

FILSAFAT ILMU KARL R. POPPER DAN THOMAS S. KUHN SERTA IMPLIKASINYA DALAM PENGAJARAN ILMU ¹

Oleh:

Slamet Subekti

Jurusan Sejarah Fakultas Ilmu Budaya Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, SH Tembalang Semarang 50275

E-mail: slametsubekti01@gmail.com

ABSTRACT

This article discusses about philosophy of science according to Karl R. Popper and Thomas S. Kuhn. There are similarities and differences between their views about how progress and what function of science. Apparently both Popper and Kuhn agree that science does not proceed by induction. However Kuhn disagrees with the view that science progresses by falsifiability through conjectures and refutations, but occurrence by paradigm shift. Popper and Kuhn's disagreement amounted to a distinction between two functions within the practice of science, one of criticism (Popper) and one of puzzle solving (Kuhn). Science education implies the teaching and learning of science interesting and fruitful in one hand, and teachers should be role models to students in the other hand.

Keywords: *falsifiability, conjectures and refutations, paradigm shift, criticism, puzzle solving.*

I. PENGERTIAN

Pengertian ilmu merupakan padanan kata "*scientia*" berasal dari bahasa Latin, yang berarti "pengetahuan" dan selanjutnya mengacu pada usaha sistematis yang membangun mengorganisir pengetahuan dalam bentuk eksplanasi yang dapat diuji dan prediksi tentang alam semesta. Filsafat ilmu berkaitan dengan semua asumsi, landasan, metode, implikasi dari ilmu, dan dengan penggunaan ilmu (<http://web.stanford.edu/class/symsys130/Philosophy%20of%20science.pdf>).

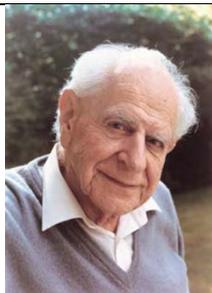
Karl Popper dan Thomas Kuhn adalah dua tokoh terkemuka filsafat ilmu abad ke-20. Ide-ide beliau bahkan menjadi arus-utama kebudayaan, karena konsep-konsep filsafat ilmu yang praktis dijadikan panduan para ilmuwan (https://www.academia.edu/7491614/KARL_POPPER_VERSUS_THOMAS_KUHN).

Pembahasan makalah ini diawali dengan uraian tentang garis besar filsafat ilmu Karl R. Popper dan Thomas S. Kuhn, dilanjutkan dengan perbandingan pemikiran kedua tokoh tersebut khususnya tentang kemajuan ilmu, dan diakhiri dengan implikasi pemikiran mereka dalam pengajaran ilmu di lingkungan pendidikan di negara kita.

II. FILSAFAT ILMU KARL R. POPPER

Sir Karl Raimund Popper (1902-1994) adalah seorang filsuf Austro-British dan profesor pada [London School of Economics \(LSE\)](http://www.lse.ac.uk). Beliau lazim dipandang sebagai salah seorang filsuf ilmu terbesar pada abad ke-20.

¹ Makalah dipresentasikan dalam kelas **Filsafat Ilmu** pada Magister Ilmu Sejarah FIB Universitas Diponegoro pada 31 Oktober 2015 ini telah diperluas. Ucapan terima kasih kepada Dr. Sindung Tjahyadi (Fakultas Filsafat UGM) atas kesempatan diskusi di kelas Biologi UGM pada 4 November 2015.



*born in Vienna, educated at U of Vienna
 *1928 PhD, 1930-1936 secondary school teacher
 *1934 *Logik der Forschung* (translated 1959 *The Logic of Scientific Discovery*)
 *1937 emigration to NZ, lecturer at Canterbury U College of NZ
 *1946 emigrated to UK, position at LSE
 *1963 *Conjectures and Refutations*
 *popular in science; 'Popperazzi'

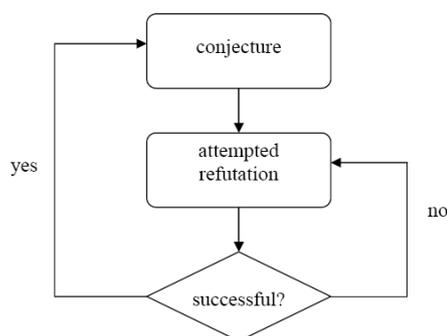
Sumber: <http://philosophy.ucsd.edu/faculty/wuthrich/>

Pandangan Popper tentang ilmu terdiri dari dua unsur: kriteria demarkasi antara ilmu dan metafisika, dan deskripsi tentang hakikat metodologi ilmiah. Unsur pertama berkaitan dengan isu berkaitan dengan status ilmu dalam spektrum luas dari pengetahuan khususnya dalam memandang ilmu-ilmu sosial. Unsur kedua berkaitan dengan isu tentang hakikat ilmud dan bagaimana kemajuan ilmu ([https://www.academia.edu/7491614/KARL POPPER VERSUS THOMAS KUHN](https://www.academia.edu/7491614/KARL_POPPER_VERSUS_THOMAS_KUHN)).

Metode ilmiah menurut Popper ditandai dengan proposisi dari teori-teori maupun usaha dugaan-dugaan (*conjectures*) dan penolakan-penolakan (*refutations*) teori-teori tersebut. Popper menyajikan ide tentang *falsifiability* sebagai cara untuk membedakan teori ilmiah asli (*genuine scientific theories*) dari teori ilmiah-semu (*pseudoscience*). Popper menggunakan istilah "Rasionalisme Kritis" (*critical rationalism*) untuk mendeskripsikan filsafatnya. Berkaitan dengan metode ilmiah, istilah tersebut mengindikasikan penolakannya terhadap Empirisme Klasik (*classical empiricism*), serta telah keluar dari pandangan kaum *observationalist-*

inductivist klasik tentang ilmu. Popper menyatakan secara tegas menentang pandangan kaum *observationalist-inductivist*, dengan berpegang bahwateori-teori ilmiah pada hakikatnya abstrak, dan hanya dapat diuji secara tidak langsung, dengan mengacu pada implikasi-implikasinya. Beliau juga berpegang bahwateori ilmiah, dan pengetahuan manusia pada umumnya, adalah *conjectural* maupun *hypothetical* yang sifatnya tidak dapat direduksi, dan yang berasal dari imajinasi kreatif dalam hubungan untuk memecahkan masalah-masalah yang muncul dalam setting *historico-cultural* khusus ([https://www.academia.edu/7491614/KARL POPPER VERSUS THOMAS KUHN](https://www.academia.edu/7491614/KARL_POPPER_VERSUS_THOMAS_KUHN)).

Bagan 2. Perubahan ilmu melalui siklus *conjectures* dan *refutation*



Sumber: <http://philosophy.ucsd.edu/faculty/wuthrich/>

Jadi secara logis, tidak ada sejumlah hasil (*outcomes*) positif pada level pengujian eksperimental dapat mengkonfirmasi satu teori ilmiah, tetapi satu contoh-tandingan (*counterexample*) tunggal adalah *decisive* secara logis: yang menunjukkan teori, dari padanya kesimpulan ditarik, menjadi salah. Istilah *falsifiable* bukan berarti sesuatu dibuat salah, melainkan bahwa, jika sekiranya salah, dapat ditunjukkan dengan observasi atau eksperimen. Pandangan Popper tentang asimetri logis (*logical asymmetry*) antara *verification* dan *falsifiability* merupakan inti dari filsafat ilmunya. Itu juga yang menginspirasi beliau

untuk mengambil *falsifiability* sebagai kriteria demarkasi antara ilmiah asli, dan yang bukan: “satu teori harus dipandang ilmiah jika, dan hanya jika, ia dapat difalsifikasi”.

Demikianlah, Popper menegaskan bahwa kemajuan ilmu melalui proses dugaan (*conjecture*) dan penolakan (*refutation*). Beliau merangkumkan beberapa fitur penting proses tersebut sebagai berikut:

- Sangat mudah untuk "memverifikasi" bukti; maka memverifikasi bukti ini tidak ada nilai intrinsik.
- Dalam penggunaan tertentu, prediksi-prediksi akan berisiko.
- Teori-teoriakan lebih baik (mempunyai banyak *content*) sebanyak mungkin membatasi pada apa yang bisa terjadi.
- Teori-teori yang tidak dapat tertolak dengan pengamatan yang mungkin itu bukan ilmiah (kriteria demarkasi).
- untuk "menguji" satu teori dalam artian serius adalah dengan mencoba untuk menunjukkan kesalahannya.
- Bukti akan mengokohkan (*corroborates*) satu teori jika lulus dari pengujian yang serius (*genuine*).

Proses ini berlangsung dimulai dengan dugaan (*conjecture*) dan dicoba untuk menolaknya (*falsify*); selanjutnya bergerak pada *conjecture* berikutnya, demikian seterusnya, sampai ditemukan satu *conjecture* yang tidak dapat difalsifikasi. Jika kita kesulitan untuk memfalsifikasinya, maka teori tersebut terkokohkan (*corroborated*). Hal ini bukan berarti bahwa teori tersebut mempunyai tingkat probabilitas yang tinggi. Teori tersebut mungkin masih *improbable* memberikan bukti. Kita hanya menerima teori-teori ilmiah secara tentatif, seraya melanjutkan percobaan untuk menolaknya. Di sini "penerimaan tentatif" bukan berarti untuk percaya bahwa teori-teori itu benar, atau bahkan menjadi sangat percaya akan kebenarannya. (http://www.soc.iastate.edu/sapp/phil_sci_lecture08.html)

III. FILSAFAT ILMU THOMAS S. KUHN

Thomas Samuel Kuhn(1922-1996) adalah seorang ahli fisika, sejarawan, dan filsuf ilmu berkebangsaan Amerika yang kontroversial karena karyanya *The Structure of Scientific Revolutions* (1962) telah berpengaruh secara mendalam baik dalam lingkungan akademik maupun populer, yang memperkenalkan istilah "*paradigmshift*"(https://www.academia.edu/7491614/KARL_POPPER_VERSUS_THOMAS_KUHN).

Bagan3.Riwayatsingkat Thomas S. Kuhn



- * born in Cincinnati OH, educated at Harvard (physics)
- * 1949 PhD, taught at Harvard, Berkeley, Princeton, MIT
- * 1962 *The Structure of ScientificRevolutions*
- * 1977 *The Essential Tension: SelectedStudies in Scientific Tradition andChange*

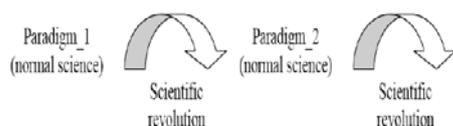
Sumber: <http://philosophy.ucsd.edu/faculty/wuthrich/>

Kuhn membuat beberapa klaim terkenal berkaitan dengan kemajuan pengetahuan ilmiah: bahwa bidang ilmiah berlangsung *periodic* "*paradigm shifts*" ketimbang bergerak maju dalam satu jalur linear dan berkelanjutan; bahwa *paradigm shifts* tersebut membuka pendekatan-pendekatan baru untuk memahami apa yang oleh para ilmuwan tidak pernah dipandang *valid* sebelumnya; dan bahwa pengertian tentang kebenaran ilmiah(*scientific truth*), pada momen tertentu, tidak dapat dibangun sendiri dengan kriteria objektif melainkan didefinisikan dengan satu konsensus dari masyarakat ilmiah (*scientific community*).

Paradigma-paradigma yang berkompetisi seringkali *incommensurable*; yaitu, mereka berkompetisi pandangan

tentang realitas yang tidak dapat direkonsiliasi secara koheren. Oleh karena itu, pemahaman kita tentang ilmu tidak akan pernah sepenuhnya "*objectivity*"; kita harus mempertimbangkan juga perspektif subjektif (*subjective perspectives*).

Bagan 4. Perubahan ilmiah: ilmu normal dan evolusi ilmiah



Sumber: <http://philosophy.ucsd.edu/faculty/wuthrich/>

Pandangan Kuhn tentang ilmu tampak bertolak belakang dengan pandangan Popper. Kuhn menegaskan bahwa ilmu bukan maju melalui akumulasi linear dari pengetahuan baru, tetapi berlangsung *periodic revolutions*, disebut pula "*paradigm shifts*" dimana hakikat penyelidikan ilmiah dalam satu bidang tertentu dalam *abruptly transformed*. Kuhn memperkenalkan konsep *paradigm shift* untuk menandai situasi dalam sejarah ilmu dimana satu teori ditinggalkan untuk mendukung teori lain, sebagai hasil dari krisis yang didorong oleh kemunculan sejumlah teka-teki (*puzzles*) yang tidak dapat dipecahkan dalam konteks kerangka teori lama (*old framework*). Pada umumnya, ilmu terbelah ke dalam tiga tahapan yang berbeda. Tahap pertama adalah pra-ilmiah (*prescience*), ditandai dengan kurangnya *central paradigm*. Selanjutnya diikuti dengan "*normal science*", tahap ketika para ilmuwan berusaha untuk memperluas *central paradigm* dengan "memecahkan teka-teki" (*puzzle-solving*). Dipandu oleh paradigma, *normal science* ini sangat produktif: "ketika paradigma berhasil, ilmuwan akan mampu memecahkan berbagai masalah ... dan ini tidak akan pernah dilakukan tanpa komitmen pada paradigma" (https://www.academia.edu/7491614/KARL_POPPER_VERSUS_THOMAS_KUHN).

[edu/7491614/KARL_POPPER_VERSUS_THOMAS_KUHN](https://www.academia.edu/7491614/KARL_POPPER_VERSUS_THOMAS_KUHN)

Selama periode *normal science*, kegagalan untuk menyesuaikan dengan paradigma dipandang bukan sebagai penolakan paradigma, tetapi sebagai kesalahan dari peneliti, ini kontradiksi dengan kriteria *falsifiability* Popper. Sebagaimana anomali (*anomalous*) yang dihasilkan, maka ilmu mencapai 'krisis', pada satu titik paradigma baru, dimana teori lama terimbas anomali akan digeser kerangka teori yang diterima. Hal ini disebut dengan '*revolutionary science*'.

Lazim terdapat gambaran tentang ilmu tetapi sangat menyederhanakan melihat ilmu sebagai usaha kumulatif secara ketat (kemajuan ilmu dengan menemukan sebanyak mungkin cara tentang bekerjanya dunia). Istilah "sebanyak mungkin" menyarankan tidak ada yang hilang. Kuhn menegaskan bahwa sebaliknya terdapat kehilangan maupun perolehan substantial ketika terjadi *paradigm shifts*. Berikut ini beberapa contoh.

- Beberapa problem tidak mensyaratkan solusi, karena mereka dibuat bukan dalam artian paradigma baru, maupun mereka tertolak.
- Berbagai standar untuk mengevaluasi teori-teori ilmiah berkembang bersamaan dengan berbagai problem sehingga satu teori harus menyesuaikan dengan *paradigm solve*.

Misalnya: Fisika Newtonian memperkenalkan satu unsur "ghaib" yaitu gaya (*forces*), terhadap pandangan yang berlaku dari pandangan sel hidup (*corpuscular*) bahwa semua penjelasan fisik harus dalam hal tumbukan (*collisions*) dan interaksi fisik yang lain di antara partikel-partikel. Teori Newton tidak sesuai dengan standar ini, tetapi teori tersebut memecahkan banyak problem terkemuka. (Pandangan *corpuscular* tidak dapat menjelaskan selain dalam cara kualitatif kasar mengapa planet-planet bergerak dalam orbit; Hukum Kepler memisahkan deskripsi tentang mengapa

demikian. Oleh karena itu merupakan prestasi besar ketika mempostulatkan **gaya** mengambil derivasi dari Hukum Kepler.)

"Gaya" sebagian besar diterima sebagai ganjil, semacam entitas "magis". Newton berusaha mengembangkan teori *corpuscular* tentang gravitasi, tetapi tidak berhasil, sebagaimana banyak ilmuwan Newtonian yang mengikuti jejak beliau. Akhirnya, ketika menyadari upayanya itu sia-sia, maka standar bahwa penjelasan *corpuscular*-mekanistik itu lalu diabaikan, dan atraksi gravitasional diterima sebagai intrinsik, sifat materi yang tidak dapat dijelaskan.

Misal lagi: Kimia sebelum Dalton bertujuan menjelaskan kualitas-kualitas sensoridari persenyawaan (warna, aroma, suara, dsb.). Paradigma atomis Dalton hanya cocok untuk menjelaskan mengapa persenyawaan ada bersama dalam proporsi tertentu; sehingga ketika itu diterima secara umum maka kebutuhan teori yang menjelaskan kualitas-kualitas sensori diabaikan.

Misal lagi: (a) Phlogiston. Problem tantang menjelaskan bagaimana *phlogiston* dikombinasikan dengan *calxes* menjadi bentuk metal khusus ditinggalkan ketika *phlogiston* itu sendiri ditinggalkan. *Ether* (media untuk radiasi elektromagnetis); menjelaskan mengapa gerakan melalui *ether* tidak terdeteksi lenyap bersama dengan *ether*. Dalam hal ini tidak ada problem yang perlu dipecahkan.

(b) Percobaan Michelson-Morley. Percobaan ini pertama-tama "dijelaskan" oleh Lorenz berdasarkan teorinya tentang elektron, yang mengandaikan bahwa karena gaya bersama materi merupakan elektromagnetis dan oleh karenanya dipengaruhi oleh gerak melalui *ether*, maka bagian-bagian benda kontraksi dalam arah gerak ketika bergerak melalui *ether*. Relativitas menjelaskan kontraksi, tetapi dalam kerangka konseptual baru yang tidak meliputi *ether*.

- Beberapa entitas baru diperkenalkan bersama dengan paradigma; sebenarnya

hanya menjadi masuk akal (dapat dikonseptualisasikan) ketika entitas tersebut diperkenalkan. (misal Oksigen tidak "ditemukan" sampai teori oksigen tentang pembakaran *combustion* dikembangkan).

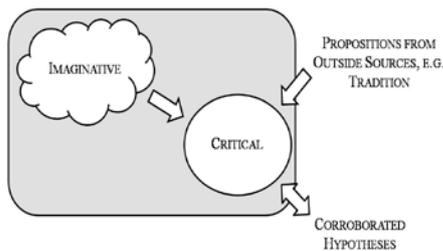
- Unsur-unsur yang dipertahankan mungkin mempunyai status yang sama sekali berbeda. (Konstanta kecepatan cahaya merupakan postulat dalam teori relativitas khusus, sebagai konsekuensi dari teori Maxwell.) Tesis-tesis konseptual substantif mungkin diperlakukan sebagai "tautologis" (misal Hukum Newton II).

Fakta menunjukkan bahwa berbagai standar, konsep, dan gambaran metafisika baru diperkenalkan menjadi paradigma-paradigma mabukan hanya tidak cocok, tetapi juga tidak dapat diperbandingkan (*incommensurable*). *Paradigm shift* adalah pergeseran pandangan dunia. (http://www.soc.ia.state.edu/sapp/phil_sci_lecture11.html).

IV. PERBANDINGAN PANDANGAN POPPER DAN KUHN

Pada dasarnya posisi Popper memainkan peranan utama dari seorang ilmuwan yang baik dengan mengkritik atas kemampuan maupun bekerjanya hipotesis. Sifat yang paling khas dari metode ilmiah bahwa para ilmuwan akan melakukan segala cara untuk mengkritik dan menguji teori. Mengkritik dan menguji itu berjalan beriringan, teori ini dikritik dari berbagai sudut pandang yang berbeda dalam rangka untuk membawa keluar titik-titik yang mungkin rentan (https://www.academia.edu/7491614/KARL_POPPER_VERSUS_THOMAS_KUHN).

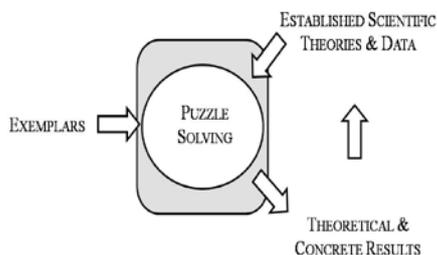
Bagan 5. Kerja ilmuwan dan fungsi ilmu *ala* Popper



Sumber : Darrell.Rowbottom @philosophy.ox.ac.uk

Pandangan Kuhn di lain pihak bahwa kritik merupakan pengecualian (*exceptional*); yang membawa pada terjadinya *paradigm shift* dan “*puzzled solving*” dalam ilmu maupun “*normal science*”. Kegagalan untuk mencapai satu solusi hanya akan mendiskreditkan para ilmuwan dan bukan pada teori. Kuhn boleh jadi benar, bahwa sebagian besar waktu jangsan untuk menanyakan kaidah (*rules*), akan tetapi jika kaidah tidak pernah ditanyakan maka kita tidak akan memiliki eksplanasi atas terjadinya *paradigm shifts* itu sedari awal, oleh karena itu Kuhn memberi kita gambaran tentang bagaimana ilmu bekerja. Popper dan Kuhn tidak sepaham tentang fungsi dalam praktik ilmu, yang satu menyebutnya sebagai *kritik* (Popper) dan yang lain menyebut sebagai *puzzle solving* (Kuhn).

Bagan 6. Kerja ilmuwan dan fungsi ilmu ala Kuhn

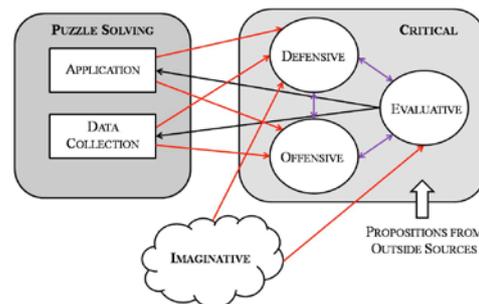


Sumber:Darrell.Rowbottom @philosophy.ox.ac.uk

Para ilmuwan lain melihat hubungan antara pandangan Popper dan Kuhn karena kedua pandangan tersebut memotret beberapa aspek dari kemajuan ilmu. Pandangan Kuhn tentang hakikat dan kemajuan ilmu merupakan perkembangan

socio-psychological dari pandangan Popper. Sementara itu Popper berkonsentrasi pada aspek *hypothetico-deductive* dari ilmu ini pada dasarnya terlalu menyibukkan diri pada kajian teoretis (lihat Widuseno, 2006: 154), Kuhn merambah faktor-faktor sosial dan psikologis berkenaan dengan aktivitas ilmuwan. Tampaknya Popper dan Kuhn sepaham bahwa ilmu bukan berlangsung melalui *induction*. Akan tetapi Kuhn tidak sepaham dengan pandangan bahwakemajuan ilmu dicapai melalui siklus *conjectures* dan *refutations* ([https://www.academia.edu/7491614/KARL POPPER VERSUS THOMAS KUHN](https://www.academia.edu/7491614/KARL_POPPER_VERSUS_THOMAS_KUHN))

Bagan 7. Model hibrida: Fungsi ilmu pada level kelompok



Sumber:Darrell.Rowbottom @philosophy.ox.ac.uk

Perdebatan tentang manakah fungsi ilmu itu lebih penting untuk dibahas dalam konteks individual ilmuwan, tetapi baik Popper dan Kuhn jelas kehilangan solusi: kedua fungsi bekerja (*performed*) pada *group level*, yaitu, dengan sekelompok ilmuwan bekerja dalam satu disiplin (ilmu) khusus. Beberapa ilmuwan lebihmeningkat kepeduliannya terhadap kritik dan ilmuwan lain peduli pada *puzzle solving*. Ilmu bekerja dengan baik karena terdapat pembagian kerja yang memfasilitasi interaksi berkelanjutan antara dua fungsi tersebut.

V. INSPIRASI DARI POPPER DAN KUHN UNTUK PENGAJARAN DAN PENGEMBANGAN ILMU

Di satu pihak, pandangan Popper tentang kemajuan ilmu berimplikasi dalam pengajaran ilmu. Implikasi pertama mengandaikan bahwa pengajar harus mendorong objektivitas, penalaran logis dan pengembangan ketrampilan pemecahan masalah (*problem solving skills*). Pembelajar dalam kelompok dapat membuat usulan teori-teori dan melalui diskusi dicoba untuk *falsify* teori dari kelompok lain sehingga menjadikan pengajaran dan pembelajaran ilmu menarik dan bermanfaat. Implikasi kedua mengandaikan bahwa pengajar harus menumbuh-suburkan sikap di antara pembelajar bahwa semua ilmu bersifat tentatif, dan diperlukan usaha terus-menerus untuk menemukan ide-ide yang lebih kuat melalui pemikiran dan penyelidikan kritis

([https://www.academia.edu/7491614/KARL POPPER VERSUS THOMAS KUHN](https://www.academia.edu/7491614/KARL_POPPER_VERSUS_THOMAS_KUHN)).

Pada gilirannya, pandangan Kuhn berimplikasi pula dalam pendidikan ilmu. Implikasi pertama mengandaikan bahwa pengajar harus membantu pembelajar meraih pengetahuan dalam ilmu melalui kombinasi kegiatan *problem solving*. Pembelajar harus diberi berbagai eksperimen dan dipandu melakukan berbagai observasi dan konklusi. Observasi dan pengujian yang berulang-ulang akan

mengantarkan mereka pada penemuan dengan keterlibatan diri mereka. Implikasi kedua mengandaikan bahwa pengajar harus menjadi *role models* bagi pembelajar. Selanjutnya pengajar menjadi pemandu agar pembelajar melakukan berbagai investigasi atas isu-isu yang berkaitan dengan ilmu.

Akhirnya, menarik perhatian kita untuk melakukan refleksi sejauh mana praktik pengajaran ilmu pada pendidikan dasar sampai pendidikan tinggi di lingkungan kita telah menerapkan pendekatan integral-komprehensif dan mendasarkan diri pada budaya bangsa? Diperlukan kajian tentang ketepatan *content* dan metode pembelajaran kurikulum terbaru 2013 dalam rangka menyediakan ruang-ruang bagi para pembelajar untuk mengaktualisasikan potensi dirinya secara penuh. Lebih dari itu, diperlukan politik pendidikan untuk memajukan dunia pendidikan di Indonesia secara signifikan dalam rangka penguatan daya saing sumber daya manusia, terutama akses pendidikan bagi anak bangsa yang lemah dan terpinggirkan. Pendidikan sejatinya proses pembebasan dari kondisi kekurangan dan ketertindasan yang membelenggu diri sehingga memungkinkan anak bangsa ini menyongsong hari esok yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Kuhn, Thomas S. (1996). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Pajares, F. (n.d.). Kuhn's *Structure of Scientific Revolutions*. Diunduh dari <http://www.des.emory.edu/mfp/Kuhn.html>
- Philosophy of Science. Diunduh dari http://www.en.wikipedia.org/wiki/philosophy_of_science
- Pillos, Stathis. (1995). "Theory, Science and Realism". Lecture Notes.
- Popper, Karl R. (1959). *The Logic of Scientific Discovery*. New York: Basic Books.
- Popper and Philosophy of Education. Diunduh dari http://www.ffst.hr/ENCYCLOPAEDIA/doku.php?=&popper_and_philosophy_of_education.
- Rowbottom, Darrell P. "Kuhn vs. Popper on Criticism and Dogmatism in Science: A Resolution at the Group Level", Faculty of Philosophy, University of Oxford. Darrell.Rowbottom@philosophy.ox.ac.uk
- Thomas Kuhn's Philosophy of Science. Diunduh dari http://www.wsws.org/articles/2011/oct/2011/kuhn_028.html.
- Widuseno, Iriyanto. (2006). *Teori Pertumbuhan Pengetahuan Ilmiah Karl R. Popper (Epistemologi Evolusioner) dan Penerapannya di Indonesia*. Semarang: BP UNDIP.
- Wutrich, Christian. 2013. "Popper, Kuhn, Lakatos and Feyerabend". *Philosophy of Science* lecture notes University of California at San Diego. Diunduh dari <http://philosophy.ucsd.edu/faculty/wutrich/>
- Zynda, Lyle. 1994. "Carnap vs Popper". *Introduction to Philosophy of Science* lecture notes Princetown University. Diakses dari http://www.soc.astate.edu/sapp/phil_sci_lecture08.html
- _____. "Anomaly, Crisis, and the Non-Comulativity of Paradigm Shift". *Introduction to Philosophy of Science* lecture notes Princetown University. Diakses dari http://www.soc.iastate.edu/sapp/phil_sci_lecture11.html
- https://www.academia.edu/7491614/KARL_POPPER_VERSUS_THOMAS_KUHN