

Hakikat Fisika dan Keterampilan Proses Sains

Eka Murdani¹

¹ Program Studi Pendidikan Fisika, STKIP Singkawang, Singkawang, Indonesia
E-mail: ekamurdani@gmail.com¹

Abstrak

Artikel ini membahas hakikat sains (*the nature of science*) dan keterbatasan sains (*limitation of science*) yang lebih dikhususkan pada fisika. Artikel ini ditulis berdasarkan kajian filsafat secara ontologi (objek kajian), epistemologi (proses pemerolehan ilmu), dan aksiologi (manfaat ilmu) dengan diperoleh kesimpulan bahwa fisika secara hakikatnya adalah fisika sebagai proses dan fisika sebagai produk. Produk fisika diantaranya adalah fakta, data, konsep, hukum, prinsip, aturan, teori, dan model. Fisika sebagai aktivitas (proses) riset dan pengkajian dengan menggunakan metode ilmiah yang mengandalkan keterampilan-keterampilan proses (observasi, berhipotesis, eksperimentasi, dan sebagainya). Hakikat fisika sebagai proses ini yang melahirkan keterampilan proses sains yang menjadi keterampilan kunci atau keterampilan sentral pada penemuan ilmiah (ilmuwan atau peneliti) dan pembelajaran (guru dan siswa). Filsafat ilmu berusaha menjelaskan hakekat ilmu fisika yang mempunyai banyak keterbatasan, sehingga dapat diperoleh pemahaman yang padu mengenai berbagai fenomena alam yang telah menjadi objek ilmu fisika, dan yang cenderung terfragmentasi. Untuk itu, filsafat ilmu berperan dalam menghindarkan diri dari memutlakkan kebenaran ilmiah, dan menganggap bahwa ilmu sebagai satu-satunya cara memperoleh kebenaran.

Kata Kunci: Hakikat Fisika; Eksperimen Fisika; Keterampilan Proses Sains; Keterbatasan Sains.

Abstract

This article discusses the nature of science and the limitations of science which are more devoted to physics. This article is written based on the study of philosophy ontologically (object of study), epistemology (the process of acquiring knowledge) and axiology (the benefits of science) with the conclusion that physics is essentially physics as a process and physics as a product. Physical products include facts, data, concepts, laws, principles, rules, theories and models. Physics as an activity (process) of research and assessment using scientific methods that rely on process skills (observation, hypothesizing, experimentation, and so on). The nature of physics as a process that creates science process skills that are key skills or central skills to scientific discovery (scientists or researchers) and learning (teachers and students). Philosophy of science seeks to explain the nature of physics which has many limitations, so that a solid understanding of various natural phenomena has become the object of physics itself, and which tends to be fragmented. For this reason, the philosophy of science plays a role in avoiding the absolute truth of science, and considers that science is the only way to obtain truth.

Keyword: Nature of Physics; Physics Experiment; Science Process Skills; Limitation of Science.

1. Pendahuluan

Filsafat ilmu ialah salah satu cabang filsafat. Sesuai dengan kekhasan filsafat, kajian filsafat ilmu pun bersifat mendasar, universal, konseptual, dan spekulatif. Kini filsafat ilmu telah berkembang sebagai suatu ilmu (Latif, 2014), yang mempunyai obyek material pengetahuan ilmiah (*scientific knowledge*), dan obyek formal problem-problem mendasar dari ilmu.

Problem-problem mendasar dari ilmu antara lain: hakikat ilmu (*the nature of science*), metode ilmiah (*scientific method*), kebenaran ilmiah (*scientific truth*), penalaran ilmiah (*scientific reasoning*), eksplanasi ilmiah (*scientific explanation*), teori ilmiah (*scientific theory*), revolusi pengetahuan ilmiah (*scientific revolution*), realisme sains (*scientific realism*), keterbatasan sains (*limitation of science*), dan implikasi moral-etis dari aplikasi pengetahuan ilmiah. Aspek-aspek

filsafat ilmu ini menjadi bahan kajian (*subject matter*) dalam mata kuliah filsafat ilmu atau yang lebih spesifik filsafat sains. Kajian Ilmu dalam artikel ini, dipersempit pada kajian ilmu alam atau sains dengan mengkaji lebih dalam pada kajian fisika. Esensi dari sains, yakni sains merujuk pada kumpulan pengetahuan (*body of knowledge*) yang terorganisasi secara sistematis tentang alam fisik, dan aktivitas penggalan (*discovery*) pengetahuan dengan menggunakan observasi dan eksperimentasi terhadap fenomena alam. Dari pada itu Chiappetta & Koballa, Jr. (2010) mendefinisikan sains sebagai cara khusus untuk mengetahui tentang alam berdasarkan observasi dan eksperimentasi, sedangkan pengetahuan yang tidak berlandaskan pada bukti empiris alam bukan bagian dari sains.

Sains mempunyai dua dimensi, yakni dimensi dinamik dan dimensi statis. Dimensi dinamik dari sains menggambarkan sains sebagai aktivitas (proses) riset dan pengkajian dengan menggunakan metode ilmiah yang mengandalkan keterampilan-keterampilan proses (observasi, berhipotesis, eksperimentasi, dan sebagainya). Dimensi ini akan dikaji lebih lanjut pada bagian berikutnya yang disebut sebagai hakikat sains sebagai proses. Hakikat sains sebagai proses ini yang melahirkan keterampilan proses sains yang menjadi keterampilan kunci atau keterampilan sentral pada penemuan ilmiah (ilmuwan atau peneliti) dan pembelajaran (guru dan siswa). Dimensi statik dari sains menggambarkan sains sebagai produk sistem ide-ide (konten sains), yang pada dasarnya merupakan produk dari aktivitas riset dan pengkajian dalam sains (Farmer dan Farrell, 1980). Dimensi ini akan dibahas dalam hakikat sains sebagai produk. Berdasarkan uraian-uraian di atas, maka fokus bahasan dalam artikel ini adalah hakikat sains yang dispesifikkan pada fisika, keterbatasan sains dan keterampilan proses sains.

2. Metode

Artikel ini ditulis berdasarkan kajian literatur filsafat. Filsafat berperan dalam mendasari berbagai aspek keilmuan baik pada tataran teoritis maupun praktis. Filsafat sebagai suatu sistem berpikir dengan cabang-cabangnya (ontologi, epistemologi, dan aksiologi) dapat mendasari pemikiran tentang keilmuan.

Dalam filsafat ilmu, ontologi adalah studi pengkajian mengenai sifat dasar ilmu yang arti sifat dasar itu membentuk arti, struktur, dan prinsip ilmu. Epistemologi membicarakan tentang terjadinya pengetahuan, sumber pengetahuan, asal mula pengetahuan dan batas-batas, sifat, metode, dan keahlian pengetahuan. Aksiologi merupakan bagaimana cara manusia menggunakan penalaran otak yang luar biasa, sehingga perkembangan ilmu itu sudah sejak dulu diarahkan dalam tahap-tahap pertumbuhannya. Jadi, jelas dan nyata bahwa teori-teori ini adalah dalam rangka penerapan suatu disiplin ilmu yang dikaji secara ilmiah dengan secara mendalam dan radikal tentang asal mula pengetahuan, terstruktur, menggunakan metode yang jelas, serta datanya validitas. Dalam artikel ini fokus membahas makna sains, dimensi sains, keterbatasan sains, peranan filsafat sains dalam menunjang keterbatasan sains, contoh aplikasi sains fisika, hakikat fisika, dan keterampilan proses sains serta hakikat eksperimen dalam sains.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Makna Sains

Kata sains berasal dari bahasa Inggris "*science*", yang berakar pada kata lain "*scientia*" yang berarti pengetahuan (*knowledge*) (Thompson, 2012). Kata *scientia* merupakan kata benda yang berhubungan dengan kata kerja "*sciere*" yang berarti mengetahui (*to know*).

Beberapa makna sains dalam beberapa sumber: "*Science is the intellectual and practical activity encompassing the systematic study of the structure and behavior of the physical and natural world through observation and experiment* (Oxford English Dictionary, 2019)" yang artinya Sains adalah aktivitas intelektual dan praktis yang mencakup studi sistematis tentang struktur dan perilaku fisik dan alam melalui observasi dan eksperimen. "*Science is the use of evidence to construct testable explanation and prediction of natural phenomena, as well as the knowledge generated through this process* (The National Academy of Sciences, 2008)" yang artinya sains adalah penggunaan bukti untuk membangun penjelasan yang dapat diuji dan prediksi fenomena alam, serta pengetahuan yang dihasilkan melalui proses ini. "*The systematic study of the nature and behavior of the material and physical universe, based on observation, experiment, and measurement, and the formulation of laws to describe these facts in general term* (Collins English Dictionary, 2014)" yang artinya studi sistematis tentang alam dan perilaku alam semesta secara material dan fisik, berdasarkan pengamatan, percobaan, dan pengukuran, dan perumusan

hukum untuk menggambarkan fakta-fakta secara umum. “*Systematic knowledge of the physical or material world gained through observation and experimentation* (The American Heritage, 2011)” yang artinya Pengetahuan sistematis tentang dunia fisik atau materi diperoleh melalui observasi dan eksperimen.

Dari keberagaman definisi-definisi tentang sains tersebut, terdapat kesamaan pandangan terhadap esensi dari sains, yakni sains merujuk pada kumpulan pengetahuan (*body of knowledge*) yang terorganisasi secara sistematis tentang alam fisik, dan aktivitas penggalian (*discovery*) pengetahuan dengan menggunakan observasi dan eksperimentasi terhadap fenomena alam. Dari pada itu Chiappetta & Koballa, Jr. (2010) mendefinisikan sains sebagai cara khusus untuk mengetahui tentang alam berdasarkan observasi dan eksperimentasi, sedangkan pengetahuan yang tidak berlandaskan pada bukti empiris alam bukan bagian dari sains.

b. Dimensi Sains

Sains mempunyai dua dimensi, yakni dimensi dinamik dan dimensi statis. Dimensi dinamik dari sains menggambarkan sains sebagai aktivitas (proses) riset dan pengkajian dengan menggunakan metode ilmiah yang mengandalkan keterampilan-keterampilan proses (observasi, berhipotesis, eksperimentasi, dan sebagainya). Hakekat sains sebagai proses. Contoh observasi adalah menggunakan mikroskop untuk mengamati struktur jaringan daun, menggunakan teleskop untuk mengamati bulan. Contoh hipotesis adalah menduga atau memberikan jawaban sementara secara teoritis bahwa siswa senang belajar sambil bermain dan bernyanyi. Contoh eksperimentasi adalah siswa melakukan praktikum pengaruh pemberian panas pada air di dalam panci. Dimensi statik dari sains menggambarkan sains sebagai produk sistem ide-ide (konten sains), yang pada dasarnya merupakan produk dari aktivitas riset dan pengkajian dalam sains (Farmer dan Farrell, 1980). Hakekat sains sebagai produk.

Produk sains diantaranya adalah fakta, data, konsep, hukum, prinsip, aturan, teori dan model. Contoh fakta adalah logam memuai ketika dipanaskan, matahari terbit dari timur dan tenggelam di barat. Data adalah fakta atau informasi yang relevan baik kuantitatif maupun kualitatif. Contoh konsep adalah asam merupakan zat yang larutannya dalam air memerahkan warna lakmus, kalor berpindah dari suhu tinggi ke suhu rendah. Contoh prinsip, hukum dan aturan adalah hukum ohm “kuat arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian berbanding lurus dengan gaya gerak listrik dan berbanding terbalik dengan hambatan ($I = V/R$), contoh lain $P = P_0(1 + \lambda \Delta t)$. Contoh teori adalah Teori Kinetik Gas ($PV = nRT$), Teori Gravitasi Newton ($F = Gm_1m_2/r^2$). Contoh model adalah model tata surya, model atom, model orbital.

Konsep berdasarkan pengamatan (*concepts by inspection*), konsep berlandaskan pengamatan merupakan abstraksi dari hasil pengamatan terhadap sejumlah proses, obyek, atau peristiwa, contohnya larutan, penyangga (*buffer*), semikonduktor, osmosis, insekta. Konsep berdasarkan definisi (*concepts by definition*) (*theoretical concepts*), konsep berdasarkan definisi tidak diabstraksi dari hasil pengamatan, melainkan didefinisikan berdasarkan kesepakatan pakar, contohnya kecepatan, kemagnetan, kepolaran, keelektronegatifan, natalitas, kalor jenis, frekuensi, index bias, dan sebagainya.

Fungsi teori dalam sains adalah: (a) teori merupakan eksplanasi (penjelasan) beralasan terhadap fenomena yang diamati dan temuan-temuan eksperimen; (b) teori merupakan sistem penalaran yang dikonstruksi berdasarkan asumsi-asumsi yang diterima; (c) teori menjawab pertanyaan “mengapa?”; (d) teori dapat digunakan untuk memprediksi fakta-fakta baru; dan (e) teori dapat diubah atau dimodifikasi dengan bukti-bukti baru. Contoh: teori atom, teori sel, teori kinetik molekul gas, teori hibridisasi, teori evolusi, dan teori pita (*band theory*).

c. Keterbatasan Sains

Pengetahuan dapat menemukan kebenaran mutlak dan sebagian teori pengetahuan memang kebenaran mutlak, seperti diyakini Karl Popper. Hal ini karena teori pengetahuan dapat disalahkan. Teori baru yang lebih benar muncul dan memperbaiki. Tetapi, jika ia dapat disalahkan, berarti ia dapat pula dibenarkan. Paradigma dalam pengetahuan terus diperbaiki. Paradigma baru menjawab teka-teki yang tak terpecahkan paradigma lama. Paradigma baru juga dapat membawa penerapan yang lebih luas atas jawabannya pada teka-teki. Tetapi paradigma lama tidak boleh semata dinyatakan salah. Proses pemerolehan pengetahuan itu sendiri mengubah sebagian fakta ilmiah yang diyakini benar seratus tahun lalu dan bukan tidak mungkin, fakta yang kita yakini sekarang akan berubah seratus tahun yang akan datang. Sebagian filsuf dan sosiolog bahkan mengklaim kalau fakta ilmiah tidak akan mencapai kebenaran mutlak.

Teori gravitasi Newton misalnya, telah disalahkan Einstein, tetapi ia dibenarkan karena lebih sederhana. Teori heliosentris telah menjawab banyak misteri yang tak terpecahkan oleh teori geosentris. Tetapi geosentris tetap benar seperti dilakukan Ptolomeus dalam menjelaskan orbit Mars. Geosentrisme bahkan terbukti baik dalam bidang ilmu geodesi dan dalam memandu hidup para aborigin Australia.

Ilmu itu tidak dapat dipandang sebagai dasar mutlak bagi pemahaman manusia tentang alam, demikian juga kebenaran ilmu harus dipandang secara tentatif, artinya selalu siap berubah bila ditemukan teori-teori baru yang menyangkalnya. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan berkaitan dengan keterbatasan ilmu, yaitu: (a) ilmu hanya mengetahui fenomena bukan realitas, atau mengkaji realitas sebagai suatu fenomena (*science can only know the phenomenal, or know the real through and as phenomenal* - R. Tennant); dan (b) ilmu hanya menjelaskan sebagian kecil dari fenomena alam/kehidupan manusia dan lingkungannya; dan (c) kebenaran ilmu bersifat sementara dan tidak mutlak. Keterbatasan tersebut sering kurang disadari oleh orang yang mempelajari suatu cabang ilmu tertentu, fisika misalnya. Hal ini disebabkan ilmuwan fisika cenderung bekerja hanya dalam batas wilayahnya sendiri dengan suatu disiplin yang sangat ketat, dan keterbatasan ilmu itu sendiri bukan merupakan konsen utama ilmuwan fisika yang berada dalam wilayah ilmu tertentu.

d. Peranan Filsafat Sains dalam menunjang Keterbatasan Sains

Sesuai dengan yang telah diuraikan pada bagian atas maka pada bagian ini masih dalam contoh bidang fisika. Fisika mencatat pernah terjadi tragedi keilmuan tatkala teori Heliosentris yang diumumkan oleh Copernicus dan Galileo dicap sebagai pemikiran sesat oleh gereja. Sementara itu, begawan fisika Isaac Newton hanya menempatkan Tuhan sebagai penutup sementara lubang kesulitan yang belum terpecahkan dan terjawab dalam beberapa teorinya. Setelah kesulitan itu terjawab, maka secara otomatis intervensi Tuhan tidak lagi diperlukan. Bahkan, suatu saat ketika Napoleon Bonaparte bertanya kepada Laplace tentang peran Tuhan yang tidak disinggung dalam karyanya, Laplace menjawab dengan tegas bahwa peran Tuhan tidak diperlukan dalam penjelasan keteraturan alam raya ini.

Fisika sebagai subjek ilmu yang berusaha menjelaskan keteraturan alam semesta tentu seharusnya juga bisa menjelaskan bagaimana peran Tuhan dalam keteraturan tersebut. Selama ini, buku-buku teks fisika seolah-olah melepaskan begitu saja peran Tuhan. Jika ditarik dalam sebuah kesimpulan sederhana, dapat dikatakan bahwa tidak ada hubungan antara Tuhan (agama) dan fisika sebagai subjek ilmu.

Pemahaman seperti ini amat berbahaya, sebab bisa menyebabkan kecakapan ilmu yang dimiliki menjadi terbelah. Lambat laun ini akan mengarah pada pemisahan agama dan ilmu pengetahuan. Beberapa karya yang ada kemudian mencoba memasuki wacana pengetahuan dan agama ini. Beberapa karya dari Indonesia yang bisa disebutkan antara lain Akbar dkk (2008), Agung R (2007), Febri P.A. (2007), Firdaus (2004), Shihab (1997) dan Baiquni (1995). Sayangnya, karya-karya tersebut lebih terkesan sekedar justifikasi (pembenaran) temuan-temuan pengetahuan dengan ayat-ayat suci. Dan tindakan seperti ini, bisa dikatakan sebagai tindakan yang gegabah dan ceroboh sebab fakta-fakta pengetahuan bisa salah (Al Attas, 1995). Oleh karena itu, mengupas wacana pengetahuan dan agama tanpa melihatnya dari sudut pandang filsafat ilmu sama saja hanya akan menemukan fatamorgana akademis.

Dalam kajian ilmu pengetahuan, dikenal adanya tiga landasan yang menjadi pondasi sebuah ilmu. Ketiga landasan itu adalah ontologi, epistemologi, dan aksiologi. Ontologi merupakan landasan yang mempersoalkan tentang hakikat objek kajian. Epistemologi menyoal tentang bagaimana cara yang benar untuk mendapatkan pengetahuan dan aksiologi berbicara tentang tujuan dan kegunaan ilmu. Dengan demikian, setiap jenis pengetahuan mempunyai ciri-ciri yang spesifik mengenai apa (ontologi), bagaimana (epistemologi), dan untuk apa (aksiologi) pengetahuan tersebut disusun. Dari sisi ontologi, ada 2 paradigma yang menjadi basis bagi pengetahuan untuk mengembangkan dirinya, yaitu paradigma naturalisme dan supernaturalisme (Suriasumantri, 2005).

Ontologi adalah teori keberadaan obyek ilmu. Metafisika (di sebalik fisika) adalah kajian filsafat yang mendasar dan komprehensif mengenai seluruh realita atau tentang keberadaan (segala sesuatu yang ada, atau being), yang mencakup metafisika umum (ontologi) dan metafisika khusus (antara lain kosmologi dan teologi). Ontologi (ontos artinya keberadaan, logos artinya ilmu) berfokus pada kajian tentang hakikat keberadaan.

Epistemologi adalah teori pemerolehan pengetahuan. Epistemologi (berasal dari kata episteme yang artinya pengetahuan dan logos yang artinya ilmu) ialah cabang filsafat yang

bertalian dengan teori pengetahuan yang meliputi sumber, penemuan, kesahihan, dan limitasi pengetahuan.

Aksiologi adalah teori penggunaan ilmu. Aksiologi (aksi artinya manfaat, logos artinya ilmu) merupakan cabang filsafat yang mengkaji manfaat atau nilai ilmu. Logika berkenaan dengan kaidah-kaidah formal inferensi (penyimpulan) untuk mencapai kebenaran secara rasional, antara lain silogisme.

Esensi pemikiran filosofis dari Paham Epistemologi, terdiri atas Rasionalisme, Empirisme, dan Realisme. Rasionalisme merupakan pandangan epistemologi yang menekankan peranan penalaran (reason) dalam akuisisi dan justifikasi pengetahuan, sehingga cara yang paling tepat untuk meraih pengetahuan ialah dengan menggunakan kemampuan berpikir rasional. Lawan dari rasionalisme adalah empirisme, yang memandang pengetahuan didapatkan dari pengamatan terhadap fenomena alam. Rasionalisme menekankan peranan pengetahuan a priori, yang mereka pandang memberikan kepastian serta dukungan bukti yang diperoleh dari pengalaman inderawi. Istilah pengetahuan a priori mendeskripsikan pengetahuan yang ditangkap independen dari pengalaman inderawi (Blackburn, 2016). Rasionalisme diasosiasikan dengan filsuf Perancis Rene Descartes (1596-1650), filsuf Belanda Baruch Spinoza (1632-1677), dan filsuf Jerman Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716).

Rasionalisme masa kini berargumen tentang peranan nalar dalam diskoveri dan justifikasi pengetahuan ilmiah. Sains berurusan dengan fakta empiris melalui observasi dan eksperimen, tetapi terdapat sisi rasional pada sains. Contoh Einstein tidak banyak bergerak dalam kegiatan eksperimen namun ia menggunakan data yang dikumpulkan orang lain dan memaknai secara rasional (misalnya secara matematis). *Grand theory* yang digagas Einstein (relativitas khusus dan relativitas umum) bukan didasarkan pada eksperimen baru, melainkan hasil mengaplikasikan pemikiran rasional dan intuisi terhadap data yang tersedia.

Empirisme merupakan pandangan epistemologi yang menghubungkan pengetahuan dengan pengalaman empiris, yakni yang diobservasi kebenarannya dengan indera. Paham empirisme yakin bahwa pengetahuan ilmiah pada dasarnya diturunkan dari dan dijustifikasi oleh pengalaman empirik. Jika rasionalisme pada awal perkembangannya dikomandani oleh filsuf daratan Eropa, empirisme dikomandani terutama oleh filsuf Inggris Raya, seperti filsuf Inggris Francis Bacon (1561-1626), Thomas Hobbes (1588-1679), dan John Locke (1632-1704), filsuf Irlandia Bishop George Berkeley (1685-1753), dan filsuf Skotlandia David Hume (1711-1776).

Empirisme menekankan pentingnya pengalaman inderawi dalam mendapatkan pengetahuan ilmiah, sehingga pengetahuan ilmiah bersifat aposteriori, diketahui lewat pengalaman empiris. John Locke memandang minda sebagai tabula rasa, secara pasif menerima gagasan berdasarkan pengalaman. Gagasan merupakan kualitas tunggal atau persepsi (panas, warna, cahaya, bentuk) yang diterima lewat sensasi (persepsi inderawi) atau refleksi (persepsi internal). Minda tidak memainkan peranan dalam pembentukan gagasan, melainkan terbentuk secara langsung dari obyek itu sendiri (Southwell, 2013).

Realisme adalah suatu pandangan epistemologi yang menyatakan bahwa terdapat realita yang bebas dari minda (mind-independent reality). Obyek-obyek terpisah dari, dan independen dari, minda kita. Implikasinya adalah obyek-obyek yang diketahui adalah nyata dalam dirinya sendiri, keberadaannya tidak bergantung pada pikiran orang yang mengetahuinya. Alam tetap wujud sebelum pikiran menyadarinya dan akan tetap wujud setelah pikiran berhenti menyadarinya.

Konsep realitas bebas memungkinkan ada dunia di luar persepsi kita. Realisme memandang kita bisa tahu apakah persepsi-persepsi tersebut akurat atau tidak. Jika realita tidak ada, atau tidak ada akses ke realita tersebut, maka tidak ada jalan bagi kita mengecek apakah persepsi kita berkorespondensi dengan realitas sesungguhnya. Oleh sebab itu, realisme acap kali diasosiasikan dengan teori korespondensi tentang kebenaran. Gagasan, persepsi, teori kita adalah benar sejauh berkorespondensi dengan realita eksternalnya.

e. Contoh Aplikasi Sains

Sekarang mari kita berbicara tentang cahaya. Sebagai suatu entitas fisik yang terukur, cahaya dapat dianggap sebagai gelombang. Akan tetapi, anggapan ini bukan karena cahaya adalah suatu gelombang, tetapi asumsi itu didasarkan pada sifat cahaya yang menyerupai gelombang. Ketika kita mengatakan bahwa sifat cahaya menyerupai gelombang, yang dimaksud dalam amsal ini adalah kemiripan dengan suatu objek pahanan korporeal yang disebut "gelombang". Cahaya juga dapat dianggap sebagai wujud yang tersusun dari partikel-partikel, namun sekali lagi bukan karena cahaya adalah partikel itu sendiri, tetapi karena dalam

pengukuran tertentu, ternyata cahaya itu menunjukkan sifat-sifat partikel korporeal. Kedua pandangan ini mewakili dualitas gelombang/partikel yang terkenal dalam fisika kuantum, yang bukan hanya terbatas pada sifat cahaya saja, tetapi juga digunakan untuk menggambarkan fungsi fakultas imajinasi dalam hubungannya dengan penerapan ilmu fisika.

Ketika suatu entitas fisik berkorespondensi dengan suatu objek indrawi dengan cara yang mudah dipahami, proses “menganggap abstraksi sama dengan wujud eksternal (*reifying*)” suatu makna matematis tidak menimbulkan masalah yang berarti karena kesepadanan korporeal dapat dilihat secara jelas. Namun, pada kasus cahaya sebagai “gelombang” dan cahaya sebagai “partikel”, keduanya adalah dua hal yang benar-benar berbeda dengan proses ini. Makna matematis yang menganggap cahaya sebagai gelombang tidak mempunyai rujukan korporeal, atau mungkin akan lebih jelas jika dikatakan bahwa tidak ada satupun objek korporeal yang berkorespondensi dengan objek fisik yang secara tegas semakna dengan gelombang atau partikel cahaya (yakni *photon*).

Oleh karena itu, para fisikawan tidak dapat menganggap *photon* sebagai suatu partikel sebagaimana anggapan bahwa pasir adalah partikel. Dalam kasus pertama, para ahli sains menerapkan suatu formula matematis terhadap bentuk suatu partikel yang diperoleh dari imajinasinya. “Partikel” ini mempunyai kesamaan status ontologis dengan garis busur parabolis pada sebuah kertas di dalam imajinasi kita yang semuanya tidak mempunyai eksistensi eksternal yang kongkrit. Sekarang, butir pasir adalah suatu partikel yang memiliki eksistensi eksternal yang dengannya para ahli sains dapat mengimajinasikan suatu gambaran yang sesuai dengan butir-butir pasir tersebut, juga untuk objek-objek lain yang dapat disebut “partikel”. Akan tetapi, *photon* (pada cahaya) tidak dapat disebut partikel yang sebenarnya ketika cahaya tidak selamanya bersifat seperti partikel-partikel, cahaya juga kadang-kadang bersifat sebagai gelombang. Ketika para ahli sains menyebut cahaya sebagai “gelombang”, mereka juga menempuh cara yang sama, yakni menggunakan imajinasinya untuk membuat formulasi matematis tentang sifat-sifat gelombang yang diterapkan pada cahaya. Namun yang harus dipahami adalah, pada dasarnya cahaya bukanlah sebuah partikel dan bukan pula sebagai gelombang. Dengan pemahaman ini, paradoks dualitas partikel-gelombang pada cahaya akan dapat dihilangkan, karena kita tidak pernah benar-benar lepas dari dunia matematis dalam menjelaskan kasus-kasus seperti ini.

Di dalam sains, proses pemakaian model imajinal di luar data matematis merupakan suatu hal penting namun legitimatif. Masalah yang timbul kemudian adalah dalam ruang lingkup filsafat, bukan metode sains itu sendiri. Hanya dengan perspektif bahwa kualitas dianggap bersifat sekunder terhadap sains “ril” praktis, seseorang dapat memahami bahwa hanya alam korporeal-lah yang memiliki keunggulan dan dominasi, yang menjadi pintu untuk memasuki alam fisik. Dan lebih dari itu, alam korporeal juga memberikan bahan dasar berupa gambaran-gambaran semisal “partikel” dan “gelombang” yang dapat memudahkan kita dalam mengolah formalisme matematis yang kita peroleh dari pengamatan terhadap alam itu sendiri.

f. Hakikat Fisika dan Keterampilan Proses Sains

Hakikat fisika adalah bahwa fisika sebagai produk, fisika sebagai proses dan fisika sebagai sikap. Yang pertama fisika sebagai produk. Dalam rangka pemenuhan kebutuhan manusia, terjadi interaksi antara manusia dengan alam lingkungannya. Interaksi ini memberikan pembelajaran kepada manusia sehingga menemukan pengalaman yang menambah wawasan, pengetahuan dan kemampuannya yang ditandai dengan adanya perubahan perilaku. Dalam wacana ilmiah, hasil-hasil penemuan dari berbagai kegiatan penyelidikan yang kreatif dari para ilmuwan diinventarisir, dikumpulkan dan disusun secara sistematis menjadi sebuah kumpulan pengetahuan yang kemudian disebut sebagai produk atau “*body of knowledge*”. Pengelompokan hasil-hasil penemuan itu menurut bidang kajian yang sejenis menghasilkan ilmu pengetahuan yang kemudian disebut sebagai fisika, kimia dan biologi. Untuk fisika, kumpulan pengetahuan itu dapat berupa fakta, konsep, prinsip, hukum, rumus, teori, dan model.

Yang kedua fisika sebagai proses. Menurut Sutrisno, pemahaman fisika sebagai proses sangat berkaitan dengan kata-kata kunci fenomena, dugaan, pengamatan, pengukuran, penyelidikan dan publikasi. Pembelajaran yang merupakan tugas guru termasuk ke dalam bagian mempublikasikan itu. Dengan demikian pembelajaran fisika sebagai proses hendaknya berhasil mengembangkan keterampilan proses sains pada diri siswa.

Menurut Franz dalam Collette & Chiappetta (1994: 36), aspek yang dapat dikembangkan dalam *hakikat the way of investigating* yang biasa dikenal dengan Keterampilan Proses Sains (KPS) yaitu: (1) *observing*, (2) *collecting data*, (3) *developing a hypothesis*, (4) *experimenting*, (5) *concluding*. Dan menurut Sutrisno, jenis keterampilan proses dari setiap keterampilan Fisika

sebagai proses adalah (1) mengamati (observasi), (2) mengklasifikasi/Kategorisasi/seriasi, (3) mengukur/melakukan pengukuran, (4) mengajukan pertanyaan, (5) merumuskan hipotesis, (6) merencanakan penyelidikan/percobaan dan (7) menginterpretasi/menafsirkan informasi. Baik fisika, kimia, dan biologi tidak terlepas dari KPS ini.

Indikator mengamati pada KPS, yaitu: (a) menggunakan alat indera yang sesuai; (b) memberi penjelasan apa yang diamati; (c) memilih bentuk pengamatan yang sesuai; (d) mencatat persamaan, perbedaan, keteraturan; (e) membuat pengamatan dalam perioda tertentu; (f) mencatat kekecualian/atau hal yg tak diharapkan; (g) menjelaskan suatu pola; dan (h) menemukenali (identifikasi menurut pola tertentu). Indikator mengklasifikasi/Kategorisasi/seriasi pada KPS adalah (1) memberi urutan pada peristiwa yang terjadi; (2) mencari persamaan dan perbedaan; (3) menentukan kriteria pengelompokan, (4) menempatkan pada kelompok tertentu berdasarkan kriteria; (5) memilih (memisahkan dengan jumlah kelompok tertentu); (6) mengelompokkan berdasarkan ciri-ciri tertentu yang ditemukan dalam pengamatan; dan (7) memisahkan dengan berbagai cara.

Indikator mengukur/melakukan pengukuran pada KPS, yaitu: (a) memilih alat ukur yang sesuai; (b) memperkirakan dengan lebih tepat; (c) menggunakan alat ukur dengan ketepatan tertentu; dan (d) menemukan ketidakpastian pengukuran. Indikator mengajukan pertanyaan pada KPS, yaitu (1) mengajukan sebanyak mungkin pertanyaan; (2) mengidentifikasi pertanyaan yang dapat dijawab dengan penemuan ilmiah; (3) mengubah pertanyaan menjadi bentuk yang dapat dijawab dengan percobaan; dan (4) merumuskan pertanyaan berlatar belakang hipotesis (jawab dapat dibuktikan).

Indikator merumuskan hipotesis pada KPS, yaitu: (a) mencoba menjelaskan pengamatan dalam terminologi konsep dan prinsip; (b) menyadari fakta bahwa terdapat beberapa kemungkinan untuk menjelaskan suatu gejala; dan (c) menggunakan penjelasan untuk membuat prediksi dari sesuai yang dapat diamati atau dibuktikan. Indikator merencanakan penyelidikan/percobaan pada KPS, yaitu: (1) merumuskan masalah; (2) menemukenali variabel kontrol; (3) membandingkan variabel bebas dan variabel terikat; dan (4) merancang cara melakukan pengamatan untuk memecahkan masalah.

Indikator menginterpretasi/menafsirkan informasi, yaitu: (a) menarik kesimpulan; (b) menggunakan kunci atau klasifikasi; (c) menyadari bahwa kesimpulan bersifat tentatif; (d) menggeneralisasi; (e) membuat dan mencari pembenaran dari kesimpulan sementara; dan (f) membuat prediksi berdasarkan pola atau patokan tertentu. Indikator berkomunikasi pada KPS yaitu: (1) mengikuti penjelasan secara verbal; (2) menjelaskan kegiatan secara lisan; menggunakan diagram; (3) menggunakan tabel, grafik, model, dll, untuk menyajikan informasi; (4) memilih cara yang paling tepat untuk menyajikan informasi; (5) menghargai adanya perbedaan dari audiens; dan memilih metoda yang tepat; (6) mendengarkan laporan, menanggapi dan memberikan saran; (7) memberi sumbangan saran pada kelompok diskusi; (8) menggunakan sumber tidak langsung untuk memperoleh informasi; dan (9) menggunakan teknologi informasi yang tepat.

Yang ketiga adalah fisika sebagai sikap. *The way of thinking* merupakan hakikat fisika dimana gagasan kreatif, atau ide-ide untuk menjelaskan suatu gejala alam dapat disusun. Sikap tersebut mampu mendasari dalam setiap kegiatan pengukuran, penyelidikan, dan percobaan. Dalam Collette & Chiappetta (1994) dijelaskan sikap tersebut meliputi rasa percaya diri, rasa ingin tahu.

Menurut Sutrisno, Fisika sebagai sikap adalah sikap ilmiah yang terdiri dari: (1) sikap ingin tahu, (2) peduli, (3) bertanggung jawab, (4) jujur, (5) terbuka, dan (6) bekerja sama. Sikap tersebut muncul setelah diawali dengan kegiatan-kegiatan kreatif seperti pengamatan, pengukuran dan penyelidikan atau percobaan, yang kesemuanya itu memerlukan proses mental dan sikap yang berasal dari pemikiran. Jadi dengan pemikirannya orang bertindak dan bersikap, sehingga akhirnya dapat melakukan kegiatan-kegiatan ilmiah itu.

g. Hakikat Eksperimen dalam Sains

Pada dasarnya eksperimen merupakan program dengan desain terencana untuk menguji hipotesis yang diturunkan dari teori. Hipotesis adalah pernyataan prediktif dalam bentuk "jika-maka", yang diturunkan sebagai konsekuensi teori. Saintis menggunakan proses eksperimen untuk menemukan efek suatu variabel bebas terhadap variabel bergantung, dengan mengendalikan (mengontrol) faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi variabel bergantung (Carey, 2015). Eksperimen menyediakan bukti-bukti empiris yang mengkonfirmasi atau menyanggah hipotesis (Carey, 2015). Kontrol terhadap faktor-faktor yang diduga turut

berpengaruh merupakan kunci suatu eksperimen. Semakin baik pengendalian (kontrol) serta akurasi pengukuran terhadap variabel-variabel eksperimen, semakin cermat temuan-temuan eksperimen tersebut. Sejarah sains memperlihatkan banyak hukum dalam sains diformulasi berdasarkan temuan-temuan eksperimentasi, seperti hukum Mendel, hukum Lavoisier, hukum Kirchoff dan hukum Henry..

4. Simpulan dan Saran

Filsafat ilmu berusaha menjelaskan hakekat ilmu fisika yang mempunyai banyak keterbatasan, sehingga dapat diperoleh pemahaman yang padu mengenai berbagai fenomena alam yang telah menjadi objek ilmu fisika itu sendiri, dan yang cenderung terfragmentasi. Untuk itu, filsafat ilmu berperan dalam (1) menghindarkan diri dari memutlakkan kebenaran ilmiah dan menganggap bahwa ilmu sebagai satu-satunya cara memperoleh kebenaran; (2) melatih berfikir radikal tentang hakekat ilmu; (3) menghindarkan diri dari egoisme ilmiah, yakni tidak menghargai sudut pandang lain di luar bidang ilmunya; dan (4) melatih berfikir reflektif di dalam lingkup ilmu. Dengan demikian filsafat ilmu merupakan telaah yang berkaitan dengan objek apa yang dikaji oleh ilmu fisika (ontologi), bagaimana proses pemerolehan ilmu fisika itu (epistemologi), dan apa manfaat ilmu fisika (aksiologi). Hakikat fisika terdiri atas fisika sebagai proses dan fisika sebagai produk. Produk fisika diantaranya adalah fakta, data, konsep, hukum (hukum Newton, hukum Coulomb, dan lain-lain), prinsip, aturan, teori (teori kinetik gas, dan lain-lain) dan model (model atom, model galaksi, dan lain-lain). Fisika sebagai aktivitas (proses) riset dan pengkajian dengan menggunakan metode ilmiah yang mengandalkan keterampilan-keterampilan proses (observasi, berhipotesis, eksperimentasi, dan sebagainya). Saran untuk pembaca adalah pentingnya filsafat ilmu, dengan filsafat melatih berfikir radikal tentang hakekat ilmu dan menghindarkan diri dari egoisme ilmiah, yakni tidak menghargai sudut pandang lain di luar bidang ilmunya, serta dengan berfilsafat melatih berfikir reflektif di dalam lingkup ilmu.

5. Daftar Pustaka

- Akbar, M., Kurdi, M., dan Supriyadi. 2008. Kebenaran Teori Gravitasi Newton dan Teori Gravitasi Einstein Ditinjau dari Perspektif Teori Gravitasi dalam Al-Qur'an. Prosiding Seminar Sains dan Pendidikan Sains 2008 UKSW
- Al Attas, Syed Muhammad Naquib. 1995. *Islam dan Filsafat Sains*. Bandung: Mizan
- Baiquni, Achmad. 1995. *Al Qur'an, Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. Ed.1, Cet.3. Jakarta: Dana Bhakti Wakaf
- Blackburn, S. 2016. *Dictionary of Philosophy*. Oxford: Oxford University Press.
- Carey, S. S. 2015. *Kaidah-kaidah metode ilmiah* (Terjemahan Irfan M. Zakkie). Bandung: Nusa Media.
- Dagli, Carnel K. 2007. *Perbandingan Epistemologi Mulla Sadra dan Filsafat Fisika*. The George Washington University, USA.
- Farmer. W. A., & Farrell, M. A. 1980. *Systematic instruction in science for the middle and high school years*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Febri P.A. 2007. *Menyibak Misteri Kekal Akhirat tinjauan Ilmu Fisika*. Yogyakarta: Kreasi Total Media
- Firdaus, Feris. 2014. *Alam Semesta: sumber ilmu, Hukum, dan Infor-masi Ketiga Setelah Al Quran dan As Sunnah*. Yogyakarta: Insania Cipta Press
- Harper Collins. 2014. *Collins English Dictionary*. Glasgow: Harper Collins Publishers
- Jujun S Suriasumantri. 1996. *Filsafat Ilmu, Sebuah Pengantar Populer*, Jakarta: Pustaka Sinar Harapan
- Kemble, E. C. 1966. *Physical science, its structure and development*. Messachusetts : The M.I.T Press.
- Latif, M. 2014. *Orientasi ke arah pemahaman filsafat ilmu*. Jakarta: Kencana

- Lubis, A. Y. 2014. *Filsafat ilmu: Klasik hingga kontemporer*. Jakarta: RajaGrafindo Persada.
- Mannoia, V. J. 1980. *What is science? An introduction to the structure and methodology of science*. Lanham, MD: University Press of America
- Mulyani, Sri dan Tiara Dhila Luhmalla. 2015. *Hakikat Fisika Dan Prinsip-Prinsip Pengukuran*. Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI
- National Academy of Sciences. 2008. *Science, evolution and creationism*. Washington, DC: National Academy of Sciences Press.
- Oxford University. 2019. *Oxford English Dictionary*. Oxford: Oxford University Press
- Popper, K., Eccles, J.C. 1977. *The Self and its Brain*. Berlin: Springer-Verlag.
- Southwell, G. 2013. *50 phylosophy of science ideas you really need to know*. London: Quercus Editions
- Suriasumantri, J.S. 2009. *Filsafat ilmu: Sebuah pengantar populer*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Sutrisno. 2006. *Hakikat Fisika dan Pembelajarannya*. Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA UPI
- Thompson, M. 2012. *Understand philosophy of science*. London: Hodder Education.