

PENDIDIKAN FISIKA UNTUK ABAD KE 21: KESADARAN, WAWASAN, KEDALAMAN, ETIKA

A Rusli

Jurusan Fisika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung 40141, aloysius.rusli@gmail.com

Abstrak – Pesatnya perkembangan fisika dalam abad ke 20 telah memacu perkembangan teknologi, yang selanjutnya memacu pula perkembangan fisika dan perubahan sikap masyarakat. Sepatutnya hal ini disertai dengan pengembangan pola program studi Fisika agar lebih optimal dampak dan manfaatnya, khususnya di Indonesia. Dari pengamatan sejak beberapa tahun, tampaknya kata kunci “kesadaran”, “wawasan”, “kedalaman”, “etika” dapat memberi arah strategis yang baik, bagi kurikulum tetapi terlebih bagi pengajar-pendidiknya. Strategi ini perlu mampu memotivasi, dan memandirikan mahasiswanya, baik bagi mayoritas yang selanjutnya memasuki bidang pekerjaan non-fisika, maupun bagi minoritas yang tertarik untuk menjadi fisikawan. Pola kurikulum yang berhaluan selaras dengan empat kata kunci itu, diperkirakan dapat memotivasi dan mengokohkan kemampuan memecahkan masalah yang lebih kompleks secara baik dan terpadu, baik dalam sains, teknologi, maupun di luar bidang itu, sehingga dapat lebih mampu memberi kontribusi signifikan pada perkembangan masyarakat abad ke 21.

Kata kunci: pendidikan fisika, kesadaran, wawasan, kedalaman, etika

Abstract – The impressive development of physics in the 20th century has similarly developed technology, causing positive feedback to physics, also changing attitudes of the human community. This calls for an adjustment of style of the physics study program, to optimize its impact and usefulness, especially in Indonesia. Based on several years of observation, it seems that the keywords “awareness”, “overview”, “depth”, “ethics” would give an appropriate strategy, both for the physics curriculum but especially for the teacher/educator. This strategy should be able to motivate, and enable the students, both the majority going to non-physics workplaces, and the minority attracted to become physicists. A curriculum based on those 4 key words, should motivate and strengthen the students’ ability to better comprehensively solve more complex problems, either in science, technology, or else. They therefore would be enabled to contribute significantly to the community’s development in this 21st century.

Key words: physics education, awareness, overview, depth, ethics

I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan fisika dalam abad ke 20 merupakan fakta, yang dengan jelas digambarkan oleh popularnya istilah ‘Teori Relativitas’ dan ‘Teori Kuantum’ di lingkungan masyarakat. Juga kalau laporan-laporan temuan dalam teknologi ditelusuri sedikit saja, akan segera ditemukan peran fisika, dan peran teknologi, kalau ingin memahami dan mengendalikan suatu temuan. Contoh mutakhir adalah ketika tanggal 15 Februari 2013 [1] sebuah obyek-dekat-Bumi (*NEO*, *near-earth-object*, asteroid) bernomor 2012 DA 14 sedang ditunggu lewatnya dekat Bumi pada jarak ~28 megameter (lebih dekat dibandingkan dengan jarak ~35 megameter satelit buatan geostasionar seperti satelit Palapa di masa lalu). Ketika mendadak sebuah meteor lain melintas di atas kota Chelyabinsk, Russia lalu meledak dan memecahkan banyak kaca gedung yang lalu melukai beratus warga kota itu, peristiwa itu sudah dapat tersiar beberapa jam setelah peristiwa itu, dan 5 hari kemudian, sudah tersedia informasi rinci tentang meteor itu (“ukurannya bukan 15 melainkan 17 meter”, “massanya bukan 7 gigagram melainkan 10 gigagram”, “energi kinetiknya bukan 30 kiloton TNT melainkan 500 kiloton TNT”; 1 kilogram tri-

nitro-triglisierida berenergi kimia 5,4 megajoule, jadi energi kinetik meteor tersebut 2,7 ekajoule; eka = 10^{18}). Kalau informasi ini direnungkan, kiranya tersadarkan betapa pesat informasi dapat disiarkan, dan betapa tinggi kemampuan manusia dengan peralatannya, sehingga mampu memberi informasi yang sedemikian rinci dalam waktu yang sedemikian cepat.

Suasana kepesatan itu, di samping telah dapat memacu pula laju pendalaman dan peluasan ilmu, juga sudah tampak mengubah sikap manusia, terlebih angkatan mudanya. Hal ini pernah dibahas dalam makalah sebelumnya [2], dan telah disimpulkan bahwa pola penyajian program studi Fisika perlu menyesuaikan diri. Kebiasaan baru angkatan muda, dengan rentang waktu perhatian yang makin pendek (*short span of attention*), serta kemampuannya untuk *multi-tasking*, beralih kegiatan dengan gesit, condong membuat pola program studi baku Fisika menjadi terkesan berat dan kurang teradaptasi pada sikap baru tersebut. Disimpulkan bahwa penyadaran akan peran dan cakupan Fisika, menjadi lebih utama dan lebih memotivasi, daripada penguasaan Fisika tentang masalah katrol, bidang miring, dsb yang kurang terasa manfaatnya pada jaman modern ini.

Penyadaran akan pentingnya Fisika itu, akan terdukung kalau pembelajaran Fisika menyempatkan mahasiswa untuk menjajagi wilayah yang cukup luas dalam Fisika: Wawasan tentang peran dan kemampuan Fisika menjelaskan berbagai hal, terlebih yang berkait dengan perkembangan ilmu dan teknologi beserta peralatannya yang canggih, akan memampukan mahasiswa (dan siswa) untuk berinisiatif mengakses Internet dan mencari sendiri informasi lebih lanjut, sampai kerincian yang diinginkannya, melalui www.google.com dan/atau wikipedia.com (secara umum), lalu mencari dukungan laporan ilmiah (melalui www.scholar.google.com dsb) seperlunya.

Agar pencarian informasi lebih lanjut itu dapat disaring taraf kebenarannya dengan lebih baik, tentu juga perlu dilatihkan keterampilan menelaah dan memperdalam ilmu, melalui membaca, berpikir kritis, memilih informasi yang dipandang lebih andal, menganalisisnya untuk mendeteksi adanya ketakkonsistenan, mensintesiskannya dengan pengetahuan yang telah dimiliki, sehingga jejaring pengetahuannya menjadi makin ilmiah dan andal. Pengalaman memperoleh kedalaman pengetahuan ini, akan menambah kepercayaan diri mahasiswa, untuk melanjutkan pencarian informasi baru serta menyaringnya dengan makin andal.

Akhirnya, ilmu yang berhasil dihimpun dan dikuasai oleh mahasiswa itu, perlu dikendalikan pemanfaatannya oleh sikap etis yang kokoh. Kalau tidak demikian, seorang penguasa ilmu atau teknologi akan dapat menjadi berbahaya bagi lingkungannya, karena akan dapat merasa boleh menghalalkan semua cara. Maka pendidikan sarjana Fisika perlu juga menyediakan sarana seperti filsafat ilmu, agar lebih mengetahui asal usul pemikiran dan aturan Fisika, dan menghargai para pengembang ilmu di masa lalu itu, dan dengan demikian juga dapat lebih menghargai manusia lain yang sedang hidup, dan yang akan hidup di Bumi ini.

II. STUDI PUSTAKA

Hasil pengamatan dan pengalaman yang diungkapkan di atas, telah disertai studi berbagai pustaka. Hasilnya telah dilaporkan pada kesempatan sebelum ini [3]. Awalnya fokus penelitian adalah tentang konsep penyadaran (*awareness*) yang dinilai merupakan kata kunci dalam mengadaptasi pola program studi Fisika. Ternyata konsep ini telah menarik perhatian suatu penerbit di Jerman, yang kemudian menawarkan kesediaannya mempertimbangkan penerbitan sebuah buku kecil tentang ihwal penyadaran ini. Kemudian ditemukan pula [4] sebuah buku teks Fisika Dasar berhalaman ~800 halaman yang menggunakan istilah ini dalam subjudulnya. Hal ini mengindikasikan bahwa kata kunci "penyadaran, *awareness*" ini mulai menarik perhatian di lingkungan Fisika juga. Kalau kemudian ditinjau makalah-makalah di beberapa jurnal Fisika, dengan mudah dapat ditemukan berbagai upaya menemukan variasi pembelajaran Fisika, baik di sekolah menengah maupun di perguruan tinggi [5], [6], [7].

Penyadaran ini juga amat terbantu dengan memberi wawasan kepada para mahasiswa atau siswa. Wawasan ini mudah mereka peroleh melalui google, wikipedia, dsb, apalagi kini sudah mulai tersedia informasi berbahasa Indonesia di alur-alur tersebut. Majalah-majalah ilmiah yang diterbitkan himpunan / organisasi profesi seperti *Institute of Physics* (Inggris) dan *American Association of Physics Teachers* (AAPT) juga menjadi sumber informasi yang baik, dengan memberi wawasan sejarah tokoh atau sejarah konsep fisika tertentu, atau wawasan tentang suatu aturan fisika, temuan baru fisika, dsb [8], [9], [10]. Majalah-majalah ini dapat diperoleh dengan potongan harga, jika dilanggan oleh anggota himpunan, dan amat berguna untuk meluaskan wawasan tentang fisika.

Selain mengupayakan penyadaran dan meluaskan wawasan, tetap perlu diupayakan penguasaan materi sampai batas yang memadai, agar kesiapan memasuki masyarakat yang makin berbasis ilmu ini menjadi terdukung. Penguasaan materi takkan dapat diraih secara merata, mengingat terbatasnya waktu belajar dan juga mengingat sikap angkatan muda masa kini yang mudah beralih perhatian. Maka perlu dipilih beberapa konsep "esensial" yang menjadi fokus pembahasan, dengan harapan bahwa pengalaman memperdalam suatu topik, akan menumbuhkan kemampuan dan kepercayaan-diri untuk mempelajari sendiri topik lain ketika mulai terasa membutuhkan hal itu. Pendalaman ini dapat diraih melalui berpikir kritis, yang memuat unsur perenungan, diskusi dengan sesama pembelajar dan dengan guru / dosen, dan penyimpulan secara bijaksana (dengan *discernment & prudence*), dengan tidak melewatkan upaya pengujian empiris dengan eksperimen. Ciri pokok ilmu adalah konsistensi antara pemikiran dan pengukuran. Hal ini akan lebih mudah diapresiasi kalau dalam kurikulum tersedia mata kuliah seperti filsafat ilmu [11], yang memperkenalkan kepada mahasiswa berbagai upaya intelektual manusia, dengan berbagai arah berpikir yang parsial maupun yang lebih komprehensif-integral, sehingga mereka dapat menjadi lebih berwawasan dibandingkan mahasiswa yang buta-sejarah.

Akhirnya, perolehan kesadaran tentang ilmu, melalui wawasan dan pendalaman ilmu, akan menghasilkan motivasi dan kemampuan untuk memanfaatkan ilmu. Pada tahap tindakan ini, tentu etika mulai menonjol perannya. Tanpa etika, khususnya etika profesi, seorang yang ahli akan dapat memilih segala cara untuk mencapai tujuannya, tanpa memperhatikan apakah ada pihak lain yang dirugikan. Etika profesi timbul dari hakekat suatu profesi, yaitu bahwa profesi itu merupakan suatu keahlian yang diperoleh melalui pembelajaran mendalam, yang didukung oleh berbagai pihak seperti guru, dosen, staf administrasi, sampai ke pembersih dan pemerintah dan pembayar pajak. Karena itu seorang yang berprofesi, biasa dianggap telah berprofesi (= berjanji di depan umum) bahwa ilmunya akan dilayankan pertama-tama bagi kepentingan umum, bukannya kepentingan kelompok apalagi kepentingan pribadi. Karena itu kesadaran itu bukan hanya perlu

meliputi bidang ilmu saja, melainkan juga perlu meliputi bidang harkat dan martabat manusia, dan harkat serta martabat profesinya, yaitu suatu keahlian-bagi-kepentingan-umum.

Kalau hal ini diperdalam, akan dimasuki wilayah metafisik yang juga biasa disebut wilayah di mana ilmu berjumpa dengan iman. Sejak bagian kedua abad ke 20, mulai disadari bahwa ilmu dan iman (*science and faith*), yang kadang-kadang difokuskan menjadi ilmu dan agama (*science and religion*) perlu dibuat saling memperkaya, dan bukannya dibiarkan berjalan sendiri-sendiri atau malahan saling bertentangan. Alasan dasarnya adalah, karena dua bidang ini merupakan dua segi kehidupan seorang manusia, dan manusia yang utuh senantiasa ditopang oleh dua bidang ini [12].

Urgensi untuk mengadaptasi program studi Fisika juga dapat dilihat dari perkembangan program studi Fisika di Texas, Amerika Serikat, yang sampai menimbulkan seruan tentang itu oleh Presiden AAPT, Jill A. Marshall, yang dimuat dalam [13] *The Physics Teacher* (edisi September 2012) dan [14] *American Journal of Physics* (edisi Oktober 2012).

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah studi pustaka, yang diolah melalui refleksi dan dialog dengan beberapa rekan dosen, termasuk refleksi tentang pengalaman mengajar Fisika selama sekian tahun. Khususnya untuk segi ilmu dan iman, dialog ini didukung oleh suatu *mailinglist* berjudul <http://dialogilmudaniman.yahoogroups.com>, untuk menjembatani bersilangannya waktu luang. Dengan dialog dimaksudkan suatu cara berkomunikasi yang bertitik berat pada mendengarkan pandangan dan pendapat orang lain, merefleksikannya untuk menemukan segi konstruktif maupun negatifnya, dengan tetap menghargai pandangan dan pendapat yang telah didengarkan itu. Selain bersedia mendengarkan, tentu juga ada kesediaan untuk menjelaskan pandangan dan pendapat jika diminta. Cara berdialog ini memungkinkan partisipannya untuk meluaskan wawasan, menyadarkan akan beragamnya pandangan dan pendapat orang, dan memperoleh wawasan yang makin luas dan kaya. Hasil refleksi ini kemudian secara berkala dirangkum, untuk bertahap memperoleh kemajuan dalam tahap berpikir. Satu kali, bulan Oktober 2012, telah diadakan pertemuan di kampus, mendengarkan presentasi seorang rekan yang bulan Juni sebelumnya telah berkesempatan memperoleh pendanaan untuk ikut serta terlibat pada suatu lokakarya di Cambridge University, Inggris, yang bertema ilmu dan agama. Tujuan lokakarya ini adalah untuk berbagi dan mencari gagasan-gagasan untuk mengajarkan ilmu berdampingan dengan agama, dengan tujuan agar mahasiswanya dapat terdorong pemahaman hidupnya oleh bidang ilmu maupun bidang agama ini.

Metode ini juga didukung suatu penelitian yang telah dimulai sejak awal tahun 2012, yang ingin mendalami

bagaimana ilmu dan iman dapat didialogkan, dengan tujuan konstruktif seperti tersebut di atas, yaitu untuk memperoleh pengayaan penyadaran dan wawasan, sehingga keutuhan sebagai seorang pribadi manusia dapat terdorong [15].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai suatu hasil sementara dapat dikemukakan, bahwa kurikulum program studi Fisika, termasuk juga program studi pendidikan fisika, sebaiknya diadaptasi pada perubahan jaman yang telah terjadi. Pola program studi Fisika yang lebih cocok bagi abad ke 21 ini adalah yang menyadari bahwa penting untuk membangkitkan kesadaran pada mahasiswa tentang peran dan manfaat Fisika untuk memahami cara kerja alam ini, baik dengan contoh dari ilmu maupun contoh dari teknologi yang dapat diamati sehari-hari.

Kesadaran (*awareness*) ini dapat ditumbuhkan melalui pemberian wawasan tentang cakupan fisika, serta cara penerapannya (biasa disebut 'cara ilmiah'). Wawasan ini dapat didukung dengan pendalaman beberapa konsep ataupun topik esensial. Pendalaman memang memerlukan waktu perenungan dan diskusi antar sesama mahasiswa. Karena itu tidak banyak konsep esensial dapat disentuh. Akan tetapi dengan memperoleh pengalaman bagaimana memperdalam suatu topik, mahasiswa akan dapat mengenali bagaimana cara ilmiah itu digunakan. Pengalaman ini kemudian dapat dimanfaatkan untuk diterapkan pada topik lain. Pendalaman itu memungkinkan seseorang untuk belajar secara makin mandiri.

Akhirnya, etika profesi perlu diberi waktu pula untuk disimak. Hal ini dapat diperluas sedikit dengan menyentuh ihwal hubungan antara ilmu dan iman. Keduanya dapat dikatakan bertumpu pada pengamatan dan pengalaman konkret. Pengamatan dan pengalaman itu lalu dapat dinalarkan secara konsisten, menghasilkan beberapa kesimpulan. Di sini ada perbedaan antara ilmu dan iman: Ilmu mensyaratkan kesimpulan yang dapat diukur untuk diuji kekonsistenan antara kenyataan dan kesimpulan hasil berpikir. Iman lebih menggunakan intuisi dan langkah yang lebih pribadi, yang sulit atau tidak dapat diuji secara empiris. Kesimpulan intuitif iman ini lalu menjadi titik tolak (*hipotesis-kerja*) untuk menalar konsekuensi-konsekuensi yang serupa, yaitu non-empiris dan berdasarkan iman akan titik tolak atau hipotesis atau 'wahyu Allah' itu [16]. Kesimpulan non-empiris ini perlu diperkaya melalui penalaran dan kesimpulan yang teruji secara empiris sejauh mungkin. Sebaliknya, kesimpulan ilmiah perlu dihadapkan pada kesimpulan non-empiris itu, untuk direfleksikan sejauh apa dapat dilakukan pengayaan secara konsisten, dan inkonsistensi apa yang dapat disimpulkan dari situ.

V. KESIMPULAN

Pesatnya perkembangan fisika dalam abad ke 20, berdampak terhadap perkembangan teknologi dan sikap angkatan muda (dan tua), yang berkat kemajuan kepekaan

peralatan, memacu pula perkembangan fisika. Maka sepatutnya perlu dilakukan adaptasi pola program studi Fisika. Khususnya di Indonesia, di mana minat lulusan SMA lebih tertuju ke bidang teknologi, bidang jasa, dan bidang kesehatan yang bersifat terapan dan secara ekonomis lebih menarik, program studi Fisika menghadapi tantangan yang cukup berat, kalau ingin tetap berkontribusi pada kemajuan bangsa dan dunia. Dari pengamatan sejak beberapa tahun, tampaknya kata kunci “kesadaran”, “wawasan”, “kedalaman”, “etika” dapat memberi arah strategis yang baik. Kesadaran akan laju dan luasnya perkembangan fisika, dimilikinya wawasan tentang kemampuan fisika dalam memahami dan merekayasa alam, dimilikinya kedalaman dalam satu atau beberapa subbidang fisika yang akan memberi pengalaman dan kepercayaan-diri menangani masalah dan ihwal yang baru dan perlu diselesaikan, dan dimilikinya wawasan tentang etika profesi yang mendasar, dapat menjadi pedoman dalam menyusun suatu kurikulum bagi program studi fisika yang menarik, memotivasi, dan memandirikan mahasiswanya. Pola kurikulum yang berhaluan seperti itu, diperkirakan dapat menarik minat, mengokohkan kemampuan memecahkan masalah sains dan teknologi, dan meluaskan wawasan lulusan fisika, sehingga dapat lebih mampu memberi kontribusi signifikan dan lebih terpadu pada perkembangan masyarakat abad ke 21.

Jelas bahwa peran guru / dosen amat penting. Sikap positif-konstruktif, sikap *student-centrednya*, dan kemampuannya berpikir kritis, diperlukan untuk mendukung kesimpulan di atas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih hendak diberikan kepada profesor Benny Suprpto, Jurusan Fisika FTIS, Unpar (Universitas Katolik Parahyangan), yang telah memberi banyak masukan yang memperkaya kedalaman materi makalah ini. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat) Unpar untuk pembiayaan penelitian yang mendasari makalah ini. Terima kasih pula atas penugasan Ketua Jurusan Fisika FTIS Unpar ke Solo, dan persetujuan Panitia, untuk kesempatan mempresentasikan makalah ini pada Seminar / Pertemuan Ilmiah ke 27 HFI Jawa Tengah & DIJ, Solo, 23 Maret 2013.

PUSTAKA

- [1] Space Daily Express, Berita setiap hari tentang bidang angkasa luar. Website: http://www.spacedaily.com/Asteroids_and_Cometes.html. Diakses 21 Februari 2013.
- [2] A. Rusli, A Format for the Basic Physics Lecture – Aiming at Science Awareness: Some Study Results, *Proceedings of the Third International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS)*, 2010, 579-

- 586, <http://icmns.fa.itb.ac.id/proceedings.php>.
- [3] A. Rusli, Science and Scientific Literacy vs Science and Scientific Awareness through Basic Physics Lectures: A Study of Wish and Reality, *American Institute of Physics (AIP) Conference Proceedings* **1454**. ICPAP, hlm. 169-173, 2011. <https://edocs.unpar.ac.id/edocs?dn=4ec62709dddd8>.
- [4] Sadri Hassani, *From atoms to galaxies – a conceptual physics approach to scientific awareness*. CRC Press, Taylor & Francis, 2010.
- [5] G. R. Van Ness & Ralf Widenhorn, Engaging the community through an undergraduate biomedics physics course, *American Journal of Physics*, vol. 80, No.12, Desember 2012, hlm.1094-1098. Tentang pola yang melibatkan partisipasi sejumlah profesional di sekitar kampus, dan presentasi hasil karya yang dibuka bagi masyarakat sekitar kampus.
- [6] Hashini E. Mohottala, The combination of Just-in-Time teaching and wikispaces in physics classrooms, *The Physics Teacher*, vol. 51, No.1, Januari 2013, hlm. 44-46. Tentang pemanfaatan e-learning, kerja kelompok, dan kuliah interaktif.
- [7] Antje Kohnle, C Tom A Brown, Cameron F Rae, & Bruce D Sinclair, Problem-based labs and group projects in an introductory university physics course, *Physics Education*, vol.47, No. 4, hlm 476-481. Tentang penggunaan topik-topik yang ditemukan sehari-hari, untuk belajar bersama dalam kelompok, memecahkan masalah yang ditemukan dalam topik itu.
- [8] E. Benedetto, M. Capriolo, A. Feoli, & D Tucci, A little help for a better understanding and application of Faraday’s law, *European Journal of Physics*, vol. 33, No.3, Mei 2012, hlm. L15-L40. Tentang perumusan yang lebih tepat bagi hukum induksi elektromagnetik Faraday.
- [9] Sue Stocklmayer, John P. Rayner, & Michael M Gore, Changing th order of Newton’s laws – why & how the third law should be first, *The Physics Teacher*, vol. 50, No. 7, Oktober 2012, hlm. 406-409. Tentang suatu pandangan bahwa hukum III Newton lebih tepat disebut hukum I.
- [10] Art Hobson, And the 2011 Nobel Prize in physics goes to ... the accelerating universe!, *The Physics Teacher*, vol. 50, No. 8, November 2012. Tentang temuan pada tahun 1998 bahwa jagad raya ini bukannya melamban memuainya, melainkan memuai makin cepat.
- [11] Jeffrey L. Kasser, *Philosophy of Science – The Great Courses*, The Teaching Company, 2006.
- [12] Lawrence M. Principe, *Science and Religion – The Great Courses*, The Teaching Company, 2006.
- [13] Jill A. Marshall, Could Physics Majors Disappear?, Guest Editorial, *The Physics Teacher*, vol. 60, No.6, hlm.328-329.
- [14] Jill A. Marshall, The physics major in jeopardy, Guest Editorial, *American Journal of Physics*, vol. 80, No. 10, Oktober 2012, hlm.849.
- [15] A. Rusli, Dialogue between Science and Faith: A Preliminary Study, *Proceedings 3rd Jogjakarta International Conference on Physics*, 18-19 September 2012, 153-156. <http://jiips.ugm.ac.id/2012/>.
- [16] A. Rusli, Dialog ilmu dan iman – suatu pendekatan dan cara realisasinya – tahap 2, Laporan penelitian bagi LPPM Unpar, 2013.