

Mengapa alam semesta terjelaskan secara matematika?

(Why can the world be described using mathematical laws?)

Tentunya kita mafhum pertanyaan tersebut sangatlah terbuka akan pelbagai kemungkinan pendekatan. Namun demikian setidaknya kita dapat sepakat mengenai hal ini, yakni bahwa pertanyaan di atas sungguh bernuansa filosofis, dan karenanya belum ada seorang fisikawan pun yang sanggup menjawabnya secara definitif. Namun berikut inilah sekelumit pendapat, yang tentunya belumlah merupakan suatu jawab akhir.

Setidaknya terdapat dua kategori jawaban yang bisa diajukan, meski tidak tepat sama dengan kategorisasi konvensional yakni fisika klasik dan fisika kuantum. Pertama yang disebut dengan 'aliran klasik',¹ yakni mereka yang berpendapat bahwa alam semesta bisa dicerna secara matematis karena hal tersebut telah merupakan sifat ontologisnya. Para filsuf Yunani kuno mungkin berpendapat bahwa hal ini dikarenakan sang Logos (λογος) itu sendiri bersifat akal (logis). Kiranya inilah yang dimaksudkan oleh Pythagoras ketika berfatwa: *'The whole thing is a number'*.

Beberapa varian dari pendekatan tersebut kiranya bisa dicatat - meski tentunya tidak lepas dari bias persepsi pribadi penulis--, antara lain:

- a. Alam semesta sebagai bilangan besar (*large number hypothesis*). Salah satu pelopor dari pendekatan ini adalah Sir Arthur Eddington, yang pada jamannya

¹ Lihat G.J. Chaitin, "Randomness and mathematical proof," *Scientific American* 232, No. 5 (May 1975) 47-52; juga G.J. Chaitin, "A century of controversy over the foundations of mathematics," *Complexity* 5, No. 5 (May/June 2000) 12-21.

disebut-sebut sebagai salah satu dari hanya tiga orang di muka bumi yang memahami teori relativitas umum (GTR) Einstein.² Kelanjutan dari hipotesis ini adalah menghubungkan teori kosmologi dengan *number theory*, yang konon merupakan '*the queen of mathematics*'. Karena tokoh-tokoh fisika juga kerap kali adalah tokoh-tokoh matematika, sehingga tidak heran kalau mereka juga menaruh minat pada hubungan di antara *number theory* dan fisika (misalnya Riemann).³

- b. Teori alam semesta sebagai holografi (*holographic universe*).⁴
- c. Teori alam semesta sebagai *nothingness*. Karena lawan kata dari *infinity* adalah ketiadaan, maka beberapa fisikawan mengusulkan bahwa sesungguhnya alam semesta bisa dimulai dari ketiadaan (*nothingness*).⁵ Dalam hal ini, bukan lagi ruang hampa yang dianggap berfluktuasi (*quantum vacuum*), melainkan bahwa alam semesta sesungguhnya identik dengan *nullity*.⁶
- d. Goyaks, yang oleh beberapa fisikawan dianggap merupakan esensi dasar dari geometri dan partikel, sehingga merupakan awal mula dari teori relativitas, *gauge theory*, *quantum physics* dll.⁷

Sementara itu, aliran kedua cenderung berpendapat bahwa sang pemikirlah yang membuat alam semesta tersebut tampak

² Tidak pernah dijelaskan secara eksplisit siapakah gerangan orang ketiga yang memahami GTR tersebut. Namun mengingat Einstein pernah menuliskan surat pujian mengenainya, mungkin W. Pauli-lah orangnya. Alternatif lain yang cukup layak mungkin adalah Poincare.

³ ArXiv:hep-th/0203086, arXiv:hep-th/0004152, arXiv:math-ph/0109006, arXiv:math.GM/0111262; juga Physical Review E, Vol. 48 No. 4 (1993).

⁴ ArXiv:gr-qc/0111034

⁵ ArXiv:astro-ph/9703195

⁶ Secara sederhana, rumus dasar astronomi mengenai reduced mass $\mu^{-1}=m_1^{-1} + m_2^{-1}$ sesungguhnya berimplikasi bahwa reduced mass μ akan menjadi takhingga jika m_1 dan m_2 tepat sama besar namun berlawanan tanda. Meski konsep *negative mass* tersebut tidak diijinkan dalam teori fisika pada umumnya terutama QFT, sesungguhnya dalam beberapa teori terkini hal ini dimungkinkan (lihat F. DeAquino, "The gravitational mass at the superconducting state," arXiv:physics/0201508, 2002).

⁷ arXiv:hep-th/9510110

logis-matematis. Tentunya dalam membangun argumentasi logis tersebut, sang pembangun teori dibimbing oleh intuisinya atau bahkan pengandaian metafisis. Dalam hal ini suatu teori mirip dengan karya musik hasil gubahan komposer besar. Namun juga muncul kemungkinan bahwa sang komposer tadi karena begitu terpesona akan intuisi yang terlintas di benaknya, menjadi selektif dalam memilih pendekatan logis-matematis yang paling relevan.

Jika alam semesta boleh dianggap sebagai suatu komputer besar, maka kira-kira pandangan ini berpendapat bahwa hukum-hukum fisika lebih mirip suatu algoritma untuk mengerjakan sesuatu dalam komputer tersebut. Jika ternyata suatu algoritma ternyata tidak berhasil (dalam menjelaskan suatu gejala alam), boleh dicoba algoritma lain. Dengan demikian senantiasa terbuka kemungkinan untuk menemukan algoritma yang berbeda untuk menjelaskan pelbagai gejala alam (khususnya pada skala kosmik). Dengan kata lain, adalah mungkin menurut aliran ini bahwa terdapat sejumlah n hukum fisika untuk menjelaskan suatu gejala fisika.

Sampai di sini kita dapat bertanya: jika demikian halnya, maka bukankah itu berarti hukum-hukum fisika tersebut hanya menjelaskan gejala (fenomena) dan bukannya *'the reality'* (noumena)? Atau dalam bahasa algoritma tadi, kita baru membahas algoritma untuk pemrograman, namun bukan aturan logika untuk 'membuat' sang Komputer besar tadi. Itupun dengan suatu pengandaian besar, yakni **JIKA** alam semesta memang merupakan suatu komputer besar.

Pendapat saya hingga saat ini adalah, analogi alam semesta sebagai komputer besar itupun hanya merupakan *salah satu kemungkinan* jawaban yang bisa diajukan untuk mendekati deskripsi mengenai alam semesta. Agaknya manusia cenderung menyamakan alam semesta dengan benda terumit apapun yang mereka kenal pada suatu kurun waktu. Jika pada jaman purbakala orang mengenal alam sebagai sesuatu yang tidak tertaklukkan, maka seperti itulah orang menganggap alam semesta yang dipersonifikasikan dalam bentuk dewa-dewa: dewa api, air, dst. Pada jaman Newton dan sesudahnya benda

tercanggih yang dikenal orang adalah mesin (uap) dan arloji, sehingga orang menganggap alam semesta sebagai suatu arloji besar (Descartes). Lalu orang kagum dengan komputer, maka diciptakanlah analogi alam semesta sebagai komputer besar (Wheeler). Maka pertanyaan yang penting di sini kiranya adalah: mungkinkah manusia menemukan benda yang lebih rumit daripada komputer?

Kembali pada pertanyaan semula, yakni apakah terdapat korespondensi eksak (Exact mapping) antara alamsemesta dan logika-matematika (Wittgenstein), pendapat saya sementara ini adalah '*mostly yes*'. Tapi mengingat Godel telah menunjukkan bahwa sistem logika tertutup senantiasa tidak sempurna pada dirinya sendiri, saya cenderung mengatakan bahwa terdapat sistem kebenaran lain di luar deskripsi logika-matematika. Mungkin inilah yang disebut Kant sebagai 'nous' (realitas terdalam yang tidak terdeskripsikan), yang mungkin agak paralel dengan konsep 'tao'-nya Lao Tse. Maka tidak heran bahwa F. Capra memberi judul bukunya '*Tao of physics*', lalu fisikawan lain menulis mengenai '*Speakable and Unspeakable of quantum physics*.'

Sebagai contoh mengenai logika-matematika yang dapat menjadi begitu absurd dalam dirinya sendiri adalah himpunan takhingga Cantor (*transfinite set*). Karena kita dapat membuat plot dari $\tan(x)$ yang bernilai 0 untuk $x=0$ hingga $\tan(x)=\infty$ untuk $x=\pi/2$, maka berarti kita dapat mengatakan bahwa *terdapat pemetaan eksak dari suatu ruas kecil menjadi deretan titik takhingga!* Tidak heran jika definisi mengenai '*infinity*' berpeluang membuat terobosan dalam fisika,⁸ misalnya entropi takhingga dalam *blackbody radiation* mendorong Max Planck merumuskan teori kuantanya (yang di kemudian hari dikenal sebagai 'fisika modern'). Mungkinkah terobosan berikutnya dimulai ketika kita menanyakan benarkah deskripsi mengenai 'titik' (*point charge*) dalam teori Maxwell, khususnya dalam

⁸ Lihat misalnya arXiv:math-ph/9909033, yang membahas mengenai peran '*infinity*' dalam fisika teori dan juga transfinite number dalam matematika.

ruangwaktu fractal?⁹ Bagaimana kalau titik itu berupa 'neutron star' dalam kosmologi, masihkah teori Maxwell tersebut berlaku?

Mengenai hubungan antara matematika dan deskripsi mengenai alamsemesta tersebut, beberapa ahli telah mengajukan pertanyaan serupa, misalnya P. Davies 'Why is the world so comprehensible?' dalam W. Zurek (1990) "*Entropy, Complexity and the physics of information*" dari Santa Fe Institute yang menurut hemat saya merupakan salah satu bendel karya ilmiah terbaik mengenai hubungan antara fisika kuantum dan komputasi yang saya ketahui. Salah satu implikasinya dewasa ini adalah riset mengenai *quantum algorithm* dan *quantum computation*.¹⁰ Untuk artikel yang lebih mutakhir bisa diperoleh pada www.arxiv.org.

Pandangan mengenai alam semesta sebagai komputer besar inipun boleh dipilah menjadi beberapa varian yang lebih khusus, misalnya:

- a. Alam semesta sebagai jaringan acak (*random network*).¹¹
- b. Alam semesta sebagai *graph theory*.¹²
- c. Alam semesta sebagai *cellular automata*, misalnya teori S. Wolfram¹³ atau Byalinycki-Birula.¹⁴

Implikasi

Salah satu pertanyaan yang menurut saya sangat menarik adalah, mungkinkah pelbagai praanggapan mengenai sifat dasar kosmologi tersebut difalsifikasi? Program riset Hilbert untuk

⁹ Lihat misalnya L. Nottale, "Theory of electron in scale relativity," in *Electromagnetic Phenomena*, special issue dedicated to the 75th anniversary of the discovery of Dirac equation (Oct 2002); published at <http://www.daec.obspm.fr/users/nottale>. Juga Nottale, L., "Scale relativity and gauge invariance," *Chaos, Solitons and Fractals*, 12, (Jan 2001) 1577. As published at <http://www.daec.obspm.fr/users/nottale>.

¹⁰ Int. J. Mod. Physics C, Vol. 9, No. 8 (1998).

¹¹ arXiv:hep-th/9806135, arXiv:gr-qc/9912059

¹² arXiv:cond-mat/0204491

¹³ Lihat misalnya arXiv:nlin.CG/0205068

¹⁴ ArXiv:hep-th/9304070

menemukan cara metodis untuk menyeleksi hukum fisika telah dipatahkan oleh Godel. Dengan perkataan lain, metode falsifikasi ala Popper mungkin memadai untuk teori ilmiah yang bersifat praktis, namun tidak banyak manfaatnya dalam memilih teori kosmologi manakah yang paling penad. Untuk memecahkan persoalan ontologis dari teori kosmologi tersebut, agaknya diperlukan suatu konjectur tambahan sehingga menjadi restriksi guna memilih teori kosmologi manakah yang paling masuk akal dan terkonfirmasi oleh data empirik.

Sebagai contoh, menurut hemat saya setidaknya ada dua restriksi yang bisa diajukan dalam rangka ini, yakni teori elektromagnetika Maxwell dan teori geometri fraktal Mandelbrot.

- a. Elektromagnetika Maxwell. Meski teori ini juga tidak luput dari kritik karena dianggap telah direduksi dari bentuk aslinya oleh Heavyside, setidaknya teori ini merupakan salah satu teori yang paling dikonfirmasi hingga saat ini. Karena itu bisa diajukan suatu restriksi yaitu bahwa sebarang teori kosmologi mesti dapat dikembalikan ke teori Maxwell sebagai kasus khusus. Sebagai contoh, jika alam semesta dianggap sebagai komputer besar (Wheeler), dan segala sesuatu bisa ditransformasikan dalam bentuk 'bit' (*binary digit*), maka logikanya kita mestinya dapat mengukur adanya arus listrik yang terinduksi oleh arus informasi. Dengan kata lain, dapatkah teori Maxwell digeneralisasi untuk mencakup medan informasi, atau dalam bentuk diagram:

Medan magnet →	Medan elektrik →	Medan entropy →	Medan informasi
----------------	------------------	-----------------	-----------------

- b. Geometri fraktal Mandelbrot.¹⁵ Jika teori ini dianggap sebagai salah satu restriksi untuk teori kosmologi, maka teori fisika akhir (TOE) mestinya berlaku umum untuk

¹⁵ Physics-USpekhi 38 (6) 609-623, 1995.

sebarang skala (*scale-invariant*).¹⁶ Demikianlah jika acuan digunakan, maka teori Maxwell mestinya juga berlaku untuk *neutron star* atau *boson star*.¹⁷

Demikian kira-kira sekelumit gagasan, meski mungkin saja sama sekali tidak ada yang baru di sini. Untuk review ringkas mengenai gagasan-gagasan kontemporer dalam kosmologi beserta kelebihan dan kelemahan masing-masing, suatu artikel yang sangat baik adalah arXiv:astro-ph/9503074.

Bagaimana pendapat Anda?

11 Juni 2003. Direvisi 21 Juni 2003.

V Christianto

Komentar dan saran silakan dialamatkan ke: vxianto@yahoo.com

¹⁶ Lihat misalnya E.I. Guendelman, "Scale invariance, mass and cosmology," arXiv:gr-qc/9901067 v1 (Jan 1999) revised 2002; E.I. Guendelman, "Scale invariance, inflation and the present vacuum energy of the universe," arXiv:gr-qc/0004011 v1 (Apr 2000). Juga L. Nottale, "Scale Relativity and Fractal Space-Time: Application to Quantum Physics, Cosmology and Chaotic systems," *Chaos, Solitons and Fractals*, 7, (1996) 877-938; <http://www.daec.obspm.fr/users/nottale>. See particularly p. 50-53.

¹⁷ Lihat misalnya arXiv:astro-ph/0301015; arXiv:astro-ph/0301578; arXiv:hep-ph/0204103; arXiv:gr-qc/0207073; arXiv:astro-ph/0207346; arXiv:gr-qc/0002034; arXiv:gr-qc/0012031; arXiv:astro-ph/0101267; arXiv:nucl-th/9605039. Bandingkan dengan DeAquino (2002).