

Ilmu Fisika

Sejauh yang Saya Kenal



Denny Suprpto Brotosiswojo

UNPAR PRESS

3.2.2020

Ilmu Fisika Sejauh yang Saya Kenal



Benny Suprpto Brotosiswojo
FTIS-UNPAR 2015

530

BRO

1

UNPAR PRESS

144247 / R / SB / FTIS

3.2.2020

No. Kiass	530 BRO 1
No. Induk	144247Tgl 3.2.2020
Hadiah/Beli	
Dari	UNPAR press

Judul buku:

Ilmu Fisika Sejauh yang Saya Kenal

Penulis:

Benny Suprpto Brotosiswojo



Editor:

Aloysius Rusli

Penyelaras dan tata letak isi:

Melania Artzmarnani

Maria Christina

Gambar sampul:

Dismas Mirga

ISBN:

978-602-6980-95-3

Penerbit:

Unpar Press

Jalan Ciumbuleuit No. 100

Bandung 40141

Email: unparpress@unpar.ac.id

Cetakan Pertama: 2019

Pengantar

Dari Semplicitas ke Integritas

Sebagai seorang ilmuwan (saintis) sudah lumrah bila terobsesi untuk menemukan jawaban dari sejumlah pertanyaan mendasar setiap orang. Juga ikhtiar yang tak mengenal waktu dan lupa diri untuk mencarikan jalan keluar dari realitas yang 'ruwet', 'rudet', 'jelimet', 'mandeg' dan dianggap telah mengalami jalan buntu yang mengancam hidup manusia. Seorang ilmuwan pada dasarnya seorang humanis. Selain mencarikan jalan dan jawaban, juga memiliki hasrat yang kuat untuk menyederhanakan masalah yang rumit itu. Antusiasme mendorongnya untuk selalu mencari dengan observasi yang serius, sistematis, dan profesional. Ia menenggelamkan dirinya dalam kompleksitas untuk menyelami dan menemukan semplicitasnya. Sesuatu yang dianggap sederhana. Sebuah jawaban yang dapat dicerna oleh mereka yang 'prasaja'. *Theory of everything* yang disebut juga dengan nama '*final theory*' atau '*master theory*' dari alam semesta ini; suatu teori yang mencakup segalanya, yang memiliki koherensi tangguh sehingga dapat menjadi aksioma bagi ilmuwan-ilmuwan dengan disiplin ilmu apa pun itu, sudah tentu menjadi mimpi indah para ilmuwan. Impian untuk menemukan sebuah jawaban yang jitu dan mantap dari segala persoalan yang menyangkut hakikat dari segala yang ada. Teori yang dapat mencakup segala aspek kehidupan dan menjadi paradigma ilmu pada wilayah fisika maupun metafisika. Entah itu dengan menemukannya sendiri atau sekadar menggabungkan sejumlah teori yang sebelumnya

sudah ada dan diakui kesahihannya. Dalam obsesi seperti itu juga Profesor Benny Suprpto, sebagai guru besar dalam fisika teoretis, mengisi waktunya.

Sebuah obsesi selalu merupakan 'elan vital' yang membakar semangat para ilmuwan untuk mengkaji dan mengujinya dalam laboratorium secara total. Hidupnya melulu untuk tersalurkankannya naluri pencaharian dan terpuaskan oleh jawaban obsesional itu. Menemukan jawaban dari rasa penasaran yang kuat dan mendapat jawaban dari petualangan intelektual yang lama dan jauh di ujungnya akan mengalami pengalaman 'eureka'; suatu 'ejakulasi intelektual', kepuasan batin dan pikiran yang tiada tara. "Aku telah menemukan jawabannya!" Dengan kata lain, dapat diartikan pengalaman itu sebagai sebuah 'insight', 'ke-ngeh-an' yang datang dari proses pencaharian yang tiba-tiba terbersit jawabannya. Pengalaman *unattended moment*, kepuasan batin personal yang ingin dibagikan kepada orang lain. Menemukan jawaban dan mengomunikasikannya kepada orang lain secara sederhana adalah kerinduan setiap ilmuwan. Profesor Benny Suprpto yang sangat dekat bergaul dengan guru-guru sekolah menengah ini, pada dasarnya ingin membagikan 'kebahagiaannya' kepada mereka. Sepertinya di tangan Beliau ilmu fisika dan matematika itu bukan suatu horor yang menakutkan, tetapi untuk menemukan kepuasan batin.

Pada waktu Murray Gell-Man¹ menggulirkan neologisme *plektika* (*plectics, plektos*) sebagai suatu hipotesis

¹ Murray Gell-Man sebagai orang pertama yang memberi nama Quark sebagai 'entitas' subatomik; konon sudah dirintis sebelumnya

atau sebut saja sebagai ilmu tentang 'plexus'; paduan atau jalinan antara yang 'simplex' dengan yang 'complex'. Gell-Man hendak memberi penegasan adanya aktivitas saintifik yang peduli pada usaha memahami keterjalinan yang tak terpisahkan antara simplisitas dan kompleksitas. Keterjalinan yang kuat itu mengandaikan adanya ketergantungan satu sama lain yang menganyam dirinya satu sama lain dalam subtilitas penyesuaian diri satu dengan yang lainnya. Suatu penegasan yang tidak berdasarkan prinsip *either/or* namun *both-and*. Dalam realitas yang kompleks dengan sendirinya, tanpa harus mereduksi, dapat dipahami hakikat dasarnya sebagai suatu yang gamblang. Mudah untuk dipahami. Semacam menarik benang merah dari keragaman warna benang yang kusut dan 'semrawut'. Semacam filsuf-filsuf alam pra-Sokratik yang mencoba merumuskan 'arche' dari kosmos ini. Sebagaimana sang sastrawan J.W. Goethe katakan bahwa "*Everything is simpler than you think and at the same time more complex than you imagine*". Yang *simplex* itu pada dasarnya kompleks juga, namun yang kompleks itu dapat dipahami secara simpleks.

Apa pun pemahaman yang terkandung dalam mendefinisikan neologisme 'plektika' Gell-Manian ini, yang ingin disampaikan di sini, secara metaforik, adalah bahwa sudah menjadi panggilan bagi seorang ilmuwan untuk menyampaikan pada 'awam' dalam bidang sains yang kompleks itu sebagai suatu yang sederhana; yang dapat dipahami dengan mudah

oleh Werner Heisenberg. Lihat dalam Murray Gell-Man, *Plectics; The Study of Symplicity and Complexity*, Europhysics News, January/February 2002, hal. 17-21

dengan bingkai referensi bukan sebagai saintis. Realitas yang ambivalen menjadi monovalen. Realitas yang kompleks yang hanya dapat dipahami melalui eksperimentasi saintifik, matematis, dan fisikawi, paling tidak dapat dipahami oleh awam secara intuitif dan imajiner.

Dalam hal inilah Profesor Benny Suprpto sebagai seorang guru besar dalam bidang fisika teoretis itu telah menjawab tantangan berat tersebut. Yang *complex* itu harus menjadi *simplex*. Dalam simplisitas ada kompleksitas, *vice versa*. Sains bukan monopoli sarjana fisika, kimia, dan teknologi saja, tapi dapat dan sangat mungkin untuk dikomunikasikan, diberitahukan bahkan diajarkan kepada awam. Guru-guru sekolah menengah harus memahami mulai dari peristiwa-peristiwa alami yang hanya bisa dijelaskan secara saintifik. Misalnya apa itu gelombang, cahaya, gerak, gravitasi, warna, dan lain sebagainya. Seorang guru, apalagi guru besar, peran utamanya adalah memberi penjelasan dan pencerahan tentang sesuatu yang perlu diketahui, dipahami serta memberi pencerahan akan sesuatu yang gelap penuh tanda tanya. Spirit ilmuwan sejati selalu peduli pada ikhtiar menjadikan sederhana dan gamblang dari kerumitan yang tidak perlu, memberi pencerahan pada pikiran yang jumud karena keawamannya. Newton pernah berkata bahwa "*Truth is ever to be found in the simplicity, and not in the multiplicity and confusion of things*". Ilmuwan sejati akan menunjukkan kebenaran atau hakikat dari sesuatu yang rumit dengan menunjukkan simplisitasnya karena pada dasarnya kebenaran itu *ada* dan *hadir* dalam kesederhanaannya. Bila sang ilmuwan "tidak dapat menjelaskan kepada anak kecil yang berumur 6 tahun, ilmuwan itu sendiri

pasti tidak paham,” demikian Newton menambahkan. Dengan kata lain ilmuwan sejati tidak akan membuat suatu yang sederhana menjadi rumit. Sebaliknya dia akan menyederhanakan yang berbelit-belit, ruwet dan pelik, serta simpang siur menjadi gamblang terang benderang.

Benny Suprpto tidak berhenti di tatanan subjek disiplin ilmu yang digelutinya saja. Beliau meradikalisasikan spirit keilmuannya itu ke dalam sosok pribadinya sendiri. Penampilan sederhana dan rendah hati, yang menyingkirkan segala aksesori yang tak perlu dari tubuh dan statusnya, ternyata tidak mengurangi daya tarik dan pesona pikirannya. Tak perlu berdandan mematut-matut diri sekadar memoles yang substansial; memilah mana yang sekadar ‘cangkang’ dan mana ‘isi’; mana sekedar bungkusan dan mana esensinya. Seorang fisikawan sejati itu sudah seharusnya mampu mengintegrasikan keilmuannya itu ke dalam hidupnya sendiri. Keilmuannya menjelma dalam seluruh sosok hidupnya. Keyakinan akan kebenaran ilmunya mengkristal menjadi semacam ‘iman’ yang mendalam pada kesahihan penelitian, penemuan dan pengajaran, serta aplikasinya pada kehidupan. Seperti kata pepatah, *lex credendi, lex agendi*; apa yang menjadi keyakinan mendasarnya itu sudah selayaknya tampak dalam cara hidupnya. Ilmu tidak pernah berhenti pada ilmu saja. Tahu tidak pernah berguna bila hanya demi tahu semata. Konon bahwa ilmu fisika itu ada dalam ranah ‘iman’ bagi sang fisikawan. Iman dalam artian ‘*beyond reason*’, ‘*beyond belief*’, atau ‘*above reason*’, yang mengartikan suatu keyakinan yang tidak boleh disebut sebagai yang ‘irasional’ meskipun tidak terjangkau oleh nalar. Betapa tidak, karena Einstein pun, pernah

berujar bahwa “teori kuantum itu hanyalah sebuah delusi dan suatu pemikiran paranoia yang tidak koheren”. Dengan kata lain, suatu yang absurd. Bila dikatakan dengan bahasa yang lebih religius; itu adalah misteri. Begitu juga Niel Bohr, sang pionir dalam fisika kuantum dan Heissenberg mengakui bahwa realitas dasar dari teori kuantum itu tidak dapat ditebak. Tidak ada yang sepadan dengan kategori hidup sehari-hari kita untuk memahaminya. Apa pun yang di luar kategorisasi (*frame of reference*) pengalaman itu hanya terjadi dalam realitas mistik. Contoh konkret, apa itu energi? Dari mana datangnya panas pada matahari? Apakah realitas subatomik itu – neutron dan proton itu terbuat dari *quark* – itu real? Bukankah para fisikawan sendiri masih berhadapan dengan teka-teki yang tidak juntrung tentang apakah elektron dan subatomik itu hanyalah gelombang ataukah benar-benar suatu partikel atau paduan dari keduanya (*wave packet*)? Suatu kenyataan yang penuh dengan probabilitas dan misteri, bahkan berada di luar konsep (*beyond reason*). Pada gilirannya seperti seorang klerus yang mengimani eksistensi Allah, hanya altarnya saja yang berbeda. Obsesi rasa penasaran yang kuat serta keyakinan mendalam (*beyond reason*) menjadi alasan yang kenapa seorang Benny Suprpto memiliki penampilan lahir batin sesederhana itu. Bukan lupa diri, atau tidak tahu diri tapi ada integritas keilmuan yang ditampilkannya. Coba kita bayangkan apa isi kepala beliau yang biasa mengulik ‘*quaternion*’, ‘*octonion*’, mekanika quantum yang bersifat *quaternion*, kalkulasi *vector* dan penjumlahan matematis yang kompleks. Bukankah spirit pertanyaan dasar dalam teori quantum itu mulai dengan memperkarakan ‘siapa aku di jagat raya ini? Mengapa aku ada

di sini sekarang ini? Apa posisi saya dalam skema kosmos ini? Dapatkah aku mengklaim diri “akulah semesta”?’ Pertanyaan-pertanyaan romantis seperti itu tentu menjadi cikal bakal ilmu fisika kuantum sebelum didadarkan secara matematis yang rumit dan kompleks. Namun hakikatnya ingin memenuhi rasa penasaran “apa arti di balik semua yang ada ini”. Posisi yang partikular dalam universalitas ini. Seorang Profesor Benny Suprpto menemukan hakikat dirinya dalam semesta ini. Sains menjadi jalan lurus untuk menemukan diri. Seperti Dewa Ruci yang mencari hakikat dirinya, atau Ulyses yang berpetualang untuk menemukan jati dirinya. Sains adalah jalan yang harus ditempuhnya. Demikian pernah menjadi pertanyaan Erwin Schrödinger² si penerima hadiah Nobel dalam bidang fisika itu sendiri, “*What is life?*”. Suatu pertanyaan retorik atas fakta bahwa kimia dan fisika belum mampu menjawab pertanyaan dasar itu. Meskipun Erwin masih menambahkan ungkapannya bahwa “*is no reason at all for doubting*”. Boleh jadi suatu saat fisika dapat menjawabnya. Namun sebelum mencapainya, toh perlu memulai mempertanyakan hakikat hidup manusia. Dengan memahaminya dapatkah menjadi paradigma untuk menjawab pertanyaan obsesif hakikat dari alam semesta ini dan arti hidup ini? Termasuk memimpikan teori quantum sebagai ‘*ultimate theory*’. Tidak terlalu berlebihan bila hendak mengatakan bahwa Benny Suprpto sudah menemukan jawaban dari rasa penasaran itu. Tidak dapat disangkal bila kita

² Erwin Schrödinger, *What is Life?; The Physical Aspect of the Living Cell*, Dublin Institute for Advance Studies, Trinity College, Dublin, 1944. Saya membacanya dalam bentuk iBooks.

mengamati cara beliau memahami dunia sekitarnya, persoalan-persoalan yang dihadapinya, cara menyelesaikannya di luar problema fisika itu sendiri. beliau sebagai orang yang pernah memimpin sebagai Rektor Universitas Terbuka dan Rektor Universitas Katolik Parahyangan, dan semacamnya yang dihadapi bukan dengan objek ilmu di laboratorium namun dengan manusia real. Ada kesan Beliau telah paham benar dengan makna dasar *plektika* ketika berhadapan dengan persoalan manajemen dan persoalan hakikat pendidikan. Simplisitas yang diejawantahkan dalam kehidupan tidak berarti jatuh pada minimalitas atau formalitas dangkal. Simplisitas bukan sebagai sekadar reduksi atas kompleksitas.

Benny Suprpto adalah seorang yang beriman Katolik. Penghayatan imannya tidak hanya tampak dalam hidup ritualnya yang setia, tapi juga spiritualitas kehidupan sehari-harinya mengekspresikan iman dan katolisitas yang lurus tak menyimpang. Fakta ini menyiratkan tanda tanya yang besar. Paling tidak membingungkan orang yang berada dalam disiplin ilmu fisika. Dapatkah seorang ilmuwan (fisikawan) sejati sekaligus sebagai seorang yang beriman dan taat beragama? Bukankah ilmuwan itu identik dengan seorang ateis? Suatu yang paradoksal, kontradiktif atau menyimpan kepalsuan di keduanya? Seperti kita tahu bahwa sains dan agama adalah dua entitas yang saling menguasai dan mendeskreditkan satu dengan yang lain. Tentang hal ini dengan mengikuti pemikiran Ian Barbour seorang ilmuwan tulus, menulis dalam bukunya

*Religion in an Age of Science*³. Kita mencoba melacak Seorang Benny Suprpto itu ada di fase mana? Barbour mengategorikan adanya 4 sikap dalam pertautan antara sains dan agama.

Pertama, pertautan konflik. Materialisme saintifik bermusuhan dengan literalisme alkitabiah. Logika berpikir ilmiah tidak akan dapat menerima infalibilitas kebenaran Kitab Suci. Dalam posisi ini pertarungan sengit tak pernah akan usai dan sulit dileraikan. Prinsipnya bahwa yang menang memangsa yang kalah. Raksasa-raksasa saintis seperti Richard Dawkins, Daniel Dennet, Christopher Hitchens, Sam Harris, sekadar menyebut beberapa telah menelanjangi agama. Semakin rasional dan ilmiah seseorang sudah dengan sendirinya meninggalkan agama dan imannya. Dawkins menegaskan bahwa kepercayaan pada eksistensi Allah itu suatu yang bersifat delusional; ilusi yang diterima sebagai suatu kebenaran dan real.

Kedua, pertautan independen. Tautan ini mengandaikan sains dan agama itu otonom. Masing-masing berdiri sendiri, memiliki ranah urusannya sendiri. Tidak dapat dicampur aduk atau disama-ratakan baik karakter, bahasa, maupun metode pendekatannya. Sains tidak perlu dan tidak ada manfaatnya campur tangan urusan agama, *vice versa*. Disebut harus otonom bukan hanya sekadar untuk menghindari konflik, namun agar sains tidak jatuh menjadi *pseudoscience* dan agama tidak menjadi formalisme dan fideisme impersonal.

³ Ian G. Barbour, *Religion in an Age of Science*, SCM Press, London, 1990, hal. 4-28.

Sebagaimana dipahami oleh Karl R. Popper bahwa *pseudoscience* itu dapat menjadi batu sandungan bagi kebenaran saintifik itu sendiri. Tentu bagi Popper *pseudoscience* itu menunjuk pada metafisika yang pendekatannya bersifat deduktif. Agama yang diasuh oleh teologi dan filsafat spekulatif cenderung membangun dasar epistemologinya bersifat deduktif. Suatu yang berseberangan dengan sains yang selalu setia pada observasi dan eksperimental serta induktif.

Ketiga, pertautan dialogal. Adanya interaksi secara tidak langsung antara sains dan agama menyangkut batas-batas pertanyaan dan metode dari kedua ranah yang berbeda ini. Ada hubungan yang bersifat konstruktif. Dengan mencoba menerima bahkan mengakui praandaian-praandaian masing-masing serta mengeksplorasi kesamaan-kesamaan metode yang dipakai oleh masing-masing termasuk konsep-konsep kebenaran axiomatik masing-masing. Misalnya Cletus Wessels⁴ yang berdialog dengan sains kontemporer Thomas Berry dan Brian Swimme tentang kosmologi baru serta mengafirmasi pemikiran Ilya Prigogine dan Isabelle Stenger yang berhubungan dengan konsep "*dissipative structure*" untuk merekonstruksi Teologi Gereja yang sesuai dengan hakikat semesta dan sesuai dengan zamannya.

Keempat, pertautan integrasi. Barbour yakin bahwa adanya peluang dan kemungkinan untuk mengintegrasikan muatan teologi dan muatan sains. Misalnya eksistensi Allah

⁴ Cletus Wessel, *The Holy Web; Church and the New Universe Story*, Orbis Book, New York, 2000.

dapat diterima karena adanya 'evidence of design' dari alam semesta. Keyakinan akan eksistensi Allah itu semakin diperkuat dan dimudahkan untuk memahaminya sebagai suatu yang niscaya. Contoh lain misalnya Pierre Teilhard de Chardin yang berikhtiar menemukan jawaban dari kebenaran teori evolusi Darwinian untuk mengafirmasi kebenaran yang ada dalam Teologi Penciptaan. Bahwa penebusan, keselamatan, parousia itu ada pada 'Titik Omega'⁵. Ada suatu proses yang panjang, lama dan evolutif untuk mencapai 'Titik Omega' itu. Visi arkeologis imam Jesuit ini meski sulit untuk dicerna namun menyiratkan ketidakmutlakan kebenaran saintifik maupun teologis. Dimensi relativitas sains dan agama membuka pintu masing-masing untuk integrasi bahkan fusi. Bukankah Thomas Kuhn dalam bukunya *The Structure of Scientific Revolution*⁶ meyakini bahwa paradigma saintifik itu tidak pernah mutlak apalagi dianggap selesai. Selalu ada revolusi paradigma. Semuanya relatif; sains juga relatif dan tidak positivistik. Kebenaran itu *de facto* hanya ditentukan oleh paradigma yang dominan saja pada suatu waktu tertentu. Tidak permanen dan dasar pijakannya rapuh. Imre Lakatos dalam tulisannya *Methodology of Scientific Research Programmes* mencatat: "For Kuhn scientific change –from one 'paradigm' to another- is **mystical conversion** which is not and cannot be governed by rules of reason and which falls totally within the realm of the

⁵ Pierre Teilhard de Chardin, *The Future of Man*, Harper and Row Pub., New York, 1964, hal. 122 ff.

⁶ Thomas Kuhn, *The Structure of Scientific Revolution*, University Chicago Press, 1970.

(social) psychology of discovery. Scientific change is a kind of **religious change**"⁷. Apalagi bagi Paul Feyerabend yang dikenal sebagai orang yang anarkistik mengenai kebenaran dan kesahihan ilmiah. Dalam bukunya *Against Method*, dia bersikeras bahwa tidak ada yang namanya 'metode saintifik' itu. Tidak ada otoritas yang boleh mengklaim suatu metode yang dianggap paling sah. Semuanya dapat diterima dan tidak ada batasan apa pun. Superioritas sains atas lingkup pengetahuan itu tidak berlaku lagi. Metode itu tidak ada.

Menyimak paparan di atas kita bisa mendapat jawaban tersirat atas sosok Benny Suprpto yang agaknya berhasil mengintegrasikan tegangan tinggi antara sains dan agama. Beliau sudah berada dalam pertautan level 4 versi Ian Barbour. Bahkan koherensi kebenaran sains dan agama itu ditunjukkan dalam totalitas perilaku hidupnya. Itulah sebabnya ketika beliau tidak dapat mengajar lagi mata kuliah Kosmologi di Fakultas Filsafat Unpar, beliau berpesan agar yang menggantikannya sebaiknya seorang klerus yang memahami sains. Suatu permintaan yang enigmatik. Rupanya mengajarkan sains kepada mahasiswa itu membutuhkan pribadi yang memiliki integritas spiritual dan imani. Sikap dikotomis dan fanatis antara sains dan agama dianggap tidak dapat dipertanggungjawabkan oleh sains itu sendiri.

Mengenal sosok orangnya, menelaah tulisan-tulisannya dan menyimak kesan-kesan yang ditulis oleh koleganya,

⁷ Imre Lakatos, *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, Cambridge, 1070, hal. 93

dapatlah tergambarkan secara karikatural sosok Profesor Benny Suprpto sebagai ilmuwan yang menyadari apa artinya simplisitas. Ilmu dan hidup itu bukan suatu yang terpisah; ada integritas di sana. Agama dan sains itu bukan suatu yang bertentangan, malah dapat diintegrasikan. Sains malah dapat memberikan 'jalan keselamatan' ketika orang kebingungan mencari '*ultimate meaning*' dalam hidupnya. Benny Suprpto adalah pengejawantahan intelektual ideal dan paripurna.

RD. Fabianus Sebastian. H

Catatan Penulis

Ketika saya menerima tugas belajar di Purdue University USA, tahun 1960, saya ditanya oleh advisor saya, apakah saya senang bekerja sebagai tukang bongkar-bongkar ataukah tukang merakit. Kata-kata itu menarik, mengingat ketika itu saya datang dari "Negara Sedang Berkembang" (Nama Indonesia belum dikenal) dan advisor itu ingin menjelaskan program studi yang saat itu berada/dgn pilihan bidang riset "nuclear physics" atau "solid state physics".

Di universitas itu ada alat yang namanya "partikel accelerator (cyclotron)" yang bisa digunakan untuk memecah inti atom, dan juga ada pembangun material padat yang rapi susunan molekulnya dalam bentuk kristal yang sangat beragam.

"Nuclear Physics" sedang populer berkat bom "atom" yang mengakhiri Perang Dunia Kedua, dengan korban setengah juta manusia tak berdosa. "Solid State Physics" populer karena saat itu dapat diproduksi "radio transistor" dengan ukuran kecil dengan "miniaturisasi" bentuk transistor, yang tadinya dibuat dari tabung kaca ukuran besar dan mudah pecah yang sekarang bisa digantikan dengan bahan padat dengan ukuran kecil dan tidak mudah pecah.

Saat itu di ITB sudah ada Pak Barmawi yang bidang garapannya adalah "partikel physics" cirinya bersifat bongkar-bongkar (di alam ini ada objek yang namanya molekul, kalau dipecah isinya atom, kalau dipecah lagi isinya elektron dan nucleon, yang bermuatan listrik namanya proton, yang tidak

bermuatan listrik namanya neutron, dan seterusnya. Itu diperoleh lewat bongkar-bongkar.

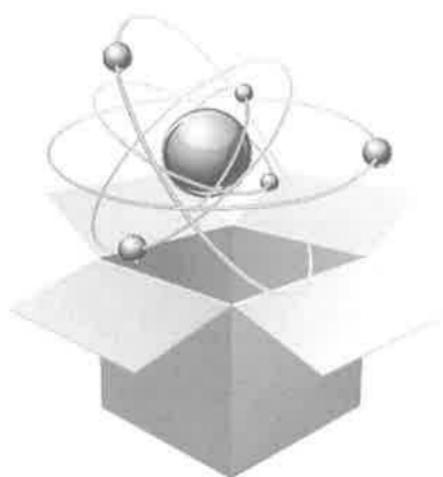
Karena itu saya disarankan untuk memilih kegiatan yang sifatnya merakit-rakit (Solid State Physics). Meskipun tugas saya kelak mengajar fisika, tak cukup fisika itu hanya dipahami teorinya saja. Sebaiknya ada wujud dalam bentuk eksperimen yang bisa mendukung teori yang dikembangkan dari proses menalar.

Tugas universitas bukan hanya memberikan informasi tentang apa yang sudah diketahui oleh dosennya, tetapi juga menggali informasi baru yang belum diketahui.



Daftar Isi

Pengantar	iii
Catatan Penulis	xvii
Daftar Isi	xix
Pendahuluan	1
Bab 1 Cahaya	17
Bab 2 Pengertian Relatif dalam Membahas Gejala Alam	39
Bab 3 Ramalan Deterministik dan Probabilistik Tentang Gejala dan Perangai Alam	65
Tentang Penulis	79



Pendahuluan

Pendahuluan

Ilmu Fisika adalah hasil kesimpulan yang diterjemahkan dari PENGAMATAN dan PENALARAN, baik Secara Kualitatif maupun Kuantitatif.

Karena yang dibahas wilayah fisika, maka tentu saja harus diberi batasan dengan batasan yang ada pada Ilmu Fisika. Seperti yang sudah dimaklumi, fisika membahas perangai dan gejala alam dengan membatasi diri pada gejala dan perangai alam yang sifatnya "*reproducible*". Artinya apa yang kita akui sebagai hasil **pengamatan** hanyalah gejala dan perilaku alam yang selalu tampil sama, tak peduli siapa dia (manusia pengamatnya) apakah kedudukan sosialnya, dia seorang pemulung atau seorang menteri.

Dalam kenyataan sejarah, sifat semacam itu telah dimanfaatkan oleh industri yang membuat macam-macam barang yang berguna untuk memudahkan kehidupan manusia di Bumi, dalam jumlah banyak sehingga harganya semakin murah. Para pelaksana industri itu tidak harus khawatir bahwa hasil produksinya berguna bagi siapa pun yang akan memakainya. Contoh sederhana yang bisa disebut misalnya kacamata, telepon genggam, mobil, dan sebagainya.

Kesimpulan dalam ilmu fisika, ada yang berupa dalil-dalil yang sering disebut "hukum alam" (aturan sederhana yang dapat dijabarkan dalam kaitan sebab-akibat dengan perangai dan gejala alam yang bisa diamati). Meskipun istilahnya "hukum", tetapi tidak sama cirinya dengan istilah hukum tentang tatanan sosial

yang ditetapkan atas persetujuan bersama. Misalnya Perserikatan Bangsa Bangsa, melalui referendum tidak berkuasa merubah "hukum-alam" semacam ini.

Bagaimana "hukum alam" semacam itu diperoleh?

Ada kalanya kesimpulan tersebut didapat dari hasil pengamatan, misalnya minuman teh yang panas didiamkan cukup lama dalam cuaca yang dingin akan menjadi dingin dengan sendirinya. Tetapi juga ada kalanya kita mengambil kesimpulan berdasarkan pengamatan tak langsung, misalnya besarnya massa bumi kita, itu tidak disimpulkan dengan cara menimbanginya (tak terbayang besarnya timbangan yang diperlukan, juga yang menimbang haruslah raksasa yang lebih besar dari bumi kita).

Tetapi juga ada kalanya bahwa kesimpulan itu diperoleh dari hasil konsekuensi model matematika. Misalnya gelombang elektromagnetik yang sekarang kita gunakan sebagai pembawa informasi untuk siaran radio maupun televisi kita, disimpulkan keberadaannya dari ungkapan aturan tentang perangai listrik dan magnet yang kurang simetris; maknanya adalah ada perubahan medan magnet yang bisa menghasilkan medan listrik, tetapi mengapa tidak ditemukan fakta empirik yang sebaliknya, perubahan medan listrik tidak menghasilkan medan magnet? Syukurlah ada Maxwell yang berhasil merumuskan pensimetrisannya dengan matematika.

Hanya saja, "hakim" terakhir tentang kehadirannya sebagai gejala dan perilaku alam yang "*reproducible*" tetap terletak pada hasil pengamatan. Hasil penalaran semata-mata hanya diakui "kebenarannya" setelah konsekuensi hasil pengamatan membuktikannya. Ternyata kemudian ada eksperimen yang mengungkap bahwa usul dari Maxwell ternyata

benar-benar ada (perubahan medan listrik ternyata memang menghasilkan medan magnet). Maka kemudian disimpulkan adanya gelombang elektromagnet sebagai realita perangai alam yang nyata. Bahkan sekarang bisa kita gunakan sebagai alat komunikasi yang canggih, seperti radio, televisi, telepon genggam, dan sebagainya.

Hasil pengamatan yang sifatnya langsung kebanyakan dilakukan bila objeknya berupa material dalam bentuk gas, cair, padat, atau plasma (ada pada suhu yang amat tinggi), yang perangnya masih terjangkau oleh daya-urahi mata manusia. Itulah sebabnya kita juga punya cabang fisika yang sering disebut **termodinamika**. Arena itu biasanya menggarap sifat material yang wujudnya biasanya terkait dengan suhu lingkungan maupun jenis bahan (kumpulan atom/molekulnya, serta struktur cara menyusunnya). Termodinamika karena masih dalam jangkauan mata manusia masih tetap mengikuti aturan matematika untuk cara-cara fisika klasiknya Newton. Baru setelah kita sadar bahwa yang kita bahas adalah kumpulan objek alam dengan ukuran diluar daya-urahi mata kita, dan jumlahnya juga sangat banyak, maka kita berusaha memahami data empirik itu sebagai konsekuensi dari cara bernalar Fisika Kuantum.

Bahkan itu menjadi ukuran “kebenaran” teori Fisika Kuantum yang aturan-aturan yang terasa “aneh”, seperti elektron itu partikel sekaligus gelombang. Begitu juga foton itu gelombang sekaligus juga partikel. Seperti ungkapan Richard Feynman (peraih hadiah Nobel Fisika tahun 1965 dengan karyanya “*Quantum Electrodynamics: The weird and wonderful world of Quantum Physics.*”)

Yang aneh lagi bahwa yang boleh dikaitkan lambang matematika bukan hasil pengamatan kita (objeknya tidak terlihat

oleh mata kita). Dalam fisika klasik (Newton) kalau ada benda, pada saat tertentu kita bisa mengukur massanya m , kita bisa mengukur kecepatannya v , lalu mengaitkan besaran momentumnya sebagai nilai pengamatan m dikalikan dengan nilai pengamatan v . Tidak demikian halnya kalau fisika kuantum ingin bisa digunakan untuk membantu meramalkan perangai kumpulan molekulnya sesuai dengan aturan empiriknya termodinamika. Kita perlu menggunakan “fungsi gelombang” untuk menghitung peluang terjadinya suatu ramalan.

Cara Menggarap Material dengan Fisika Kuantum

Akibat keterbatasan gejala dan perangai alam yang ada dalam batasan ilmu fisika, maka objek garapan fisika material juga terbatas biasanya (untuk mudahnya) pada “benda-mati”. Gejala dan perangai alam yang melibatkan benda-benda seperti tumbuhan dan binatang digarap dalam ilmu biologi (ilmu tentang objek alam yang “hidup”). Tidak semua hasil ilmu fisika bisa diterapkan (dengan serta merta) pada objek alam garapan biologi. Contohnya menurut hukum gravitasi Newton sebuah benda akan bergerak maju jika didorong dari belakang. Jangan mencoba mendorong kerbau atau kambing dari belakang. Tidak selalu kerbau atau kambing itu akan bergerak maju. Aneh rasanya melihat kerbau atau kambing itu justru bergerak maju kalau ekornya ditarik mundur.

Tentu lebih sulit lagi kalau dalil-dalil fisika diterapkan pada objek manusia. Manusia selama masih hidup di Bumi ini sebagai makhluk biologis yang umumnya tidak lebih dari 100 tahun lamanya, adalah objek yang punya kemauan, punya selera keindahan (bentuk, warna, suara, dan sebagainya), perlu etika

Tentang Penulis



B. Suprpto Brotosiswojo (Benny) lahir di Jogjakarta 20 Mei 1934. Karena minatnya terhadap gejala alam, Benny mengambil S1 bidang Fisika murni di Institut Teknologi Bandung (ITB) pada tahun 1955. Kemudian dia meneruskan S3 Fisika di Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA dan berhasil tamat setelah 3.5 tahun dengan tesis berjudul "*The Oriental*

Orderings of Tetra-Hedral Rotators in the Hexagonal Close Packed Lattice".

Setelah selesai studi, di dunia akademis Benny aktif menjadi pengajar di jurusan Fisika ITB. Dia memperoleh pangkat Guru Besar ITB pada tahun 1981. Setelah pensiun di ITB, Benny menjadi staf pengajar di jurusan Fisika, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, sampai dengan tahun 2017.

Benny telah menulis artikel-artikel bidang Fisika yang dipublikasi di konferensi skala nasional dan internasional. Dengan cintanya terhadap alam dan terhadap murid-muridnya, Benny tetap terus menulis membagikan pengetahuannya.

Benny juga merupakan Rektor dari UNPAR pada tahun 1998-2002.

Ilmu Fisika Sejauh yang Saya Kenal

"...sudah menjadi panggilan bagi seorang ilmuwan untuk menyampaikan pada 'awam' dalam bidang sains yang kompleks itu sebagai suatu yang sederhana; yang dapat dipahami dengan mudah dengan bingkai referensi bukan sebagai saintis. Realitas yang ambivalen menjadi monovalen. Realitas yang kompleks yang hanya dapat dipahami melalui eksperimentasi saintifik, matematis, dan fisikawi, paling tidak dapat dipahami oleh awam secara intuitif dan imajiner.

Dalam hal inilah Profesor Benny Suprpto sebagai seorang guru besar dalam bidang fisika teoretis itu telah menjawab tantangan berat tersebut. Yang complex itu harus menjadi simplex. Dalam simplisitas ada kompleksitas, vice versa. Sains bukan monopoli sarjana fisika, kimia, dan teknologi saja, tapi dapat dan sangat mungkin untuk dikomunikasikan, diberitahukan bahkan diajarkan kepada awam..."

(RD. Fabianus Sebastian. H)

Esai-esai yang ditulis Prof.Benny dalam buku ini telah dimuat dalam jurnal Melintas rubrik "Insight"



UNPAR PRESS

Jl. Ciumbuleuit No 100, Bandung 40141
unparpress@unpar.ac.id

