

Reduksionisme, Prinsip Antropik, dan Sains yang Religi

Oleh: Terry Mart

Beberapa belas tahun silam, ketika saya sedang *window-shopping* di pusat perbelanjaan Hauptwache di kota Frankfurt, Jerman, saya berpapasan dengan serombongan orang yang semula saya duga keluarga imigran pencari suaka. Dugaan saya ternyata meleset, karena sang “kepala keluarga” memperkenalkan dirinya seraya menanyakan pekerjaan saya. Saya katakan bahwa saya seorang fisikawan. Kebetulan sekali, balasnya, karena ia memiliki pertanyaan sederhana namun sangat penting, yakni: apa yang akan terjadi seandainya muatan elektron sedikit lebih kecil dari nilai semestinya. Saya sempat terkejut, namun saya segera sadar bahwa pertanyaan semacam ini bernuansa filosofis atau religius. Saya jawab: sangat dramatis, tidak akan ada atom, molekul, kehidupan, bahkan planet dan galaksi seperti yang kita kenal saat ini. Benar saja, belum selesai saya menjawab, ia langsung mengeluarkan serta menawarkan beberapa buku tentang ajaran sekte agama tertentu yang sedang ia promosikan.

Kini, belasan tahun setelah kejadian tersebut berlalu, di hadapan saya terhampar dua artikel ilmiah populer tulisan dua peraih Nobel fisika terkenal, Steven Weinberg dan Frank Wilczek. Dengan menggunakan perumpamaan yang mirip: “seandainya muatan atau massa elektron...”, kedua fisikawan besar ini membahas *kemandegan* pengembangan teori *superstring*, teori yang dipercaya banyak ilmuwan sebagai kandidat Teori Segalanya (*Theory of Everything* atau TOE). Weinberg adalah salah seorang peraih Nobel untuk perumusan Model Standar (bersama Abdus Salam dan Sheldon Glashow), suatu model yang menghimpun sekumpulan persamaan matematis yang menjelaskan semua gaya yang dikenal manusia, kecuali gaya gravitasi.



Steven Winberg (kiri) dan Frank Wilczek (kanan). Foto-foto diunduh dari internet.

Frank Wilczek memperoleh Nobel fisika tahun 2004 untuk jasanya memecahkan masalah pelik dalam teori Kromodinamika Kuantum, teori yang menjelaskan mengapa zarah terkecil yang disebut *quark* tidak pernah lepas dari proton atau netron.

Dari pengalamannya, Weinberg merasa perkembangan fisika saat ini sedang mengalami semacam titik balik (*turning point*) karena *kemandegan* yang terjadi telah memberi angin segar pada Prinsip Antropik sebagai alternatif penjelasan hakiki fenomena alam dari skala femtoskopik (ukuran zarah) hingga makroskopik (ukuran jagat raya). Berbeda dengan tradisi

yang selama ini berlaku di ranah fisika teori, Prinsip Antropik sangat mengedepankan pengamat, dalam hal ini agen intelektual, sebagai agen penting yang menentukan proses sekaligus hasil akhir dari fenomena fisika.

Sementara itu, Frank Wilczek menggarisbawahi beberapa faktor yang menumbuhkan keraguan pada fisikawan tentang keberadaan garis *finish* dari upaya ratusan tahun pencarian persamaan matematika terakhir yang dapat menjelaskan segalanya. Pada dasarnya faktor-faktor tersebut muncul secara alami sebagai konsekuensi pengembangan teori fisika yang selalu bersifat parsial. Titik-titik keberhasilan menyebar di beberapa tempat, namun upaya untuk menghubungkan titik-titik tersebut menjadi kesuksesan akbar tampaknya mustahil dilakukan saat ini. Wilczek menganggap bahwa Prinsip Antropik yang berbau religius tersebut relatif alami. Baik Wilczek maupun Weinberg sepakat untuk tetap “membuka hati” terhadap prinsip ini sebagai salah satu alternatif jalan keluar *kemandegan*, meski mereka memiliki cara pandang berbeda.

Reduksionisme dan Teori Superstring

Reduksionisme merupakan aliran yang memandang bahwa sistem kompleks di alam ini dapat direduksi menjadi sistem-sistem yang lebih sederhana atau malahan menjadi sistem paling fundamental. Ide ini pertamakali diperkenalkan oleh Descartes di awal abad ke 17 dan telah menjadi bagian integral dari prinsip pengembangan sains selama hampir empat abad. Meski saat itu Descartes menempatkan manusia pada posisi holistik, ide reduksionisme kini telah berkembang jauh dan bahkan telah menampik campur tangan supranatural dalam penjelasan fenomena-fenomena alamiah.

Reduksionisme dianggap sebagian ilmuwan dapat menyatukan semua sisi sains. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa fenomena kimia dapat dijelaskan oleh hukum-hukum fisika, fenomena di bidang biologi dijelaskan oleh reaksi-reaksi kimia, psikologi dapat dijabarkan oleh biologi, sosiologi didasarkan pada psikologi, dan seterusnya.

Di dalam fisika, pertanyaan paling hakiki yang ingin dijawab adalah: seperti apa bahan dasar (*building block*) penyusun jagat raya ini, serta bagaimana cara mereka berinteraksi. Selama ratusan tahun pertanyaan ini telah dicoba untuk dijawab. Semula diduga bahwa elektron, proton, dan neutron merupakan zarah-zarah terkecil yang dicari ilmuwan. Namun, dengan ditemukannya akselerator-akselerator modern, diperoleh ratusan zarah yang jelas menunjukkan bahwa mereka bukanlah bahan dasar yang dicari.

Pada tahun 60an diperkenalkan zarah hipotetik (semata-mata hipotesis) yang disebut *quark*. Melalui konsep ini jumlah zarah dapat direduksi secara dramatis menjadi enam quark serta beberapa *lepton* dan zarah-zarah *tera*. Tentu saja pencapaian ini belum memuaskan hati para ilmuwan.

Di sektor interaksi antar zarah, gaya listrik dan magnet telah lebih dahulu direduksi oleh Maxwell menjadi gaya elektromagnetik. Salam dan Weinberg selanjutnya menggabungkan gaya ini dengan gaya nuklir lemah menjadi apa yang disebut sebagai gaya elektrolemah. Selanjutnya, dalam Model Standar gaya nuklir kuat dapat juga diperhitungkan. Tinggalah gaya gravitasi yang masih sulit untuk dijelaskan, meski gaya ini sangat dikenal dalam kehidupan sehari-hari.

Pada era 70an teori *supergravity* diduga dapat menyelesaikan masalah ini. Namun ide ini segera tergantikan oleh ide *superstring* yang dipopulerkan oleh fisikawan John Schwarz dan Michael

Green. Formulasi matematikanya yang sangat rumit diselesaikan oleh fisikawan matematis Edward Witten dari Universitas Princeton.

Sekitar tahun 1984 konfirmasi besar-besaran terhadap kesuksesan teori ini berdatangan. Ide ini dengan cepat merambat ke seluruh dunia karena isu yang menyertainya tidak lain adalah Teori Segalanya. Bahkan para pendukung teori ini memperkenalkan kalender baru; tahun 1984 adalah tahun ke nol, tahun penemuan terpenting setelah mekanika kuantum.



Lee Smolin (kiri) dan Edward Witten (kanan). Foto-foto diunduh dari internet.

Teori *superstring* merupakan sebuah proposal yang mendasarkan fisika pada kawat (*string*) dua dimensi yang bergetar pada ruang-waktu berdimensi sepuluh. Keenam dimensinya melengkung dan kemungkinan berukuran sangat kecil sehingga kita hanya dapat merasakan empat dimensi ruang-waktu. Mode-mode getaran kawat ini menghasilkan semua zarah yang teramati dalam eksperimen. Selain itu, teori ini berhasil menyatukan keempat gaya di dalam alam, karena medan gravitasi secara alami muncul di dalam teori tersebut.

Kritik Terhadap Teori *Superstring*

Dibalik semua kesuksesannya, teori *superstring* mengalami masalah serius. Teori ini belum dapat dianggap sebagai teori ilmiah jika kita menggunakan standar Karl Popper!

Pertama, teori ini melibatkan persamaan-persamaan matematika yang sangat kompleks, sehingga solusi realistik sangat sulit diperoleh. Kedua, energi yang diperlukan untuk membuktikan kebenaran teori ini terlalu tinggi, jauh di luar kemampuan umat manusia saat ini dan kemungkinan besar juga di masa mendatang. Ketiga, baru-baru ini ditemukan bahwa teori *superstring* dapat memiliki solusi luar biasa banyak. Diperkirakan jumlahnya berorde 10^{100} (sepuluh pangkat seratus) hingga 10^{500} (sepuluh pangkat lima ratus). Leonard Susskind menyebut solusi ini sebagai bentangan string (*string landscape*). Solusi yang berbeda dapat menghasilkan jagat raya berbeda, sehingga muncul kemungkinan multi jagat raya (*multiverse*). Keempat, karena teori ini (jika benar ada) secara virtual dapat menjelaskan “segalanya”, teori *superstring* tidak dapat difalsifikasi, salah satu kriteria dasar teori ilmiah yang pernah diajukan Popper dan masih dianut hingga kini.

Dalam buku terbarunya yang berjudul *The Trouble with Physics: the Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next*, fisikawan Lee Smolin dengan keras mengkritik teori *superstring* sebagai teori yang telah gagal menghasilkan ramalan-ramalan yang dapat diperiksa oleh eksperimen. Bahkan, beberapa pendukung teori ini telah berusaha untuk mengubah paradigma yang berlaku di dalam sains dengan menganggap bahwa teori ini tidak perlu melalui pengujian ilmiah.

Smolin mencatat, problem utama teori *superstring* adalah kenyataan bahwa teori ini belum tergolong teori yang baik, bahkan semata-mata merupakan program penelitian bercakupan lebar. Akibatnya, apa yang dihasilkan tidak lain adalah aproksimasi serta dugaan (konjektur). Bagi Smolin, selama belum terbukti, penyatuan gravitasi dengan ketiga gaya lainnya merupakan dugaan semata.

Yang paling parah adalah propaganda para teoretikus *superstring* yang menganggap studi alternatif terhadap teori ini tidak berguna dan secara arogan menggunakan istilah “Popperazzi” pada siapa saja yang kritis terhadap *superstring*. Dengan asumsi bahwa teori ini selalu benar, *superstring* telah mendominasi penerimaan staf akademis di banyak institusi selama lebih dari 30 tahun, meski selama itu ia tidak mampu menghadirkan sekeping prediksi yang dapat diperiksa oleh eksperimen.

Prinsip Antropik

Di dalam kosmologi prinsip antropik pertama kali dipakai oleh Brandon Carter pada simposium bertema “Konfrontasi Teori-teori Kosmologi dengan Data Pengamatan” pada tahun 1973. Meski ada beberapa varian, secara umum prinsip ini menyatakan bahwa nilai-nilai parameter fisika dan kosmologi yang teramati dibatasi oleh kebutuhan bagi eksistensi si pengamat. Dengan kata lain, jagat raya harus memiliki kondisi yang memungkinkan berkembangnya kesadaran intelektual yang dapat mengamatinya.

Prinsip antropik telah dicoba diterapkan pada beberapa bidang yang masih menjadi bahan perdebatan seperti mekanika kuantum, teori inflasi Big Bang, dan teori *superstring*. Karena sifat *inherennya*, prinsip antropik membutuhkan “variasi” disekitar apa yang “teramati”. Akibatnya, prinsip ini melahirkan konsep-konsep spektakuler yang lebih dekat dengan fiksi ketimbang ilmiah, misalnya konsep multi jagat raya. Namun karena konsep ini juga muncul pada teori *superstring* dan mekanika kuantum, prinsip antropik menjadi bahan perdebatan di komunitas ilmiah, meski jurnal-jurnal ilmiah ternama seperti *Astrophysics Journal* semula menolak menerbitkan riset di bidang ini.

Kegagalan Reduksionisme dan Kemenangan Prinsip Antropik

Selain kelemahan teori *superstring*, Wilczek juga mencatat beberapa hal yang menambah keraguan fisikawan terhadap eksistensi Teori Segalanya. Hukum-hukum fisika dikenal bersifat universal, tidak dibatasi oleh ruang dan waktu. Jadi, jika teori tersebut benar-benar ada, maka ia akan berlaku kapan dan di mana saja. Namun beberapa fakta berikut sangat mengganggu:

Pertama, medium kosmik kebanyakan diisi oleh ruang hampa (*vacuum*). Namun *vacuum* sendiri bukanlah tempat yang sunyi dari hingar-bingarnya proses fisika. Sejak ditemukannya antizarah, *vacuum* dikenal sebagai medium yang dinamis, penuh dengan kesibukan penciptaan dan pemusnahan pasangan zarah-antizarah, medan-medan *symmetry-breaking*, serta zarah virtual lainnya. Medium material yang kita kenal sehari-hari dalam fisika zat padat memiliki

fase berbeda-beda serta mengandung cacat dan inhomogenitas. Mengapa hal ini tidak mungkin terjadi pada medium kosmik?

Kedua, dalam mekanika kuantum fungsi gelombang suatu objek umumnya menggambarkan beberapa sifat berbeda dengan peluang berhingga. Mengapa hal ini tidak mungkin untuk fungsi gelombang jagat raya?

Ketiga, dalam teori *Big Bang* jagat raya diawali oleh ledakan tunggal singular (singular di sini berarti bahwa, kecuali ukuran spasial, semua kuantitas menuju tak berhingga pada saat ledakan) yang sifat-sifat alaminya tidak begitu diketahui. Mengapa ledakan ini tidak mungkin terjadi berkali-kali dan dalam bentuk berbeda-beda?

Jika diamati secara seksama, terungkap bahwa parameter-parameter fisika fundamental memiliki nilai yang rumit. Contohnya, muatan elektron yang bernilai $-1,602176462 \times 10^{-19}$ Coulomb atau massa elektron yang nilainya $9,10938188 \times 10^{-31}$ kilogram. Rasanya sangat mustahil jika semua nilai-nilai semacam ini dapat dihasilkan dari satu teori tunggal yang sederhana.

Namun yang paling mengganggu adalah fakta bahwa nilai-nilai parameter tersebut seolah-olah ditala secara halus (*fine-tuned*) pada nilai-nilai tertentu yang memungkinkan berkembangnya kehidupan diiringi kesadaran intelektual yang pada akhirnya dapat menyadari eksistensi parameter tersebut. Seandainya saja elektron sedikit lebih ringan, maka elektron dan proton dalam atom akan bergabung menjadi netron (plus neutrino). Alam semesta yang melulu berisi netron tentu saja tidak dapat menyangga reaksi kimia yang mendukung kehidupan. Sebaliknya jika massa netron sedikit lebih ringan, *deuterium* tidak akan terbentuk, reaksi fusi pada bintang tidak akan menghasilkan energi pendukung kehidupan yang kita kenal saat ini.

Penalaan-halus (*fine-tuning*) nilai-nilai parameter fisika merupakan salah satu argumen teologi dari kekuatan supranatural pencipta jagat raya. Menurut argumen ini pencipta jagat raya menala secara hati-hati nilai-nilai parameter yang dibutuhkan oleh hukum alam, atau, hukum alam didisain secara hati-hati untuk memiliki solusi unik dengan nilai-nilai parameter yang kini teramati oleh umat manusia.

Dalam biologi, argumen analog adalah seleksi alamiah dalam teori evolusi Darwin. Semua kehidupan di atas bumi berusaha untuk beradaptasi dengan nilai-nilai parameter yang sudah ditentukan. Hanya mereka yang mampu beradaptasi akan tetap *survive*.

Dalam bidang kimia, pertanyaan paling fundamental, yaitu mengapa keberadaan atom-atom tertentu seperti Hidrogen begitu berlimpah di jagat raya ini dibandingkan dengan atom-atom lain, jelas dapat dengan mudah dijawab oleh prinsip penalaan-halus ini.

Problem bentangan *string* (*String Landscape*) juga dapat diselesaikan. Melalui seleksi alamiah hanya satu dari 10^{500} solusi yang mampu untuk memunculkan pengamat yang dapat menyadari problem ini. Dengan kata lain, dari 10^{500} jagat raya yang mungkin, hanya satu yang akhirnya muncul dengan kesadaran intelektual yang diperlukan.

Penalaan-halus yang dijelaskan di atas tentu saja merupakan konsep prinsip antropik. Meski demikian, perdebatan yang dipicu oleh konsep ini tidak seindah dan semudah itu. Peraih Nobel fisika David Gross, misalnya, menyatakan membenci prinsip ini. Baginya, prinsip antropik merupakan kemunduran dalam sains, sementara pendukungnya ia anggap sebagai ilmuwan

yang terlalu cepat menyerah dalam mengejar cita-cita awal sains. Cukup banyak ilmuwan yang menganggap prinsip antropik jauh dari sains karena tidak dapat difalsifikasi.

Steven Weinberg menampik relasi antara prinsip antropik dengan keyakinan religius. Baginya sudah jelas bahwa adaptasi makhluk hidup dengan lingkungannya merupakan satu proses yang sangat alamiah. Analog untuk seleksi terhadap bentangan *string*.

Dibalik ini semua, debat tentang eksistensi multi jagat raya (yang merupakan konsekuensi alami problem bentangan string) mungkin yang paling menarik. Jika terbukti eksis, maka menurut Weinberg ada empat penjelasan mengapa jagat-jagat raya lainnya belum atau bahkan tidak dapat diamati, yaitu mungkin jagat-jagat raya tersebut terletak di lokasi yang berbeda, di era yang berbeda, di ruang-waktu (empat dimensi) yang berbeda, atau di ruang *Hilbert* (kuantum) yang berbeda. Keyakinan fisikawan juga bervariasi, bahkan ada beberapa yang sangat fanatik. Ambil contoh Martin Rees dan Andrei Linde yang terkenal kontribusinya dalam teori inflasi jagat raya. Bagi Rees, ia sangat yakin adanya multi jagat raya. Untuk itu, ia berani mempertaruhkan anjing kesayangannya. Andrei Linde lebih ekstrim lagi. Ia bahkan berani mempertaruhkan seluruh hidupnya untuk keyakinan ini. Sementara, bagi Weinberg, keyakinan terhadap multi jagat raya membuatnya hanya berani mempertaruhkan kehidupan Linde dan anjing kesayangan Rees saja!

Terry Mart adalah staf pendidik dan peneliti pada Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok. Peraih penghargaan Habibie Award (2001), Leading Scientist from the Organization of Islamic Conference Countries (2008), Ganesa Widya Jasa Adiutama dari ITB (2009), Anugerah Kekayaan Intelektual Luar Biasa Depdiknas (2009), dan Excellent Scientist dari the South East Asia – European Union Network SEA-EU-Net (2009). Laman: <http://staff.fisika.ui.ac.id/tmart>

