengah kita, dalam segelas

susu...ia berpindah...mengetuk sebuah pintu sel syaraf...milik sebuah benak...yang sedang menulis...tepat pada saat ini..."

Mungkin inilah bonus yang diberikan alam jika kita paham arti "melihat": semakin kita cermat melihat segala sesuatu yang nampak berbeda, semakin kita menemukan bahwa mereka ternyata serupa. Dengan bagus Feynman (1965) pernah mengibaratkan alam semesta sebagai sepotong kain tenun. "Alam hanya mempergunakan benang terpanjang untuk menenun polanya, sehingga setiap potongan betapapun kecilnya, senantiasa menyingkap penataan seluruh lembaran kain." Saya sebut misteri karena ia hadir nyata dalam pengalaman tetapi belum ada rumusan selesai yang mampu mengungkap gejala tersembunyi ini secara pasti. Mungkin tidak akan pernah ada, jika kita meminta hanya sains yang akan merumuskannya bagi kita, sekalipun ilmuwan tidak melunakkan sedikitpun sikap keras kepala mereka. Mereka percaya pada aras paling mendasar, alam hanya kenal ketunggalan. Dengan sedikit angkuh, Hawking menyebut teori yang masih berupa cita-cita itu (untuk menyatukan segala sesuatu ke dalam satu penjelasan) "Teori Segala-galanya." Upaya menaruh geometri ruang ke dalam skala kuantum memang sampai ke prediksi bahwa dawai-dawai kosmik yang dihasilkan pada periode awal alam semesta, dalam salah satu masa transisi fasa,<sup>36</sup> jalin menjalin menenun-diri membentuk jaringan yang melebar ke seluruh alam semesta (Vilenkin dalam Hetherington, 1993, h. 466). Masalahnya, selain perumusan teoretik yang masih problematik, pertanyaannya, sekali lagi, bagaimana kita akan menyediakan eksperimen berskala hanya sedikit di atas  $10^{-43}\text{cm}^2$ ?

Gagasan mengenai kosmos sebagai jaringan bukan gagasan baru. Dalam pengertian berbeda, jejaknya bisa kita telusuri sampai ke peta metafisika Leibniz, *monadology*. Dalam matematika, ide ini melahirkan kajian topologi. Namun baru pada pertengahan abad ke-20, "keterjalinan" memasuki kosakata kosmologi secara formal dan tampil sebagai salah satu kriteria keindahan yang dominan. Melalui keterjalinan kosmik, sains mengajarkan kita untuk melihat kemahaluasan yang tercantum bahkan dalam obyek terkecil alam semesta.<sup>37</sup> Ide ini semakin menguat melalui Prinsip Antro-

pik.<sup>38</sup> Melihat dengan cermat berarti menemukan bahwa dalam tubuh kita meletak atom-atom sisa jutaan bintang yang padam milyaran tahun lalu, yang sempat mengembara di ruang senyap antarbintang, yang lalu terdampar di muka Bumi dan menunggu selama ratusan juta tahun sebelum akhirnya datang hidup untuk memberinya napas. Itulah saat alam semesta bukan saja hidup, tetapi juga mengerti arti kata itu.

Dalam kerangka episteme Newtonian, pemahaman ini tidak mungkin hadir. Kosmos Newtonian menyuguhkan rasa tenteram karena jaminan akan kepastian hukum-hukumnya. Newton bahkan menjamin bahwa setiap kali ada gangguan pada orbit benda-benda langit dan ketika planet terancam kehilangan daya gerak, Tuhan akan menyediakan mekanisme koreksi. Tuhan yang berada di segala tempat "... dengan kehendaknya ... membentuk dan menata ulang bagian-bagian Alam Semesta" (*Queries* 31 dalam *Opticks*).<sup>39</sup> Kepada John Conduitt ia pernah mengatakan bahwa walaupun tatasurya mengalami deformasi, Tuhan akan mereformasinya (1724, dikutip dalam Kubrin, 1967, h. 333). Dalam surat kepada Bentley ia menyampaikan ide mengenai alam semesta yang berulang sepanjang masa, di mana Bumi baru terlahir kembali dari Bumi lama (*ibid.*, h. 344). Melalui kajiannya atas problem paling rumit masa itu -deviasi orbit Jupiter dan Saturnus- Pierre-Simon Laplace berhasil menyingkirkan "hipotesis Tuhan" (1773) yang dibutuhkan Newton. Alam semesta semakin stabil, dan stabil oleh mekanisme koreksi-diri. Laplace pula yang dengan sangat ketat menerapkan kaidah ekonomi penjelasan Newton dan memastikan kekuatan metode Newtonian agar manusia punya sarana untuk memastikan masa depan.

Ketenteraman adalah hal yang paling enggan singgah terlalu lama dalam jiwa manusia. Hukum termodinamika mengajari kita bahwa ciri kosmos bukanlah keabadian, melainkan ketidakcukupan energi. Tiba-tiba para ahli fisika sadar, mesin kosmos akan kehabisan bahan bakar. Akan ada suatu masa ketika entropi, mencapai maksimum dan tidak ada kerja tersisa dapat dilakukan. *Sic transit gloria mundi!*<sup>40</sup>

Ludwig Boltzmann adalah ahli fisika yang cukup awal menyadari bahwa dalam kosmos Newtonian, tidak mungkin ada kehidupan. Kecuali, manusia bersedia menerima mekanisme banal Boltzmann bagi sebuah alam semesta yang luasnya mencapai takhingga, serta berulang-ulang menghadirkan dirinya sendiri setiap kali keseimbangan termodinamika akhir zaman tercapai (kondisi entropi maksimum). Demikian sudah terjadi di masa lalu dan akan terjadi selama-lamanya seperti gambaran Nietzsche dalam *Gay Science* (1974, h. 341). Hanya saja, melalui suatu peristiwa yang amat jarang, laku acak atom-atom mengganggu keseimbangan itu dan secara kebetulan memunculkan konfigurasi rumit yang berujung pada makhluk hidup. Sejak itu, para ahli fisika sepakat bahwa kegagalan kosmos Newton menghadirkan kehidupan bukan semata kegagalan filosofis, tetapi terutama sebagai sains (lihat Smolin, 1997, h. 144-145).

Hal ini terutama karena model atom yang bertumpu di atas fisika klasik Newtonian sangat tidak stabil. Contohnya adalah model atom Rutherford (1911). Padahal kehidupan memerlukan alam semesta yang kaya akan atom, baik jumlah maupun ragamnya, agar terbentuk molekul-molekul rumit sebagai penunjang. Elektron dalam model Newtonian sangat cepat kehilangan energi, sehingga dengan mudah jatuh ke inti atom. Model atom yang stabil (Bohr, 1913) merupakan koreksi atas model klasik melalui mekanika kuantum. Bohr menunjukkan bahwa hukum mekanika klasik tidak bisa diterapkan ke dalam atom. Kendati demikian, model alam semesta yang memungkinkan hidup hadir secara 'alami' dalam kosmos, baru tersedia ketika Lemaître (1927, 1931) berhasil meletakkan fisika relativitas ke dalam kosmologi, dan dari situ melahirkan embrio model *big bang*.<sup>41</sup>

Teori kuantum dan TKU bekerja dalam dua kawasan alam yang berbeda, mikroskopik dan makroskopik. Keduanya seolah berjalan sendiri-sendiri. Menariknya, dari kedua teori inilah kita mengerti bagaimana bisa terbentuk bintang seperti Matahari, planet Bumi, serta mengapa alam semesta perlu waktu begitu lama sebelum akhirnya bisa menghadirkan sistem pendukung kehidupan. Sekalipun demikian, kita masih jauh dari mendapatkan jawaban atas pertanyaan penting berikut: fisika seperti apakah yang telah memung-

kinkan hidup punya tempat dalam alam semesta? Apa pun jawaban yang kelak akan diperoleh, fisika dan kosmologi yang bermaksud membangun pengetahuan mengenai alam semesta, tidak mungkin menghindari dari pertanyaan ini.

Ketika Dirac, yang asyik bermain dengan bilangan, berhasil membangun sebuah model alam semesta, ahli biologi Inggris, Haldane, mengingatkan komunitas ilmuwan bahwa model yang hanya sedikit lebih tua dari tatasurya itu, tidak mungkin mengevolusikan kehidupan (1937, h.1002; 1944, h. 555). Haldane memilih kosmologi Milne yang ia nilai lebih berpihak pada kemungkinan kehidupan. Komitmen terhadap dukungan empirik bagi sebuah pernyataan ilmiah tampaknya tetap diperlukan untuk menjamin rasionalitas sains, apa pun langkah heuristik dan putusan metodologis yang terlibat dalam proses mencapai pernyataan itu.

## 6. Ontologi yang Dipersaingkan

Pemenang Nobel fisika 1979, Steven Weinberg, pernah menulis dalam bukunya yang terkenal *The First Three Minutes* (1977) bahwa sains menggiring orang memasuki kemahaluasan yang akan membuatnya menggigil. Bagi Weinberg, semakin alam semesta terpahami, semakin tampak alam semesta tidak punya tujuan; alam menjadi bermakna karena manusia adalah pemain drama yang bisa menghangatkan dan memaknai panggung kosmik yang tidak punya belas kasihan. Pendapat Weinberg membuat banyak orang merasa tidak nyaman. Tidak mengherankan jika kalimat Weinberg dikomentari oleh banyak orang. Salah satunya berasal dari ilmuwan Gerard de Vaucouleurs yang mengatakan bahwa ucapan Weinberg sekadar nostalgia, kerinduan akan sebuah dunia yang pernah dipandang sebagai ekspresi kebesaran Ilahi, sekaligus memastikan posisi sentral manusia dalam hierarki ciptaan (lihat Wheeler, 1993, h. 203-204). Weinberg mungkin lupa bahwa *setting* panggung berperan besar dalam keberhasilan sebuah drama, dan persis ini yang disingkapkan oleh fisika dan kosmologi modern. Ahli astrofisika Freeman Dyson (1979) bukan satu-satunya orang yang merasa sebaliknya dari apa yang dirasakan Weinberg. Kosmos tidak membuat Dyson merasa asing.

Keduanya merasakan misteri kosmik secara berbeda. Sebuah misteri yang dalam pengalaman Einstein, hanya bentuknya yang paling purba yang bisa kita jangkau (1954, h. 8-11). Sebuah pengalaman akan keberadaan suatu nalar yang cemerlang karena keindahannya, tetapi tidak mungkin kita tembus. Einstein menamakan perasaan itu religiositas kosmik. Sebuah religiositas yang melibatkan emosi paling mendalam baik di dalam dirinya dan banyak ilmuwan lain yang secara ontik memilih posisi realis. Emosi yang membangkitkan keyakinan bahwa penjelasan rasional akan alam adalah mungkin, sekalipun alasan mengapa dunia bisa dipahami tetap tinggal sebagai misteri. Dari Weinberg kita tidak menemukan posisi ontik ini.

Emosi, kecuali dalam bentuk mentah, bukan sesuatu yang mudah menemukan ekspresi. Apalagi ketika emosi itu melibatkan pengalaman yang sama sekali kosong akan konsepsi antropomorfik. Namun persis karena itu, ketika beberapa ilmuwan dengan terbata mencoba membahasakan keterpesonaan mereka, banyak kalangan dengan girang mengambil ungkapan-ungkapan mereka dan menafsirkannya dengan semena-semena. Mungkin karena kenaifan, atau sekadar menggoda, atau karena keyakinan religius mumi, para ahli fisika memang termasuk yang paling senang menyebut-nyebut Tuhan. Pertanyaannya: Kala Tuhan muncul sebagai "Pencipta yang mempergunakan (kaidah) matematika yang indah" atau "sang singularitas,"<sup>42</sup> apakah ini Tuhan personal yang diyakini orang beriman? Atau, Tuhan semata kata bagi ketertataan kosmik, hukum alam, perancang alam, daya gelap, dlsb.? Zee misalnya, berkali-kali menyebut *Ultimate Designer* dalam artikelnya (1992). Posisi epistemiknya terungkap ketika ia mengutip "*The Tyger*" (Blake, 1794) sebagai penutup artikelnya. Demikian ia mengutip Lionel Trilling: sampai larik ke-5 stanza, Blake bermaksud mendefinisikan hakikat "sang macan" dari hakikat Tuhan, tetapi di bagian ke-6 dan terakhir, Blake memutuskan bahwa Tuhanlah yang terdefiniskan oleh hakikat "sang macan." Ia duga, inilah yang dimaksudkan Einstein ketika menyatakan bahwa ia ingin mengetahui pikiran sang Pencipta (h. 834-835).

Pembicaraan menyangkut sains kerap berujung di kekeliruan membedakan Alam dari penafsiran atas alam, terutama karena masalah-masalah epistemologis serta metodologis yang rumit tidak pernah muncul secara gamblang dalam teks-teks populer fisika dan kosmologi. Dalam ruang penafsiran orang lalu gagal membedakan antara Tuhan dan kata tentang Tuhan. Sejarah dipenuhi dengan persaingan beragama epistemologi membutuhkan ontologi, termasuk oleh para ilmuwan.<sup>43</sup>

Simaklah Hermann Bondi yang keliru membedakan permulaan temporal dan asal usul alam semesta, sehingga ia menyamakan begitu saja *big bang* dengan proses penciptaan, "masalah asal muasal alam semesta, yakni, masalah penciptaan ... diserahkan saja ke metafisika."<sup>44</sup> Padahal kosmologi *big bang* bukan teori mengenai muasal alam semesta. Kosmologi ini berisi konstruksi teoretik mengenai pemuaihan dan pendinginan alam semesta, dengan beberapa hipotesisnya mempunyai konsekuensi observasi. *Big bang* berintikan gagasan alam semesta yang berevolusi. Akan tetapi sampai saat ini, tidak ada deskripsi fisika mengenai bagaimana evolusi itu sendiri dimulai. Maka, nama yang lebih tepat bagi model standar sebetulnya "pemuaihan sesudah *big bang*."

Simak pula penafsiran terlalu luas dari Prinsip Antropik sebagai "bukti bahwa alam semesta tertata untuk suatu tujuan," dan tujuan itu adalah menghadirkan manusia. Dari sini, penafsiran berkembang cepat sekali menuju pengukuhan ide-ide penciptaan dalam arti teologis. Sementara, kajian metodologis dan epistemologis menunjukkan bahwa prinsip ini dimaksudkan sebagai syarat metodologis. Fungsinya adalah membatasi model-model yang mungkin dengan cara mengintegrasikan historisitas pengamat ke dalam penyelidikan kosmologi.

Salah satu interpretasi paling mutakhir yang menarik adalah betapa kita amat beruntung karena hidup pada periode kosmik yang memungkinkan kita masih mencerpap jejak masa lalu. Jika hipotesis energi gelap diterima, energi ini sedemikian menguasai alam semesta masa depan, sehingga semua masa lalu ia telan. Semua data yang dipergunakan ilmuwan masa

kini untuk memahami evolusi alam semesta terhapus. Dan saat semua pilar empirik penyangga *big bang* lenyap, model paling masuk akal bagi kosmolog masa depan adalah alam semesta statik yang tidak pernah mempunyai permulaan temporal (Krauss & Scherrer, 2007). Padahal pilar empirik yang kita punyai sekarang tidak lebih dari 4-5 %. Ketakjuban astronom George Smoot yang terungkap dalam konferensi pers 1992 ketika ia mengumumkan temuan COBE yang mendukung *big bang*, boleh jadi tidak lagi bermakna bagi manusia masa depan, "bagi orang yang religius, temuan ini akan membuat ia seperti sedang menatap wajah Tuhan." Pernyataan itu mungkin hanya bermakna sejauh arsip kosmologi masa kini tersimpan rapi untuk dikaji sebagaimana kita mengkaji risalah-risalah zaman antik.

Terlepas dari spekulasi di atas, butir yang ingin saya sampaikan adalah ini: Kekeliruan epistemik apapun menyangkut pemahaman akan Prinsip Antropik, ada hal yang sukar dibantah. Prinsip ini menunjuk ke keterjalinan kosmik yang sedemikian rapat, sehingga merangsang kita bertanya, mengapa semua demikian? Benturan ke cakrawala epistemologi sudah sejak lama menjadi pangkal tolak pencarian pengalaman rohani. Bagaimanapun, berada dalam kosmos adalah berada di bawah ketersituasian cakrawala. Ketika cakrawala adalah ketegangan antara keberhinggauan daya pengetahuan manusia dan kehendak untuk melampaui, tidak jarang orang tidak kuasa merawat ketegangan kegundahan dan mau segera melompat ke kenyamanan menjangkau Yang Takhingga. Mereka mengira Tuhan demikian mudah diraih lewat temuan-temuan sains, padahal Tuhan justru semakin lolos dari genggaman. Mungkin kita perlu menggali lagi kedalaman refleksi abad ke-16 sehingga kita cukup mengerti arti, "Tuhan (yang) menyembunyikan diri dalam keindahan kerahasiaan."<sup>45</sup>

## 7. Tantangan Membangun Kosmologi

Apa pun rumusan pernyataan ilmuwan, teolog, atau agamawan tentang alam, kosmologi menghadirkan tantangan tidak mudah bagi penafsiran klasik agama-agama dan filsafat. Boleh jadi interpretasi yang ada terlalu

kecil, atau terlalu besar. Kalaupun kosmologi masa kini tidak mampu menyediakan argumen-argumen yang mudah bagi orang beriman kala berhadapan dengan agnostisisme ataupun ateisme, kosmologi modern sedikitnya membentangkan ruangwaktu sebagai kawasan real yang pantas direfleksikan.

Pendekatan materialistik yang dipergunakan dalam kosmologi modern mengakibatkan alam semesta yang masuk ke dalam telaah kosmologi adalah alam semesta fisika. Pendekatan ini mengakibatkan sintesis besar untuk memahami alam semesta sebagai keseluruhan, menjadi bagian teoretik dari sains empirik. Tetapi kosmologi tidak mungkin menghapus seluruh tradisi yang bermaksud menjawab kerinduan asali manusia akan asal usulnya dan kemana ia akan pergi di ujung waktu. Sejak awal kelahirannya kosmologi terancang demikian. Namun terlebih lagi, karena ke arah itulah pendekatan modern fisika dan astronomi menggiring kosmologi (Peebles, 1993, h. 3). Karena semua faktor ini, kosmologi berkembang menjadi sains yang khusus (*peculiar science*), tempat kriteria kebenaran korespondensi tidak bisa diberlakukan secara naif.<sup>46</sup>

Berikut ini adalah penafsiran saya atas kosmologi modern yang bertumpu di atas prinsip antropik: Prinsip antropik menyediakan syarat niscaya yang mengikat kemungkinan kehadiran manusia pada sejarah ruangwaktu, sekaligus mengikat pemahamannya. Cakrawala antropik bersifat eksistensial, yang mengikat keberadaan dan pemahaman kita pada epoh ruangwaktu yang mendefinisikan keberadaan kita. Ini berarti, jika kita menerima adanya cakrawala antropik, berarti kita menerima bahwa kosmologi yang terbangun berisi tesis konstruktif yang dasarnya adalah refleksi atas ketidaklengkapan alam semesta epistemik. Akan tetapi, kosmologi ini juga bertumpu pada data amatan dan pengalaman-pengalaman manusia yang mungkin. Konstruksi menjadi cara rendah hati untuk menghubungkan kawasan teramati dan bagian-bagian lain alam semesta yang tidak teramati, namun masih merupakan sisi yang mungkin bagi pemahamannya. Konstruksi memungkinkan manusia tidak berhenti di titik keberhinggaan (empirik) persis karena konstruksi mengandung di dalamnya ke kehendak untuk melampaui.

Kosmologi empiris-konstruktif berisi ketegangan abadi antara langit dan bumi: kehendak melampaui dan keberhinggaaan manusia. Kosmologi ini tidak terperjara dalam kotak tetek-bengek metode ilmiah yang dipuja para positivis. Akan tetapi kosmologi ini tetap setia pada komitmen empirik, koherensi konseptual, dan keberanian melihat dan merasakan. Di sini saya meminjam pemikiran Siegel (1985, h. 526) yang memahami metode ilmiah secara epistemik, yakni sebagai prinsip yang melandasi evaluasi teori-teori ilmiah dan bukan langkah-langkah prosedural yang mengandaikan ada kaidah algoritmik ketat yang menjamin keberhasilan penyelidikan ilmiah. Sains bersifat rasional, karena berjalan dengan berpegang pada komitmen itu (*ibid.*, h. 529).

Jika kosmolog memilih bentuk empirik-konstruktif bagi kosmologinya,<sup>47</sup> ia terbebaskan dari dogma empirisme. Sebagai sains yang khas, kosmologi empirik-konstruktif tidak menunjuk ke figur yang hadir jernih dan terpilah di dalam kesadaran, sebagaimana Descartes mengandaikannya. Ia lebih menunjuk ke lanskap yang memungkinkan figur ada, berhubungan satu dengan yang lain, dan bermakna sebagai obyek kesadaran. Keberadaan lanskap itu sendiri tidak selalu disadari tetapi menjadi syarat untuk bisa menangkap figur secara nyata dan mengeksplicitkannya menjadi pernyataan pengetahuan. Alam semesta hanya dapat kita ketahui (amati dan mengerti) dalam lanskap keseluruhannya, tetapi alam semesta itu tidak sama dengan keseluruhan itu sendiri. Dalam mengalami keseluruhan itulah kerap sains bungkam, dan terpaksa membiarkan **K**osmologi berbicara dan membangun pemahaman.

Hanya ketika orang siap berpikir melampaui tataran empirik, kosmologi membuka ruang bagi dirinya sendiri untuk menjalankan **K**osmologi. Inilah **K**osmologi yang tersamarkan oleh kosmologi, yang atas nama rasionalitas sains dalam pengertiannya yang amat kikir, bermaksud menaruh seluruh alam semesta ke dalam cakrawala terukur. Mengatakan bahwa kosmologi sepenuhnya merupakan bagian dari sains semata karena kosmologi menangani isu-isu faktual fisika, bukan hanya berlebihan tetapi juga merupakan buah dogma epistemologis—yang berarti dogma filsafat (lihat Popper, 1965, h. 74).

Sementara itu, bagi para ilmuwan, inilah misteri terbesar kosmologi warisan abad ke-20 yang belum sepenuhnya terjawab: sains seperti apa yang bisa mengerti hubungan manusia dengan alam, dan bukan sains yang melulu menjelaskan alam? Sains bagaimana yang mampu menempatkan manusia dan seluruh kehidupan di sekitarnya sebagai titik tolak kajian? Demikian, sehingga apapun yang dibangun tidak berkontradiksi dengan fakta indah yang paling tidak mungkin dibantah, yaitu bahwa manusia ada. Itulah rasionalitas sains.

### Catatan Akhir

1. Dikutip dari F. Armalivia yang mengikuti kuliah tersebut (komunikasi pribadi, Agustus 2004). Saya juga berterima kasih kepada Armalivia dan A. Indraswara yang menyediakan beberapa artikel jurnal untuk keperluan penulisan ini.
2. Saya memakai pengertian Kantian.
3. Pengertian "benar" di sini perlu dimengerti menurut konsep filsafat ilmu, yakni benar sejauh memadai secara empirik. Artinya tidak ada jaminan bahwa suatu ketika tidak muncul teori lain yang akan menggugurkan teori tersebut.
4. Dalam komentar singkat, Dirac (1954, h. 268-269) memberi contoh pengalaman Schrödinger yang keliru menilai persamaan gelombangnya sendiri. Ia mengira persamaan itu salah karena tidak sesuai dengan eksperimen. Padahal, pada masa itu orang belum tahu tentang spin elektron sehingga Schrödinger juga tidak memperhitungkannya.
5. Dalam artikel berjudul "Pretty Mathematics", Dirac menjelaskan langkahnya. Ia menulis, "semata mencari matematika yang cantik. Di kemudian hari terbukti bahwa karya itu bisa diterapkan. Itu merupakan keberuntungan saja" (h. 603).
6. Lihat misalnya Daniel Z. Freedman, "Some Beautiful Equations of Mathematical Physics", *Dirac Lecture delivered at the International Centre for Theoretical Physics, Trieste, 19 November 1993*, CERN-TH.7367/94, July 1994, dalam [arXiv:hep-th/9408175v1](https://arxiv.org/abs/hep-th/9408175v1) 31 Aug 1994
7. Lihat komentar Graham Farmelo dalam "Physics + Dirac = Poetry", *The Guardian*, 21 Feb. 2002.
8. Copernicus punya keyakinan bahwa manusia dapat memahami rasionalitas alam. Keyakinan ini, ironisnya, justru dikhianati oleh sahabatnya sendiri, Andreas Osiander, yang mendesak Copernicus untuk menerbitkan karya heliosentriknya tetapi tahu bahwa karya itu akan punya dampak sosio-kultural. Dalam pengantar tanpa nama, Osiander menegaskan tugas astronom: bukan menjangkau kebenaran, tetapi hanya menyuguhkan hipotesis yang akan membuat perhitungan astronomis menjadi lebih sederhana dan lebih tepat. Dengan perkataan lain, Copernicus hanya menyediakan sebuah sarana matematis, bukan teori yang boleh jadi mengandung kebenaran tentang alam. Copernicus yang percaya bahwa kebenaran dapat ditemukan melalui penyelidikan rasional atas alam nampaknya tidak pernah sempat menyetujui pengantar Osiander, karena cetak biru *The Revolutionibus* disampaikan oleh Osiander ketika Copernicus sudah terbaring di ranjang kematian (1543).

9. Orang sebetulnya sudah lama menyadari betapa rumit dan tidak masuk akal model Ptolemeus. Ketika tabel sistem planet berdasarkan teknik komputasi Ptolomeus (Tabel Alfonsin) sedang dikerjakan (selesai tahun 1252), Raja Alfonso X berkomentar, "kalau saja Tuhan berkonsultasi dulu kepada saya sebelum merencanakan penciptaan, saya tentu bisa memberi sedikit masukan."
10. Pendapat bahwa komunitas ilmiah pada masa itu menerima sistem heliosentrik atas dasar pertimbangan estetik, juga bisa dilihat dalam Gingerich (1975) dan Westman (1990).
11. Untuk penjelasan mengenai proyektivisme dalam teori estetika lihat McDowell dalam Eva Schaper (ed.; 1983).
12. Persamaan sederhana ini mengungkap hal yang tidak terduga sebelumnya, yaitu bahwa materi ( $m$ ) dan energi ( $E$ ), dua entitas yang nampak amat berbeda, merupakan dua jenis pengejawantahan dari sesuatu yang sebetulnya sama. Akan tetapi diperlukan sesuatu yang luar biasa besar untuk mengonversi satu ke lainnya (pangkat dua kecepatan cahaya,  $c$ ). Sedikit simbol yang digunakan dalam persamaan itu ternyata merangkum berbagai bentuk konversi energi, mulai dari energi Matahari, ledakan bom nuklir di Hiroshima, sampai ledakan bintang di galaksi terjauh. Bandingkan dengan kaidah darwinisme sosial yang dirumuskan oleh Herbert Spencer (bedakan dengan teori Darwin) sebagai "*survival of the fittest*". Ungkapan sederhana ini digolongkan buruk karena hanya menjadi tidak bersifat tautologis setelah mengandalkan penjelasan bertapis.
13. Kebanyakan ilmuwan sepakat bahwa keindahan merupakan indikasi bahwa teori mendekati kebenaran. Simak Zee (1992, h. 816), "beberapa kali terjadi dalam sejarah fisika bahwa persamaan yang buruk, dan bukan yang indah, yang sesuai dengan eksperimen. Namun kemudian ternyata eksperimen tersebut tidak berjalan betul. Persamaan yang buruk terbukti salah. Beberapa kali juga ahli fisika menemukan bahwa persamaan yang buruk semata pendekatan saja dari sebuah persamaan yang lebih pasti dan indah. Contohnya adalah persamaan Newton yang terlihat tidak terlalu indah. Sekarang kita tahu bahwa persamaan dinamika Newtonian hanya merupakan pendekatan terhadap dinamika Einsteinian."
14. Maksudnya kesetangkupan hukum fisika, bukan kesetangkupan gejala yang dideskripsikan oleh hukum. Kesetangkupan intrinsik menyebabkan struktur tidak berubah sekalipun mengalami transformasi berupa rotasi, pemantulan, atau translasi. Lingkaran lebih setangkup dan ratah dibandingkan segi-4 karena terhadap lingkaran kita bisa melakukan rotasi dengan sudut berbeda-beda tanpa mengubah strukturnya. Rotasi, translasi, dan kesetangkupan spasial antara sisi kanan-kiri sebuah bentuk geometris masih termasuk jenis kesetangkupan sederhana dibandingkan dengan kesetangkupan yang terungkap dalam teori-teori fisika. Kesetangkupan misalnya terwujud dalam dualisme cahaya yang dirumuskan de Broglie  $\lambda = h / mv$ . Rumus ini menjalin sifat gelombang (sisi kiri tanda sama-dengan) dan sifat partikel (sisi kanan) yang ada pada cahaya. Secara ringkas bisa dikatakan bahwa kesetangkupan merupakan penyatuan elemen-elemen yang berbeda tetapi setara, sehingga tampak bahwa elemen berbeda namun setara (ekivalen) membentuk sebuah kesatuan yang tertata rapi.
15. Bdk. Harold Osborne, "Mathematical Beauty and Physical Science", *British Journal of Aesthetics*, Vol. 24, No. 4, Autumn 1984, h. 291-300. Lihat juga McAllister (1996).
16. Lihat Karlina Supelli, "Ilmuwan dan Problem Epistemik Ruangwaktu", *Diskursus* Vol. 4, No. 1, April 2005, h. 19-37. (Menyangkut analisis mengenai Poincaré, saya ingin menyampaikan

- penghargaan kepada Mark Aloysius untuk diskusi sangat menarik yang sering kami lakukan sepanjang 2006-2007).
17. Untuk diskusi singkat mengenai perdebatan maupun kesepakatan Poincaré dengan ilmuwan zamannya lihat catatan akhir no. 16.
  18. Ia membandingkan teori cahaya Fresnel dan Maxwell. Fresnel menyebut 'gerak' untuk sebuah gejala yang di kemudian hari disebut 'arus listrik' dalam teori elektromagnetik Maxwell. "Ketika relasi sudah kita ketahui...apa masalahnya mengganti sebuah ungkapan dengan ungkapan lain yang kita pikir nyaman untuk menata gejala" (1903, h. 160-161). Sebaliknya menyangkut relasi yang tidak berubah -yang ternyata melalui persamaan matematika dalam hukum fisika- ia menegaskan, "persamaan-persamaan ini menyatakan relasi, dan jika persamaan-persamaan tetap benar (sekalipun teori berganti—KS), itu karena relasi mempertahankan realitas (yang diekspresikan—KS). Mereka (persamaan-persamaan itu—KS) mengajarkan kepada kita bahwa ada relasi-relasi yang demikian di antara benda ini benda itu" (*ibid.*).
  19. Doktrin realisme struktural sebagaimana yang dianut Poincaré berisi tesis bahwa alam semesta (fisik) dan struktur matematis bersifat isomorfik (lihat Suppes, *Studies in Methodology and Foundation of Science: Selected Papers from 1951 to 1969* (Reidel: Dordrecht, 1969)
  20. Saya tidak mendiskusikan keberatan kaum Kantian yang akan menyatakan bahwa bukan alam, melainkan kapasitas subyek yang membuat alam terpahami. Sekalipun dalam pengalaman sehari-hari kita paham bahwa realitas tidak sesederhana logika matematika, namun andaian bahwa gejala alam dapat dimengerti berdasarkan sistem konseptual yang dibangun di atas premis keratahan, merupakan dasar bagi sains yang ditopang oleh matematika. Alasannya bisa bersifat metafisik seperti pada Leibniz, bisa juga psikologis bahwa manusia selalu didorong oleh gairah untuk mengerti dan mengerti dengan cara seratah mungkin. Matematika memberi jalan bagi gairah ini.
  21. Sosiolog sains misalnya menegaskan bahwa tidak ada beda teori, hukum, observasi, dengan nilai-nilai sosio-kultural yang dominan dalam sebuah komunitas ilmiah. Mereka mengatakan bahwa apa yang dipertimbangkan sebagai bukti ilmiah, akan bergantung pada komitmen nilai-nilai sosio-kultural yang berlaku dalam komunitas tersebut. Lihat Nelson, L. H., *Who Knows: From Quine to Feminist Empiricism* (Philadelphia: Temple University Press, 1990).
  22. Ungkapan ini saya pinjam dari Richard Kitchener, "Towards a Critical Philosophy of Science" (1992, h. 7).
  23. Saya membedakan alam semesta dan Alam Semesta, untuk membedakan dimensi ontik dan dimensi epistemik.
  24. Lihat refleksi Louis Leahy yang mengkritik penafsiran semacam itu dalam "Permulaan Alam Semesta dan Paham Penciptaan", *Diskursus*, Vol. 6, No1 (April 2007), h. 51-60.
  25. Model standar masih mengalami problem, yaitu problem horizon dan problem kedataran (*flatness problem*). Model inflasi diajukan sebagai solusi bagi problem itu kendati sampai sekarang belum ada dukungan empirik bagi inflasi dan terutama pemahaman mengenai daya penggerakannya. Bagi kebanyakan kosmolog dan ahli fisika partikel, pertanyaannya adalah apakah daya fisika penggerak inflasi? Inflasi diduga diakibatkan oleh sebuah (atau dua, atau tiga?) medan skalar, padahal kita belum tahu potensial dari medan skalar tersebut. Dengan perkataan lain, model inflasi masih sepenuhnya bersifat *ad hoc*. Model ini menarik karena

- membuka kemungkinan alam semesta hadir melalui fluktuasi kuantum. Ini berbeda dengan model standar yang didukung oleh data empirik (kelimpahan elemen dalam alam semesta, pergerakan menjauh galaksi-galaksi, dan radiasi latar bergelombang mikro).
26. Ini prinsip yang diajarkan Einstein secara a priori (sebagai postulat) untuk membatasi jumlah solusi yang diperkenankan bagi persamaan medan TKU. Einstein mengandaikan alam semesta takhingga; di dalamnya agihan materi bersifat serbasama di semua tempat (homogen) dan di segala arah (isotropik). Alasan di belakang postulat ini sederhana. Bagi Einstein, alam semesta yang tidak serbasama pada skala besar sangat *absurd* (Peebles, 1993, h. 16). Radiasi latar bersifat mikro yang ditemukan tahun 1965 mendukung prinsip kosmologi, dengan memperlihatkan variasi kurang dari 1:100.000 (dikukuhkan lagi oleh COBE, 1992).
  27. Ada perbedaan mendasar antara energi gelap dan materi gelap. Materi gelap bersifat menarik sementara energi gelap menolak. Hipotesis materi gelap muncul dari kebutuhan untuk menjelaskan ketidaksesuaian antara massa gravitasi dan massa obyek-obyek teramat dalam alam semesta (galaksi dan gugus galaksi). Perhitungan menunjukkan bahwa tarikan gravitasi yang diterima objek-objek tersebut lebih besar daripada yang bisa dihasilkan oleh objek-objek 'terang' tersebut. Sedangkan hipotesis energi gelap dipertukan untuk menjelaskan laju percepatan ekspansi alam semesta yang sampai saat ini belum bisa dijelaskan oleh teori-teori yang ada.
  28. Materi gelap terdeteksi pertama kali dalam gugus galaksi 1E 0657-56. Masalahnya, alih-alih mendukung prediksi teori, hasil observasi justru melawannya. Di tempat ditemukan sejumlah besar materi gelap, yakni di pusat gugus, justru hanya ada sedikit galaksi. Sementara di wilayah yang tampak kaya akan galaksi, hanya ada sedikit materi gelap. Teori menghitung bahwa keduanya akan berbanding lurus.
  29. Kecermatan adalah kondisi ketika semua parameter penting dalam sebuah model sudah berhasil ditentukan secara cermat, sedangkan ketepatan menunjuk ke model atau teori yang sudah berhasil diuji secara cukup ketat untuk menunjukkan kedekatannya dengan realitas (Peebles, 2002, h. 1).
  30. Apakah status ilmiah kosmologi akan terpengaruh? Ini perdebatan lama yang belum selesai bahkan sampai hari ini (lihat Disney, 2000). Berpandu ke filsafat ilmu mungkin bisa sedikit membantu. Sejauh dasar-dasar filosofisnya telah tertata dengan jernih, kosmologi adalah sains. Dasar tersebut bersifat ontologis (bagaimana ruangwaktu lengkung, keberhinggaan, dawai, dsb akan ditafsirkan secara realistik: konsep teoretik macam apa yang punya eksistensi aktual), epistemologis (problematika peran teori dalam hubungannya dengan realitas: apakah sumber yang sah bagi pengetahuan ilmiah?), dan metodologis (prosedur bagaimanakah yang sah untuk membangun teori-teori kosmologi, ketika dalam kosmologi uji empirik sedemikian sukar dijalankan). Sepanjang tahun 1930an sampai awal 1940, berlangsung perdebatan ketat menyangkut status Kosmologi sebagai sains, tetapi kemudian diselesaikan oleh McCrea (1939) dan Bondi (1960). Perdebatan itu dapat dilihat dalam *Nature* (1938) 141: 21-28, *Nature* (1937) 139: 784-786, *Nature* (1932) 130: 9, *The Observatory* (1934), 57: 24-27 dan *ProcRoySoc* (Edinburg, 1937) 63: 10-24, *Philosophy of Science* (1939) 6: 137-162.
  31. Alternatif yang lebih moderat adalah memodifikasi TKU dalam skala kecil (energi tinggi), selanjutnya skala besar akan menata diri dengan sendirinya. Akan tetapi intinya adalah

- gravitas bisa dimodifikasi tanpa perlu mengubah seluruh fisika gravitasi. Bagi ilmuwan ini lebih menantang daripada mengandalkan hal-hal 'gelap' karena artinya secara kualitatif memang ada yang baru yang tersingkap mengenai cara kerja alam.
32. Lihat Michael Heller (1992), 76. Untuk perkembangan kosmologi observasional lihat juga Bertotti, e.al (1990), Part I Ch. I.
  33. Ini merujuk ke jurang yang terbentuk antara bahasa teoretik dan bahasa empirik. Dalam astrofisika, jurang ini misalnya terbentuk antara pernyataan teoretik mengenai lubang hitam (*black hole*) dan pernyataan yang terbentuk dari kemampuan teknis piranti observasi sinar-X, atau antara konsep materi gelap dan sarana observasi yang tersedia. Jurang ini tidak selalu merupakan perkara kecanggihan teknologi observasi, karena secara konseptual ada kawasan yang tidak akan mungkin diamati akibat pembatasan kecepatan cahaya.
  34. Betapapun canggih piranti observasi, himpunan data tidak pernah cukup untuk menentukan struktur ruang yang bisa menjelaskan sejarah alam semesta. Sementara, tidak semua unsur dalam model yang dibangun dapat dihubungkan langsung ke gejala observasi (bdk. Heller, 1992 & Bertotti, 1990). Pernyataan bahwa jantung sains adalah observasi dan eksperimen, hanya ada dalam legenda tentang sains. Dalam prakteknya, ilmuwan hampir selalu berhadapan dengan lebih dari satu model yang semuanya setara secara empirik.
  35. Diskusi mengenai hal ini bisa dilihat dalam Milton K. Munitz. "Kantian-Dialectic and Modern Scientific Cosmology". *The Journal of Philosophy*, Vol. 48, No. 10. (May 10, 1951), h. 325-338.
  36. Transisi fasa berlangsung pada masa awal alam semesta. Transisi ini bisa dianalogikan dengan transisi uap yang didinginkan menjadi air dan akhirnya beku menjadi es. Sebelum transisi fasa, interaksi elektromagnetik, interaksi lemah dan interaksi kuat terejawantahkan sebagai gaya tunggal (kondisi kesetangkuhan) yang kemudian pecah (*symmetry breaking*). Transisi selesai ketika usia alam semesta sekitar 0,0001 detik (lihat Liddle & Lyth, 2000, 35).
  37. Atom tidak akan pernah terbentuk jika kurang dari sedetik sesudah *big bang*, alam semesta 'memilih' laju pemuaiannya sedikit lebih lambat atau lebih cepat daripada yang faktanya terjadi.
  38. Pertama kali dimunculkan oleh Brandon Carter (1974). Untuk detail muasal dan perkembangannya lihat J.D. Barrow dan F.J. Tipler, "*The Anthropic Cosmological Principle*" (Oxford: Oxford University Press, 1983). Tanpa kajian epistemologis dan metodologis yang memadai, prinsip ini dengan cepat akan membawa orang ke penafsiran terlalu besar seolah alam ada untuk manusia.
  39. Gagasan ini memberi alasan bagi Leibniz, dalam suratnya kepada Puteri Caroline (1715; dalam Fara, 2002, h. 113), untuk mengolok-olok Newton. Betapa "tidak sempurna mesin ciptaan Tuhan sehingga perlu terus-menerus dikoreksi". Newton mempertimbangkan komet sebagai sarana Tuhan untuk mengoreksi tatasurya dan dengan cara ini ia tidak secara mentah memasukkan Tuhan ke dalam hukum-hukum dinamika, karena ia percaya bahwa intervensi Tuhan berlangsung ketika pengalaman langsung justru menampakkannya seolah sebaliknya (Qu 31). Kepada John Conduitt ia pernah mengatakan bahwa walaupun tatasurya mengalami deformasi, Tuhan akan mereformasinya (1724, dikutip dalam Kubrin, 1967, h. 333). Dalam surat kepada Bentley ia menyampaikan ide mengenai alam semesta yang berulang sepanjang masa, di mana Bumi baru terlahir kembali dari Bumi lama (*ibid.*, h. 344).

40. Merujuk ke judul puisi Emily Dickinson, "Sic transit gloria mundi" (Feb 20 1852).
41. Georges Lemaître, "The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory", *Nature* (1931)127:706; lihat juga *The Primeval Atom: An Essay on Cosmogony* (New York: Van Nostrand, 1950).
42. Saya merujuk ke Stephen Hawking dalam wawancara dengan Dennis Overbye (1999, h.119). Hawking mengatakan, "singularitas adalah kondisi fisika yang paling dekat dengan Tuhan. Singularitas adalah Tuhan". Ia menunjuk ke kondisi ekstrim alam semesta ketika ruang waktu menuju nol dan semua hukum fisika yang dikenal gagal. Selain di *big bang*, singularitas juga ada dalam lubang hitam.
43. Saya berterima kasih kepada rekan Dr. B. Herry-Priyono yang membantu saya merumuskan 'persaingan' ini sebagai "*The Ontology being competed by so many epistemologies*", Maret 2003. Ontologi menunjuk ke Ada dan epistemologi ke pengetahuan tentang Ada.
44. Ia menulis dalam konteks teori *Steady State* yang menolak *Big Bang*. Melalui *Steady State* "*the problem of creation*" diselesaikan dalam lingkup penyelidikan fisika (Bondi, 1961, h.140, 143, 150). Untuk refleksi atas masalah ini lihat Leahy dalam *Diskursus* (April 2007), h. 51-60.
45. Dikutip dari Carl Feith "A Revealed but Hidden God" dalam Russell Stannard (ed), *God for the 21st Century* (Metanexus: 2000), 30.
46. Merujuk ke Filsafat Ilmu, status ilmiah Kosmologi terpenuhi sejauh dasar-dasar filosofisnya telah tertata dengan jernih.
47. Ungkapan ini saya maksudkan untuk posisi epistemik model Poincaré yang selama ini disebut "konvensionalisme" namun sebetulnya sangat mengecoh karena ia tidak memaksudkan sains sepenuhnya berisi konvensi (untuk penjelasan panjang lebar mengenai konvensionalisme Poincaré, lihat Ben-Menahem, 2006). Sebagian kosmologi adalah hasil konvensi, namun sebagian lain bertumpu ketat di atas data empirik. Ini pula situasi epistemologis kebanyakan sains. Sebutan empirik-konstruktif saya pergunakan pertama kali tahun 1997 (Karlina Supelli, "Kosmologi Empirik Konstruktif: Suatu Telaah Filsafat Ilmu atas Asas Antropik Kosmologis", tidak diterbitkan).

## Daftar Pustaka

- Ben-Menahem, Y., *Conventionalism* (Cambridge: Cambridge University Press, 2006).
- Bertotti, B., Balbinot, R., Bergia., Messina. *Modern Cosmology in Retrospect* (Cambridge: Cambridge University Press, 1990)
- Brandon Carter, "The Large Number Coincidences and the Anthropic Principles", IAU Symposium No. 63: *Confrontation of Cosmological Theories and Observational Data*, ed. Longair (Dordrecht: Reidel, 1974).
- Brumfiel, G. "Outrageous Fortune". *Nature* 493 (5 Januari 2006), pp. 10-12.
- Carroll, Sean. "Dark Matter is Real." *Nature/Physics*, Vol. 2 (Oktober 2006), 653-654, [www.nature.com/naturephysics](http://www.nature.com/naturephysics) (akses 21/04/07, Durham, UK ).
- Carroll, Sean. "Filling in the Gap." *Nature* (2003), 26-27 (akses 21/04/07; Durham, UK).

- Clowe, D., et.al., "A Direct Empirical Proof of the Existence of Dark Matter", [arXiv:astro-ph/0608407v1](https://arxiv.org/abs/astro-ph/0608407v1) 19 Aug 2006.
- Cohen, B. I., *Isaac Newton's Papers and Letters on Natural Philosophy and Related Documents* (Cambridge: Cambridge University Press, 1958).
- Copernicus, Nicholas, *On The Revolutions of The Heavenly Spheres*, terj. Charles Glenn Wallis dalam Mortimer J. Adler, ed., *Great Books of the Western World* (Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1996 [1543]), Vol. 15, pp. 505-838.
- Dampier, W.C., *A History of Science and its relations with Philosophy and Religion* (Mass: Cambridge UP, 1989).
- de Sitter, W., *Nature* 127 (1931): 708.
- Dirac, P.A.M., "Logic or Beauty?" *The Scientific Monthly*, Vol. 79, No. 4. (Oct., 1954), pp. 268-269. <http://links.jstor.org/sici?sici=0096-3771%28195410%2979%3A4%3C268%3ALOB%3E2.0.CO%3B2-I> (akses terakhir 28/08/07)
- Dirac, P.A.M., "Pretty Mathematics", *International Journal of Theoretical Physics*, Vol. 21, Nos. 8/9, 1982, pp. 603-605.
- Dirac, P.A.M., "The Evolution of the Physicists' Picture of Nature", *Scientific American*, May 1963.
- Disney, M. J., "The Case Against Cosmology", *General Relativity and Gravitation*, Vol. 32, No. 6, 2000.
- Dyson, F., *Disturbing the Universe* (London: Pan Books, 1979).
- Einstein, A., *Ideas and Opinions, based on Mein Weltbild*, ed. Carl Seelig (New York: Bonzana Books, 1954 [1935]).
- Einstein, A., *The World as I See It* (Philosophical Library, New York, 1949)
- Ellis, G.F.R. & J.J. Perry, "Toward a Correctionless Observational Cosmology", *M.N.R.A.S.* (1979) 187: 357-370.
- Ellis, G.F.R. *Physic Report* (1985) 124: 315-417.
- Fara, P. Newton, *The Making of Genius* (London: MacMillan, 2002).
- Farmelo, G., *It Must Be Beautiful* (London: Granta Books, 2003).
- Greene, B., *The Elegant Universe* (New York: Vintage Books, 1999).
- Haldane, J.B.S, *Nature* 158 (1944): 555.
- Haldane, J.B.S., *Nature* 139 (1937): 1002.
- Husserl, E., *The Crisis of European Sciences*. terj. David Carr (Evanston: Northwestern University Press, 1986).
- Jammer, M., *Einstein and Religion* (Princeton: Princeton University Press, 1999).
- Krauss, L.M., Scherrer, R.J., "The Return of a Static Universe and the End of Cosmology", [arXiv:0704.0221v3](https://arxiv.org/abs/astro-ph/0704.0221v3) [astro-ph] 27 Jun 2007.

- Kubrin, D., "Newton and the Cyclical Cosmos: Providence and the Mechanical Philosophy", *Journal Of the History of Ideas*, Vol. 28, No. 3 (Jul ñ Sep, 1967), pp. 325-346.
- Kuhn, T., *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought* (Cambridge: Harvard University Press, 1957).
- Kuhn, T., *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: Chicago University Press, 1970 [1962]).
- Liddle, A.R., Lyth, D.H., *Cosmological Inflation and Large-Scale Structure* (Cambridge University Press, 2000).
- Lindsay, R. B., "The Meaning of Simplicity in Physics", *Philosophy of Science*, Vol. 4, No. 2. (Apr., 1937), pp. 151-167.
- Lindsay, R.B., "The Meaning of Simplicity in Physics", *Philosophy of Science*, Vol. 4, No. 2. (Apr., 1937), pp. 151-167. <http://links.jstor.org/sici?sici=0031-8248%28193704%294%3A2%3C151%3ATMOSIP%3E2.0.CO%3B2-Z> (akses terakhir 2/06/07).
- Mach, E., *The Science of Mechanics*, terj. Thomas J. McCormack (La Salle: Open Court, 1960 [1883]).
- Mahdavi, A., et.al., "A Dark Core in Abell 520", arXiv:0706.3048v1 [astro-ph] 20 Jun 2007.
- McAllister, J.W., *Beauty and Revolution in Science* (Ithaca: Cornell University Press, 1996).
- Newton, I., *Opticks or a Treatise of Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light* Preface by I.B. Cohen, Intro. E.T. Whittaker ( New York: Dover, 1952 [1706]).
- Newton, I., *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, terj. Andrew Motte dengan revisi Florian Cajori (1934 [1687]) dalam *Great books of The Western World*, ed. M. Adler (Encyclopaedia Britannica, 1996) Volume 32.
- Overbye, D., *Lonely Hearts of the Cosmos* (Boston: Little Brown & Co., 1999).
- Papineau, D., *The Philosophy of Science* (Oxford: Oxford University Press, 1996).
- Peebles, P.J.E., "Cosmology: The Nature of the Universe Debate. Is Cosmology Solved? An Astrophysical Cosmologist's Viewpoint", *Publications of The Royal Astronomical Society of the Pacific* (March, 1999) 111:274-284.
- Peebles, P.J.E., "From precision cosmology to accurate cosmology", ePrint: astro-ph/0208037, Agustus 2002 (akses 22/04/07, Durham, UK).
- Peebles, P.J.E., *Principles of Physical Cosmology*, Princeton Series in Physics (Princeton University Press, 1993).
- Penrose, R., *The Emperors New Mind* (Oxford: Oxford University Press, 1990).
- Poincaré, H., "Science and Hypothesis" terj. W.S. Greenstreet dalam *The Value of Science: Essential Writings of Henri Poincaré* (New York: The Modern Library, 2001 [1903])

- Poincaré, H., "Science and Method" terj. Francis Maitland dalam *The Value of Science: Essential Writings of Henri Poincaré* (New York: The Modern Library, 2001 [1908]).
- Poincaré, H., "The Value of Science", terj. George Bruce Halsted dalam *The Value of Science: Essential Writings of Henri Poincaré* (New York: The Modern Library, 2001 [1905])
- Popper, K., *Conjecture and Refutations* (London: Routledge, 1965)
- Reichenbach, H., *The rise of scientific philosophy* (Berkeley: University of California Press, 1951)
- Siegel, H., "What Is the Question concerning the Rationality of Science?" *Philosophy of Science*, Vol. 52, No. 4. (Dec., 1985), pp. 517-537. <http://links.jstor.org/sici?sici=0031-8248%28198512%2952%3A4%3C517%3AWITQCT%3E2.0.CO%3B2-Z>
- Smolin, L., *The Life of the Cosmos* (Oxford: Oxford University Press, 1997)
- Teilhard de Chardin, P. *The Phenomenon of Man* (New York: Harper & Row, 1969).
- Weinberg, S., *Towards the Final Laws of Physics: The 1986 Dirac Memorial Lecture* (Scientific Consulting Services, 1999)
- Wheeler, J., *Dreams of A Final Theory* (London: Vintage, 1993)
- Wilson, E. O., *On Human Nature* (Harvard university Press, 1978)
- Zee, A., "Symmetry and the Search for Beauty in Modern Physics", *New Literary History*, Vol. 23, No. 4, *Papers from the Commonwealth Center for Literary and Cultural Change* (Autumn, 1992), pp. 815-838. <http://links.jstor.org/sici?sici=0028-6087%28199223%2923%3A4%3C815%3ASATSBF%3E2.0.CO%3B2-M> (akses terakhir 24/08/07)
- Zwiebach, B., *A First Course in String Theory* (Cambridge University Press, 2004)