NATIONAL ACADEMY PRESS

The National Academy Press publishes the reports issued by National Academies---the National Acaddemy of Sciences, the National Academy of Engineering, the Institute of Medicine, and the National Research Council, all operating under a charter granted by the Congress of the United States.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL

INKUIRI DAN STANDAR-STANDAR PENDIDIKAN SAINS NASIONAL

NATIONAL ACADEMY PRESS

explore

Inkuiri dan Standar-standar Pendidikan Sains Nasional

reflect

observe

Sebuah Panduan Untuk Pengajaran dan Pembelajaran

understand

NATIONAL RESEARCH COUNCIL

communicate

Olson, Steve.
Inkuiri dan Standar-standar Pendidikan Sains Nasional, Sebuah Panduan untuk Pengajaran dan Pembelajaran/ Steve Olson and Susan Loucks-Horsley, Editor: Committee on Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry; National Research Council ; alih bahasa, Ismunandar...[et al.]; editor, Kandi,...[et al] -- Bandung: SEAMEO QITEP in Science, 2013.
243 hlm

Judul asli: INQUIRY AND THE NATIONAL SCIENCE EDUCATION STANDARDS, A Guide for Teaching and Learning
ISBN-10: 0-309-06476-7
ISBN-13: 978-0-309-06476-7

NASKAH INI DIPUBLIKASI ATAS KERJASAMA ANTARA THE NATIONAL ACADEMIE PRESS FOR THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES AMERIKA SERIKAT DENGAN SEAMEO REGIONAL CENTRE FOR QITEP IN SCIENCE

Desain Sampul Depan:
Dani Suhadi

Judul Asli:
INQUIRY AND THE NATIONAL SCIENCE EDUCATION STANDARDS, A Guide for Teaching and Learning
Steve Olson and Susan Loucks-Horsley, Editor: Committee on Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific Inquiry; National Research Council

Hak cipta © 2000, pada ***National Academies Press***. Hak terjemahan ke dalam Bahasa Indonesia pada ***SEAMEO QITEP in Science***, berdasarkan perjanjian pada tanggal 4 November 2011.

Alih Bahasa : Prof. Dr. Ismunandar
Eka Danti Agustiani, M.Si
Dewi Ratih Fuji Astuti, S.Pd

Penelaah : Dr. MamanWijaya

Editor : Drs. Kandi, MA
Apep Nurjaman, S.Kom., M.Pd

Inkuiri

dan

Standar-standar Pendidikan Sains Nasional

Sebuah Panduan
Untuk Pengajaran dan Pembelajaran

Komite Pengembangan Tambahan
Standar-standar Pendidikan Sains
Nasional untuk Inkuiri Ilmiah

Pusat Pendidikan Sains, Matematika
dan Rekayasa

NATIONAL ACADEMY PRESS
Washington, D.C.

KOMITE PENGEMBANGAN TAMBAHAN STANDAR-STANDAR PENDIDIKAN SAINS NASIONAL UNTUK INKUIRI ILMIAH

Peter Dow (Ketua), First Hand Learning, Inc.
Richard A. Duschl, School of Education, King's College London
Hubert M. Dyasi, City College (City University of New York)
Paul J. Kuerbis, The Colorado College
Lawrence Lowery, University of California of Berkeley
Lillian C. McDermott, University of Washington
Lynn Rankin, Exploratorium Institute for Inquiry
Mary Lou Zoback, Western Earthquake Hazards Program, U.S Geology Survey

Staf, Pusat Pendidikan Sains, Matematika dan Rekayasa

Rodger Baybee
Krstance Coates
Linda De Pough
Jay Hackett
Steve Olson
Harold Pratt
Lisa Vandemark
Tina Winters

KOMITE PENDIDIKAN SAINS K-12

Jane Butler Kahle (Ketua), Miami University, Oxford, OH
J. Myron Atkin, Stanford University, Stanford, CA
Caryl Edward Buchwald, Carleton College, Northfield, MN
George Bugliarello, Polytechnic University, Brooklyn, NY
Beatriz Chu Clewell, The Urban Institute, Washington, DC
William E. Dugger, Technology for All Americans, Blacksburg, VA
Norman Hackerman, The Robert A. Welch Foundation, Houston, TX
Leroy Hood, University of Washington, Seattle, WA
William Linder-Scholer, SciMathMN, Roseville, MN
Maria Alicia Lopez Freeman, California Science Project, Monterey Park, CA
Darlene Norfleet, Flynn Park Elementary School, University City, MO
Carolyn Ray, Urban Systemic Initiative, Cleveland, OH
Cary Sneider, Boston Museum of Science, Boston, MA
Rachel Wood, Delaware State Departement of Public Instruction, Dover, DE
Robert Yinger, School of Education, Baylor University, Waco, TX

Peninjau Ulang

Tulisan dalam bahasa asli buku ini telah ditinjau ulang dalam bentuk draft oleh pihak-pihak terpilih untuk mendapatkan masukan dari sudut pandang dan keahlian teknis yang berbeda-beda, sesuai dengan prosedur yang disetujui oleh *National Research Council's Report Review Commitee*. Tujuan dari peninjauan ulang independen ini adalah untuk memberikan komentar langsung dan kritis yang akan membantu para penulis dan Pusat Pendidikan Sains, Matematika dan Rekayasa dalam membuat publikasi tertulis sebaik mungkin dan untuk meyakinkan bahwa tulisan ini sesuai dengan standar-standar institusi dalam obyektifitas, pembuktian dan pertanggungjawaban dalam kepentingan kajian. Komentar-komentar dalam tinjauan ulang dan dokumen draft tetap menjadi rahasia untuk melindungi integritas dari proses konsultasi. Komite berterimakasih kepada nama-nama berikut yang menjadi peninjau ulang tulisan ini:

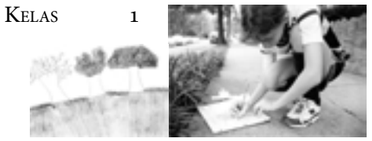
Llyod Barrows, University of Missouri
Ken Bingman, Shawnee Mission, West High School
Al Janulaw, California Science Teacher Association and Creekside Middle School
Dean Kamen, DEKA Research and Development Corporation
John Layman, University of Maryland (pensiun)
Michael Martinez, University of California at Irvine
Joseph Mcinerney, John Hopkins University School of Medicine
Gail Paulin, Tuscon Unified School District
Laurie Peterman, Anoka-Hennepin School District
Ursula Sexton, WestEd

Meskipun orang-orang dalam daftar di atas telah memberikan banyak komentar-komentar dan saran-saran yang membangun, pertanggungjawaban atas isi terakhir dari tulisan ini tetap dipegang secara utuh oleh komite penulis dan National Research Council.

Daftar Isi

Prakata: Sudut Pandang Seorang Saintis mengenai Inkuiri ix
Kata Pengantar xv
Pengantar untuk Edisi Bahasa Indonesia xxi

1 Inkuiri dalam Sains dan Ruang Kelas 1



2 Inkuiri dalam "National Science Education Standards" di Amerika Serikat 15

3 Gambaran Inkuiri pada Kelas K-12 49

4 Penilaian Kelas dan Inkuiri 101

5 Mempersiapkan para Guru untuk Pengajaran Berbasis Inkuiri 117

6 Mengapa Harus Inkuiri ? 153

7 Pertanyaan-pertanyaan yang Sering Diajukan Tentang Inkuiri 173

8 Mendukung Proses Belajar Mengajar yang Berbasis Inkuiri 189

Referensi 203

Lampiran-lampiran

A Kutipan dari *The National Science Education Standards*
A-1 Kemampuan Dasar Inkuiri 217
A-2 Pemahaman Mendasar Tentang Inkuiri 225

B Memilih Materi-materi Instruksional 229

C Sumber-sumber untuk Pengajaran Sains melalui Inkuiri 245

Prakata:
Sudut Pandang Seorang Saintis Mengenai Inkuiri

Ketika saya tumbuh pada tahun 1950-an di pinggir kota Chicago, pengalaman-pengalaman adalah ketika pendidikan yang paling bermakna semuanya terkait dengan perjuangan saya untuk memenuhi tantangan yang menarik minat dan inisiatif saya. Saya teringat telah menulis panjang tentang "Masalah Pertanian" waktu kelas tujuh, yang merupakan tugas saya untuk menerangkan bagaimana pemerintah kami membayar para petani untuk tidak menggarap lahan pertanian. Pada kelas delapan saya harus menerangkan pada seluruh kelas bagaimana

cara suatu perangkat televisi bekerja. Dan pada kelas sembilan saya ingat pernah menekuni buku tentang spektroskopi di perpustakaan umum Chicago untuk mempersiapkan sebuah makalah tentang penggunaannya dalam kimia.

Ketiga tugas ini, dan banyak lagi lainnya yang telah menarik bagi saya sebagai siswa, merupakan bagian dari apa yang sekarang kita kenal sebagai "inkuiri". Mengajarkan sains melalui inkuiri memungkinkan siswa untuk membuat konsep dari sebuah pertanyaan, lalu mencari penjelasan-penjelasan yang memungkinkan untuk menanggapinya. Sebagai contoh, dalam bidang biologi sel, membran-membran sel harus bersifat permeabel selektif - mereka harus membiarkan molekul-molekul makanan seperti gula melewatinya, namun molekul-molekul sampah seperti karbondioksida tidak bisa lewat. Apa saja jenis bahan yang dapat menjadi penyusun membran tersebut sehingga dapat berkembang seiring pertumbuhan sel?

Tentunya mudah untuk mengingat tipe-tipe pengajaran sains lain yang lebih dikenal di masa kecil saya. Dalam pendekatan yang lain ini - yang secara umum tetap menjadi penekanan hingga sekarang - para guru memberikan seperangkat bukti-bukti sains dengan kata-kata teknis untuk menggambarkan bukti-bukti tersebut kepada para siswanya. Dalam kasus terburuk, jenis pengajaran ini menganggap bahwa pendidikan terdiri dari pengisian kepala siswa dengan perbendaharaan kata dan perumpamaan-perumpamaan, seperti mitokondria menjadi "pembangkit energi" sel, DNA menjadi "material genetik", dan pergerakan menghasilkan "energi kinetik". Dalam kelas-kelas sains seperti ini pendidikan diperlakukan hanya seperti mempersiapkan sebuah acara kuis atau permainan yang sepele.

Pandangan pendidikan sains seperti ini memiliki banyak permasalahan. Hampir semua siswa tidak tertarik untuk menjadi peserta acara kuis. Mereka gagal untuk memandang bagaimana jenis pengetahuan seperti ini akan bermanfaat di masa depan. Mereka kemudian memiliki motivasi yang rendah untuk jenis "pembelajaran sekolah" ini.

Yang terpenting, jenis pengajaran seperti ini kehilangan kesempatan berharga bagi siswa untuk memecahkan masalah dan berkomunikasi maupun memberikan keterampilan berpikir yang akan mereka perlukan untuk menjadi tenaga kerja dan warga negara yang efektif di abad 21.

Inkuiri adalah bagian dari sebuah pernyataan pemikiran - yaitu dari kebutuhan untuk mengetahui. Sebagian besar anak-anak secara alami bersifat selalu ingin tahu. Mereka cukup peduli untuk bertanya "mengapa" dan "bagaimana". Namun demikian, bila orang dewasa mengartikannya pertanyaan-pertanyaan lugunya sebagai hal yang bodoh dan tidak menarik, maka para siswa akan kehilangan bakat keingintahuannya. Kunjungilah kelas dua sekolah dasar yang mana saja dan secara umum anda akan menemukan sebuah kelas yang berlimpah dengan energi dan ketertarikan, di mana anak-anak bersemangat untuk membuat pengamatan-pengamatan baru dan berusaha untuk menggambarkan sesuatu. Kontras sekali dengan banyak kelas delapan, di mana para siswa sangat sering terlihat bosan dan tidak tertarik dengan belajar dan sekolah!

National Science Education Standards dikeluarkan oleh *National Research Council* pada tahun 1995 untuk memberikan wawasan berharga dalam cara-cara yang mungkin membuat guru dapat memelihara keingintahuan siswa dan membantu mereka membangun seperangkat kemampuan yang terkait dengan inkuiri ilmiah. *The Standards* menekankan bahwa pendidikan sains diperlukan untuk memberikan tiga macam keterampilan dan pemahaman sains bagi para siswa. Para siswa perlu untuk mempelajari prinsip-prinsip dan konsep-konsep sains, mendapatkan keterampilan menalar dan melakukan prosedur kerja ilmuwan sains, serta memahami sifat alami sains sebagai bentuk tertentu dari usaha keras manusia. Dengan demikian para siswa perlu untuk dapat merancang dan melakukan penyelidikan untuk menguji gagasan-gagasan mereka, dan mereka perlu memahami mengapa penyelidikan-penyelidikan seperti itu memiliki kekuatan secara unik. Kajian-kajian menunjukkan bahwa para siswa lebih mampu memahami dan mengingat konsep-konsep yang telah mereka pelajari dengan cara ini.

Sebagai contoh, salah satu keterampilan yang harus didapatkan oleh para siswa melalui pendidikan sains adalah kemampuan untuk melakukan suatu penyelidikan di mana mereka membuat hal-hal yang lain konstan sementara mengubah-ubah sebuah variabel tunggal. Kemampuan ini memberikan strategi umum yang kuat untuk memecahkan berbagai masalah yang dihadapi di tempat kerja dan kehidupan sehari-hari. Lawrence Hall of Science di Barkeley, California,

telah mengembangkan seperangkat pembelajaran sains untuk kelas lima yang memberikan para siswa pengalaman-pengalaman luas dalam memanipulasi sistem dengan variabel-variabel. Pembelajaran ini dimulai dengan kerja kelompok yang terdiri dari empat orang di kelas untuk membuat pendulum dengan ukuran berbeda-beda dari tali, pita dan cincin penutup. Setelah setiap kelompok menghitung jumlah ayunan dari pendulum mereka dalam rentang waktu 15 detik - menghasilkan banyak hasil yang berbeda antar kelompok - lalu dilakukan percobaan-percobaan lebih jauh yang pada akhirnya melacak sumber perbedaan berdasarkan panjang dari tali yang digunakan. Hal ini mengarah pada pembuatan grafik yang menampilkan data untuk pekerjaan yang menggunakan pendulum di masa depan. Idealnya, guru harus menggunakan urutan pembelajaran tertentu ini untuk mengajarkan para siswa tentang sejarah jam, dengan menekankan pada banyaknya perubahan yang terjadi di masyarakat setelah dimungkinkan adanya pembagian waktu yang handal antara siang dan malam.

Kontras dengan pembelajaran sains secara tradisional mengenai pendulum. Dalam pembelajaran semacam ini, guru banyak berbicara dan melakukan demonstrasi. Seringkali, para siswa menunjukkan pengetahuannya sendiri mengenai variabel-variabel seperti panjang dan berat dari pendulum serta tinggi awal lontaran dengan mengisi titik-titik tempat jawaban di lembar kerja.

Tantangan bagi semua yang ingin memperbaiki pendidikan adalah menciptakan sebuah sistem pendidikan yang mengeksploitasi keingintahuan alami anak-anak, sehingga mereka menjaga motivasi belajarnya tidak hanya selama masa sekolah, namun juga sepanjang hidup mereka. Kita perlu meyakinkan para guru dan orang tua tentang pentingnya pertanyaan "mengapa" dari anak-anak. Hal ini mengingatkan pada kesan mendalam yang diperoleh dari ayah Richard Feynman dalam perkembangannya menjadi seorang saintis. Pada suatu musim panas, di Pegunungan Catskills New York, ketika Feynman adalah seorang bocah, seorang anak laki-laki lain bertanya padanya, "Lihat burung itu. Burung jenis apakah itu?" Feynman menjawab "Saya tidak tahu sama sekali". Anak laki-laki yang lainnya menimpali, "Ayahmu tidak mengajarimu apa-apa!" Akan tetapi ayah Feynman telah mengajarkan tentang burung dengan caranya sendiri. Feynman mengingat kata-kata ayahnya:

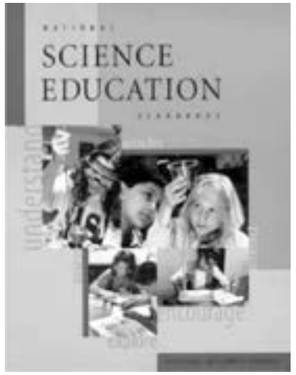
"Lihat burung itu? Itu adalah Spencer berkicau" (saya tahu ia tidak mengetahui nama sebenarnya)"...Kau dapat mengetahui nama burung itu dalam berbagai bahasa di dunia, tapi setelah kau selesai, kau sama sekali tidak akan akan mengetahui apapun tentang burung itu. Kau hanya akan mengetahui tentang bagaimana orang-orang di tempat yang berbeda menamai burung itu. Jadi, mari kita amati saja burung itu dan lihat apa yang ia lakukan - itu yang lebih penting."

Buku yang anda baca ini menjelaskan pendekatan seperti ilustrasi di atas untuk mengajarkan sains. Hal itu membangun diskusi tentang inkuiri dalam *National Science Education Standards* untuk menunjukkan bagaimana pendidikan sains yang bertanggung jawab dapat menyediakan kesempatan yang diperlukan bagi para pemuda untuk mengembangkan pemahaman ilmiah dan kemampuan untuk melakukan penyelidikan. Prosesnya harus dimulai sejak taman kanak-kanak dan berlanjut, dengan tantangan yang sesuai dengan usia, pada setiap jenjang kelas. Para siswa harus tertantang tapi juga terganjar dengan kegembiraan memecahkan masalah dengan apa yang harus mereka perjuangkan. Dalam cara ini, para siswa mengetahui bahwa mereka mampu untuk mengatasi masalah-masalah yang terus menjadi semakin sulit. Ketika mereka memperoleh perangkat dan kebiasaan dalam inkuiri, mereka melihat diri mereka sendiri belajar. Tidak ada yang lebih memuaskan atau lebih penting dari hal tersebut dalam pendidikan sains.

Bruce Alberts
Presiden *National Academy of Sciences*

Kata Pengantar

Pada bulan Desember 1995 *National Research Council (NRC)* mengeluarkan *National Science Education Standards*, yang, seperti dinyatakan dalam "Ajakan untuk Beraksi" pada bagian awal dari *The Standards*, menguraikan "sebuah visi pendidikan sains yang akan menggunakan literasi ilmiah untuk semua kenyataan di abad 21". Peluncuran *The Standards* adalah puncak dari sebuah proses pembuatan konsensus yang panjang. Pada tahun 1991, presiden *National Science Teacher Association* (Asosiasi Guru Sains Nasional), antara lain, meminta *NRC* mengkoordinasi upaya-upaya untuk mengembangkan standar nasional dalam pendidikan sains. Antara tahun 1991 dan 1995, sekelompok guru, saintis, aparat



pemerintah, pelatih guru dan pihak-pihak lainnya diorganisasi oleh *NRC* untuk membuat beberapa konsep untuk *The Standards* dan mengajukan konsep-konsep tersebut untuk ditinjau kembali secara luas oleh pihak-pihak lain dengan peran yang sama. Hasilnya adalah sebuah dokumen yang, sejak diluncurkan, telah mengendalikan kekuatan di balik perbaikan pada pendidikan sains di Amerika.

Ciri yang menonjol dari *The Standards* adalah berfokus pada inkuiri. Istilah inkuiri digunakan dalam dua cara dalam *The Standards*. Pertama, inkuiri yang mengacu pada kemampuan siswa untuk mengembangkan sendiri dan melakukan penyelidikan ilmiah serta memperoleh pemahaman mengenai sifat-sifat inkuiri ilmiah.

Kedua, inkuiri yang mengacu pada strategi-strategi pengajaran dan pembelajaran yang membuat konsep-konsep ilmiah dapat dikuasai melalui penyelidikan. Dengan cara ini, The Standards menggambarkan hubungan antara ilmu pembelajaran, pembelajaran untuk melakukan sains, dan belajar tentang sains.

Sebagaimana tanggung jawab yang dipersyaratkan pada panitia penyusunnya, *Inquiry and National Science Education Standards* (Inkuiri dan Standar-standar Nasional Pendidikan Sains) telah dirancang untuk berfungsi sebagai panduan praktis bagi para guru, pengembang kurikulum profesional, pemerintah dan pihak-pihak lain yang diharapkan menanggapi himbauan *The Standards* untuk meningkatkan penekanan pada inkuiri.

Lebih lanjut lagi panitia penyusun bertanggung jawab untuk membuat:

- latar belakang diskusi untuk inkuiri;
- rangkuman penelitian-penelitian terkait dan tulisan-tulisan ilmiah yang memberikan alasan meyakinkan bagi berharganya inkuiri dalam pendidikan sains;
- langkah-langkah yang perlu diambil oleh para guru, pemerintah, orang tua dan pihak-pihak lain, dan;
- sebuah perpustakaan sumber rujukan untuk membantu perencanaan dan penerapan.

Untuk menanggapi tanggung jawab ini, panduan dibagi menjadi delapan bab dan tiga lampiran.

- Bab 1, "Inkuiri dalam Sains dan dalam Kelas", menggambarkan beragam peran dari inkuiri dengan membandingkan inkuiri ilmiah seorang saintis geologi dengan inkuiri pada siswa kelas lima dan guru mereka yang bersemangat.
- Bab 2, "Inkuiri dalam *National Science Education Standards* (Standar-standar Pendidikan Sains Nasional", menjelaskan visi inkuiri ilmiah yang dibingkai dalam *The Standards*.
- Bab 3, "Penggambaran Inkuiri dalam kelas-kelas K-12', memeriksa sains sebagai inkuiri dengan menyajikan dan mendiskusikan serangkaian kisah di sekolah dasar, sekolah menengah, dan sekolah tinggi.
- Bab 4, "Penilaian Kelas dan Inkuiri", mendiskusikan beragam fungsi dari dan strategi-strategi untuk penilaian dalam kelas berbasis inkuiri.
- Bab 5, "Mempersiapkan Para Guru untuk Pengajaran Berbasis Inkuiri", mendiskusikan pengembangan profesional guru dari persiapan sebelum sarjana hingga pembelajaran lanjutan di sepanjang karir mereka.
- Bab 6, "Mengapa harus Inkuiri ?", menggambarkan hasil-hasil penelitian mengenai pengajaran dan pembelajaran berbasis inkuiri.
- Bab 7, "Hal-hal yang Sering Ditanyakan Mengenai Inkuiri", memberikan jawaban-jawaban singkat pada pertanyaan-pertanyaan yang sering diajukan oleh guru kelas, pemerintah, orang tua siswa dan pihak-pihak lainnya.
- Bab 8, "Mendukung Pengajaran dan Pembelajaran Berbasis Inkuiri", menguraikan bagaimana kepemimpinan kepala sekolah dan tenaga administrasi lainnya dapat memperpanjang penerapan inkuiri dalam pengajaran dan pembelajaran.
- Lampiran-lampiran memberikan elaborasi kemampuan-kemampuan dan pemahaman tentang inkuiri dari *The Standards*; panduan untuk seleksi berorientasi inkuiri terhadap bahan-bahan pengajaran; dan sebuah daftar sumber-sumber yang terkait dengan pendidikan dasar sains berbasis inkuiri.

Beberapa bab dalam tulisan ini menggambarkan kisah dari guru dan siswa yang tertarik untuk menggunakan dan mempelajari tentang inkuiri. Kisah-kisah ini didasarkan pada pengalaman aktual yang disaksikan oleh anggota komite dan kontributor tulisan ini. Tujuan dari dimuatnya kisah-kisah tersebut adalah untuk menggambarkan gagasan-gagasan kunci yang ada dalam teks, tidak untuk mewakili kelas yang dikondisikan ideal maupun skenario-skenario pengembangan profesional.

Panduan ini telah dibuat di bawah pengarahan dari Komite Pendidikan Sains K-12 (COSE K-12), sebuah badan yang terdiri dari *Centre of Science, Mathematics, and Education di National Research Council* (*The Center*). COSE K-12 membentuk Komite Pengembangan Tambahan dari *National Science Education Standards* (Standar-standar Pendidikan Sains Nasional) untuk Inkuiri Ilmiah dan bertanggung jawab menghasilkan sebuah dokumen yang akan membantu para pendidik memperbaiki kualitas pengajaran, pembelajaran dan penilaian melalui penggunaan inkuiri. Pendanaan proyek ini berasal dari *National Science Foundation, National Aeronautics and Space Administration dan Governing Board Initiative of the National Academies*.

Komite telah menulis panduan ini untuk digunakan dalam berbagai cara. Guru-guru kelas, kepala-kepala departemen sains, pengawas sains, dan pengembang

kurikulum profesional dapat menggunakannya secara langsung untuk memperbaiki pengajaran dan pembelajaran. Manajemen sekolah dan anggota masyarakat dapat menggunakannya untuk memahami dan mendukung pengajaran dan pembelajaran berbasis inkuiri. Pengembang kurikulum profesional dan pelatih guru dapat menggunakannya untuk memperbaiki cara mereka bekerja dengan para guru dan lebih baik dalam merancang dan membuat pemodelan dengan berorientasi pada pengalaman belajar inkuiri bagi para calon dan praktisi guru. Universitas yang memiliki Fakultas Sains dapat menggunakannya untuk memikirkan kembali isi dan strategi pengajaran yang mereka gunakan dalam kursus-kursus yang dihadiri oleh para mahasiswa keguruan yang sedang praktek mengajar. Saintis dapat menggunakannya untuk memandu pekerjaan mereka dengan para guru. Banyak juga orang maupun kelompok yang percaya bahwa proses inkuiri harus menjadi bagian dari setiap kelas sains, dapat dapat digunakan untuk mengawali diskusi serta memandu upaya-upaya yang menghasilkan perubahan.

Para pembaca yang memilih untuk tidak membaca buku ini lembar demi lembar harus memulainya dengan Bab 1 dan Bab 2, yang memberikan dasar bagi bab-bab sisanya. Kisah-kisah pada Bab 3 mewakili rentang kelas yang berbeda-beda, jadi para pembaca dapat memilih kisah mana yang akan mereka baca, bergantung pada tingkat kelas yang diminati. Pilihan untuk bab-bab selanjutnya akan bergantung pada peran tertentu dan kebutuhan dari pembaca. Sebagai contoh, Bab 5 membahas terutama tentang para pelatih guru dan pengembang kurikulum profesional dan Bab 8 bagi manajemen atau pemerintah dan pemimpin sains membentuk inisiatif mereka.

Panduan ini adalah seri pertama dari tambahan-tambahan yang direncanakan untuk *The Standards*. Tambahan-tambahan pada sains dan teknologi dan pada penilaian kelas juga telah dipersiapkan. *The Center* juga menghasilkan beberapa dokumen lain yang mendukung reformasi pendidikan sains berbasis standar-standar, termasuk publikasi seleksi materi-materi pengajaran, perancangan program kurikulum untuk beberapa tahun dan penggunaan penemuan-penemuan dari *Third International Mathematics and Science Study* untuk memperbaiki kurikulum dan pengajaran sains.

Atas nama komite, saya menyatakan penghargaan yang sangat dalam atas kontribusi dari Elizabeth Stage, Ron Anderson, Jim Minstrell, Denis Goodrum, Maryellen Harmon, Doris Ash, Lezlie De Water, dan David Hartney, yang menghasilkan bahan-bahan tertulis; Mike Atkin, Kathy DiRanna, Sally Crissman, Kathy Stiles, JoAnne Vasquez, dan Henry Heikkinen, yang memberi saran pada konsep awal kami; serta banyak guru dan pembina guru yang pengalaman-pengalamannya mengajar berbasis inkuiri menggambarkan gagasan-gagasan dalam halaman-halaman ini. Kami berterima kasih secara khusus pada Susan Loucks-Horsley dan Jay Hackett, yang berperan sebagai pengarah proyek untuk berbagai tahap dalam menyiapkan tulisan ini; staf-staf *The Centre* lain yang berdedikasi untuk membantu kami mengonsep, memperbaiki dan menghasilkan tulisan ini, termasuk Rodger Bybee, Harold Pratt, Lisa Vandemark, Kristance Coates, Linda DePugh, dan Tina Winters; penulis Steve Olson yang editannya sangat memperbaiki tulisan ini, juga pada puluhan guru dan manajemen yang berpartisipasi dalam workshop di mana gagasan-gagasan dan kerangka kerja kami diujikan, atas umpan balik mereka yang sangat berharga.

Peter Dow, Ketua Komite

Pengantar untuk Edisi Bahasa Indonesia

Dalam usaha mempopulerkan pendekatan inkuiri dalam pembelajaran sains di Indonesia dan juga di negara-negara SEAMEO, SEAMEO QITEP in Science beruntung mendapat bantuan melalui kerjasama dengan berbagai pihak. Salah satu jaringan kerjasama dan bantuan yang sangat besar maknanya adalah dari Prof. Bruce Alberts, Duta Khusus Presiden Obama untuk Sains.

Berkat dukungan beliau, buku ini dapat diterjemahkan dalam Bahasa Indonesia oleh tim QITEP in Science.

Kami berharap agar tersedianya rujukan dalam bahasa Indonesia untuk pendekatan inkuiri ini dapat menambah khasanah pustaka inkuiri di Indonesia dan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran sains di Indonesia. Semoga

Ismunandar
Direktur QITEP in Science

1
Inkuiri dalam Sains dan Ruang Kelas

Inkuiri ilmiah mengacu pada beragam cara bagi ilmuwan dalam mempelajari alam semesta dan bertujuan untuk memberikan penjelasan berdasarkan bukti-bukti yang diperoleh. Inkuiri juga mengacu pada aktivitas siswa ketika membangun sebuah pengetahuan dan pemahaman mengenai ide-ide ilmiah, sebagaimana usaha para ilmuwan dalam memahami alam.(*National Science Education Standards*, Amerika Serikat, hal. 23)

Sebagaimana yang ditegaskan oleh *National Education Standards (National Research Council*, 1996), para siswa yang menggunakan inkuiri untuk mempelajari sains akan banyak menjalani aktivitas-aktivitas dan proses berpikir yang sama dengan para ilmuwan yang sedang mengembangkan pengetahuan manusia tentang alam semesta. Namun aktivitas dan proses berpikir para ilmuwan tersebut kurang begitu dikenal oleh para pendidik dalam bentuk pengenalan model inkuiri dalam kelas. Dengan menggambarkan inkuiri baik dalam proses sains maupun dalam pembelajaran di kelas, dapat ditemukan berbagai "wajah" inkuiri dalam pendidikan sains. Melalui contoh-contoh dan diskusi, dapat ditunjukkan bagaimana para guru dan siswa dapat menggunakan inkuiri untuk mempelajari cara melakukan langkah ilmiah, mempelajari apa itu sains dan mempelajari isi dari sains.

Langkah yang baik untuk memulai penyelidikan ini adalah dengan membandingkan metode-metode dan proses berpikir dari seorang ilmuwan yang sedang bekerja dengan pembelajaran berbasis inkuiri. Kisah-kisah yang terdapat dalam bab ini tersusun dalam beberapa tema. Kata-kata yang bercetak miring

menunjukkan aspek-aspek yang dilakukan dalam proses inkuiri.

INKUIRI DALAM SAINS

Melakukan pengamatan

Seorang geolog yang sedang memetakan endapan di pesisir pantai di wilayah Washington terkejut ketika menemukan ada

hutan dengan pohon-pohon cedar yang sudah mati di dekat pantai. Beberapa pohon masih terlihat berdiri tegak, namun jelas terlihat bahwa pohon-pohon tersebut sudah mati sejak beberapa tahun yang lalu. Ia menemukan beberapa pohon mati tegak serupa di tempat-tempat lain sepanjang pantai Oregon dan Washington. Ilmuwan tersebut kemudian bertanya-tanya, "Apakah yang menyebabkan kematian begitu banyak pohon di area yang luas ini?"

Menunjukkan keingintahuan, merumuskan pertanyaan dari pengetahuan dasar

Berdasarkan pengetahuannya mengenai gempa bumi, batas-batas kerak bumi dan pasang surut sepanjang garis pantai, geolog tersebut mencari penjelasan-penjelasan yang memungkinkan atas penemuannya. "Apakah pohon-pohon tersebut mati dalam waktu yang bersamaan?" "Apakah kematiannya berkaitan dengan aktivitas vulkanik terdekat atau semacam wabah biologis?" "Karena berada di daerah pantai, apakah ada kaitan antara kadar garam air dengan kerusakan hutan tersebut?"

Mengumpulkan bukti-bukti menggunakan teknologi dan perhitungan matematika

Geolog itu mengejar jawaban untuk pertanyaan pertama dengan mengamati lingkar usia dalam batang-batang pohon tersebut menggunakan metode pencacahan karbon 14. Ia menemukan bahwa pohon-pohon tersebut telah mati sejak 300 tahun yang lalu. Penyelidikan lain yang dilakukannya juga ternyata tidak menunjukkan adanya penyebaran material vulkanik di area hutan mati tersebut. Lebih jauh lagi,

Menggunakan hasil penelitian sebelumnya

pohon-pohon tersebut tidak menunjukkan bukti terbakar maupun terserang serangga.

Geolog tersebut mulai memikirkan pengaruh air garam dalam kematian pohon-pohon tersebut. Ia menemukan bahwa sebagian besar wilayah Alaska jatuh ke bawah permukaan laut pada tahun 1964 ketika lempeng tektonik yang mendasari Samudera Pasifik masuk ke bawah lempeng Amerika Utara, sehingga menempatkan Alaska menjadi zona gempa subduksi. Dalam wilayah yang luas, hutan tepi pantai Alaska mati ketika pantainya "jatuh" dan terendam air laut setelah terjadi gempa subduksi. Ia juga mengetahui bahwa ternyata ada zona subduksi yang sama di bawah wilayah Washington dan Oregon, yang memunculkan gunung-gunung berapi di pegunungan Cascade. Ia bertanya-tanya apakah pohon-pohon mati di pantai Washington dan Oregon tersebut pernah terendam air laut akibat gempa subduksi 300 tahun yang lalu.

Mengemukakan penjelasan yang memungkinkan

Untuk mengecek penjelasan mengenai akibat zona subduksi gempa tersebut, geolog itu mengumpulkan lebih banyak data. Ia memeriksa endapan di wilayah hutan mati tersebut. Suatu bagian dengan sedimen yang terawetkan dengan baik terpapar di tepian aliran dalam area pepohonan mati. Bagian tersebut menunjukkan adanya lapisan pasir yang bersih di bawah permukaan tanah, berbeda dengan tanah gelap yang banyak mengandung lempung di lapisan atas dan bawahnya. "Dari mana lapisan pasir putih ini berasal?" ia bertanya-tanya.

Geolog itu mengetahui bahwa gempa subduksi sering menghasilkan gelombang tsunami (gelombang laut yang besar). Ia berpikir bahwa lapisan pasir tersebut bisa jadi adalah pasir laut yang tersapu selama tsunami. Jika demikian, hal itu menjadi bukti yang lebih jauh mengenai adanya gempa besar tepi pantai. Fosil-fosil yang ditemukan dari lapisan pasir tersebut menunjukkan bahwa pasir berasal dari laut dalam, bukan dari tepian, juga mendukung dugaan adanya tsunami.

Mempublikasi penjelasan berdasarkan bukti-bukti

Geolog itu mempublikasi beberapa artikel dalam jurnal ilmiah mengenai dugaannya bahwa pohon-pohon mati dan lapisan pasir laut di sepanjang pantai Washington membuktikan adanya gempa subduksi besar yang terjadi 300 tahun lalu, sebelum orang-orang Eropa datang ke wilayah tersebut (Atwater, 1987; Nelson dkk., 1995).

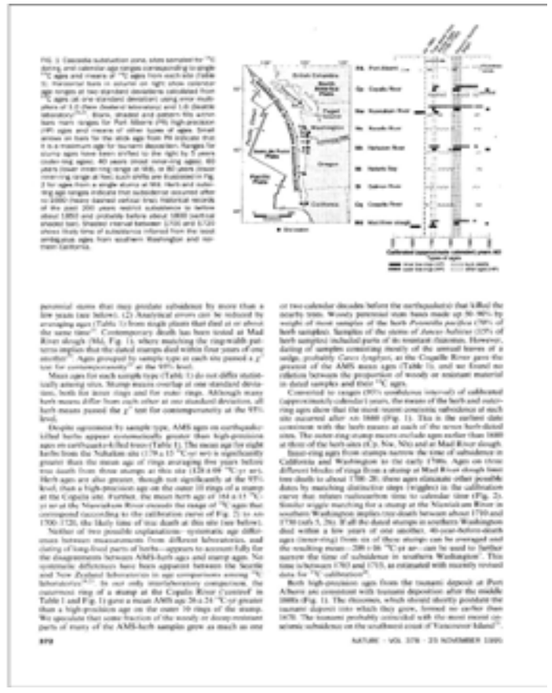
Mempertimbangkan bukti-bukti baru

Beberapa tahun kemudian, seismolog Jepang yang mempelajari jejak ukuran gelombang pasang Jepang untuk mendokumentasi tsunami dari jarak jauh menemukan adanya gempa besar di suatu tempat sepanjang tepian Pasifik pada 17 Januari 1700, namun sumber dari gempa tersebut masih menjadi perdebatan. Dengan menggunakan data jejak sejarah, ia dapat mengurangi kemungkinan bahwa gempa besar tersebut berasal dari daerah-daerah yang dikenal sebagai area sumber gempa di sekitar Pasifik. Setelah memperhatikan hasil kerja geolog di wilayah hutan mati di Pasifik barat laut, seismolog Jepang tersebut memperkirakan bahwa sumber tsunami adalah gempa zona subduksi di bawah permukaan Washington dan Oregon (Sateke dkk., 1996).

Kini, geolog tersebut memiliki

LETTERS TO NATURE

Radiocarbon evidence for extensive plate-boundary rupture about 300 years ago at the Cascadia subduction zone



Laporan ahli geologi atas hasil penemuannya di jurnal *Nature*

Menambahkan penjelasan

bukti baru yang mendukung penjelasannya bahwa lapisan pasir dibawa oleh tsunami yang disebabkan oleh gempa. Pemeriksaan lebih lanjut mengenai endapan pantai tidak meliputi penjelasan tambahan mengenai pohon-pohon yang mati dan lapisan pasir. Kini ia berpikir bahwa gempa bumi menghasilkan tsunami yang amat besar, seperti yang pertamakali ia identifikasi, telah terjadi berulang kali di pantai Pasifik barat laut ratusan tahun yang lalu, sebagaimana yang terjadi di zona-zona subduksi di bawah Jepang, Filipina, Alaska dan sebagaian besar Amerika barat daya. Penurunan permukaan pantai yang terjadi akibat gempa tersebut akan merendam pohon-pohon dalam air garam dan menyebabkan kematiannya.

Penjelasan ilmiah memberi informasi untuk kebijakan publik

Sebagaimana yang sering terjadi pada penelitian ilmiah. Hasil penelitian geolog memberikan pengaruh pada kebijakan publik. Kantor pemerintahan merevisi peraturan pembangunan di Washington dan Oregon berdasarkan pemahaman yang lebih dalam mengenai gempa bumi sebagai hasil dari penelitian tersebut. Sekarang bangunan-bangunan harus dirancang tahan terhadap gempa yang berkekuatan 50% lebih besar daripada peraturan sebelumnya.

Kisah di atas menggambarkan beberapa penjelasan penting mengenai inkuiri ilmiah. Seorang ilmuwan yang mengenali adanya sebuah fenomena memiliki keingintahuan untuk mengajukan pertanyaan-pertanyaan mengenai hal tersebut. Meskipun banyak orang mengetahui adanya hutan pohon mati, tapi cuma sedikit yang menjadikan hal tersebut sesuatu yang harus dicari jawabannya. Dengan menggunakan dasar ilmu geologi dan apa yang telah ia pelajari mengenai pohon dan habitatnya, seorang geolog Amerika telah membuat hubungan antara pohon-pohon mati dengan pengetahuan mengenai lingkungan lainnya, seperti lokasi pantai. Pertanyaan-pertanyaan tersebut mengarahkan penelitian selanjutnya, termasuk penggunaan metode pengukuran karbon 14 terhadap usia pohon-pohon mati dan pengumpulan data geologis wilayah tersebut. Ia membuat sebuah penjelasan mengenai kematian pohon-pohon tersebut berdasarkan bukti-bukti awal dan mengumpulkan lebih banyak bukti lagi untuk menguji penjelasannya tersebut. Ia lalu mempublikasi artikel-artikel ilmiah yang di dalamnya mendiskusikan hubungan antara bukti yang

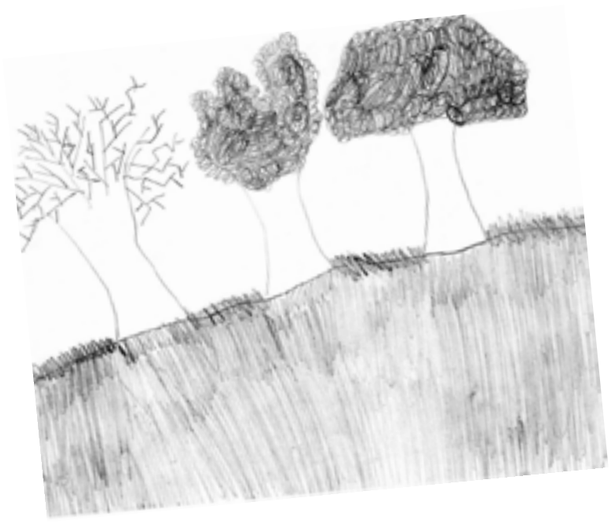
terkumpul dengan penjelasan yang diajukan. Kemudian, seorang ilmuwan dari belahan dunia lain (Jepang) dapat membaca publikasi tersebut, karena artikel ilmiah dibuat menggunakan penjabaran dan pengukuran yang bersifat universal, lalu membandingkan penemuannya dengan hasil publikasi itu. Dugaan Ilmuwan Jepang itu bahwa kejadian tsunami di Jepang tanggal 17 Januari 1700 berasal dari gempa subduksi, ikut mendukung hipotesis penyebab kematian pepohonan di sepanjang Pasifik barat laut.

SIFAT INKUIRI ALAMI MANUSIA

Penelitian ilmiah yang dilakukan oleh geolog untuk memahami alam di atas adalah gambaran yang baik tentang karakteristik manusia, yang menunjukkan bahwa inkuiri merupakan sebuah cara belajar berkekuatan besar. Manusia pada dasarnya bersifat ingin tahu, sebagaimana masih sangat jelas terlihat pada bayi dan anak-anak. Sejak lahir, manusia seringkali melakukan metode ujicoba untuk mengenali dan mempelajari alam sekitarnya. Bila kita menghadapi sesuatu yang baru, kita akan berusaha mengenali apa yang terjadi lalu memperkirakan apa yang akan terjadi kemudian. Kemampuan alamiah untuk menganalisis, merancang dan membuat pengukuran dan perkiraan, menguji dan mengecek kembali kemungkinan-kemungkinan, membandingkan hasil pengujian dengan pemahaman awal dan mengubah pemahaman bila perlu adalah bekal semua makhluk untuk bertahan hidup. Dalam sejarah manusia, beberapa orang yang memiliki keingintahuan lebih dari sekedar untuk bertahan hidup telah menghasilkan pengetahuan-pengetahuan penting seperti ilmu perbintangan, pergantian musim dan asal-usul makhluk hidup. Hasil dari komunikasi mengenai hipotesis (dugaan awal), ide dan konsep antar individu akan membentuk strategi, aturan, standard dan pengetahuan yang kita kenal sekarang sebagai sesuatu yang ilmiah.

Inkuiri di dalam dunia nyata memiliki berbagai bentuk, mulai dari keingintahuan seorang anak kecil mengenai bagaimana seekor semut bisa hidup di bawah tanah hingga sekelompok ahli fisika meneliti partikel-partikel atom. Inkuiri dalam kelas juga memiliki beragam bentuk, sebagaimana yang akan diuraikan pada bagian lain. Bagaimanapun bentuknya, peran inkuiri dalam pendidikan makin menjadi fokus perhatian. Sekarang ini dunia sangat dipengaruhi oleh berbagai hasil penemuan ilmiah.
Masyarakat perlu membuat dan mengevaluasi keputusan-keputusan berdasarkan pengajuan pertanyaan yang cermat, pencarian bukti dan pembuatan alasan yang kritis. Lingkungan belajar yang berfokus pada penyampaian apa yang telah diketahui oleh saintis tidak menunjang inkuiri. Penekanan pada inkuiri mempertanyakan bahwa kita memikirkan apa yang kita ketahui, mengapa kita mengetahui, dan bagaimana kita bisa mengetahuinya.

Inkuiri menjadi inti dari *National Science Education Standards (The Standards)* Amerika Serikat. *The Standards* mencoba mempromosikan model-model kurikulum, instruksi dan penilaian yang memungkinkan para guru membangun keingintahuan alami manusia. Dengan cara ini, para guru dapat menolong semua siswanya untuk memahami bahwa sains adalah usaha keras manusia untuk mendapatkan pengetahuan ilmiah dan keterampilan berpikir yang penting dalam kehidupan sehari-hari serta pilihan karir bagi yang berminat.



INKUIRI DALAM RUANG KELAS

Salah satu cara terbaik untuk memahami sains di sekolah sebagai inkuiri adalah melalui kunjungan ke kelas yang mempraktekkan inkuiri ilmiah. Berikut ini adalah gambaran yang terjadi di sebuah kelas (proses pembelajaran inkuiri dapat terjadi di semua kelas). Seperti pada kisah sang geolog, tulisan bercetak miring di sini juga menunjukkan proses dalam inkuiri.

Beberapa murid kelas lima terlihat sangat

Menemukan obyek pengamatan

antusias ketika mereka kembali ke kelas setelah jam istirahat, pada suatu hari di musim gugur. Mereka menarik guru mereka, Bu Graham, ke tepi jendela, menunjuk ke luar dan bertanya "Kami menemukan sesuatu pada pohon-pohon di taman. Ada apa dengan pohon-pohon itu?" Bu Graham yang belum memahami apa yang mereka maksudkan kemudian berkata "Tunjukkan apa yang kalian maksudkan."

Para murid menunjukkan tiga pohon yang tumbuh bersebelahan. Salah satu dari pohon tersebut sudah kehilangan semua daunnya, yang di tengah daunnya sudah berubah menjadi beberapa warna (terutama kuning) dan yang paling pinggir masih rimbun menghijau Murid-murid itu bertanya "Mengapa ketiga pohon itu berbeda? Mereka terlihat seperti sama, tapi ternyata tidak?" Bu Graham tidak mengetahui jawabannya.

Menunjukkan keingintahuan, merumuskan pertanyaan dari pengetahuan awal

Bu Graham tahu bahwa kelasnya akan mempelajari tumbuhan di akhir tahun itu, dan penemuan murid-muridnya itu akan menjadi kesempatan bagi mereka untuk memulai penelitian tentang perkembangan tumbuhan dan mereka telah dengan sendirinya termotivasi untuk menemukann jawabannya. Meskipun ia belum yakin mengenai ke mana arah pertanyaan para muridnya, Bu Graham mengambil resiko untuk membiarkan para murid melakukan penyelidikan di bawah bimbingannya. Lagipula para murid tahun lalu telah memiliki

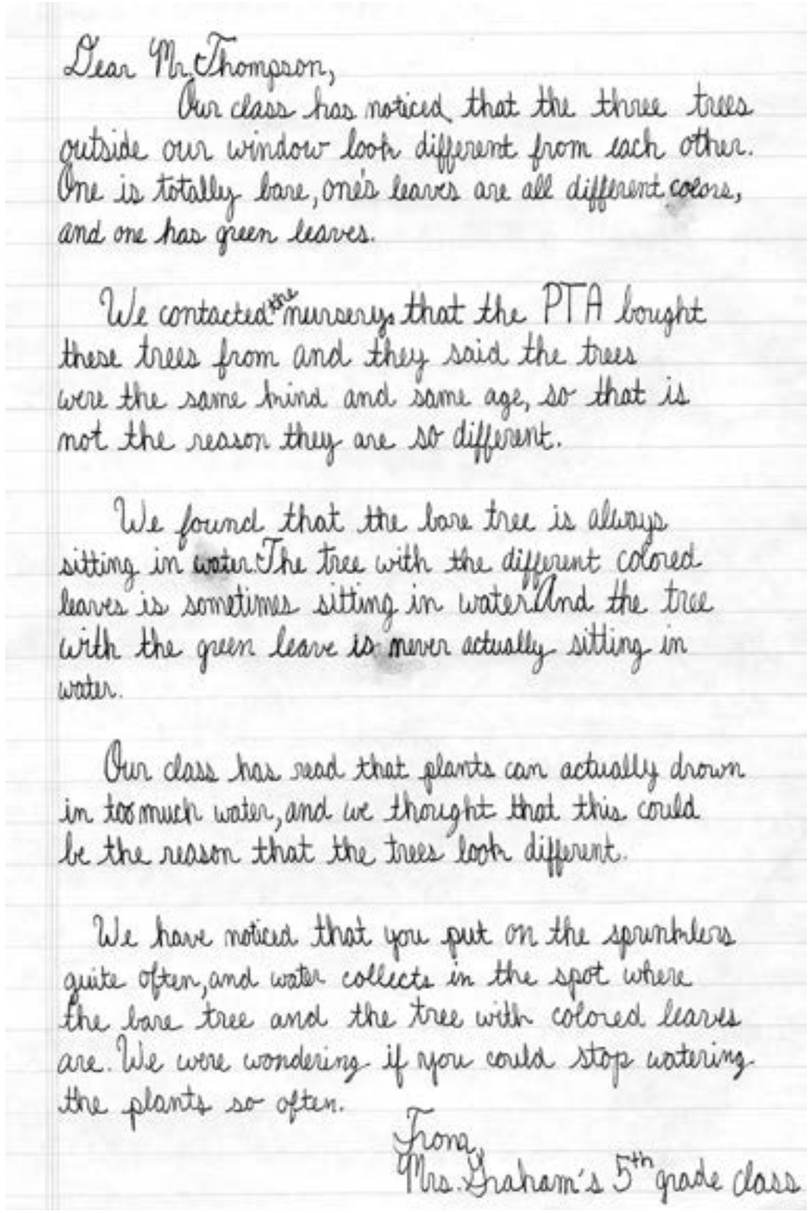
pengalaman penelitian tentang bagaimana biji dapat tumbuh dalam kondisi yang berbeda-beda. Dia menggantungkan sebuah kertas besar di tempat semua muridnya bisa melihat dan berkata "Mari kita buat daftar hal apa saja yang mungkin menjelaskan apa yang terjadi pada ketiga pohon itu!". Terlihat tangan- tangan murid pun teracung.

Inilah sebagian dari pernyataan para murid:

Pengajuan penjelasan berdasarkan dugaan awal (hipotesis)

"*Pasti ada hubungannya dengan matahari*"

"*Pasti terlalu banyak air*"



Dear Mr. Thompson,

Our class has noticed that the three trees outside our window look different from each other. One is totally bare, one's leaves are all different colors, and one has green leaves.

We contacted the nursery that the PTA bought these trees from and they said the trees were the same kind and same age, so that is not the reason they are so different.

We found that the bare tree is always sitting in water. The tree with the different colored leaves is sometimes sitting in water. And the tree with the green leave is never actually sitting in water.

Our class has read that plants can actually drown in too much water, and we thought that this could be the reason that the trees look different.

We have noticed that you put on the sprinklers quite often, and water collects in the spot where the bare tree and the tree with colored leaves are. We were wondering if you could stop watering the plants so often.

From,
Mrs. Graham's 5th grade class

"*Pasti kekurangan air*"
"*Pohon-pohon itu sebenarnya berbeda, walaupun kelihatan sama*"
"*Ini memang musimnya bagi sebagian pohon untuk menggugurkan daunnya*"
"*Ada racun di tanah*"
"*Pohon-pohon itu berbeda umurnya*"
"*Serangga memakani pohon itu*"
"*Salah satu pohon lebih tua dari pohon lainnya*"

Setelah para murid puas mengemukakan semua idenya, Bu Graham mendorong mereka untuk memikirkan ide-ide mana yang penjelasannya memerlukan penyelidikan dan ide -ide mana yang sudah berupa penjelasan. Ia lalu meminta setiap murid untuk memilih salah satu penjelasan yang baginya mungkin akan menjadi jawaban. Bu Graham membagi murid berdasarkan jawaban pilihan mereka ke dalam "kelompok air", "kelompok musim", "kelompok serangga" dan seterusnya. Sementara mereka merencanakan penyelidikan, Bu Graham mendatangi setiap kelompok murid dan mendengarkan dengan cermat bagaimana mereka menyusun rencana. Ia lalu meminta setiap kelompok untuk menjelaskan ide-ide mereka pada teman-teman sekelasnya untuk mendapatkan masukan perbaikan. Melalui diskusi ini Bu Graham dengan mudah memberikan bantuan pada para murid untuk berpikir dan mempertimbangkan proses yang akan mereka pilih untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan mereka sendiri secara lebih efektif dan relevan.

Merencanakan dan melakukan penyelidikan sederhana

Selama tiga minggu para murid diberi kesempatan untuk melakukan penyelidikan mereka. Kelompok-kelompok murid menggunakan sumber informasi yang berbeda-beda untuk mengumpulkan data mengenai karakteristik pohon, siklus hidup dan lingkungannya. Sebagai contoh, kelompok "perbedaan usia" menjawab pertanyaan mereka secara cepat dengan menanyakan pihak penanggung jawab penanaman pohon di sekolah mengenai penerimaan dan penanaman pohon-pohon tersebut. Pemeriksaan bibit menunjukan bahwa ketiga pohon tersebut identik dan memiliki kisaran usia yang sama ketika dibeli. Ketika beberapa kelompok telah lebih dulu menyelesaikan penyelidikan mereka, Bu Graham mengundang masing-masing anggota kelompok tersebut untuk bergabung dalam kelompok lain yang masih melakukan penyelidikan.

Mengumpulkan bukti-bukti pengamatan

Memberikan penjelasan berdasarkan bukti yang telah diperoleh

Kelompok air memutuskan untuk mengamati tanah di sekitar ketiga pohon tersebut setiap jam. Mereka membuat jurnal pengamatan yang diisi secara bergantian, namun juga menyimpan semua data dalam jurnal mereka masing-masing. Pengamatan di luar jam sekolah dan di akhir pekan dilakukan oleh murid yang tinggal di dekat sekolah. Mereka memang kehilangan beberapa jam pengamatan, namun mereka masih memiliki data yang cukup untuk dilaporkan di kelas yaitu "tanah di sekitar pohon yang tidak berdaun selalu tergenang air, tanah di sekitar pohon yang daunnya berwarna kuning kadang tergenang air, sedangkan tanah di sekitar pohon yang daunnya masih hijau lembab tapi tidak ada air tergenang".

Mempertimbang-kan keterangan lain

Salah seorang murid mengatakan bahwa beberapa bulan yang lalu tanaman geranium ibunya menguning daunnya karena terlalu banyak air. Mrs. Graham memberikan kelompok tersebut sebuah selebaran dari instansi perawatan tanaman setempat yang berjudul "Menumbuhkan Tanaman Sehat". Kelompok tersebut menemukan bahwa bila akar tumbuhan tergenang air, maka akan sulit baginya menyerap udara dari rongga-rongga di tanah sekitarnya dan "tenggelam". Berdasarkan pengetahuan dari pamflet tersebut, Kelompok air menyimpulkan bahwa pohon yang daunnya telah gugur akarnya memang "telah tenggelam" dalam air, pohon yang di tengah "mulai tenggelam" sementara pohon yang masih berdaun hijau mendapatkan kadar air yang tepat.

Kelompok air melanjutkan penyelidikan mengenai sumber air bagi ketiga pohon tersebut. Mereka menemukan bahwa pengurus kebun telah menyalakan alat penyiram rumput tiga kali seminggu. Dia menyalakan alat tersebut lebih lama dari yang diperlukan sehingga kelebihan air mengalir melewati rerumputan dan terkumpul di bawah ketiga pohon yang diamati. Karena area tanahnya berupa cekungan, maka sebagian besar air yang tergenang tertahan di tanah sekitar pohon ketiga, yang terletak di bagian paling rendah. Kelompok ini pun kemudian melaporkan hasil peyelidikan mereka bersama-sama kelompok lainnya di kelas.

Mengkomuni-kasikan penjelasan

Dari pemaparan hasil penyelidikan semua kelompok, murid-murid belajar bahwa

sebagian dari hasil pengamatan dan informasi tidak dapat memberikan penjelasan yang tepat ataupun hanya mampu memberikan sebagian saja. Namun penjelasan yang paling masuk akal dan cocok dengan semua kondisi yang diamati serta didukung oleh sumber informasi lain adalah "akibat terlalu banyak air". Hasil ini memuaskan seisi kelas dan dijadikan sebagai jawaban bersama.

Bu Graham menyarankan agar murid-murid menulis surat pada pengurus kebun agar tidak menyiram tanaman terlalu sering. Pengurus kebun pun kemudian mendatangi kelas Bu Graham dan mengucapkan terima kasih atas saran dari para murid. Ia mengatakan akan mengubah cara penyiraman taman sekolah. Bu Graham mengatakan bahwa dengan demikian mereka akan dapat membuktikan kebenaran kesimpulan bersama mereka mengenai kelebihan air itu. Setelah berdiskusi, kelas pun memutuskan untuk menunggu hingga tahun depan untuk melihat hasilnya.

Di tahun berikutnya, pada bulan yang sama ketika kelas Bu Graham melakukan penyelidikan dahulu, mereka menemukan bahwa ketiga pohon itu kini sudah rindang dan hijau kembali. Para murid semakin yakin bahwa mereka telah membuat kesimpulan yang benar dari hasil pengamatan dan penyelidikan mereka.

Hubungan pararel antara inkuiri dalam pendidikan dan dalam penelitian sains

Mari kita sandingkan secara pararel antara kelas Mrs. Graham dengan proses inkuiri ilmuwan geologi pada kisah sebelumnya. Geolog memulai penyelidikannya dengan pertanyaan tentang suatu keadaan yang menarik perhatian dan tidak umum secara alami, demikian juga dengan murid-murid Mrs. Graham. Geolog kemudian melakukan pengamatan lingkungan secara lebih mendalam dan menanyakan pertanyaan-pertanyaan baru yang lebih terfokus serta mengajukan penjelasan mengenai hasil pengamatannya berdasarkan pengetahuan mengenai lempeng tektonik. Murid-murid mengaplikasikan pengetahuan yang dimiliki untuk menyusun penjelasan-penjelasan awal maupun pertanyaan baru sebagai hipotesis sebelum memulai penyelidikan lebih lanjut. Ilmuwan mengetahui hasil penyelidikan dari ilmuwan lain dan menggunakannya dalam memvalidasi penjelasan sebelumnya. Dalam kelas Mrs. kelompok air juga "meminjam" penjelasan dari sumber lain untuk menjelaskan akibat dari kelebihan air. Geolog mempublikasikan penemuannya. Murid-murid juga melaporkan penemuannya di kelas dan mengirimkan surat pada pengurus tanaman. Walaupun penelitian ilmiah tidak selalu langsung memengaruhi kebijakan publik, penemuan sang geolog menghasilkan perubahan pada peraturan pembangunan di Washington dan Oregon. Hasil penelitian murid-murid menyebabkan perbaikan cara penyiraman tanaman di taman sekolah.

Inkuiri dalam kelas dapat memiliki beragam bentuk. Penyelidikan dapat dibuat sangat terstruktur oleh guru sehingga murid-murid mendapatkan hasil yang sudah umum diketahui, misalnya keteraturan gerak pendulum. Penyelidikan juga bisa dirancang berupa eksplorasi bebas terhadap suatu fenomena yang belum diketahui penyebabnya, misalnya penyelidikan terhadap tiga kondisi pohon yang berbeda di halaman sekolah Mrs. Graham.Bentuk inkuiri yang dipilih bergantung pada tujuan pembelajaran yang ingin dicapai. Oleh sebab itu, baik bentuk inkuiri yang sangat terstruktur maupun inkuiri terbuka dapat diterapkan dalam kelas sains.

Bab berikutnya akan mengeksplorasi dimensi dari pengajaran dan pembelajaran sains di mana inkuiri meliputi masa dan topik-topik ilmiah. Hal ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas pembelajaran para murid dengan meningkatkan keterampilan mereka menerapkan proses inkuiri, mengembangkan pengetahuan ilmiah dan pemahaman terhadap kerja para ilmuwan.

2
Inkuiri Dalam "*National Science Education Standards*" di Amerika Serikat

Ketika para pendidik mendengar atau melihat kata "inkuiri", banyak yang berpikir inkuiri adalah suatu cara tertentu untuk mengajar dan mempelajari sains. Meskipun salah satu hal penting dalam inkuiri adalah aplikasi yang berupa suatu cara tertentu untuk mengatur dan mempelajari sains, namun konteks inkuiri dalam "The Standars" jauh lebih mendasar. Inkuiri meliputi tidak hanya kemampuan untuk terlibat dalam inkuiri, tetapi juga pemahaman tentang inkuiri dan bagaimana inkuiri menghasilkan pengetahuan ilmiah.

Karena inkuiri begitu penting, *The Standards* menjelaskan apa saja yang perlu diketahui dan bisa dilakukan oleh para siswa, termasuk standar-standar ilmiah sains sebagai inkuiri. Standar-standar inkuiri ini menentukan kemampuan dasar yang diperlukan oleh siswa untuk melakukan penyelidikan dan pengetahuan yang akan membantu mereka memahami inkuiri sebagai suatu cara untuk menghasilkan pengetahuan. Dalam hal ini *The Standards* berusaha untuk membangun pemahaman para siswa tentang bagaimana kita mengetahui apa yang telah kita ketahui dan apa saja bukti yang mendukung hal yang telah kita ketahui.

Kemampuan dan pemahaman atas inkuiri tidak akan terbentuk atau digunakan di ruang "kosong". Inkuiri berkaitan erat dengan pertanyaan-pertanyaan ilmiah- para siswa harus membuat pertanyaan berdasarkan apa yang telah mereka ketahui sebelumnya dan proses inkuiri akan menambah pengetahuan mereka. Investigasi oleh seorang geolog yang diceritakan pada Bab I tentang kematian hutan

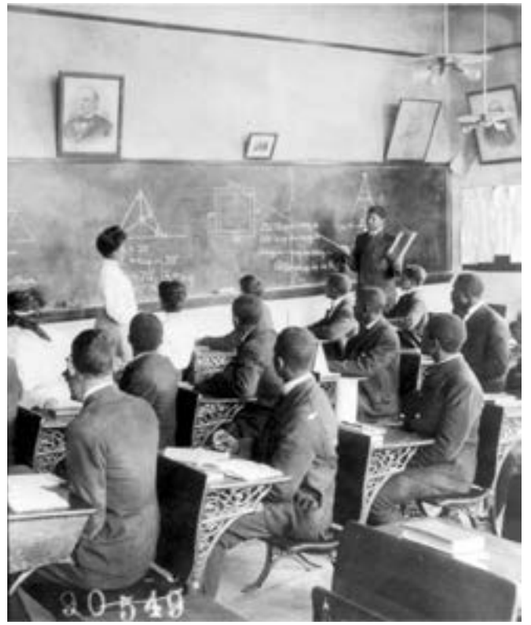
cedar di sepanjang pantai Pasifik telah menggunakan pengetahuan ilmiahnya dan kemampuan inkuiri untuk mendapatkan penjelasan terhadap fenomena tersebut. Siswa-siswa kelas 5 yang diajar Mrs. Graham menggunakan pengamatan dan informasi tentang faktor-faktor penting bagi pertumbuhan tanaman untuk memecahkan masalah keadaan tiga pohon yang ada di halaman sekolah. Bagi seorang geolog dan para siswa tersebut, inkuiri dan subjek pengamatan terintegrasi dalam aktivitas mereka. Pengetahuan ilmiah mereka menjadi semakin mendalam setelah mereka membangun pemahaman-pemahaman baru melalui pengamatan dan manipulasi terhadap kondisi alami.

Apakah inkuiri dalam pendidikan? Rumusan dari *The Standards* adalah:

> "Inkuiri adalah berbagai bentuk aktivitas yang melibatkan melakukan pengamatan, mengajukan pertanyaan, mencari rujukan atas data yang telah diperoleh melalui buku-buku dan sumber informasi lainya, merencanakan penyelidikan, meninjau ulang apa yang telah diketahui dari bukti-bukti hasil percobaan sederhana, menggunakan perangkat-perangkat untuk mengumpulkan, menganalisis dan menginterpretasi data, pengajuan jawaban, penjelasan dan perkiraan, serta mengkomunikasikan hasil. Inkuiri mensyaratkan pengidentifikasian dari sebuah asumsi, penggunaan pemikiran logis dan kritis serta pertimbangan terhadap penjelasan mengenai suatu hal."

Membangun kemampuan untuk memahami dan melakukan aktivitas ini memerlukan pengalaman langsung dan praktek berkelanjutan dengan proses inkuiri. Para siswa tidak akan sampai pada pemahaman inkuiri hanya dengan mempelajari kata-kata seperti hipotesis dan kesimpulan, atau sekedar dengan mengingat langkah-langkah dalam metode ilmiah. Mereka harus mengalami proses inkuiri secara langsung untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang karakteristik inkuiri.

Pengalaman saja juga belum mencukupi. Pengalaman dan pemahaman harus berjalan seiring. Para guru perlu memperkenalkan elemen-elemen dasar dari inkuiri kepada para siswa. Mereka harus membimbing para siswa untuk merefleksikan karakteristik proses-proses yang mereka ikuti.



Bab ini menjelaskan beberapa sudut pandang mengenai inkuiri termasuk dalam *National Education Standards* Amerika Serikat. Pertama-tama dibutuhkan beberapa latar belakang sejarah untuk menempatkan peran inkuiri dalam pemahaman kontekstual. Kemudian dibahas standar isi aktual mengenai sains sebagai inkuiri: apa yang harus para siswa ketahui dan mampu lakukan? Deskripsi mengenai elemen-elemen atau ciri-ciri mendasar untuk pengajaran dan pembelajaran berorientasi inkuiri akan mendasari bahasan tentang model-model instruksional yang akan membantu para guru dalam menyusun aktivitas yang membantu perkembangan inkuiri siswa. Akhirnya, akan dibahas beberapa mitos tentang inkuiri dalam program-program sains di sekolah dan bagaimana kebenaran dari mitos-mitos tersebut.

INKUIRI DALAM SAINS SEKOLAH: SEJARAH PERKEM-BANGANNYA

Inkuiri memiliki peran dalam program-program sains di sekolah selama kurang dari satu abad (Bybee dan DeBoer, 1993; DeBoer, 1991). Sebelum tahun 1900, sebagian besar pendidik berpandangan bahwa sains terutama merupakan bentukan pengetahuan yang dipelajari oleh siswa melalui pengajaran langsung. Satu tinjauan kritis mengenai pandangan ini muncul tahun 1909, ketika John Dewey dalam pidatonya di *American Association for the Advancement of Science*, berpendapat bahwa pengajaran sains terlalu menekankan pada

akumulasi informasi, bukan sains sebagai cara berpikir dan sikap hasil pemikiran. Pengertian sains menurut Dewey adalah lebih dari suatu kesatuan ilmu pengetahuan yang harus dipelajari, karena di dalamnya ada proses atau metode-metode untuk mendapatkan pengetahuan tersebut yang juga harus dipelajari (Dewey, 1910).

Pada tahun 1950-an dan 1960-an, pemikiran bahwa inkuiri sebagai sebuah pendekatan untuk pengajaran sains meningkat secara nyata. Bila para siswa belajar tentang metode sains, lalu bagaimana belajar dengan aktif mengikuti proses inkuiri bisa lebih baik? Joseph Schwab (1960,1966), seorang pendidik, memiliki pendapat yang berpengaruh dalam pandangan pendidikan sains ini. Schwab bersikeras bahwa sains harus dipandang sebagai struktur konseptual yang harus direvisi bila ada pembuktian baru. Sebagai contoh, sang geolog yang diceritakan pada bab awal mengikuti pendekatan ini dalam membuat penjelasan tentang sebaran pohon-pohon mati. Menurut Schwab, pengajaran dan pembelajaran sains harus merefleksikan cara kerja sains seperti ini.

Dampak dari pendapat Schwab pada waktu itu sangat besar. Pandangannya menyarankan bahwa para guru harus menyajikan sains sebagai inkuiri untuk mempelajari subjek materi sains. Untuk mendukung perubahan ini, Schwab (1960) merekomendasikan bahwa guru sains harus mengawali pengajaran sainsnya di laboratorium, baru kemudian masuk ke kelas. Dengan demikian, para siswa harus melakukan percobaan-percobaan di laboratorium sebelum diberi penjelasan tentang konsep dan prinsip-prinsip

sains secara formal. Bukti harus ditemukan untuk menjelaskan dan memberi penjelasan yang lebih baik atas suatu konsep.

Schwab juga berpendapat bahwa guru sains mempertimbangkan tiga pendekatan yang mungkin dalam laboratorium. Pertama, petunjuk praktikum atau buku teks materi sains dapat digunakan untuk membuat pertanyaan-pertanyaan yang menuntun siswa menemukan keterkaitan teori dengan hal-hal yang belum mereka ketahui. Kedua, materi instruksional dapat digunakan untuk membuat pertanyaan-pertanyaan, namun jawabannya dibiarkan terbuka untuk ditentukan sendiri oleh para siswa. Ketiga, dalam pendekatan yang benar-benar terbuka, para siswa dapat mengkonfrontasi suatu keadaan tanpa buku acuan atau pertanyaan-pertanyaan dasar laboratorium. Para siswa dapat bertanya-tanya, mengumpulkan bukti dan mengajukan penjelasan ilmiah berdasarkan penyelidikannya sendiri.

Schwab mengajukan pendekatan tambahan, yang disebut sebagai “mempertanyakan inkuiri”. Pada pendekatan ini para guru menyediakan bahan-bahan bacaan dan laporan-laporan penelitian ilmiah bagi para siswa. Mereka kemudian mendiskusikan rincian penelitian dari bahan yang dibaca, meliputi: permasalahan, data, peran teknologi, interpretasi data dan kesimpulan yang diperoleh oleh sang ilmuwan. Bila memungkinkan, para siswa juga membaca penjelasan-penjelasan alternatif dari penelitian yang telah dibahas, dari percobaan-percobaan yang berbeda atau bertentangan, debat tentang asumsi berdasarkan bukti-bukti baru serta persoalan-persoalan inkuiri ilmiah lainnya. Melalui pendekatan ini, para siswa akan membangun pemahaman mengenai apa yang mendasari suatu pengetahuan ilmiah dan bagaimana pengetahuan ilmiah itu dihasilkan.

Usaha Schwab, Dewey dan yang lainnya, termasuk Bruner

dan Piaget pada tahun 1950-an dan 1960-an, berpengaruh terhadap cara penyusunan materi kurikulum pada dekade itu hingga tahun 1970-an. Peluncuran satelit Sputnik oleh Rusia tahun 1957 makin memacu pengembangan materi-materi tersebut, didukung oleh *National Science Foundation*, lembaga-lembaga pemerintah dan yayasan-yayasan swasta. Komitmen untuk lebih melibatkan para siswa dalam melakukan sesuatu daripada sekedar diceritakan atau membaca tentang sains inilah yang mendasari materi-materi instruksional. Langkah ini menekankan pembelajaran proses sains untuk menguasai materi subjek dari sains. Model pengajaran berbasis teori-teori pembelajaran menekankan peran sentral gagasan para siswa dan percobaan nyata untuk menghasilkan pemahaman yang baru dan lebih mendalam mengenai konsep-konsep ilmiah.

Di seluruh Amerika Serikat, penggunaan atau setidaknya perhatian terhadap materi kurikulum baru ini membuat para pendidik segera menyediakan lebih banyak percobaan-percobaan laboratorium dan aktivitas praktik lainnya bagi para siswa, memberikan kesempatan lebih pada siswa untuk mencari jawaban dari pertanyaan-pertanyaan mereka sendiri, dan lebih fokus terhadap pemahaman konsep ilmiah yang lebih luas ketimbang fakta-fakta yang terpisah. Walaupun penggunaan secara efektif dari materi-materi baru ini tidak tersebar seluas yang diantisipasi (Weiss, 1978; Hans dan Kahl, 1980; Harms dan Yager, 1981), pandangan mengenai sains di sekolah ini telah memicu pembelajaran yang lebih baik dan kehati-hatian berpikir tentang isu-isu utama dalam dunia pendidikan sains. Lebih jauh lagi, terlihat jelas bahwa perubahan dari tahun 1950-an, 1960-an dan 1970-an secara meluas telah menyebarkan gagasan untuk membantu para siswa membangun keterampilan inkuirinya dan pemahaman sains sebagai inkuiri.

INKUIRI DALAM *THE NATIONAL SCIENCE EDUCATION STANDARDS* AMERIKA SERIKAT

Para pengembang *The National Science Education Standards* Amerika Serikat (*National Research Council, 1966*) memiliki sudut pandang sejarah yang mendasari kerja mereka. Penelaahan mengenai pengajaran dan pembelajaran sains telah mengarah pada dua hasil pengamatan. Pertama, sebagian besar guru masih menggunakan metode didaktik tradisional (Stake dan Easley, 1978; Harms dan Yager, 1981; Weiss, 1987). Pemeriksaan terhadap sains dalam kelas membuktikan bahwa banyak siswa menguasai fakta-fakta yang sepotong-potong bukan suatu pemahaman yang lebih lengkap, penjelasan kritis dan keterampilan memecahkan masalah. Beberapa guru, bagaimanapun telah menggunakan materi-materi dari kurikulum baru seperti dari *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS), *Science Curriculum Improvement Study* (SCIS), *Elementary Science Study* (ESS), *Intermediate Science Curriculum Study* (ISCS) dan *Physical Sciences Study Commitee* (PSSC). Siswa-siswa mereka menggunakan banyak waktu dalam aktivitas-aktivitas berbasis inkuiri. Mereka melakukan pengamatan, memanipulasi bahan-bahan dan melakukan penyelidikan di laboratorium. Sebagai hasilnya, mereka membangun kemampuan kognitif seperti berpikir kritis dan mengemukakan alasan sebaik mempelajari isi dari sains (Bredderman, 1982; Shymansky dkk., 1983).

Pengembang standar-standar nasional bertanggung jawab untuk menyertakan inkuiri baik sebagai isi sains dan sebagai suatu cara untuk mempelajari sains. Dengan demikian, daripada hanya mengunggulkan penggunaan metode pengajaran menggunakan praktik atau berbasis laboratorium sebagai cara untuk mengajarkan isi proses sains, para penulis *The Standards* memperlakukan inkuiri sebagai tujuan sekaligus metode pengajaran. Konsep-konsep tentang inkuiri kemudian muncul di beberapa pembahasan dalam *The Standards*.

Tabel 2.1. Standar Isi Sains Sebagai Inkuiri

Sebagai hasil dari aktivitas-aktivitas kelas K-12, semua siswa harus bisa mengembangkan:

- kemampuan yang diperlukan untuk melakukan inkuiri ilmiah
- pemahaman tentang inkuiri ilmiah

INKUIRI DALAM STANDAR ISI

Standar isi untuk Sains sebagai Inkuiri mencakup kemampuan dan pemahaman terhadap inkuiri (Tabel 2.1, 2.2 dan 2.3). Standar umum dari inkuiri sama untuk ketiga jenjang kelas (K4, 5-8, 9-12). Kemampuan dan pemahaman yang mendasar mengenai inkuiri meningkat kompleksitasnya dari taman kanak-kanak hingga kelas 12, merefleksikan perkembangan kognintif para siswa (Tabel 2.2 dan 2.3).

Tabel 2.2. Standar Isi Sains sebagai Inkuiri: Kemampuan-kemampuan Dasar yang Diperlukan untuk Melakukan Inkuiri Ilmiah

Kelas 4
- Membuat pertanyaan-pertanyaan mengenai benda-benda, makhluk hidup dan kejadian-kejadian di lingkungan.
- Merencanakan dan melakukan penyelidikan sederhana.
- Menggunakan alat bahan dan perangkat sederhana untuk mengumpulkan data dan membantu pengamatan inderawi.
- Menggunakan data untuk menyusun penjelasan yang masuk akal.
- Mengkomunikasikan hasil penyelidikan dan penjelasan-penjelasan.

Kelas 5 - 8
- Mengenali pertanyaan-pertanyaan yang dapat dijawab melalui penyelidikan ilmiah.
- Merancang dan melakukan penyelidikan ilmiah.
- Menggunakan alat bahan dan perangkat yang sesuai untuk mengumpulkan data, menganalisis dan menginterpretasi data.
- Mengembangkan deskripsi, penjelasan, perkiraan dan model menggunakan bukti.
- Berpikir kritis dan logis untuk membuat hubungan antara bukti-bukti dan penjelasan.
- Mengenali dan menganalisis penjelasan dan perkiraan-perkiraan alternatif.
- Mengkomunikasikan langkah-langkah dan penjelasan ilmiah.
- Menggunakan matematika dalam semua aspek inkuiri ilmiah.

Kelas 9 – 12
- Mengenali pertanyaan dan konsep-konsep yang mengarah pada penyelidikan ilmiah
- Merancang dan melakukan penyelidikan ilmiah.
- Menggunakan teknologi dan matematika untuk meningkatkan hasil penyelidikan dan teknik komunikasi.
- Merumuskan dan merevisi penjelasan-penjelasan ilmiah dan model-model menggunakan logika dan bukti.
- Mengenali dan menganalisis penjelasan dan model-model alternatif
- Mengkomunikasikan dan mempertahankan argumentasi ilmiah.

Kemampuan yang Diperlukan untuk Melakukan Inkuiri Ilmiah

Tabel 2.2 menyajikan kemampuan-kemampuan kunci dalam standar inkuiri. Kemampuan-kemampuan kognitif ini melampaui apa yang sebelumnya dikenal sebagai proses sains seperti pengamatan, inferensi dan percobaan (Millar dan Driver, 1987). Kemampuan inkuiri mensyaratkan para siswa untuk mengaitkan proses-proses ini dengan pengetahuan ilmiah sebagaimana mereka menggunakan kemampuan pertimbangan ilmiah dan pemikiran kritis untuk membangun pemahaman mereka terhadap sains.

Dasar perubahan dari proses pendekatan tradisional menjadi dorongan bagi para siswa untuk ikut serta dalam evaluasi pengetahuan ilmiah. Dalam setiap langkah yang melibatkan inkuiri, para siswa dan guru seharusnya bertanya-tanya: Apa yang harus diperhatikan?; Data apa yang harus diperoleh?; Data apa yang tidak digunakan? Adakah pola tertentu pada data yang diperoleh? Apakah pola-pola tersebut sesuai dengan inkuiri ini? Apa penjelasan yang bisa diperoleh dari pola-pola yang ada? Apakah penjelasan yang satu lebih baik daripada penjelasan yang lainnya?

Dalam menentukan keputusan-keputusannya, para siswa harus mendasarinya dengan bukti dan perangkat-perangkat ilmiah untuk menghasilkan pernyataan ilmiah. Selanjutnya, para siswa harus mampu untuk memperkirakan kekuatan maupun kelemahan pernyataan ilmiah mereka. Perkembangan dan evolusi dari pernyataan-pernyataan ilmiah, dan refleksi berdasarkan pernyataan tersebut mendasari kemampuan-kemampuan ilmiah yang disajikan dalam Tabel. 2.2.

Harus diperhatikan bahwa kemampuan-kemampuan dari satu jenjang kelas ke kelas berikutnya adalah sangat mirip, namun menjadi lebih kompleks seiring dengan peningkatan kelasnya. Sebagai contoh, di kelas 4 siswa "menggunakan data untuk membuat penjelasan yang masuk akal", sementara di kelas 5 siswa harus "mengenali dan menganalisis penjelasan dan langkah-langkah alternatif", dan siswa-siswa kelas 9 "menganalisis model-model alternatif yang tepat". Kemampuan-kemampuan tersebut dirancang untuk membangun kesesuaian secara mental untuk setiap rentang jenjang kelas.

Lampiran A-1 yang langsung diambil dari *The Standards* memberikan uraian yang lebih luas tentang kemampuan-kemampuan ini untuk tiap jenjang kelas.

Pemahaman Tentang Inkuiri Ilmiah

Tabel 2.3 menyajikan pemahaman-pemahaman mendasar mengenai sifat-sifat inkuiri ilmiah dalam The Standards. Walaupun pada beberapa kasus "pemahaman-pemahaman" ini tampak para-

Tabel 2.3. Standar Isi Sains sebagai Inkuiri: Pemahaman Mendasar Tentang Inkuiri Ilmiah

Kelas 4

- **Penyelidikan ilmah meliputi bertanya dan menjawab pertanyaan dan membandingkan jawaban dengan apa yang telah diketahui para ilmuwan mengenai alam semesta**
- **Para ilmuwan menggunakan beragam penyelidikan yang bergantung pada pertanyaan-pertanyaan yang berusaha dijawab.**
- **Peralatan sederhana seperti kaca pembesar, termometer dan penggaris memberikan lebih banyak informasi bagi para ilmuwan dibanding hanya menggunakan alat-alat indera.**
- **Para ilmuwan mengembangkan penjelasan-penjelasan menggunakan pengamatan (bukti-bukti) dan apa yang telah mereka ketahui tentang alam semesta (pengetahuan ilmiah).**
- **Para ilmuwan membuat hasil dari penyelidikan mereka terpublikasi; mereka menguraikan penyelidikan mereka dengan cara yang memungkinkan bagi orang lain untuk mengulang penyelidikan tersebut.**
- **Para ilmuwan meninjau ulang dan mengajukan pertanyaan-pertanyaan mengenai hasil kerja ilmiah para ilmuwan lain.**

Kelas 5 - 8

- **Berbagai pertanyaan yang berbeda memerlukan jenis-jenis penyelidikan yang berbeda.**
- **Pengetahuan ilmiah terkini dan pemahaman-pemahaman yang ada mengarahkan penyelidikan ilmiah.**
- **Matematika sangat penting dalam segala aspek inkuiri ilmiah.**
- **Teknologi digunakan untuk mengumpulkan data yang lebih akurat dan memungkinkan para ilmuwan untuk menganalisis dan meantifikasi hasil dari penyelidikan-penyelidikan.**
- **Penjelasan ilmiah menekankan pada bukti, argumentasi yang konsisten secara logis, serta menggunakan prinsip, model dan teori-teori ilmiah.**
- **Sains mengalami kemajuan melalui pandangan-pandangan skeptis yang disahkan.**
- **Penyelidikan ilmiah terkadang menghasilkan ide-ide baru dan fenomena untuk dipelajari, metode atau cara-cara baru untuk sebuah penyelidikan, atau mengembangkan teknologi baru yang memperbaiki pengumpulan data.**

Kelas 9 - 12

- **Para ilmuwan biasanya mempertanyakan tentang bagaimana fisik, kehidupan dan rancangan-rancangan sistem berfungsi.**
- **Para ilmuwan melakukan penyelidikan untuk beragam alasan yang luas.**
- **Para ilmuwan mengandalkan teknologi untuk meningkatkan kemampuan mengumpulkan dan memanipulasi data.**
- **Matematika harus ada dalam inkuiri ilmiah.**
- **Penjelasan ilmiah harus memenuhi kriteria seperti; harus terbuka untuk pertanyaan-pertanyaan baru dan konsisten secara logis; harus berdasarkan bukti yang ada; harus terbuka untuk pertanyaan-pertanyaan dan kemungkinan modifikasi; serta harus berdasarkan pengetahuan ilmiah masa lalu dan terkini.**
- **Hasil dari inkuiri ilmiah, yaitu pengetahuan dan metode-metode baru, muncul dari perbedaan-perbedaan tipe penyelidikan dan komunikasi publik di antara para ilmuwan.**

lel dengan "kemampuan" yang terdapat dalam Tabel 2.2, pada kenyataannya keduanya mewakili penjelasan yang jauh lebih banyak. Pemahaman tentang inkuiri ilmiah menggambarkan bagaimana dan mengapa pengetahuan ilmiah berubah menanggapi bukti-bukti baru, analisis logis dan modifikasi penjelasan ilmiah yang diperdebatkan di antara komunitas ilmuwan. Sebagai contoh, pekerjaan geolog yang diuraikan dalam Bab I, yang diarahkan oleh pertanyaan awalnya sendiri dan bukti-bukti di alam untuk menjelaskan inkuiri ilmiah.

Sebagaimana kemampuan inkuiri, pemahaman tentang inkuiri juga sangat mirip antara jenjang satu ke jenjang lainnya, namun meningkat dalam kompleksitas. Sebagai contoh, di kelas 4 para siswa memahami bahwa "ilmuwan mengembangkan penjelasan menggunakan pengamatan (bukti) sejalan dengan apa yang telah mereka ketahui tentang alam semesta (pengetahuan ilmiah)", sementara di kelas 5 - 8 para siswa mengetahui bahwa "penjelasan ilmiah menekankan pada bukti, adanya argumen yang konsisten secara logis, serta menggunakan prinsip, model dan teori-teori ilmiah". Para siswa di kelas 9 - 12 memahami bahwa penjelasan ilmiah harus memenuhi kriteria seperti; harus terbuka untuk pertanyaan-pertanyaan baru dan konsisten secara logis; harus berdasarkan bukti yang ada; harus terbuka untuk pertanyaan-pertanyaan dan kemungkinan modifikasi dan memenuhi kriteria lainnya.

Lampiran A-2 yang langsung diambil dari *The Standards* memberikan uraian yang lebih luas tentang pemahaman-pemahaman ini untuk tiap rentang jenjang kelas.

PEMBELAJARAN MENGGUNAKAN INKUIRI DAN DAMPAKNYA TERHADAP PENGAJARAN

Memiliki definisi inkuiri adalah bagian dari kesatuan hasil pembelajaran siswa, dan pertanyaan selanjutnya menjadi: Apakah pengajaran melalui inkuiri itu? serta kapan dan bagaimana hal tersebut harus dilakukan?

Standar-standar pengajaran sains memberikan pandangan komprehensif mengenai pengajaran sains (Tabel 2.4). Standar-standar ini menerapkan banyak strategi pengajaran termasuk inkuiri, yang akan menjadikan sajian guru menjadi efektif. Walaupun standar pengajaran mengacu pada inkuiri, adalah jelas juga bahwa "inkuiri bukan sekedar strategi dalam pengajaran sains" (halaman 29).

Tabel 2.4. Standar-standar Pengajaran

STANDAR PENGAJARAN A:
Guru sains merencanakan sebuah program sains berbasis inkuiri bagi para siswa. Dalam melakukan hal ini, para guru

- **Mengembangkan kerangka kerja tahunan dan target-target jangka pendek bagi para siswa.**
- **Memilih isi sains, mengadopsi dan merancang kurikulum-kurikulum yang memenuhi ketertarikan, pengetahuan, pemahaman, kemampuan dan pengalaman para siswa.**
- **Memilih strategi-strategi pengajaran dan penilaian yang mendukung pengembangan pemahaman siswa dan memelihara komunitas para pembelajar sains.**
- **Bekerjasama dengan rekan kerja yang sebidang serta rekan kerja antar disiplin ilmu dan jenjang kelas.**

STANDAR PENGAJARAN B:
Guru sains membimbing dan memfasilitasi pembelajaran. Dalam melakukan hal ini, para guru

- **Fokus dan mendukung inkuiri selama berinteraksi dengan para siswa.**
- **Mengatur harmonisasi diskusi di antara siswa mengenai pendapat-pendapat ilmiah.**
- **Memberikan tantangan pada para siswa untuk menerima dan berbagi tanggungjawab dalam pembelajaran mereka sendiri.**
- **Mengenali dan menanggapi keberagaman siswa dan mendorong semua siswa untuk berpartisipasi penuh dalam pembelajaran sains.**
- **Mendorong dan memodelkan keterampilan inkuiri ilmiah, seperti keingintahuan, keterbukaan terhadap pendapat ilmiah dan data-data baru serta skeptisme yang menjadi karakter dari sains.**

STANDAR PENGAJARAN C:
Guru sains terikat pada penilaian terus-menerus dalam pengajarannya dan dalam pembelajaran siswa. Dalam melakukan hal ini, para guru

- **Melakukan banyak metode dan mengumpulkan data secara sistematis mengenai pemahaman dan kemampuan siswa**
- **Menganalisis data hasil penilaian untuk menjadi arahan pengajaran**
- **Membimbing para siswa dalam penilaian diri sendiri**
- **Menggunakan data dari siswa , pengamatan dalam pembelajaran dan interaksi dengan rekan kerja untuk merefleksi dan meningkatkan praktik pengajaran.**
- **Menggunakan data dari siswa , pengamatan dalam pembelajaran dan interaksi dengan rekan kerja untuk melaporkan kemajuan siswa dan menjadikannya sebagai kesempatan pembelajaran bagi para siswa, guru, orangtua, pembuat kebijakan dan masyarakat umum.**

STANDAR PENGAJARAN D:
Guru sains merancang dan mengelola lingkungan pembelajaran yang memberikan waktu, ruang dan sumber-sumber belajar yang dibutuhkan para siswa untuk belajar. Dalam melakukan hal ini para guru

- **Membuat struktur waktu yang memadai sehingga para siswa melakukan penyelidikan**
- **Membuat situasi agar kegiatan para siswa menjadi fleksibel dan mendukung inkuiri sains.**
- **Meyakinkan bahwa lingkungan kegiatan para siswa aman.**
- **Membuat perangkat-perangkat-perangkat, bahan-bahan media dan sumber teknologi dapat diakses oleh para siswa.**
- **Mengidentifikasi dan menggunakan sumber-sumber di luar sekolah**
- **Melibatkan siswa untuk merancang lingkungan pembelajaran**

STANDAR PENGAJARAN E:
Guru sains mengembangkan komunitas pembelajar sains yang merefleksikan kekokohan intelektual dari inkuiri ilmiah dan sikap serta nilai-nilai sosial yang kondusif bagi pembelajaran sains. Dalam melakukan hal ini, para guru

- **Menampilkan dan menaruh perhatian terhadap beragam pendapat, keterampilan dan pengalaman pada semua siswa**
- **Membina para siswa agar dapat membuat keputusan-keputusan berarti mengenai isi dan konteks aktivitasnya dan membangun rasa tanggungjawab untuk belajar pada semua anggota komunitas.**
- **Menjaga kolaborasi di antara para siswa.**
- **Membuat struktur dan memfasilitasi diskusi formal dan informal yang tengah berlangsung berlandaskan semangat untuk berbagi pemahaman mengenai hal-hal ilmiah.**
- **Mencontohkan dan menekankan keterampilan, sikap dan nilai-nilai dari inkuiri ilmiah**

STANDAR PENGAJARAN F:
Guru sains berpartisipasi aktif dalam pelaksanaan perencanaan dan pengembangan sains sekolah. Dalam melakukan hal ini, para guru

- **Merencanakan dan mengembangkan program sains sekolah.**
- **Berpartisipasi dalam keputusan-keputusan mengenai alokasi waktu dan sumber-sumber lainnya untuk program sains.**
- **Berpartisipasi penuh dalam merencanakan dan mengimplementasikan peningkatan profesional dan pengembangan strategi mereka sendiri dan para rekan kerjanya**

Bagaimanapun, inkuiri adalah bagian penting pusat dari standar pengajaran. Sebagai contoh, standar-standar tersebut mengatakan bahwa guru-guru sains "merencanakan program sains berbasis inkuiri", "berfokus dan mendukung inkuiri" dan "mendorong dan memodelkan keterampilan inkuiri ilmiah".

Karena standar pengajaran sangat luas, akan sangat membantu bagi tujuan-tujuan kita untuk lebih fokus terhadap inkuiri di dalam kelas: untuk mengajukan suatu definisi kerja yang membedakan pengajaran berbasis inkuiri dengan pembelajaran inkuiri secara umum dan dari inkuiri sebagai praktik oleh ilmuwan. Definisi-definisi berikut ini diturunkan dalam sebagian dari kemampuan-kemampuan inkuiri, menekankan pada pertanyaan-pertanyaan, bukti dan penjelasan dalam sebuah konteks pembelajaran. Pengajaran dan pembelajaran inkuiri memiliki lima hal pokok yang diterapkan di semua jenjang kelas (lihat Tabel 2.5).

1. *Pembelajar tertarik pada pertanyaan-pertanyaan berorientasi ilmiah.* Pertanyaan-pertanyaan berorientasi ilmiah berpusat pada obyek, organisme dan peristiwa-peristiwa di alam; hal itu berhubungan dengan konsep sains yang diuraikan dalam standar isi. Mereka mempertanyakan hal-hal yang menggiring mereka sendiri untuk melakukan penyelidikan empiris dan menggunakan data untuk mengembangkan penjelasan terhadap fenomena ilmiah. Para ilmuwan mengenali dua macam pertanyaan ilmiah (Malley, 1992). Pertanyaan mengenai keberadaan sesuatu menggali asal mula dan mencakup hanyak pertanyaan "mengapa"? Mengapa semua benda jatuh menuju bumi? Mengapa ada batuan yang mengandung kristal? Mengapa jantung manusia memiliki bilik-bilik? Banyak pertanyaan "mengapa" yang tidak dapat ditujukan untuk hal-hal yang ilmiah. Ada pula pertanyaan-pertanyaan sebab akibat atau

Tabel 2.5 Keutamaan Mendasar dari Kelas Inkuiri

- Pembelajar terikat dengan pertanyaan-pertanyaan berorientasi ilmiah.
- Pembelajar mengutamakan **bukti**, yang membuat mereka mengembangkan dan mengevaluasi penjelasan terhadap pertanyaan-pertanyaan berorientasi ilmiah.
- Pembelajar menyusun **penjelasan** berdasarkan bukti terhadap pertanyaan-pertanyaan berorientasi ilmiah.
- Pembelajar mengevaluasi penjelasan dalam arahan penjelasan-penjelasan alternatif , khususnya yang merefleksikan pemahaman ilmiah.
- Pembelajar mengkomunikasikan dan menilai penjelasan-penjelasan yang diajukan.

fungsional, yang menggali tentang mekanisme dan kebanyakan diawali dengan "bagaimana?". Bagaimana sinar matahari dapat membantu tanaman untuk tumbuh? Bagaimana kristal terbentuk?

Para siswa sering bertanya "mengapa". Dalam konteks sains sekolah, banyak dari pertanyaan-pertanyaan ini berubah menjadi pertanyaan "bagaimana", kemudian menggiring mereka sendiri untuk inkuiri ilmiah. Perubahan itu membatasi dan mempertajam inkuiri serta memberi andil untuk menjadikannya sesuatu yang ilmiah.

Di dalam kelas, sebuah pertanyaan dapat menjadi cukup kuat dan berhasil untuk mengarahkan inkuiri menghasilkan rasa "perlu tahu" bagi para siswa, memicu pertanyaan-pertanyaan tambahan "bagaimana" dan "mengapa" terhadap sebuah fenomena yang terjadi. Pertanyaan awal bisa berasal dari pembelajar, pengajar, materi instruksional, website, sumber-sumber lainnya atau kombinasi dari semua itu.

Guru memiliki peran penting dalam membimbing indentifikasi pertanyaan, khususnya ketika pertanyaan tersebut berasal dari para siswa. Inkuiri yang berhasil berawal dari pertanyaan-pertanyaan bermakna dan relevan bagi para siswa, namun bisa terjawab juga melalui pengamatan dan pengetahuan ilmiah yang diperoleh dari sumber-sumber terpercaya. Pengetahuan dan cara para siswa untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut harus dapat dilakukan dan dikelola, sesuai

dengan tahap perkembangan para siswa. Keterampilan para guru akan membantu para siswa memfokuskan pertanyaan-pertanyaan mereka sehingga mereka mendapatkan pengalaman melakukan penyelidikan yang menarik sekaligus produktif. Salah satu contoh pertanyaan yang memenuhi kriteria bagi siswa yang masih muda adalah: bagaimana cacing tanah menanggapi cahaya? Contoh pertanyaan bagi siswa yang lebih tua adalah: bagaimana gen dapat memengaruhi warna mata? Contoh dari pertanyaan yang tidak produktif untuk siswa-siswa muda adalah: mengapa orang berperilaku seperti sekarang ini? Pertanyaan ini terlalu terbuka, menggiring pada tanggapan-tanggapan yang tidak memiliki dasar ilmiah. Akan sulit untuk mengumpulkan bukti-bukti yang mendukung jawaban seperti: "sudah menjadi kebiasaan umum manusia" atau "ada kekuatan supranatural yang membuat orang melakukan apa yang biasa mereka lakukan". Salah satu contoh pertanyaan yang tidak produktif bagi siswa yang lebih tua adalah: akan seperti apakah iklim global 100 tahun yang akan datang? Pertanyaan ini ilmiah, namun juga sangat kompleks. Hal itu membutuhkan jawaban yang hampir seluruhnya berdasarkan perkiraan saja, tanpa pembuktian. Para siswa mungkin akan mempertimbangkan faktor-faktor individual, misalnya bagaimana peningkatan tutupan awan akan memengaruhi perubahan iklim? Atau mungkin mereka mempertimbangkan hubungan sebab akibat, misalnya apakah dampak dari perubahan suhu 5 derajat lebih panas atau lebih dingin terhadap tumbuhan? Terhadap arus? Terhadap cuaca?

2. *Pembelajar memberikan prioritas terhadap pembuktian, yang membuat mereka mengembangkan dan mengevaluasi penjelasan-penjelasan terhadap pertanyaan-pertanyaan berorientasi ilmiah.* Sebagaimana catatan dari *The Standards*, sains membedakan diri dari cara-cara lain untuk mengetahui sesuatu melalui proses pembuktian secara empiris mengenai bagaimana alam semesta bekerja. Para ilmuwan berkonsentrasi untuk mendapatkan data-data yang akurat melalui pengamatan terhadap suatu fenomena. Mereka memperoleh data melalui pengamatan dan pengukuran-pengukuran yang diambil dari kondisi alami, seperti laut, atau kondisi terkendali, seperti laboratorium. Mereka menggunakan alat-alat indera, instrumen-instrumen seperti teleskop untuk meningkatkan

kemampuan penginderaan mereka atau peralatan yang dapat mengukur karakteristik-karakteristik yang tidak terdeteksi oleh indera manusia, seperti medan magnet. Dalam beberapa contoh, para ilmuwan tidak dapat mengontrol kondisi, atau bila kontrol justru akan memutarbalikan fenomena, karena itu mereka mengumpulkan data dari kondisi-kondisi alam yang terjadi dalam periode yang cukup panjang sehingga mereka dapat memperkirakan pengaruh dari beberapa faktor yang berbeda (AAAS, 1989). Akurasi dari pengumpulan bukti diverifikasi dengan mengecek pengukuran, mengulang pengamatan, atau mengumpulkan data-data berbeda yang berkaitan dengan fenomena yang sama. Bukti adalah subjek dari pertanyaan dan penyelidikan lebih lanjut.

Paragraf di atas menjelaskan apa yang diperhitungkan sebagai bukti dalam sains. Dalam kelas inkuiri, para siswa menggunakan bukti untuk mengembangkan penjelasan terhadap fenomena ilmiah. Mereka mengamati tumbuhan, hewan dan batuan, serta mendeskripsikan dengan cermat karakteristik-karakteristiknya. Mereka membuat pengukuran suhu, jarak dan waktu serta mencatatnya dengan cermat. Mereka mengamati reaksi kimia dan fase-fase bulan lalu membuat grafik tahapannya. Atau mereka memperoleh bukti dari guru, materi instruksional, laman elektronik atau dari mana saja untuk menjadi bahan bakar inkuiri mereka. Sebagaimana catatan dari "The Standards", "penjelasan dari bagaimana alam semesta berubah berdasarkan mitos, kepercayaan pribadi, nilai-nilai keyakinan, inspirasi mistis, takhayul atau kekuasaan mungkin akan berguna dan relevan secara sosial, tapi tidak ilmiah.

3. *Pembelajar menyusun penjelasan dari bukti-terhadap pertanyaan-pertanyaan berorientasi ilmiah.* Meskipun mirip dengan penjelasan sebelumnya, aspek tentang inkuiri ini menekankan pada jejak bukti untuk penjelasan daripada kriteria dan karakteristik dari bukti. Penjelasan ilmiah adalah berlandaskan pada alasan. Hal itu menyediakan penyebab dari suatu efek dan membuat hubungan berdasarkan bukti dan argumen logis. Penjelasan-penjelasan ilmiah harus konsisten dengan bukti dari percobaan dan pengamatan tentang alam. Mereka menghormati aturan-aturan dari pembuktian, terbuka terhadap kritik dan memenuhi kegunaan beragam proses kognitif yang berhubungan dengan sains, contohnya, klasifikasi, analisis, inferensi dan prediksi, serta proses umum seperti

berpikir kritis dan logis.

Penjelasan adalah cara untuk mempelajari tentang apa yang belum dikenal dengan menghubungkan hasil pengamatan dengan yang sudah lebih dahulu diketahui. Dengan demikian, penjelasan melampaui pengetahuan yang sekarang dan mengajukan beberapa pemahaman baru. Untuk sains, hal ini berarti membangun pengertian di atas pengetahuan dasar yang sudah ada. Bagi para siswa, hal ini berarti membangun ide-ide baru di atas pemahaman mereka yang sekarang. Dalam kedua kasus tersebut, hasilnya adalah pengajuan suatu pengetahuan baru. Sebagai contoh, para siswa mungkin menggunakan observasi dan pembuktian untuk menjelaskan fase-fase bulan, untuk alasan mengapa tanaman mati dalam kondisi tertentu dan subur dalam kondisi lainnya serta untuk menemukan hubungan antara diet dengan kesehatan.

4. *Pembelajar mengevaluasi penjelasan mereka berdasarkan penjelasan-penjelasan alternatif, khususnya yang merefleksikan pemahaman ilmiah.* Evaluasi, dan eliminasi atau revisi yang memungkinkan terhadap sebuah penjelasan, adalah salah satu keutamaan yang membedakan hal ilmiah dari bentuk-bentuk inkuiri lainnya dan penjelasan selanjutnya. Seseorang dapat mempertanyakan hal-hal seperti: Apakah bukti mendukung penjelasan yang diajukan? Apakah penjelasan memadai untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan? Apakah terjadi bias atau kekurangan dalam memberikan alasan terkait bukti dan penjelasan? Dapatkah penjelasan-penjelasan lain yang masuk akal dihasilkan dari bukti-bukti tertentu?

Penjelasan-penjelasan alternatif mungkin ditinjau ulang setelah para siswa berdialog, membandingkan hasil atau mengecek hasil mereka dengan yang diajukan oleh guru atau materi instruksional. Komponen esensial dari karakteristik ini meyakinkan bahwa para siswa menghubungkan antara hasil-hasil yang mereka peroleh dengan pengetahuan ilmiah yang tepat bagi tahap perkembangan sesuai dengan tingkatan kelas. Dengan demikian, penjelasan para siswa terutama harus konsisten dengan pengetahuan ilmiah yang saat ini dapat mereka terima.

5. *Pembelajar mengkomunikasikan dan menilai penjelasan yang mereka ajukan.* Para ilmuwan mengkomunikasikan penjelasan-penjelasan mereka dengan cara yang memungkinkan untuk mengulang kembali hasil yang mereka peroleh. Hal ini membutuhkan kejelasan artikulasi dari pertanyaan, prosedur, bukti, penjelasan yang diajukan dan tinjau ulang terhadap penjelasan alternatif. Hal ini terbuka untuk tinjau ulang secara skeptis lebih lanjut dan kesempatan bagi para ilmuwan lain untuk menggunakan penjelasan dalam pekerjaan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan baru.

Meminta siswa untuk berbagi penjelasan akan membuka kesempatan pada siswa lainnya untuk bertanya, memeriksa bukti dan menyarankan beberapa penjelasan alternatif dari pengamatan yang sama. Berbagi penjelasan dapat menghasilkan pertanyaan atau memperkaya hubungan di antara bukti-bukti yang diperoleh oleh para siswa, pengetahuan ilmiah yang telah ada dan penjelasan yang mereka ajukan. Sebagai hasilnya, para siswa dapat memecahkan kontradiksi dan memantapkan sebuah argumen berdasarkan empirik.

Secara keseluruhan, ciri-ciri esensial ini memperkenalkan para siswa pada banyak aspek penting dalam sains dengan membantu mereka mengembangkan pengetahuan lebih jelas dan mendalam terhadap beberapa konsep dan proses sains khusus. Alur kegiatan mulai dari penyusunan pertanyaan-pertanyaan ilmiah, membuat kriteria dari bukti-bukti, membuat proposal, mengevaluasi dan mengkomunikasikan penjelasan adalah kesatuan pengalaman yang penting bagi program sains sekolah.

Pendekatan pengajaran dan materi-materi instruksional yang menggunakan inkuiri secara

penuh meliputi kelima ciri esensial tersebut. Tentu saja setiap ciri esensial bisa beragam. Keragaman ini dapat mencakup jumlah dari struktur yang dibuat oleh para guru ke dalam aktivitas atau pengembangan di mana para siswa mengawali dan merancang penyelidikan. Sebagai contoh, setiap inkuiri mengaitkan siswa dengan pertanyaan-pertanyaan berorientasi ilmiah. Namun demikian, dalam beberapa inkuiri para siswa mengajukan pertanyaan awal, yang lainnya para siswa memilih atau mempertajam pertanyaan-pertanyaan awal, dan yang lainnya lagi para siswa menetapkan pertanyaan. Penelitian menunjukkan pentingnya para siswa merasa memiliki sebuah tugas, yang menguatkan keterlibatan para siswa dalam mengidentifikasi atau menajamkan pertanyaan-pertanyaan untuk inkuiri. Tapi semua variasi yang cocok untuk tujuan pembelajaran tertentu dapat diterima, sejauh pengalaman belajar berpusat pada pertanyaan-pertanyaan berbasis ilmiah yang mengasah pemikiran siswa.

Terkadang inkuiri disebut dibagi menjadi "penuh" atau sebagian". Pembagian ini mengacu pada proporsi dari urutan pengalaman belajar yang berbasis inkuiri. Sebagai contoh, ketika seorang guru atau buku teks tidak melibatkan para siswa dengan pertanyaan-pertanyaan awal melainkan dimulai dengan memberikan suatu percobaan, sebuah elemen inkuiri akan hilang dan menjadi "inkuiri sebagian". Atau, inkuiri sebagian adalah ketika guru memilih untuk mendemonstrasikan bagaimana sesuatu bekerja daripada membuat para siswanya mengeksplorasi sendiri atau mengembangkan pertanyaan dan penjelasan-penjelasannya sendiri. Bila kelima elemen esensial dalam inkuiri kelas disajikan, maka dikatakan sebagai "inkuiri penuh".

Pengajaran berbasis inkuiri juga beragam dalam jumlah arahan pemaparan secara terperinci yang diberikan oleh guru. Tabel 2.6 menguraikan variasi dalam jumlah struktur, pengarahan dan pendampingan yang diberikan guru terkait dengan inkuiri, dibagi atas kelima ciri esensial. Dapat dikatakan bahwa hampir semua bentuk pengajaran dan pembelajaran terbuka berbasis inkuiri terjadi bila para siswa mengalami apa yang diuraikan dalam kolom sebelah kiri dari Tabel 2.6. Bagaimanapun, para siswa jarang memiliki kemampuan untuk memulainya dari sini. Pertama-tama mereka harus mempelajari cara mengajukan dan mengevaluasi pertanyaan yang dapat diselidiki, apa perbedaan antara bukti dan opini, bagaimana mengembangkan penjelasan yang dapat dipertahankan dan lainnya. Suatu tipe pengajaran yang lebih terstruktur akan membangun kemampuan para siswa untuk melakukan proses inkuiri. Hal itu akan membantu mereka untuk mempelajari bagaimana cara menentukan sesuatu yang penting. Tingkatan yang harus distrukturkan oleh para guru dapat disebut sebagai "Inkuiri terbimbing" dan "inkuiri terbuka" (sebagai catatan bahwa pembedaan ini memiliki dasar dalam keterangan di bab sebelumnya sebagai "tiga pendekatan Schwab terhadap praktikum di laboratorium" yang memiliki perbedaan dalam struktur dan intensitas bimbingan guru atau bahan-bahannya. Tabel 2.6 menggambarkan bahwa pembelajaran berbasis inkuiri

Tabel 2.6 Ciri-ciri esensial dari Inkuiri Dalam Kelas dan Variasinya

Ciri Esensial	Variasi			
1. Pembelajar terikat dalam pertanyaan-pertanyaan berbasis ilmiah	Pembelajar mengajukan pertanyaan	Pembelajar menyeleksi pertanyaan-pertanyaan dan mengajukan pertanyaan-pertanyaan baru	Pembelajar mempertajam atau memperjelas pertanyaan yang diberikan oleh guru, materi pembelajaran atau sumber-sumber lainnya	Pembelajar terikat dalam pertanyaan yang diberikan oleh guru, materi pembelajaran atau sumber-sumber lainnya
2. Pembelajar memberikan prioritas pada pembuktian dalam menanggapi pertanyaan	Pembelajar menentukan apa yang dapat menjadi bukti-bukti dan mengumpulkannya	Pembelajar diarahkan untuk mengumpulkan data-data tertentu	Pembelajar diberikan cara-cara yang memungkinkan untuk menggunakan bukti-bukti dalam menyusun penjelasan	Pembelajar disediakan bukti-bukti dan bagaimana cara menggunakan bukti-bukti tersebut untuk menyusun penjelasan
3. Pembelajar membuat penjelasan-penjelasan dari bukti -bukti yang diperoleh	Pembelajar membuat penjelasan-penjelasansetelah merangkum bukti-bukti yang ada	Pembelajar dibimbing dalam proses membuat penjelasan dari bukti-bukti yang ada	Pembelajar diberikan cara-cara yang memungkinkan untuk membuat penjelasan	Pembelajar disediakan bukti-bukti dan cara bagaimana menggunakannya untuk membuat penjelasan
4. Pembelajar menghu-bungkan penjelasan dengan pengetahuan ilmiah	Pembelajar secara bebas menguji sumber-sumber lain dan menghubungkan-nya dengan penjelasan.	Pembelajar diarahkan menuju bidang dan sumber-sumber pengetahuan ilmiah.	Pembelajar diberikan hubungan-hubungan yang memungkinkan	
5. Pembelajar mengkomu-nikasikan dan menilai penjelasan	Pembelajar membuat argumentasi yang logis dan masuk akal untuk mengkomunikasikan penjelasan.	Pembelajar didampingi dalam mengembangkan komunikasi	Pembelajar disediakan panduan untuk melakukan komunikasi yang efektif	Pembelajar diberikan langkah-langkah dan prosedur untuk melakukan komunikasi

Lebih banyak <----------Jumlah pengarahan mandiri bagi pembelajar----------> Lebih sedikit

Lebih sedikit <----------Jumlah pengarahan dari guru atau bahan ajar ----------> Lebih banyak

tidak dapat dibedakan satu dan lainnya secara sederhana. Namun demikian semakin besar tanggungjawab para pembelajar dalam menanggapi pertanyaan-pertanyaan, merancang penyelidikan, merangkum dan mengkomunikasikan pembelajaran mereka, maka proses inkuiri dapat dinyatakan "semakin terbuka" (hal itu semakin mendekati deskripsi dalam kolom sebelah kiri pada Tabel 2.6) Semakin banyak tanggung jawab tersebut diambil oleh para guru, maka proses inkuiri semakin mendekati kriteria "inkuiri tertutup" (semakin mendekati deskripsi dalam kolom sebelah kanan pada Tabel 2.6).

Berbagai pengalaman dalam pembelajaran dengan variasi "inkuiri terbuka" dibutuhkan dalam pengembangan kemampuan-kemampuan inkuiri yang ada pada Tabel 2.2. Inkuiri terbimbing sangat baik untuk diterapkan dalam pembelajaran dalam rangka mengembangkan konsep-konsep sains tertentu. Inkuiri yang semakin terbuka akan memberikan kesempatan terbaik bagi pengembangan kognitif dan pemikiran ilmiah. Para siswa harus memiliki kesempatan untuk ikut serta dalam semua tipe inkuiri dalam proses pembelajaran sains mereka.

Bagaimana seorang guru memutuskan berapa banyak bimbingan yang diberikan dalam sebuah proses inkuiri? Dalam membuat keputusan ini, faktor kuncinya adalah tujuan dari hasil pembelajaran yang diinginkan. Bagaimanapun, bila guru menginginkan para siswa untuk mempelajari konsep sains tertentu yang memerlukan kemampuan inkuiri tertentu, ataupun mengembangkan pemahaman mengenai inkuiri ilmiah (atau beberapa kombinasi), semua ini mempengaruhi berapa banyak bimbingan diperlukan.

Di bawah ini adalah contoh-contoh dari pengalaman belajar yang dirancang untuk memasukkan beberapa bentuk dari inkuiri. (Beri perhatian pada penekanan dari urutan pembelajaran atau pengalaman belajar, bukan pada satu pembelajaran, yang menggambarkan bahwa perlu waktu bagi inkuiri untuk berkembang dan bagi siswa untuk belajar). Setiap contoh mempertimbangkan bukan hanya hasil pembelajaran dan strategi pengajaran, namun juga cara guru akan menilai apakah para siswa telah meraih hasil yang diharapkan. Penilaian adalah aspek yang kritis dalam inkuiri karena akan mempertajam dan menentukan rancangan pengalaman-pengalaman belajar. Apabila para guru mengetahui apa yang mereka inginkan untuk ditunjukkan oleh para siswa, mereka akan lebih baik dalam memberikan bantuan dalam upaya siswa mencapainya.

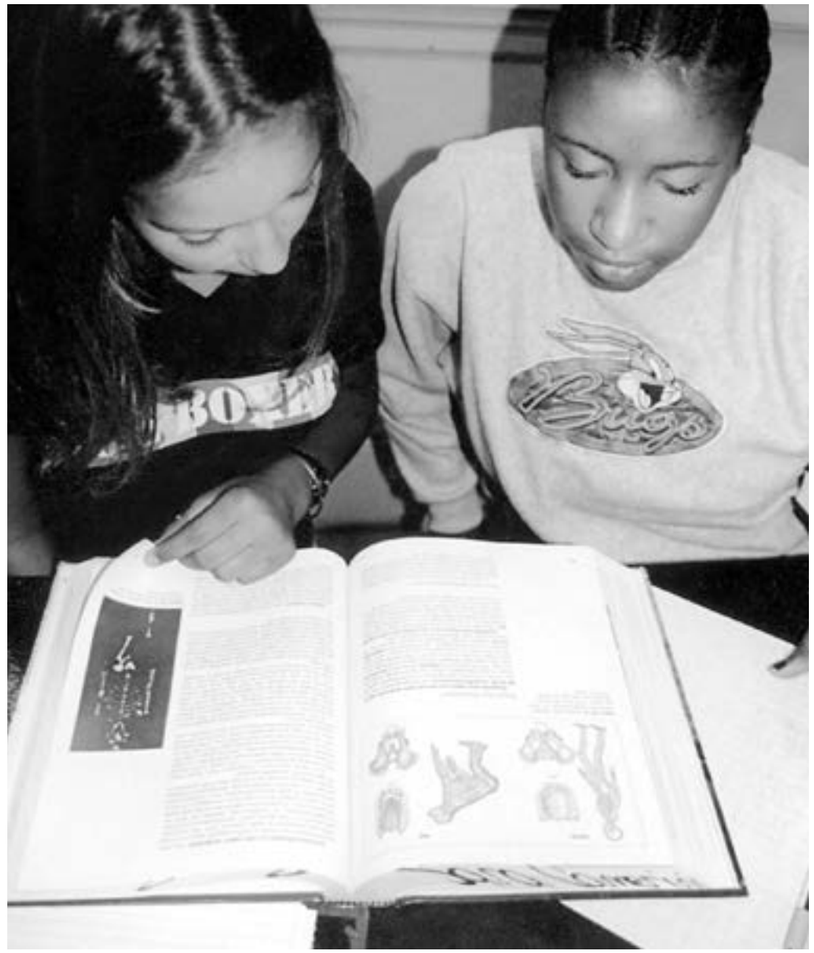
Sebagai salah satu contoh adalah suatu pertimbangan urutan pembelajaran dengan tujuan agar para siswa memperkuat semua kemampuan inkuiri. Dalam Bab I, ketika Bu Graham mendapatkan pertanyaan menarik dari para siswanya, ia dapat melihat suatu kesempatan bagi para siswanya untuk melakukan aktivitas belajar yang membuat mereka dapat melakukan proses inkuiri lengkap melalui pertanyaan mereka tentang keadaan pohon-pohon di taman sekolah hingga mengarah pada komunikasi dalam bentuk penjelasan ilmiah berdasarkan bukti.

Inkuiri tersebut terkait dengan kelima ciri esensial, para siswa mengalami apa yang diuraikan pada kolom sebelah kiri pada Tabel 2.6. Melalui bantuan dan bimbingannya, Mrs Graham menolong para siswa mempelajari bagaimana memperjelas pertanyaan-pertanyaan dan mengidentifikasi penjelasan-penjelasan yang memungkinkan, yang dapat diuji oleh investigasi ilmiah. Ia menolong mereka mempelajari pentingnya memeriksa penjelasan-penjelasan alternatif dan membandingkannya dengan

bukti-bukti yang terkumpul. Ia menolong para siswa memahami hubungan antara bukti-bukti dan penjelasan.

Sebagai hasilnya, para siswa tidak hanya mempelajari beberapa materi sains yang terkait dengan pertumbuhan tanaman, tetapi mereka juga mengembangkan kemampuan-kemampuan inkuiri spesifik.

Contoh kedua berfokus pada pengembangan pemahaman siswa mengenai inkuiri ilmiah. Seorang guru biologi sekolah menengah atas merencanakan aktivitas belajar siswa dalam materi evolusi biologis. Beberapa penyelidikan di kelas dan diskusi-diskusi berfokus pada faktor-faktor yang menyebabkan adaptasi organisme. Karena perkembangan sejarah yang menarik dari ide ilmiah ini, guru tersebut memutuskan untuk memberi kesempatan bagi para siswanya untuk memahami bagaimana inkuiri ilmiah bekerja. Penilaian atas tujuan pembelajaran siswanya adalah mampu menguraikan penempatan yang yang logis, bukti, ke-keritisan, dan modifikasi dalam memperhitungkan penemuan-penemuan ilmiah. Berdasarkan bacaan mengenai masa lalu dan penyelidikan mengenai evolusi yang berlangsung di Kepulauan Galapagos (termasuk buku Darwin *On the Origin of Species* (Asal Mula Spesies) dan *The Beak of Finch* (Paruh Burung Finch) oleh Jonathan Weiner), para siswa mendiskusikan dan menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut: Apa yang mendasari investigasi-investigasi masa lalu dan saat ini terhadap burung-burung Finch di kepulauan tersebut? Apa perbedaan dan persamaan penyelidikan-



penyelidikan itu? Sudahkah penjelasan ilmiah yang dihasilkan oleh penyelidikan- penyelidikan tersebut konsisten secara logis? Apakah penjelasan tersebut berdasarkan bukti-bukti? Apakah penjelasan tersebut terbuka bagi tinjauan yang skeptis? Apakah penjelasan tersebut menghasilkan pengetahuan dasar bagi percobaan-percobaan berikutnya? Setelah mencari sumber bacaan dan mendiskusikan pertanyaan-pertanyaan tersebut, guru

menugaskan para siswanya untuk menyiapkan laporan yang harus dipresentasikan dengan topik "Peran Inkuiri dalam Sains".

Aktivitas pembelajaran ini tidak mengandung seluruh ciri esensial dalam inkuiri di dalam kelas, tapi beberapa di antaranya tercakup. Aktivitas melibatkan para siswa dalam pertanyaan-pertanyaan berorientasi ilmiah. Hal itu menghasilkan diskusi mengenai pentingnya bukti dalam mengembangkan penjelasan ilmiah. Hal ini menghubungkan penjelasan ilmiah dengan pengetahuan-pengetahuan ilmiah yang telah diterima. Hal itu mengharuskan para siswa untuk mengkomunikasikan pemahaman-pemahaman inkuiri ilmiahnya pada yang lain. Aktivitas ini dapat menjadi sebuah bagian integral dalam sebuah urutan kesempatan pembelajaran, yang mengandung kelima ciri esensial dari inkuiri.

Sebagai contoh terakhir, pertimbangkan suatu seri pembelajaran yang bertujuan agar para siswa mengembangkan sebuah pemahaman tentang konsep kerapatan. Satu cara untuk menentukan strategi pengajaran terbaik untuk tujuan khusus ini adalah memikirkan tentang bagaimana kemungkinan para siswa akan menunjukkan pemahaman mereka mengenai konsep kerapatan. Salah satu penilaian kinerja terhadap para siswa kelas yang lebih tua mungkin dengan menyediakan bagi mereka obyek-obyek dengan kerapatan berbeda-beda, sebuah penggaris dan bejana berisi air dengan penanda volume di tepinya. Para siswa kemudian akan diminta untuk memilih obyek, lalu menentukan kerapatannya menggunakan penggaris dan bejana air tersebut. Dengan diberikan penilaian seperti ini, pengalaman belajar inkuiri yang seperti apa yang dapat sukses membantu para siswa untuk memahami kerapatan dengan baik? Salah satu strategi pengajaran adalah berupa rangkaian aktivitas di laboratorium yang dibatasi oleh pertanyaan-pertanyaan yang membutuhkan pengumpulan dan penggunaan bukti-bukti untuk mengembangkan suatu penjelasan mengenai hubungan antara massa dan volume. Para siswa akan menghubungkan penjelasan mereka dengan penjelasan-penjelasan ilmiah disediakan oleh guru dan sumber-sumber tertulis, sehingga kelima ciri esensial dari inkuiri dalam kelas akan terangkum.

MENYEDIAKAN PENGAJARAN BERBASIS INKUIRI YANG KOHEREN- MODEL PENGAJARAN

Bagaimana ciri-ciri inkuiri dalam kelas dikombinasikan dalam suatu pengalaman seri pembelajaran yang saling berkaitan dengan logis, untuk membantu para siswa membangun suatu pemahaman baru? Model-model instruksional menawarkan cara-cara tertentu yang bermanfaat bagi para guru untuk meningkatkan penggunaan inkuiri mereka.

Model-model instruksional berasal dari pengamatan bagaimana cara orang belajar. Pada awal pergantian abad, Hebart (1901) menyatakan suatu pendapat mengenai pengajaran, termasuk memulainya dengan ketertarikan para siswa terhadap alam semesta dan pada interaksi dengan sesamanya. Guru membuat pengalaman-pengalaman belajar yang mengembangkan konsep-konsep yang telah diketahui para siswa dan menjelaskan hal-hal lain yang tidak dapat diharapkan untuk ditemukan. Para siswa lalu menerapkan konsep-konsep tersebut pada situasi yang baru. Kemudian Dewey (1910) membangun suatu gagasan pengalaman refleksi di mana para siswa memulai dengan situasi yang membingungkan, menyusun sebuah interpretasi sementara atau hipotesis, menguji hipotesis untuk mendatangkan solusi dan bertindak berdasarkan solusi yang ditemukan. Pengalaman Dewey sebelumnya sebagai guru sains menerangkan hubungan yang jelas antara pemikiran reflektif dan inkuiri ilmiah (Bybee, 1997).

Teori Piaget tentang perkembangan manusia memberikan banyak kontribusi dalam elaborasi model-model instruksional (Piaget, 1975; Piaget dan Inhelder, 1969). Dalam pandangannya, belajar dimulai ketika pengalaman-pengalaman individual mengalami ketidaksetimbangan: sebuah ketidaksesuaian antara gagasan-gagasan mereka dengan gagasan-gagasan yang dihadapi di lingkungannya. Untuk mengembalikan pemahaman mereka pada kesetimbangan, mereka harus menyesuaikan atau mengubah struktur kognitif melalui interaksi dengan lingkungan.

Kerja Piaget menjadi dasar siklus belajar dan model-model instruksional yang diajukan oleh Atkin dan Karplus (1962) dan digunakan dalam kurikulum dasar SCIS. Walaupun siklus

belajar telah mengalami elaborasi dan modifikasi dari waktu ke waktu, namun fase-fase dan urutan normalnya masih dinyatakan sebagai eksplorasi, penciptaan dan penemuan. Eksplorasi mengacu pada pengalaman-pengalaman yang relatif belum terstruktur, ketika para siswa mengumpulkan informasi-informasi baru. Penciptaan mengacu pada pernyataan formal terhadap suatu konsep baru-sering berupa definisi-di mana para siswa menginterpretasi informasi-informasi baru yang diperoleh dengan merekonstruksi konsep-konsep awal mereka. Penemuan melibatkan penerapan dari konsep baru terhadap situasi yang baru.

Penelitian mengenai bagaimana cara orang belajar (didiskusikan secara rinci pada Bab 6) menyarankan sebuah pandangan yang dinamis dan interaktif terhadap pembelajaran manusia. Para siswa dibawa pada sebuah pengalaman belajar yang sedang mereka jelaskan, sikap-sikap dan kemampuan. Melalui interaksi yang bermakna dengan lingkungan mereka, dengan para guru dan di antara mereka sendiri, mereka mengorganisasi ulang, mendefinisikan ulang dan menempatkan ulang penjelasan-penjelasan, sikap-sikap dan kemampuan awal mereka. Sebuah model instruksional digabungkan dengan keutamaan inkuiri menjadi sebuah urutan pengalaman yang dirancang untuk menantang konsep-konsep yang telah dimiliki para siswa dan menyediakan waktu serta kesempatan untuk berlangsungnya rekonstruksi atau pembelajaran (Bybee, 1997).

Beberapa model instruksional yang berbeda telah dikembangkan dan dapat membantu para guru mengorganisasi dan mengurutkan pengalaman belajar berbasis inkuiri bagi para siswanya. Semua dapat digabungkan dengan keutamaan-keutamaan inkuiri.

Tabel 2.7. Komponen-komponen Umum yang Terdapat dalam Model-model Instruksional

- **Fase 1 :** Para siswa dilibatkan dengan pertanyaan-pertanyaan ilmiah, kejadian atau fenomena. Hal ini berhubungan dengan pengetahuan yang telah dimiliki, menciptakan ketidaksesuaian dengan pendapat-pendapat mereka sendiri, dan/atau memotivasi mereka untuk mempelajari sesuatu lebih mendalam.
- **Fase 2 :** Para siswa mengeksplorasi gagasan-gagasan melalui pengalaman praktek, menyusun dan menguji hipotesis, memecahkan masalah dan membuat penjelasan terhadap apa yang mereka amati.
- **Fase 3 :** Para siswa menganalisis dan mengintepretasi data, mensintesis gagasan-gagasan mereka, membuat model-model, dan menerangkan konsep-konsep bersama guru-guru atau sumber-sumber ilmiah lainnya.
- **Fase 4 :** Para siswa memperluas pemahaman dan kemampuan baru mereka dan menerapkannya pada situasi yang baru.
- **Fase 5 :** Para siswa, bersama guru mereka, meninjau ulang dan menilai apa yang telah mereka pelajari dan bagaimana mereka telah mempelajarinya.

Hal-hal tersebut bertujuan untuk mengikat para siswa dalam pertanyaan-pertanyaan ilmiah penting, memberikan siswa kesempatan untuk mengeksplorasi dan menciptakan penjelasan sendiri, menerapkan dan mengevaluasi apa yang telah mereka pelajari. Komponen-komponen umum atau fase-fase yang ada dalam model-model instruksional ditunjukkan dalam Tabel 2.7.

Model-model pembelajaran telah membantu para guru, dan pihak-pihak yang mendukung khususnya pengembang kurikulum untuk merancang instruksi dengan cara memperhatikan bagaimana pembelajaran berlangsung dan membuka kesempatan bagi para siswa untuk terlibat dalam inkuiri ilmiah. Kerugian utama dari penerapan model instruksional secara umum adalah: secara definisi, proses belajar mengajar telah disederhanakan. Para guru dan yang lainnya dapat disesatkan untuk berpikir bahwa hal itu sudah menjadi langkah wajib, perangkat yang sudah ditentukan, bukan sebagai petunjuk umum untuk merancang instruksi yang membantu pembelajaran terbuka terhadap inkuiri, yang selalu dapat disesuaikan dengan kebutuhan

khusus para pembelajar, tujuan pembelajaran yang spesifik dan konteks untuk pembelajaran.

BEBERAPA MITOS MENGENAI PEMBELAJARAN DAN PENGAJARAN BERBASIS INKUIRI

Beberapa mitos mengenai pembelajaran dan pengajaran berbasis inkuiri yang keliru seringkali dikaitkan dengan National Science Education Standards. Mitos-mitos ini menjadi ancaman yang menghambat kemajuan reformasi pendidikan sains dengan menyatakan bahwa kegiatan inkuiri terlalu sulit untuk dicapai atau masih dapat dilakukan tetapi dengan mengabaikan ciri-ciri esensial dari pembelajaran berbasis inkuiri. Daftar berikut adalah tanggapan-tanggapan terhadap lima mitos yang keliru tersebut.

Mitos 1: Semua subyek sains harus diajarkan melalui inkuiri. Pengajaran sains secara efektif memerlukan pendekatan dan strategi yang bervariasi. Tidak mungkin dalam prakteknya untuk mengajar semua materi sains melalui inkuiri, selain juga tidak diinginkan. Mengajarkan sains hanya dengan menggunakan satu metode tidak akan efektif, dan mungkin akan membosankan bagi para siswa.

Mitos 2: Inkuiri sejati terjadi hanya ketika para siswa menghasilkan dan mengajukan pertanyaan-pertanyaan mereka sendiri. Bagi para siswa, untuk mengembangkan kemampuan mengajukan pertanyaan maka mereka harus "berlatih" untuk mengajukan pertanyaan. Namun apabila hasil pembelajaran sains yang diinginkan adalah materi subyek, maka sumber pertanyaan menjadi kurang penting daripada sifat atau isi dari pertanyaan-pertanyaan itu sendiri. Adalah penting untuk dicatat bahwa bagaimanapun dalam kelas sains hari ini para siswa jarang memiliki kesempatan untuk mengajukan dan menelusuri pertanyaan-pertanyaan mereka sendiri. Para siswa akan membutuhkan beberapa kesempatan untuk mengembangkan kemampuan inkuiri tingkat lanjut dan untuk memahami bagaimana pengetahuan ilmiah itu ditelusuri.

Mitos 3: Pengajaran inkuiri terjadi dengan mudah melalui aktivitas praktek atau materi instruksional berbasis paket perangkat alat praktek (kit). Materi-materi ini dapat meningkatkan kemungkinan bahwa para siswa akan lebih fokus berpikir mengenai hal yang benar dan pembelajaran akan berlangsung dalam urutan yang benar. Bagaimanapun, bahkan penggunaan materi-materi yang bagus saja tidak menjamin bahwa para siswa akan terlibat dalam inkuiri yang kaya sebagaimana yang diniatkan. Seorang guru yang terampil akan mengingat kunci-kunci bagi pembelajaran efektif. Dia harus memperhatikan dengan hati-hati terhadap apa dan bagaimana materi digunakan dalam lima ciri esensial dari inkuiri. Penggunaan lima ciri tersebut untuk meninjau ulang materi-materi dan menilai praktek di kelas akan meningkatkan variasi dan kedalaman pembelajaran.

Mitos 4: Keterlibatan siswa dalam aktivitas praktek menjamin bahwa pembelajaran dan pengajaran berbasis inkuiri sedang berlangsung. Walaupun keikutsertaan siswa dalam aktivitas adalah diinginkan, namun tidak sesuai jika hal itu menjadi jaminan bahwa secara mental mereka juga terlibat dalam semua ciri-ciri esensial dari inkuiri.

Mitos 5: Inkuiri dapat diajarkan tanpa memperhatikan materi subyek. Beberapa retorika pada tahun 1960-an digunakan untuk mengusung gagasan bahwa proses pembelajaran sains harus menjadi satu-satunya hasil yang bermakna dalam pendidikan sains. Sekarang ini, banyak pendidik yang masih beranggapan bahwa jika siswa belajar proses dalam sains, maka mereka dapat mempelajari semua materi yang mereka butuhkan dengan menerapkan proses-proses tersebut. Namun sebagaimana yang telah dinyatakan pada awal bab ini, pemahaman siswa terhadap inkuiri bukan dan tidak bisa dikembangkan secara terpisah dengan materi subyek sains. Malah, para siswa akan memulai dari apa yang telah mereka ketahui terlebih dahulu, lalu menyelidiki hal-hal yang belum mereka ketahui. Apabila, dalam beberapa contoh, seorang guru menginginkan hasil utama adalah para siswa belajar untuk melakukan suatu proses inkuiri, subyek materi sains harus tersedia sebagai bahan pembahasan hingga akhir. Pengetahuan ilmiah menjadi sangat penting. Kemampuan dan pemahaman yang terdapat dalam *The Standards* melampaui proses sains untuk melibatkan para siswa dalam pemikiran dan pembelajaran sains dengan kelengkapan penuh.

KESIMPULAN

Bab ini menguraikan definisi dari inkuiri dan pengajaran berbasis inkuiri yang digunakan dalam The Standards. Bab 3 akan menguraikan rangkaian yang menggambarkan sketsa bagaimana para guru sekolah dasar, menengah dan tinggi merancang inkuiri-inkuiri yang berbeda-beda untuk mencapai hasil-hasil pembelajaran yang berbeda. Bab 4 akan membahas penilaian: dalam konteks instruksi-instruksi yang baik, bagaimana pencapaian terbaik dari hasil pembelajaran yang berbeda-beda dapat dinilai? Bab-bab berikutnya lalu beralih pada bagaimana para guru mempersiapkan dan mendukung penggunaan strategi-strategi ini dalam kelas mereka.

3
Gambaran Inkuiri Pada Kelas K-12

Sejak di kelas rendah, siswa diharuskan memiliki pengalaman sains yang dapat membuat mereka aktif mengkonstruksi gagasan-gagasan dan penjelasan, serta meningkatkan kesempatan mereka untuk mengembangkan kemampuan dalam menerapkan sains. (National Research Council, 1996, hal.121)

Bab 2 memperkenalkan kita pada konsep mendasar yang menjadi alasan penerapan inkuiri dalam pembelajaran sains di dalam kelas. Pada bab tersebut, gambaran inkuiri tidak hanya dimaksudkan untuk mempelajari isi materi sains, tetapi juga sebagai suatu kemampuan yang dibutuhkan siswa untuk menguasai materi dan bagian dari pemahaman yang dibutuhkan siswa untuk belajar. Bab tersebut juga menjelaskan secara rinci mengenai kelima elemen penting dalam pembelajaran inkuiri di kelas, mulai dari mengarahkan siswa melalui pertanyaan yang berorientasi sains (ilmiah), hingga mengungkapkan pendapat dan menyamakan persepsi di akhir penjelasan materi (Tabel 2.5). Dibahas juga penggunaan model-model instruksional untuk mengorganisasi dan menyusun pengalaman-pengalaman berbasis inkuiri.

Bab 3 ini mengulas kembali konsep-konsep yang telah diperkenalkan dalam Bab 2 secara ringkas. Di dalamnya terdiri dari banyak gambaran kegiatan belajar mengajar dalam kelas untuk menunjukkan bagaimana para guru menciptakan kesempatan-kesempatan belajar yang membantu para siswa mencapai standar-standar sains terkait gambaran penting inkuiri dan

didukung oleh model-model instruksional . Dalam contoh pertama, sebuah kelas yang terdiri dari siswa kelas tiga hanya mempelajari gagasan-gagasan mendasar dari ilmu hayati standar, beberapa kemampuan inkuiri, dan aspek-aspek teknologi perancangan studi tentang cacing tanah. Pada contoh kelas kedua, yaitu kelas delapan, mempelajari materi standar tentang bumi dan antariksa, dan penguatan kemampuan inkuiri mereka melalui penyelidikan terhadap fase-fase bulan. Pada dua penggambaran terakhir, para siswa SMA terlibat dalam pembelajaran berbasis inkuiri mengenai gaya (termasuk dalam sains fisika standar) dan isu-isu lingkungan (dari standar-standar ilmu hayati dan ilmu pandangan pribadi dan sosial).

Gambaran-gambaran tersebut - yang masing-masing berisi pengalaman-pengalaman belajar di kelas - menyajikan banyak kesempatan untuk melakukan refleksi terhadap kompleksitas yang ada dalam pengajaran di kelas. Dalam tiap contoh tersebut, inkuiri menjadi hasil sekaligus makna dari pembelajaran. Perbedaan usaha guru-guru untuk mencapai hasil pembelajaran bergantung pada sifat dari materi pelajaran dan keinginan kuat dari guru tersebut. Analisis dari contoh-contoh tersebut menunjukkan bagaimana hasil pembelajaran, hal yang penting dalam kelas berbasis inkuiri, dan model-model pembelajaran saling menyesuaikan dalam kegiatan kelas yang sebenarnya.

Contoh-contoh penggambaran itu dapat dibaca dari urutan manapun, bergantung dari ketertarikan pembaca. Bagaimanapun, setiap gambaran harus dibaca dalam kaitannya dengan ketiga pertanyaan di bawah ini:

- Apakah hasil yang sangat diinginkan oleh guru?
- Bagaimanakah menerapkan lima aspek penting pengalaman belajar inkuiri pada siswa selama kegiatan belajar mengajar berlangsung?
- Seperti apakah bentuk dari model pembelajaran instruksional oleh seorang guru, dan bagaimana bentuk tersebut dapat diterapkan agar dapat membantu siswa mencapai hasil yang diharapkan?

Diskusi akan menyertai setiap contoh penggambaran dengan mengacu pada ketiga pertanyaan tersebut.

GAMBARAN PENERAPAN INKUIRI PADA KELAS K-4

Siswa kelas tiga di bawah bimbingan Ibu Flores melakukan pembelajaran di salah satu lahan kosong dekat sekolah. Tiap kelompok yang terdiri dari tiga orang siswa mengukur tanah seluas satu meter persegi dan menandainya dengan kayu dan benang. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengenal keragaman mahluk hidup yang menduduki suatu lingkungan yang sama dan memahami

bagaimana lingkungan tersebut memenuhi semua kebutuhan hidup makhluk di dalamnya.

Selama pengamatan berlangsung, beberapa siswa mendapati beberapa ekor cacing tanah dalam petak lahan pengamatan mereka dan terkesan dengan tingkah lakunya. Beberapa siswa yang lain ingin tahu, mengapa mereka tidak menemukan cacing tanah di wilayah pengamatan mereka. Kelompok siswa lainnya juga ingin tahu mengapa cacing-cacing yang ditemukan ukurannya berbeda-beda. Salah seorang siswa berpendapat bahwa cacing-cacing tampaknya senang hidup di dekat tumbuhan tertentu sebagai tempat hidupnya, sebab kalau ia dan ayahnya pergi memancing maka mereka akan menggali cacing di tempat yang ada rumputnya.

Diskusi mengenai cacing tersebut dilakukan pada saat yang tepat, karena Bu Flores sudah mengantisipasinya dengan memberi serangkaian dasar pengetahuan yang memudahkan siswa dalam mengenali mahkluk hidup yaitu : ciri-ciri mahkluk hidup, daur hidup dari mahkluk hidup, serta mahkluk hidup dan lingkungannya (Tabel 3-1). Hal yang dilakukan Bu Flores dalam rangka menyiapkan pembelajaran selanjutnya adalah membeli cacing dalam berbagai fase hidup, dari mulai telur, anak cacing sampai dengan cacing dewasa. Bu Flores merasa puas karena langkah itu memungkinkan para siswa mengamati semua tahap dalam daur hidup cacing dan kebiasaan-kebiasaannya.

Bu Flores menyadari bahwa mengembangkan cacing tanah akan memerlukan waktu yang cukup lama, sehingga

Table 3-1. Kutipan Dari Standar Ilmu Hayati, K-4

Sebagai hasil dari kegiatan-kegiatan di kelas K-4, semua siswa harus mengembangkan pemahaman mengenai:

Karakteristik mahluk hidup

- **Mahluk hidup memiliki kebutuhan dasar. Mahluk hidup hanya akan bertahan dalam lingkungan yang dapat menyediakan kebutuhan dasar mereka. Bumi terdiri dari beragam lingkungan yang berbeda, dan kondisi lingkungan yang berbeda akan mendukung kehidupan jenis-jenis makhluk hidup yang berbeda pula.**
- **Setiap tumbuhan atau hewan memiliki perbedaan struktur yang menyebabkan perbedaan fungsi dari pertumbuhan, pertahanan hidup, dan perkembangbiakan.**
- **Tingkah laku mahluk hidup juga dipengaruhi oleh faktor kecenderungan internal (seperti rasa lapar), dan pengaruh faktor eksternal (seperti perubahan lingkungan atau tempat tinggal). Manusia dan mahluk hidup lainnya memiliki indera yang dapat mengenali kedua faktor tersebut.**

Daur hidup mahluk hidup

- **Tumbuhan dan hewan memiliki daur hidup meliputi lahir, berkembang menjadi dewasa, berkembangbiak, sampai akhirnya mati. Uraian rinci dari daur hidup ini berbeda-beda untuk tiap jenis makhluk hidup.**
- **Tumbuhan dan hewan memiliki karakteristik yang mirip dengan induknya.**
- **Banyak karakteristik dari suatu makhluk hidup diwariskan dari induknya, tetapi sebagian lagi berasal dari interaksi mahluk hidup tersebut dengan lingkungannya.**

Mahluk hidup dan lingkungan tempat tinggalnya

- **Semua hewan bergantung pada tumbuhan. Beberapa hewan menjadikan tumbuhan sebagai makanannya. Hewan-hewan lainnya memangsa hewan yang memakan tumbuhan.**
- **Pola tingkah laku mahkluk hidup berkaitan erat dengan kondisi lingkungan tempat tinggalnya, termasuk juga keberadaan jenis-jenis dan jumlah makhluk hidup lainnya, ketersediaan bahan makanan dan sumber daya, serta karakteristik fisik dari lingkungan tersebut. Ketika terjadi perubahan lingkungan, beberapa hewan dan tumbuhan dapat bertahan hidup dan berkembangbiak, sementara sebagian lagi akan mati atau pindah ke lokasi yang baru.**
- **Semua mahluk hidup menyebabkan perubahan di lingkungan tempat tinggalnya. Beberapa dari perubahan tersebut bersifat merugikan bagi makhluk hidup itu sendiri atau makhluk hidup lainnya, sementara beberapa perubahan lainnya justru bersifat menguntungkan (halaman 129).**

ia memutuskan untuk menyertakan tujuan-tujuan pembelajaran lainnya juga. Hasil penilaiannya terhadap para siswa menunjukkan bahwa mereka perlu bekerja dengan beberapa kemampuan inkuiri, seperti memilah-milah pertanyaan untuk suatu penyelidikan dan merancang sebuah penyelidikan (kemampuan dasar inkuiri dijabarkan dalam Tabel 2-2

pada bab sebelumnya). Bu Flores juga memutuskan untuk menggabungkan beberapa kemampuan teknologi perancangan dari standar sains dan teknologi, dengan asumsi bahwa hal tersebut akan berguna bagi para siswanya untuk berpikir tentang rancangan "rumah" yang paling sesuai bagi cacing-cacing mereka (Tabel 3-2). Ia tahu bahwa sebuah proses inkuiri yang utuh akan lebih memusatkan perhatiannya untuk memahami tentang inkuiri. Mungkin saja Bu Flores akan mengundang beberapa ilmuwan setempat ke dalam kelas untuk menegaskan pada siswa bahwa pembelajaran inkuiri yang mereka lakukan memiliki kemiripan dengan langkah-langkah kerja yang dilakukan oleh seorang ilmuwan.

Dalam rangka mengantisipasi kedatangan cacing-cacing dari pemasok, Bu Flores meminta para siswanya untuk menyiapkan tempat bagi cacing-cacing tersebut untuk hidup. Cacing-cacing itu akan dikembalikan ke lahan kosong, sehingga para siswa dapat mengeksplorasi cacing di tempat mereka menemukannya dan mempelajari sifat-sifat tanah tempat mereka hidup. Kelompok-kelompok siswa kembali membuat petak-petak pengamatan dan membuat catatan serta gambar-gambar tempat di mana mereka menemukan atau tidak dapat menemukan cacing. Bu Flores juga meminta para siswanya untuk membicarakan dengan orang tua dan keluarga tentang di mana cacing dapat hidup menurut mereka.

Keesokan harinya di kelas, para siswa membuat daftar tempat di mana mereka bisa menemukan cacing dan tempat di mana mereka mungkin dapat menemukan cacing. Para siswa disarankan untuk mencari di lumpur basah, di balik batang-batang kayu di tanah, di akar tumbuhan dan di gundukan sampah dedaunan. Bu Flores kemudian menanyakan mereka

apakah tempat-tempat tersebut dapat mengungkapkan pada mereka tentang bagaimana cara membuat rumah untuk cacing-cacing tanah. Dalam kelompok-kelompok yang beranggotakan empat orang, para siswa diminta untuk merancang sebuah rumah cacing menggunakan botol-botol plastik berukuran dua liter dengan bagian atas yang sudah dihilangkan.

Para siswa mempresentasikan gambar rancangan awal rumah cacing mereka sebelum membuatnya. Para siswa dari kelompok-kelompok lain mendengarkan dengan seksama dan menanyakan banyak hal karena mereka tahu bahwa hal itu dapat memperbaiki rancangan awal mereka sebelum presentasi.

Beberapa siswa membuat rumah cacingnya menggunakan tanah, dedaunan dan menambahkan rumput di lapisan paling atasnya. Kelompok siswa lainnya menutup bagian atas rumah cacingnya dengan kertas hitam "hingga seperti di bawah tanah". Siswa lainnya menggunakan hanya tanah, namun menyimpan botol mereka dalam posisi menyamping. Ada lagi siswa yang membuat lubang-lubang kecil di sisi botol untuk membiarkan udara masuk ke dalam tanah dan mengeluarkan kelebihan air.

Ketika cacing-cacing pesanan datang, Bu Flores membagikan tiap kelompok segenggam penuh cacing dan meminta mereka mengamati dan setiap cacingnya secara seksama dan membuat gambarannya. Menggambar cacing memicu banyak pertanyaan, termasuk "Termasuk jenis hewan apakah cacing itu?" Dengan mengetahui bahwa para siswa memiliki konsep yang berbeda-beda tentang hewan, Bu Flores meminta mereka untuk menambahkan beberapa kalimat yang menerangkan jenis hewan apakah cacing itu menurut mereka dan mengapa mereka pikir demikian. Beberapa menyatakan cacing sejenis ular, beberapa mengatakan termasuk serangga, ada yang tidak punya pendapat dan ada juga yang mengatakan bahwa cacing adalah cacing saja.

Selanjutnya, Bu Flores menanyakan para siswa apa saja pertanyaan-pertanyaan yang ingin mereka ajukan mengenai cacing dan menuliskan kembali tanggapan mereka pada sebuah bagan besar. Pertanyaan-pertanyaan tersebut di antaranya: "Bagaimana cacing tanah bisa mempunyai bayi? " "Apakah mereka lebih suka hidup di jenis tanah tertentu

Table 3-2. Kutipan Dari Standar Pengetahuan Alam, K-4

Sebagai hasil dari kegiatan yang dilakukan oleh siswa kelas K-4, siswa diharapkan mampu mengembangkan :

Kemampuan teknik merancang

- **Mengidentifikasi persoalan sederhana**
- **Mengajukan penyelesaian dari permasalahan yang ada**
- **Menerapkan penyelesaian masalah yang diajukan**
- **Meninjau kembali hasil atau rancangan**
- **Mengemukakan permaslahan, rancangan dan penyelesaian**

Pemahaman tentang sains dan teknologi

- **Setiap orang pasti akan menghadapi permasalahan dan akhirnya menciptakan alat dan metode (cara melakukan sesuatu) untuk mengatasi permasalahan tersebut. Mencoba memastikan bahwa tidak ada permasalahan lain yang ditimbulkan dari penyelesaian yang dilakukan.**
- **Peralatan dapat membantu para ilmuwan untuk melakukan pengamatan, pengukuran, dan memenuhi kelengkapan yang lebih baik dalam penyelidikan. Peralatan tersebut membantu para ilmuwan untuk lebih cermat dalam mengamati, mengukur dan melakukan sesuatu, atau hal-hal yang tidak dapat mereka lakukan selain itu.**

Kemampuan untuk membedakan benda-benda alami dan buatan manusia

- **Sebagian besar benda telah tersedia di alam, sedang yang lainya sengaja dibuat oleh manusia agar dapat menyelesaikan persoalan yang mereka hadapi dalam rangka meningkatkan kualitas kehidupan.**
- **Benda-benda dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu benda alami dan benda buatan (halaman 137-138).**

daripada jenis tanah yang lain?" "Apakah mereka benar-benar suka pada kegelapan?" "Bagaimana mereka bergerak melewati kotoran-kotoran di tanah?" "Berapa ukuran terbesar yang memungkinkan untuk cacing tanah?"

Bu Flores membagi kelas menjadi kelompok-kelompok dan meminta setiap kelompok untuk memilih pertanyaan yang menarik untuk mereka

selidiki dan membuat rencana untuk melakukannya. Pada

hari berikutnya, tiap kelompok melaporkan rencana penyelidikan mereka, yang telah dituangkan dalam buku catatan lab. Bu Flores menanyakan bagaimana mereka dapat merancang pengujian yang ia katakan sebagai "adil". Contohnya, salah satu kelompok ada yang ingin menyelidiki seberapa banyak air yang disukai oleh cacing. Bu Flores bertanya,"Jika kamu ingin mengetahui apakah cacing menyukai kondisi tanah yang sangat basah, agak basah dan kering, apakah "adil" bila kamu menaruh seekor cacing di dalam botol berisi tanah yang sangat basah, seekor cacing lain di botol dengan tanah basah dan yang ketiga di botol dengan tanah agak basah, lalu menyimpan salah satu dari botol-botol tersebut di terik matahari sementara dua botol lainnya di tempat teduh?" "Tidak," jawab seorang siswa dengan lantang, "karena botol di terik matahari akan menjadi panas dan cacing tidak suka panas, itu sebabnya mereka hidup di dalam tanah, dan anda tidak bisa mengatakan apakah yang tidak disukai oleh cacing itu sinar mataharinya atau seberapa basah tanahnya." Bu Flores menggunakan rancangan penyelidikan dari kelompok lainnya untuk menilai apakah para siswanya telah memahami gagasan mengenai pengujian yang "adil" tersebut.

Bu Flores lalu menanyakan pada kelompok-kelompok siswa bagaimana mereka akan mengetahui, tempat mana yang paling disukai oleh cacing tanah. Jawaban siswa beragam. Beberapa mengatakan bahwa bila cacing-cacing itu bertumbuh besar dan memiliki "bayi" maka itu tandanya mereka menyukai tempat hidupnya. Beberapa mengatakan bahwa bila cacing mati, maka itu berarti mereka tidak menyukai sesuatu hal. Siswa lainnya menyarankan bahwa mereka akan melakukan percobaan dengan beberapa pilihan kondisi tempat pada cacing-cacing, jadi ke mana kemudian cacing merangkak akan memberitahu kita apa yang disukainya.

Dengan pemahaman yang lebih baik mengenai bukti-bukti apa yang mereka cari dan bagaimana menyiapkan suatu pengujian, para siswa segera tenggelam dalam penyelidikan mereka. Satu kelompok mengkaji pertanyaan bagaimana cacing bisa memiliki bayi. Mereka sibuk memeriksa telur-telur dan cangkang-cangkangnya yang mereka temukan di tanah menggunakan kaca pembesar, lalu membuat gambar-gambarnya. Mereka membandingkan gambar-gambar yang mereka buat dengan yang ada di buku tentang karakteristik cacing tanah, yang dibawa oleh pustakawan ke kelas mereka.

Dua kelompok siswa mengeksplorasi bagaimana cacing bereaksi terhadap perubahan di lingkungannya. Mereka berusaha untuk mengetahui pengaruh kelembaban, cahaya dan suhu sekaligus dalam satu waktu terhadap cacing. Bu Flores menanyakan beberapa pertanyaan pemandu diawali dengan "Apa yang terjadi bila..." dengan harapan bahwa para siswa akan menemukan makna dari mengkaji satu variabel dalam satu waktu tertentu. Ia kemudian akan mengecek pemahaman mereka lagi nantinya.

Kelompok lainnya ingin mengetahui tentang kebiasaan makan dari cacing. Mereka memutuskan untuk menaruh beberapa iris buah dan sayuran yang berbeda-beda di tanah dan menghitung berapa jumlah lubang di tiap irisan sebagai bukti untuk mengetahui mana yang paling disukai oleh cacing. Dua kelompok yang lain menggunakan bekas sarang semut dengan sisi kaca di sebelahnya untuk mengamati pergerakan cacing di jenis-jenis tanah yang berbeda.

Melalui penyelidikan dan diskusi hasil pengamatan, pengukuran dan kajian pustaka, para siswa Bu Flores mengetahui lebih banyak hal dari karakteristik cacing, contohnya adalah bagaimana gerakan, kebiasaan makan, daur hidup, karakteristik lingkungannya serta hubungan antara cacing dengan lingkungannya. Pengamatan mereka, dikombinasikan dengan kajian dari buku perpustakaan, membantu mereka memahami mengapa cacing tanah bukanlah dari golongan ular ataupun serangga, melainkan anggota dari filum Annelida. Mereka menggunakan gambar-gambar dan informasi dari catatan lab mereka untuk menghasilkan buku mereka sendiri, dilengkapi dengan gambar-gambar dan diagram-diagram. Mereka juga meninjau ulang rancangan rumah cacing mereka, memberikan bukti-bukti yang mereka kumpulkan selama pekan-pekan sebelumnya, dan berdiskusi tentang bagaimana mereka dapat merancang ulang rumah tersebut menjadi lebih baik.

Selama hari-hari terakhir dari kajian tentang cacing, Bu Flores memusatkan diskusi pada

bagaimana cara berpikir dan aksi yang diambil selama penyelidikan para siswa. Para siswa belajar untuk membatasi penjelasan mereka pada hal-hal yang dapat didukung dengan bukti-bukti hasil pengamatan mereka sendiri. Bu Flores menunjukkan bagaimana mereka dapat menguji penjelasan mereka terhadap laporan-laporan ilmiah dari buku dan dari hasil pengamatan orang lain. Mereka mendiskusikan bagaimana sebuah pengujian yang adil (sesuai) akan membantu mereka menentukan bahwa jawaban dan penjelasan-penjelasan yang mereka ajukan adalah masuk akal. Mereka meninjau ulang bagaimana mereka belajar untuk membuat pengamatan dan pengukuran menggunakan kaca pembesar, penggaris dan neraca timbangan.

Untuk bagian akhir dari buku mereka, Bu Flores meminta para siswa menuliskan sebuah penjelasan singkat tentang apa yang akan mereka katakan pada siswa lain bila mereka ingin mempelajari mengenai cacing tanah. Ia juga meminta para siswa menulis langkah berbeda apa yang ingin mereka lakukan bila proyek ini harus dilakukan lagi. Akhirnya, tiap kelompok menyusun gambar-gambar, foto-foto, tabel-tabel data dan catatan-catatan pengamatan mereka menjadi sebuah buku dan menyajikan hasil penyelidikan tersebut di kelas. Mereka berbagi isi buku hasil penyelidikan tersebut dengan murid-murid taman kanak-kanak dan kelas satu, serta membawanya ke rumah untuk dibaca oleh orang tua dan keluarga lainnya. Bu Flores juga menggunakan buku-buku hasil penyelidikan mereka sebagai salah satu bahan penilaian dan menganalisis sejauh mana siswa menunjukkan pemahaman tentang konsep-konsep sains dan kemampuan mereka untuk berpikir secara ilmiah.

Sebagai puncak aktivitas, Bu Flores mengundang dua orang ilmuwan untuk mengunjungi kelasnya. Untuk mempersiapkan kunjungan para ilmuwan, ia meminjamkan pada tiap kelompok siswa buku-buku laporan penelitian dan memberikan daftar konsep-konsep mendasar sebagai standar untuk memahami inkuiri ilmiah. Para ilmuwan menarik para siswa dengan kisah-kisah pengalaman pribadi mereka dalam penyelidikan yang menghasilkan bukti-bukti serupa dengan yang dibuat oleh para siswa. Para siswa terutama tertarik dengan tahap akhir: bagaimana para ilmuwan perlu untuk mempublikasi hasil penelitian mereka, yang berarti bahwa mereka sering mendapatkan kritikan dan tantangan sebagai bagian dari proses pembentukan dasar pengetahuan ilmiah yang kuat.

ANALISIS DARI GAMBARAN INKUIRI PADA SISWA KELAS 4

Hasil Belajar. Bu Flores selalu berupaya membantu siswanya untuk mencapai kemampuan tertentu dan pemahaman khusus yang tertuang dalam National Science Education Standards, termasuk pemahaman mengenai karakteristik dan siklus hidup organisme serta lingkungan tempat tinggalnya; kemampuan dan pemahaman mengenai kemampuan penyelidikan ilmiah; juga standar ilmu pengetahuan dan teknologi dalam teknologi perancangan. Bu Flores memutuskan untuk bekerja lebih keras khususnya dalam dapat membantu para siswanya mengembangkan setiap kemampuan inkuiri, mulai dari cara mengemukakan pertanyaan yang baik, membuat pengujian yang “adil”, serta mengkomunikasikan penjelasan

dalam berbagai cara berbeda dan penuh makna. Pada akhirnya, ia membantu para siswanya untuk memahami apa yang para ilmuwan lakukan dengan menghubungkan apa yang sudah dilakukan oleh para siswa dengan apa yang dilakukan oleh para ilmuwan.

Pada kelas sekolah dasar seperti kelas Bu Flores, kegiatan pembelajaran sains juga dapat membantu para siswa untuk mengembangkan kemampuan bahasa dan matematika – hal yang sangat penting dan harus diperhatikan bagi anak-anak. Pada kelas bu Flores, siswa mengembangkan kemampuan untuk mengkomunikasikan pengamatan mereka secara lisan maupun tulisan, untuk mengemas dan membagikan penjelasan mengenai penyelidikan mereka dengan alasan yang logis, dan untuk mengukur, menyajikan, dan menginterpretasi data pengamatan yang diperoleh. Kegiatan tersebut menunjukkan keterpaduan potensi dari kegiatan pembelajaran sains di dalam kelas bagi siswa sekolah dasar.

Hal-hal Penting pada Inkuiri di dalam Kelas. Unit pembelajaran yang disampaikan oleh Bu Flores memiliki semua hal-hal penting dari proses inkuiri di dalam kelas. Para siswanya mengidentifikasi pertanyaan berdasarkan ketertarikan mereka pada cacing tanah dan kemudian merancang penyelidikan mereka sendiri. Pertanyaan-pertanyaan dihasilkan dari pemahaman mereka sendiri mengenai karakteristik dan lingkungan cacing tanah, serta keingintahuan mereka terhadap binatang tersebut, sehingga pertanyaan-pertanyaan tersebut kemudian memandu mereka untuk melakukan penyelidikan.

Pada saat mereka mengembangkan jawaban dari pertanyaan-pertanyaan yang mereka buat sendiri, Bu Flores membantu mereka memahami bahwa mereka memerlukan bukti dan seperti apa bukti yang mereka perlukan itu. Mereka mencari bukti-bukti melalui penyelidikan yang cermat dan apa yang mereka baca dalam buku-buku ilmiah. Dengan mempelajari mengenai pengujian yang adil meningkatkan kemungkinan bahwa bukti-bukti yang mereka dapatkan adalah benar. Ketika mereka mengumpulkan bukti-bukti tersebut, mereka membangun sebuah penjelasan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan mereka sendiri. Kelompok yang mencari lingkungan yang paling disukai oleh cacing mengamati bagaimana cacing tanah berperilaku dalam "rumah" dengan beragam tingkat kelembapan dan sampai pada penjelasan kadar kelembapan yang sesuai; kelompok yang memeriksa kebiasaan makan cacing mengamati jumlah lubang yang dibuat oleh cacing pada beragam buah-buahan dan sayuran yang diumpankan dan menerangkan "makanan kesukaan" cacing dari data tersebut. Melalui penyelidikan-penyelidikan tersebut, para siswa mengembangkan penjelasan-penjelasan mereka sendiri menggunakan bukti-bukti yang mereka kumpulkan dan membandingkannya dengan penjelasan ilmiah yang telah dipublikasikan dari buku teks, buku perpustakaan dan situs internet. Akhirnya, para siswa mengkomunikasikan pembelajaran mereka dalam berbagai cara, menerangkan apa yang telah mereka kerjakan, hasil apa saja yang telah mereka capai, dan bagaimana mereka mengetahui bahwa hasil yang mereka peroleh adalah benar. Komunikasi ini juga memberikan oleh Bu Flores suatu bahan penilaian mengenai pemahaman para siswanya terhadap daur hidup makhluk hidup dan kemampuan-kemampuan inkuiri siswa. Sewaktu di kelas tiga, siswa kelas Bu Flores belum mulai mengembangkan kemampuan inkuiri mereka dengan baik. Namun karena Bu Flores menyadari bahwa penggunaan cacing tanah akan melibatkan penyelidikan selama beberapa pekan, ia mengambil keuntungan bahwa hal itu dapat dimanfaatkan dengan baik dalam perhatiannya mengembangkan kemampuan inkuiri siswa sambil memahami materi pelajaran. Dengan demikian, inkuiri yang dijalankan oleh para siswa di kelasnya relatif merupakan inkuiri terbuka, dengan sebanyak mungkin pendampingan yang diperlukan untuk meyakinkan bahwa dalam kelas tersebut terdapat banyak pilihan pertanyaan untuk diselidiki, banyak macam rancangan penyelidikan yang diajukan dan komunikasi yang jelas akan terhadap hasil-hasil yang diperoleh.

Model Pembelajaran. Kegiatan yang dilakukan oleh Bu Flores tersebut menggambarkan sebuah ketertarikan dan urutan yang kompleks dari suatu kegiatan pembelajaran. Pada awal kegiatan, Bu Flores terus mengajak para siswanya untuk

beberapa kali terlibat untuk mendapatkan pengalaman belajar secara langsung, pertama kali hampir secara tidak sengaja saat mereka terpaku pada cacing tanah ketika mempelajari sebuah lahan kosong. Selanjutnya Bu Flores melibatkan mereka kembali untuk memeriksa daerah di mana biasanya cacing tanah ditemukan sehingga mereka dapat memikirkan tentang "rumah" seperti apa yang akan mereka buat untuk cacing-cacing tanah pesanan mereka.

Ketika Bu Flores memusatkan perhatian para siswa pada pertanyaan-pertanyaan yang mereka buat serta gagasan-gagasan mereka tentang cacing tanah, mereka mulai mengeksplorasi karakteristik, lingkungan dan daur hidup cacing tanah. Mereka membuat pengamatan dari hari ke hari, pekan ke pekan; menguji gagasan-gagasan mereka; mengajukan penjelasan; dan berbagi apa yang telah mereka pelajari dengan yang lain. Bu Flores menyatukan mereka kembali pada dasar materi yang sama untuk membantu mereka merumuskan apa yang telah mereka pelajari dan membuat penjelasan bersama. Ia memperkaya penjelasan mereka dengan informasi ilmiah dari buku-buku perpustakaan.

Menjelang akhir pembahasan materi tersebut, Bu Flores kemudian memberikan siswanya kesempatan untuk mengelaborasikan apa yang telah mereka pelajari. Kunjungan dari para ilmuwan memperdalam pemahaman para siswa terhadap bagaimana bagaimana penyelidikan yang mereka lakukan memiliki kemiripan dengan yang dilakukan oleh para ilmuwan. Akhirnya, pertanyaan berkelanjutan dan pendampingan Bu Flores memberikan baik para siswa maupun Bu Flores sendiri kesempatan untuk mengevaluasi kemajuan yang mereka buat selama kegiatan berlangsung. Tugas untuk berspekulasi tentang apa yang akan mereka lakukan bila mengulang kembali percobaan, beserta alasannya, memungkinkan mereka merefleksikan kembali dan menilai proses serta memberikan makna terhadap kerja mereka.

Model pembelajaran tidak untuk digunakan sebagai alat pengunci yang membatasi fleksibilitas guru dalam memfasilitasi siswanya ketika melakukan inkuiri ilmiah yang sangat dipengaruhi oleh kebutuhan dan ketertarikan siswanya. Hal ini digambarkan dengan ketidakmungkinan untuk mengatakan pada tahap mana suatu langkah pembelajaran dihentikan dalam kegiatan Bu Flores dan langkah mana yang baru dimulai: para siswa selalu terlibat dalam proses mengeksplorasi, menjelaskan, mengelaborasi dan mengevaluasi sepanjang pekan yang mereka gunakan untuk mempelajari cacing tanah. Bagaimanapun juga, model pembelajaran membantu Bu Flores menyusun kegiatan pada awalnya dan untuk memantau serta menilai perkembangan belajar para siswanya selama pelaksanaan kegiatan.

GAMBARAN INKUIRI DI KELAS 5-8

Setiap tahun Pak Gilbert selalu menunggu kesempatan untuk mengajar mengenai materi tata surya, khususnya mengenai fase bulan (lihat Tabel 3-3). Berdasarkan pengalaman yang lalu, Pak Gilbert mengetahui bahwa kebanyakan siswa sekolah menengah mengalami kesulitan dalam hal menjelaskan fase-fase bulan dengan pengamatan secara langsung, yang membuat pembahasan materi ini menantang dan juga menyenangkan. Lebih jauh, pembelajaran mengenai materi fase-fase bulan ini juga menyediakan berbagai kesempatan bagi para siswanya untuk dapat mengembangkan kemampuan inkuiri yang kritis; menggunakan peralatan ilmiah untuk meningkatkan dan mengevaluasi ketepatan pengamatan mereka, untuk merancang dan melakukan penyelidikan yang menguji dugaan mereka serta untuk berpikir secara kritis dan logis mengenai hubungan antara bukti dan penjelasan.

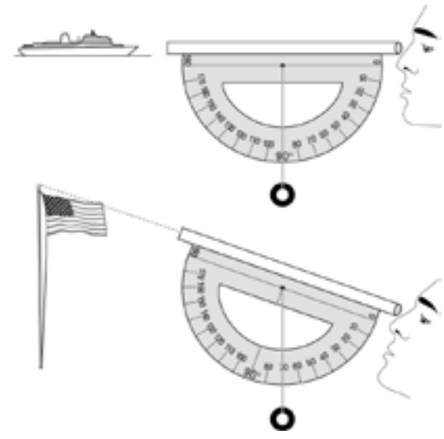
Pada awal pembahasan tentang tata surya, Pak Gilbert menekankan pentingnya materi tersebut serta teknik pengumpulan bukti tentang dunia dan merekamnya dalam buku catatan. Sebagai contoh, ketika ia meminta para siswa di kelas-kelas sainsnya beberapa pekan yang lalu untuk membuat jam matahari menggunakan bayangan, ia mendorong mereka untuk merekam data tentang posisi, ukuran serta arah bayangan yang mereka pelajari, dan untuk mencatat laju pergerakan bayangan. Ia juga meminta para siswa untuk menyertakan gambaran rinci dan membuat sketsa yang melukiskan perubahan pergerakan bayangan yang

diamati. Mereka melaksanakan instruksi-instruksinya dengan seksama dan merekam hasil-hasilnya dalam buku catatan sains mereka.

Dalam kegiatan belajar sebelumnya, siswa Pak Gilbert mempelajari bagaimana cara membuat dan menggunakan beberapa peralatan sederhana yang dapat membantu mereka untuk membuat data dan mengumpulkan bukti yang lebih akurat. Salah satu alat yang akan mereka gunakan dalam mempelajari bulan adalah sektan sederhana yang terbuat dari busur derajat, sedotan plastik, dan sebuah tali dengan bandul cincin logam. Mereka telah menempelkan tali dengan bandul cincin logam tersebut pada dasar busur derajat menurut garis 90°. Kemudian mereka menempelkan sedotan di sepanjang garis busur derajat (menurut garis 0° - 180°). Ketika mereka melihat sebuah obyek secara mendatar sejajar cakrawala melalui lubang sedotan, tali berbandul bergantung pada posisi garis 90°. Ketika mereka memutar sedotan untuk mengamati suatu obyek tepat di atas kepala mereka, tali berbandul akan berubah pada posisi di sepanjang garis 0° - 180° pada busur derajat. Ketika siswa melihat suatu obyek di langit melalui lubang sedotan, tali berbandul tersebut akan bergantung lurus dan menyentuh garis di busur derajat, yang menunjukkan besarnya sudut objek pengamatan dari acuan batas garis cakrawala. Sebagai contoh, sebuah objek di atas kepala akan memiliki sudut sebesar 90° terhadap garis cakrawala. Para siswa juga belajar menggunakan kompas untuk mengetahui "azimuth" objek tersebut – yaitu jarak dari bidang utara/selatan terhadap garis cakrawala, arahnya dinyatakan seperti N 30° E. Dengan sudut elevasi ditambahkan dengan azimuth, siswa dapat sepenuhnya menggambarkan lokasi sebuah obyek: azimuth dapat memberikan informasi mengenai arah dan sudut elevasi menginformasikan pada mereka ketinggian dari obyek yang diamati dari batas cakrawala.

Siswa telah berlatih bagaimana cara menggunakan sektan dan kompas dengan menentukan sudut elevasi dan azimuth dari pohon, tiang bendera yang ada di sekolah, tiang telepon, bangunan-bangunan tinggi, dan pesawat yang melintas di udara. Data-data kelompok telah ditampilkan dalam bentuk tabel di depan kelas untuk mengidentifikasi adanya keanehan atau ketidaksesuaian data, juga untuk menentukan kisaran nilai data yang dapat diterima pada pengukuran (batas uji kesalahan). Pak Gilbert mendapati bahwa kegiatan penyelidikan mengenai penggunaan alat, dipadukan dengan diskusi dan presentasi mengenai data yang diperoleh, sangat membantu siswa dalam mengevaluasi dan menentukan tingkat ketepatan suatu data dalam hal pembuatan laporan.

Pengenalan Pembelajaran. Hari ini Pak Gilbert berencana untuk memperkenalkan siswanya pada materi fase-fase bulan. Dia mengetahui, berdasarkan



ilustrasi penggunaan busur derajat
Dalam ilustrasi di atas, sebuah sektan sederhana (sebagaimana yang diuraikan pada teks) digunakan untuk menentukan sudut inlkinasi puncak sebuah tiang bendera. Seorang siswa pertama-tama melihat cakrawala, dengan sudut 90° terbaca pada sektan. Kemudian ia melihat pada puncak tiang bendera, yang menunjukkan sudut 70° pada sektan. Untuk menentukan sudut inklinasi, siswa tersebut harus menentukan perbedaan antara sudut yang terbaca di sektan untuk puncak tiang bendera, yaitu 70°, dengan untuk garis cakrawala, yaitu 90°. Dengan demikian, sudut inklinasi untuk puncak tiang bendera dari tempat siswa melihatnya adalah 20°. Tinggi dari tiang bendera dapat ditentukan setelah jarak dari tempat siswa dengan tiang bendera diukur. Bila mengamati benda-benda di di langit, sudut elevasi di atas cakrawala dapat ditemukan dengan menentukan perbedaan antara 90° (cakrawala) dengan bacaan sudut pada sektan ketika obyek tersebut dilihat melalui lubang sedotannya. Untuk penulisan yang lebih jelas, pada busur yang digambar hanya ada satu skala 180° - 0° , tidak seperti busur lain yang juga memiliki skala 0° - 180°. Perbedaan antara 90° dengan sudut yang terbaca pada sektan akan selalu sama pada semua skala yang lain.

Tabel 3-3. Ringkasan dari Standar pada Materi Ilmu Pengetahuan Bumi dan Antariksa, pada kelas 5-8

Sebagai hasil dari kegiatan pada kelas 5-8, seluruh siswa harus dapat mengembangakan pemahaman mengenai Bumi sebagai Tata Surya
■ **Umumnya benda langit yang berada dalam tatanan Tata Surya bergerak secara teratur dan menurut lintasannya. Pergerakan tersebut menjelaskan fenomena seperti hari, tahun, fase-fase bulan, dan jenis-jenis gerhana (halaman 160).**

pengalamannya melakukan sendiri, mengamati fase bulan bisa cukup menantang karena kemungkinan adanya gangguan sewaktu-waktu dari awan, tapi dia merasa bahwa siswanya dapat mempelajari lebih dalam melalui kesempatan melakukan penyelidikan terhadap kejadiannya secara langsung. Dia telah memutuskan untuk memulai pelajaran tersebut hari ini karena fase bulan baru terjadi dua hari yang lalu dan, selama dua minggu kedepan, bulan tersebut akan nampak jelas pada sore dan pagi hari.

Pak Gilbert memulai pelajaran tersebut dengan meminta siswanya untuk menuliskan apa saja yang mereka ketahui seputar bulan dan pertanyaan apa saja yang mereka miliki mengenai bulan. Pak Gilbert kemudian meminta mereka untuk mendiskusikan apa saja yang mereka tulis bersama dengan rekannya, dan membuat catatan mengenai setiap pertanyaan mereka. Berdasarkan diskusi tersebut, Pak Gilbert meminta para siswanya untuk menggabungkan semua pertanyaan menjadi daftar pertanyaan dan pembahasan kelas mengenai bulan. Pak Gilbert mendapati enam hal dari catatan tersebut yang dia ketahui sangat penting dalam memahami fase-fase bulan:

Hal yang kami ketahui mengenai bulan	*Pertanyaan kami mengenai bulan*
Bulan berubah bentuk	**Bagaimana mungkin bulan dapat terlihat di siang hari?**
Ukuran bulan lebih kecil dari bumi	**Mengapa gerhana tidak sering terjadi?**
Orang telah mencapai bulan dan berjalan di atasnya	**Apa yang menyebabkan terjadinya fase bulan?**

Kemudian Pak Gilbert bertanya pada beberapa siswanya mengenai kebenaran dari ketiga hal yang berada di kolom sebelah kiri. Jawaban mereka termasuk "Karena saya melihatnya di TV," "Ibu saya yang mengatakannya," "Saya membacanya sendiri dari buku yang diberikan oleh bibi saya," dan "Guru kami ketika kelas empat memperlihatkan video nya." Selama diskusi berlangsung, siswa mengenali bahwa penjelasan tersebut terlalu dangkal jika dibandingkan dengan apa yang dapat mereka pelajari melalui pengamatan dan pengumpulan data selama kegiatan mengamati fase-fase bulan.

Melakukan Penyelidikan. Pak Gilbert kemudian mengajak siswanya untuk melakukan penyelidikan selama lima minggu untuk mengamati perilaku bulan, yang dapat membantu menjawab hampir seluruh dari pertanyaan yang mereka ajukan. Mereka akan memulai dengan mengamati bulan dan mengumpulkan bukti berupa posisi, bentuk dan gerakannya. Dia meminta siswanya untuk berbagi tugas dalam kelompok-kelompok yang masing-masing terdiri dari empat orang siswa, menyarankan agar selama sepekan pertama semua siswa ikut mengamati, dan setelah itu masing-masing siswa akan bertanggungjawab untuk satu pekan pengamatan, lalu semua data dikumpulkan. Tugas yang diberikan adalah melakukan minimal sekali pengamatan bulan dari jarak pandang terdekat dan membuat sketsa penampakan fase bulannya.

"Tapi apa yang akan kita lakukan jika langitnya berawan?" tanya salah seorang siswa. Mereka berdiskusi mengenai hal tersebut dan sepakat bahwa mereka juga akan mencatat kondisi udara serta memperkirakan posisi munculnya bulan dan bentuk penampakannya. Pak Gilbert setuju bahwa, apabila pengamatan langsung yang dilakukan tidak berhasil, maka mereka harus mencari cara yang lain, termasuk melalui koran ataupun internet, untuk mengklarifikasikan hasil perkiraan mereka dan menghasilkan membuat catatan seakurat mungkin untuk 35 hari berurutan selanjutnya.

Keesokan harinya Pak Gilbert mengajak siswanya keluar kelas untuk melakukan pengamatan bulan yang pertama dan memastikan bahwa mereka memahami bagaimana cara melakukan pengamatan rutin setiap harinya, termasuk mengukur sudut elevasi (ketinggian) dan azimut. Setiap hari selama lima minggu selanjutnya, masing-masing siswa mencatatkan data yang mereka peroleh pada tabel yang ditempel di dinding kelas, yang hampir mirip dengan tabel catatan perorangan. Selama pengumpulan data tersebut berjalan, para siswa melakukan aktivitas sains yang lain dari kurikulum yang ada.

Pada hari terakhir di minggu ke-lima pengamatan, siswa kembali pada pembahasan materi bulan, memulai peralihan dari pengumpulan dan analisis data menjadi pengembangan konsep baru mengenai fase-fase bulan.

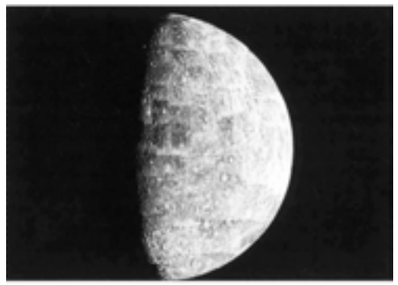
Ketika semua kelompok mengulas kembali data

pengamatan mereka pada tabel yang ada, diskusi menarik mulai terjadi. Dengan beberapa "pancingan" dari Pak Gilbert, siswa mulai berbicara mengenai model-model yang mungkin dapat memberi penjelasan bagi data yang telah mereka peroleh – sebuah aspek yang penting dalam melakukan sains. Pak Gilbert memutuskan untuk memulainya dengan sebuah model yang dapat menjelaskan tentang fase-fase bulan yang telah dicatat oleh siswa selama pengamatan. Dia memfasilitasi siswa dengan tusuk gigi dan sebuah manik-manik kecil, lalu meminta mereka untuk membuat suatu pertimbangan dengan percobaan ini: "Jika kalian meletakkan manik-manik tersebut pada ujung tusuk gigi, mengumpamakannya sebagai bulan, dan memegangnya sejauh lengan ke arah depan, berapa banyak permukaan "bulan" yang dapat kau lihat dengan matamu?" Pak Gilbert meminta siswanya untuk menggambarkan perkiraan mereka. Kemudian dia meminta seluruh siswanya untuk keluar kelas dan menguji percobaan mereka tersebut. Ketika mendatangi tiap-tiap kelompok, Pak Gilbert meminta siswanya untuk melakukan bentuk-bentuk pengamatan lainnya. "Cobalah untuk memegang tusuk gigi yang telah diberi manik-manik itu kesamping. Sekarang lihat bentuknya dan lihatlah bentuk sinar matahari yang mengenai manik-manik itu." Para siswa heran ketika menemukan bahwa penampakan bulan dan manik-manik yang terlihat adalah sama. Pak Gilbert mengetahui bahwa pengalaman tersebut akan memberi siswanya kesempatan untuk merasakan apa yang menyebabkan terjadinya fase-fase bulan. Dia juga mengetahui bahwa hal tersebut akan membantu mereka memahami

sesuatu tentang penggunaan batasan-batasan dan pemodelan, yang membantu mereka tidak hanya untuk mempelajari bulan, tetapi untuk memahami bahwa pemodelan merupakan alat bantu yang seringkali digunakan oleh para ilmuwan untuk membangun dan menguji pengetahuan yang baru.

Membangun Sebuah Pemodelan. Di hari berikutnya, pada akhir pengamatan, Pak Gilbert meminta siswanya untuk melihat diagram fase-fase bulan yang telah mereka buat setelah lima pekan pengamatan dengan lebih seksama. Pak Gilbert bertanya: "Menurut kalian apa yang menyebabkan terjadinya pengulangan fase bulan setiap bulannya?" Dia meminta semua siswa bekerja dalam kelompok-kelompok yang beranggotakan masing-masing tiga orang dan berdiskusi selama 10 menit, hingga dua penjelasan yang berbeda dihasilkan. Beberapa siswa mengungkapkan bahwa bayangan bumi menutupi permukaan bulan dengan luas yang berbeda-beda pada setiap waktu yang berbeda selama satu bulan, menghasilkan perbedaan fase bulan yang nampak. Yang lain mengatakan bahwa ketika bulan bergerak menurut orbitnya mengelilingi bumi, kita melihat perubahan luas permukaan bulan yang terkena sinar matahari, yang kemudian tampak sebagai fase bulan. Selanjutnya Pak Gilbert meminta siswanya untuk membuat kelompok-kelompok kecil berdasarkan perbedaan penjelasan mereka. Dia meminta masing-masing kelompok untuk menamai gambar yang mereka buat agar dapat menunjang penjelasan mereka terhadap perubahan bentuk bulan. Pak Gilbert dapat mengatakan dalam diskusi tersebut bahwa banyak dari siswanya yang merasa kurang percaya diri tentang apa yang mereka sampaikan. Bagi sebagian yang lainnya, perbedaan penjelasan terlihat masuk akal. Sebelum membubarkan mereka, Pak Gilbert meminta siswanya untuk memikirkan mengenai model yang mungkin mereka gunakan untuk menguji kedua penjelasan yang berbeda tersebut.

Keesokan harinya, siswa merancang sebuah penyelidikan untuk menguji penjelasan yang mereka ajukan. Dengan menggunakan bola globe sebagai bumi, bola tenis sebagai bulan, dan sinar dari proyektor sebagai matahari, masing-masing kelompok siap untuk memanipulasi peralatan tersebut dalam ruang gelap untuk mengetahui hubungan antara posisi relatif dan gerak suatu benda hingga menghasilkan suatu pola fase-fase bulan. Penyelidikan tersebut memberikan kesempatan pada siswa untuk mengklarifikasi



pertanyaan mengenai fase-fase bulan, menentukan apa dasar-dasar dari bukti yang mendukung setiap penjelasan, model bagi setiap alternatif penjelasan, dan menentukan penjelasan untuk fase-fase bulan yang didukung oleh bukti-bukti yang mereka kumpulkan di kegiatan sebelumnya.

Untuk mengetahui sejauh mana pengetahuan siswa sebelum kegiatan dimulai, Pak Gilbert bertanya pada para siswanya gambar seperti apa yang seharusnya ditunjukkan menurut pemikiran mereka. Para siswa setuju bahwa mereka harus memperlihatkan: 1) Posisi bumi dan bulan ketika melihat ke bawah dari kutub utara, 2) sumber dan lintasan dari sinar matahari menggunakan tanda-tanda panah dan, 3) bayangan untuk bumi/bola globe dan bulan/bola tenis. Mereka juga setuju bahwa posisi bayangan bumi dan bulan berada pada daerah kritis. Dengan konsistensi keadaan yang mereka gambarkan, akan lebih mudah untuk membandingkan temuan dan penjelasan untuk fase-fase bulan. Pak Gilbert mendorong siswanya untuk membuat gambaran tentang bagaimana bentuk bulan dalam berbagai posisi dalam lintasannya mengelilingi bumi.

Pak Gilbert berkeliling di antara tiap kelompok, memeriksa bagaimana para siswanya mempersiapkan bahan-bahan untuk penyelidikannya dan mendengarkan dengan seksama apa saja yang dibicarakan oleh mereka. Dia juga memastikan untuk melihat gambar yang dibuat oleh para siswanya tersebut. Dari waktu ke waktu Pak Gilbert memberikan pertanyaan pada siswanya untuk mengetahui pemahaman siswa dan meluruskan kembali pemikiran mereka mengenai hubungan antara bukti dan penjelasan. “Bentuk bulan yang bagaimanakah yang akan kalian lihat apabila bumi, matahari dan bulan berada dalam posisi seperti sekarang ini? Di manakah seharusnya bulan berada di masa kuartal pertama bulan (seperempat bulan awal)? Tunjukanlah di mana seharusnya bayangan bumi jatuh. Bukti apa yang kalian miliki untuk mendukung kesimpulan kalian atau yang mengubah pemikiran kalian?“ Pak Gilbert meminta siswanya untuk menunjukkan arah gerakan bulan mengelilingi bumi pada pemodelan yang mereka buat. Kemudian Pak Gilbert bertanya: “Bagaimana kalian mengetahuinya? Bukti apa yang memandu kalian membuat kesimpulan seperti ini?“ Ketika memang dibutuhkan, Pak Gilbert meminta siswanya untuk melihat data pada tabel yang dimiliki oleh kelas tersebut: “Model yang baik akan mampu menjelaskan data.“ Mendengarkan percakapan antar siswa sambil mengarahkannya dengan beberapa pertanyaan membuat Pak Gilbert mampu memberi penilaian kemajuan siswanya dalam memahami penyebab terjadinya fase-fase bulan. Hal tersebut juga memungkinkan bagi Pak Gilbert untuk menilai sebaik para para siswanya menggunakan kemampuan-kemampuan inkuiri tertentu seperti berpikir kritis dan logis mengenai hubungan antara bukti yang mereka peroleh pada pembelajaran sebelumnya dengan penjelasan.

Pak Gilbert memulai kelas selanjutnya dengan mengajukan pertanyaan pada masing-masing kelompok untuk menjelaskan gambar-gambar model mereka di depan kelas dan mengajak semua siswa untuk melihat hasilnya. Kemudian Pak Gilbert meminta setiap kelompok untuk menjelaskan kesimpulan mereka terhadap perbedaan penjelasan mengenai fase-fase bulan. Pengamatan dan interpretasi mereka sepertinya

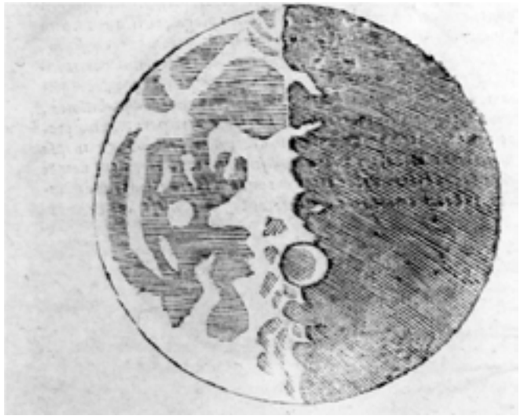
mendukung suatu penjelasan, bahwa ketika bulan bergerak dalam lintasannya mengelilingi bumi, luas sisi permukaan bulan yang disinari matahari terlihat berubah-ubah dari bumi. Siswa setuju bahwa ketika membandingkan urutan fase-fase bulan pada model yang mereka buat dengan fase-fase bulan yang yang terdapat dalam penanggalan membantu mereka untuk memahami bentuk hubungan yang terjadi antara

bumi, matahari dan bulan. Pak Gilbert menanyakan bukti apa yang dianggap dapat sangat membantu untuk menguji berbagai penjelasan yang berbeda. Beberapa kelompok setuju bahwa posisi bayangan bumi selama satu bulan adalah bukti yang menentukan. Pak Gilbert bertanya mengapa mereka menjawab demikian. Para siswa menjelaskan bahwa orientasi bayangan bumi menutupi bulan dari berbagai arah selama satu bulan. Satu kelompok menegaskan bahwa, selama fase seperempat bulan pertama, bayangan bumi akan membelok ke sudut kanan bila akan jatuh mengenai bulan. “Hal tersebut bukanlah cara dari cahaya dan bayangan bekerja.“ Berdasarkan bukti tersebut, bahkan siswa yang mengungkapkan pemodelan “bayangan bumi“ memutuskan untuk menolaknya. Untuk mengecek pemahaman mereka, Pak Gilbert bertanya, “Bagaimana pengaruhnya pada urutan fase-fase bulan, bila bulan mengelilingi bumi dengan arah yang berlawanan?“ Penyelidikan tersebut menimbulkan sebuah masalah bagi beberapa kelompok siswa. Siswa merasa bingung karena pada beberapa gambar yang mereka buat, sepertinya akan terjadi gerhana bulan dan gerhana matahari dalam setiap bulannya. “Pasti ada kesalahan pada model yang kami buat karena kami tahu hal tersebut tidak terjadi.“ “Pengamatan yang baik,“ puji Pak Gilbert “Apa yang harus kalian ubah agar model fase bulan yang kalian buat tidak menghasilkan gerhana setiap bulannya? Informasi tambahan apa yang sekiranya dapat menolong kalian? Bahan-bahan referensi apa yang mungkin untuk kalian gunakan?“ Seisi kelas sepakat memutuskan untuk mencari jawaban dari buku-buku teks mereka dan

gambar Alam Semesta Versi Copernican “Di tengah semuanya bersemayam sang matahari”, kata Copernicus. Baginya, alam semesta adalah sistematis, matematis, dapat diketahui, dan di luar semua itu, sederhana. Dalam diagram dari De revolutionibus Bumi adalah nomor v, “Telluris,” dihitung dari lingkaran terluar bintang-bintang. Copernicus tidak seluruhnya mengikuti pemikiran Aristoteles dan Ptolomeus, namun ia juga percaya bahwa orbit-orbit berbentuk melingkar dan seragam. -- Bruno, L.C. (1987). The Tradition of Science.

mencari referensi dari pusat sumber media.

Ketika kelas mulai berdiskusi mengenai apa yang mereka baca, Pak Gilbert kemudian bertanya pada siswanya mengenai lintasan orbit bulan dalam mengelilingi bumi, dan membandingkannya dengan lintasan orbit bumi mengelilingi matahari, serta pergerakannya selama satu tahun. Kelompok-kelompok siswa tersebut kemudian memodifikasi model tata surya yang mereka buat yaitu bumi, matahari dan bulan dan mengubah gambar yang telah mereka buat untuk menerapkan informasi tambahan tersebut. Pada saat itu, Pak Gilbert meminta mereka untuk melihat kembali pekerjaan mereka sebelumnya sebagai bagian dari refleksi mengenai pemodelan dengan globe, bola tenis dan sumber cahaya yang mereka gunakan, seperti yang pernah mereka lakukan dengan manik-manik pada tusuk gigi. Pak Gilbert bertanya lagi, “Fitur model manakah dapat bekerja dengan baik dan yang mana yang tidak?” Siswa menjawab bahwa model yang diterapkan tidak dapat bekerja dengan baik ketika menjelaskan mengenai perubahan ketinggian bulan diukur dari batas horizontal, tetapi dapat dengan baik



Gambar bulan oleh Galileo
Satu halamandari buku Galileo: "Starry Messenger". Buku Starry Messenger dari Galileo berisi gambaran teleskopik pertama dari bulan yang dipublikasi. Galileo menunjukkan bulan sebagai benda massif dengan permukaan tak beraturan. Gambar ini dengan dengan benar menunjukkan puncak-puncak pegunungan di bulan menangkap sinar matahari dan menimbulkan bayangan, panjang yang digunakan oleh Galileo untuk memperkirakan tinggi pegunungan-pegungan tersebut. -- Bruno, L.C. (1987). The Tradition of Science.

menunjukkan terjadinya fase-fase bulan.

Setelah diskusi tersebut, Pak Gilbert menekankan bahwa, secara historis, pemodelan memiliki peran yang penting dalam rangka memahami "semesta". Pak Gilbert kemudian mengajak siswanya untuk mengingat kembali sejarah pergerakan benda-benda langit. Pak Gilbert dan para siswanya membahas kembali, bahwa pada zaman para ilmuwan Copernicus dan Galileo pemodelan sistem tata surya yang diterima adalah bahwa seluruh planet dan bintang berputar mengelilingi bumi sebagai pusat tata surya. Mereka mendiskusikan bagaimana perkiraan tentang pola pergerakan bintang yang melintasi langit di malam hari digunakan untuk mendukung penjelasan tersebut. "Bukti apa yang ditemukan Galileo sehingga ia kemudian mempertanyakan penjelasan bahwa bumi adalah pusat tata surya?" tanya Pak Gilbert. Siswa menggunakan pertanyaan tersebut untuk untuk memusatkan pencarian bacaannya dari materi-materi referensi. Selama berlangsungnya diskusi, Pak Gilbert meminta siswanya untuk membandingkan cara berpikir pembuktian untuk menghasilkan penjelasan yang mereka lakukan dalam menguji dua penjelasan yang berbeda tentang fase-fase bulan dengan penyelidikan ilmiah yang dilakukan oleh Galileo – yang pada saat itu dia mengamati fase-fase bulan dari Jupiter kemudian membuat penjelasan berdasarkan bukti-bukti terebut. Bagi Galileo, penjelasan yang memungkinkan adalah dengan menempatkan matahari sebagai pusat tata surya dan bukannya bumi. Berdasarkan penyelidikan yang mereka lakukan, membaca literatur, dan diskusi, para siswa mulai memahami bagaimana suatu penjelasan ilmiah dirumuskan dan dapat didukung oleh bukti yang diperoleh, serta memahami bahwa komunitas ilmiah dapat menerima dan menggunakan berbagai penjelasan sampai akhirnya digantikan dengan penjelasan yang dianggap lebih baik. Siswa mengenali bahwa setiap penjelasan yang mereka miliki mungkin terlihat masuk akal, sampai kemudian semua pembuktian menentukan kebenarannya. Lebih jauh lagi, mereka tidak merasa malu ketika memberikan penjelasan yang ternyata tidak benar karena hasil pembuktian mengarah pada penjelasan yang berbeda. Ketika ketidaksesuaian itu terjadi, maka pemahaman ilmiah mengalami kemajuan.

Pada saat mencapai tahap tersebut, Pak Gilbert menganggap akan sangat membantu bila memberikan tugas bagi para siswanya di rumah. Masing-masing siswa diminta untuk melihat seluruh kegiatan yang telah mereka lakukan sejauh ini di kelas. Tugas mereka adalah untuk memilih dan mencatat dalam tabel ringkasan semua bukti yang mendukung maupun yang menyangkal pemodelan dari fase bulan di kelas. "Kalian harus mempertimbangkan setiap kegiatan yang telah kita lakukan. Tugas kalian adalah untuk membuat sebuah alasan terhadap penerimaan maupun penolakan dari model-model yang kita dapatkan di kelas. Beri perhatian khusus pada data yang telah kita kumpulkan selama pengamatan berlangsung. Pola apa yang ada pada data yang mendukung atau menyangkal model tersebut?"

Pak Gilbert menuliskan tugas yang harus dilakukan di papan tulis:

- Bagian 1: gambarkan dan tandai pemodelan yang kalian buat.
- Bagian 2: tuliskan bukti-bukti yang mendukung model tersebut.
- Bagian 3: tuliskan bukti-bukti yang membantah model tersebut.
- Bagian 4: tuliskan 1) sebuah penjelasan mengenai fase-fase bulan menggunakan konsep ilmiah; 2) sejumlah pertanyaan yang kalian miliki mengenai pergerakan bulan.
- Jumlah: tidak lebih dari 10 halaman. Tugas ini akan menjadi bagian utama dari penilaian

terhadap kalian untuk materi ini.

ANALISIS DARI GAMBARAN INKUIRI DI KELAS 5-8

Gambaran ini memperlihatkan bagaimana keragaman hasil belajar dapat dihasilkan melalui jenis-jenis penyelidikan berbeda yang dilakukan oleh siswa. Hal tersebut juga menunjukkan bagaimana urutan pengalaman pembelajaran yang dirancang dengan seksama oleh guru dapat membangun dan memperdalam pemahaman terhadap suatu konsep secara bertahap, melalui pemberian motivasi dan melibatkan banyak aktivitas.

Hasil Belajar. Pak Gilbert menggunakan kajian siswanya mengenai fase-fase bulan untuk membantu mereka mempelajari baik materi pelajaran sains dan inkuiri – mempelajari baik cara melakukan inkuiri dan apa inkuiri itu sendiri. Hasil belajar yang ingin dicapai dari materi pelajaran yang diajarkannya dikutip secara langsung dari standar ilmu pengetahuan bumi dan antariksa dari National Science Education Standards: gerakan yang teratur dan dapat diprediksi dari suatu obyek dalam tata surya menjelaskan fenomena yang terjadi seperti fase-fase bulan dan gerhana. Pak Gilbert menemukan bahwa dia juga dapat menggunakan urutan kegiatan pembelajaran dalam rangka membantu siswanya mengembangkan berbagai kemampuan inkuiri. Mereka memulainya dengan pengumpulan data mengenai fase-fase bulan melalui pengamatan secara langsung, menggunakan beberapa alat untuk meningkatkan keakuratan pengamatan mereka, dan menambahkan pengamatan secara langsung dengan data yang mereka peroleh dari berbagai sumber seperti koran dan internet. Penyelidikan juga membantu mereka belajar dalam menggunakan model-model untuk membuat penjelasan tentang fenomena alam, untuk mengevaluasi model yang mereka gunakan dari segi manfaat dan kelemahannya, dan mengumpulkan serangkaian bukti untuk menganalisis penjelasan-penjelasan alternatif dan menentukan penjelasan mana yang paling sesuai dengan bukti yang diperoleh.

Siswa Pak Gilbert juga memperdalam pemahaman mereka terhadap inkuiri ilmiah, ketika mereka mendiskusikan bagaimana penelitian Galileo mengenai fase-fase bulan dapat membantu masyarakat memahami konfigurasi atau susunan benda-benda yang berbeda di alam semesta. Kesempatan ini membantu mereka untuk memahami bahwa inkuiri ilmiah telah memiliki peran selama berabad-abad – bagaimana para ilmuwan berpikir dan bekerja untuk merumuskan dan memajukan pengetahuan ilmiah, serta berapa banyak pemahaman baru yang penting telah dihasilkan dari penyelidikan tentang alam semesta.

Ciri-ciri Penting pada Inkuiri di Dalam Kelas. Urutan kegiatan belajar yang telah digambarkan berisi semua dari lima ciri penting pada pembelajaran inkuiri dalam kelas yang tercantum dalam Bab 2. Beberapa dari ciri tersebut muncul beberapa kali pada urutan kegiatan belajar. Pak Gilbert melibatkan seluruh siswanya dalam pertanyaan-pertanyaan yang telah diarahkan secara ilmiah mengenai fase-fase bulan. Meskipun Pak Gilbert yang mengajukan beberapa pertanyaan, para siswa jadi terlibat secara mental dan merasa ikut memiliki setiap permasalahan yang diajukan. Dibantu oleh pertanyaan-pertanyaan Pak Gilbert, para siswa kemudian mengidentifikasi dua penjelasan yang berbeda dari penyebab terjadinya fase-fase bulan. Mereka membuat gambaran yang menunjukkan posisi relatif dan gerakan dari bumi, matahari, dan bulan untuk masing-masing penjelasannya. Pak Gilbert membantu para siswanya untuk menentukan apa saja yang akan menjadi bukti pendukung bagi masing-masing penjelasan mereka. Para siswa kemudian memanipulasi model-model tata surya untuk mengeksplorasi masing-masing penjelasan, untuk mengumpulkan bukti yang mendukung maupun yang menyangkal penjelasan-penjelasan yang ada. Mereka dengan bebas menggambarkannya pada literatur ilmiah sebagai pemahaman mereka, dan konsekuensinya adalah pertanyaan-pertanyaan mereka menjadi lebih sulit. Masing-masing kelompok siswa menyajikan dan mempertahankan hasil temuan mereka untuk dapat dijadikan penjelasan yang logis dan sesuai bukti mengenai fase-fase bulan.

Sangat beralasan untuk beranggapan bahwa semua siswa Pak Gilbert tidak memulai pembelajaran tersebut dengan kemampuan-kemampuan inkuiri yang sepenuhnya telah

berkembang. Dengan memahami bahwa urutan kegiatan belajar yang membantu para siswa memahami fase-fase bulan akan memerlukan penggunaaan semua kemampuan inkuiri mereka di tingkat tertentu, Pak Gilbert memutuskan untuk mengambil kesempatan tersebut untuk membantu siswanya secara khusus merefleksikan lebih spesifik terhadap bagaimana seseorang membuat dan mengevaluasi suatu penjelasan berdasarkan bukti yang diperoleh. Tujuannya adalah untuk membantu para siswa meningkatkan kemampuan-kemampuannya, menjadi lebih mandiri dan terlatih dalam menggunakan dan menerapkan isi dari ilmu pengetahuan yang telah dipelajari. Dia mengenalkan gagasan penting bahwa meskipun beberapa model pembelajaran dapat membantu baik bagi pembelajaran maupun terhadap pengembangan pengetahuan ilmiah siswa, setiap model pembelajaran memiliki keterbatasannya sendiri. Mengevaluasi dan mengkomunikasikan keuntungan dan kerugian dari penggunaan model tertentu ketika mempelajari mengenai fase-fase bulan dapat memperkuat kebutuhan untuk selalu kritis terhadap alat dan metode, dan memperhitungkannya kembali saat melakukan refleksi terhadap apa yang telah mereka pelajari dan kepercayaan diri yang mereka peroleh dalam pembelajaran tersebut, sangat mirip dengan yang dilakukan oleh para ilmuwan. Lebih jauh, Pak Gilbert mengambil keuntungan berdasarkan hal menarik dari konteks sejarah untuk memperluas pemahaman para siswanya terhadap inkuiri sains dan bagaimana para ilmuwan dahulu telah menggunakannya dengan tujuan memajukan ilmu pengetahuan alam.

Urutan Pembelajaran. Contoh yang diberikan oleh Pak Gilbert dan para siswanya menggambarkan suatu cara dari urutan aktivitas belajar mengajar yang konsisten menggunakan inkuiri. Kegiatan pembelajaran "berevolusi" dari berupa mengumpulkan data, kemudian menggunakan data tersebut untuk pengembangan konsep dan evaluasi dari beberapa model dan penjelasan. Ketika para siswa diberi pertanyaan mengenai frekuensi dari gerhana bulan, mereka menerapkan pengetahuan sebelumnya menjadi sebuah tantangan ilmiah yang baru. Pada awal urutan pembelajaran Pak Gilbert membantu para siswanya agar ikut terlibat dalam memikirkan fase-fase bulan dengan mendeteksi apa yang mereka pikirkan tentang bulan dan apa yang membuat mereka penasaran tentang hal itu. Kajian mereka berlangsung melalui pengamatan dalam waktu yang lama dan pengumpulan data selama kegiatan, lalu mengkaji lebih lanjut pola yang teramati dari perilaku bulan. Siswa membuat penjelasan sendiri mengenai fase-fase bulan dan menguji penjelasan mereka dan penjelasan dari siswa lainnya yang menggunakan model yang dapat mereka ubah, lalu terus menerus melakukan eksplorasi.

GAMBARAN DARI BENTUK PEMBELAJARAN INKUIRI DI KELAS 9-12

Pembelajaran yang gambarannya yang diuraikan berikut dimulai dengan pembahasan mengenai salah satu materi fisika tentang gaya dan gerak. Berdasarkan acuan kurikulum wilayah, setelah menyelesaikan materi fisika sekolah mengengah atas ini, siswa diharapkan mampu menggunakan Hukum Newton dan menjelaskan gaya yang bekerja pada benda dalam berbagai kondisi gerak. Sebagai tambahan, tujuan pembelajaran dari negara maupun wilayah termasuk untuk membantu para siswa untuk mengembangkan kemampuan melalukan inkuiri ilmiah dan memahami sifat-sifat dalam inkuiri ilmiah. (Lihat Tabel 3-4).

Pak Hull memulai sebagian besar kegiatan pembelajaran dengan satu atau beberapa pertanyaan ringkas untuk mengetahui pemikiran para siswa terkait situasi, permasalahan, dan gagasan-gagasan mengenai penyelidikan yang akan mereka lakukan beberapa hari kedepan. Hari ini, pada saat memulai kelas, dia bertanya pada para siswanya: "Apa yang kalian pikirkan ketika mendengar kata gaya?" Diantara jawaban-jawabannya adalah : "gravitasi adalah gaya," "dorongan, seperti ketika saya mendorong sebuah mobil," "sebuah dorongan atau tarikan terhadap sesuatu," dan "membuat seseorang melakukan sesuatu yang mereka inginkan."

Selama para siswa mengungkapkan gagasan awal mereka mengenai gaya, Pak Hull kemudian menuliskan satu per satu gagasan-gagasan tersebut di papan tulis. Ketika menulis di papan tulis, Pak Hull juga membagi gagasan-gagasan yang muncul berdasarkan dua

Tabel 3-4. Kutipan dari Standar Pengetahuan Fisika, Kelas 9-12

Sebagai hasil dari kegiatan yang dilakukan di kelas 9-12, semua siswa harus dapat mengembangkan pemahaman mengenai
Gerak dan Gaya

- **Benda-benda mengubah gerakan mereka hanya jika ada gaya lain yang diberikan terhadapnya. Hukum gerak digunakan untuk menghitung secara tepat efek yang dihasilkan gaya terhadap gerakan benda. Besarnya perubahan gerak dapat dihitung melalui hubungan F=ma, yang tidak bergantung pada sifat dari gaya. Kapanpun suatu benda mengerahkan gaya pada benda lainnya (aksi), maka suatu gaya yang sebanding besarnya dan berlawanan arah juga akan dikerahkan terhadap benda tersebut (reaksi).**
- **Gaya gravitasi merupakan gaya universal berupa setiap massa memberikan gaya pada massa . Kekuatan gaya tarik gravitasi antara dua massa adalah sebanding dengan massa-massa tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak kedua massa tersebut (halaman 179-180).**

kategori: jenis gaya, dan definisi dari gaya (misalnya.,"gaya adalah..."). Kedua kategori tersebut akan sangat penting dan mereka butuhkan dalam kegiatan Penjelasan mengenai Gerak.

Pak Hull menginginkan siswanya agar mampu mengungkapkan pemahaman mereka mengenai gaya, sehingga dia membimbing mereka untuk membuat bahan yang akan disampaikan. Dia berkata: "Sepertinya beberapa dari kalian berpikir bahwa gaya adalah dorongan atau tarikan. Apa saja sifat-sifat dari dorongan dan tarikan?" Seorang siswa berkata, "Keduanya berada pada satu arah tertentu yang sama dan memiliki ukuran tertentu." "Sehingga gaya adalah sebuah vektor," kata salah seorang siswa lainnya. Keberadaaan vektor sudah menjadi bagian pembahasan dari materi sebelumnya untuk menggambarkan gerak, dan siswa mengenali konteks baru untuk menerapkan gagasan tersebut.

Pak Hull menyusul dengan pertanyaan, "Sepertinya vektor mungkin dapat berguna untuk menunjukkan sebuah gaya? Bagaimana kalian akan menggunakannya?" Salah seorang siswa menanggapi, "Baiklah, semakin panjang bentuk panah menunjukkan gaya yang semakin besar dan arah dari panah tersebut menunjukkan arah dari gaya tersebut."

Pak Hull menunggu sejenak selagi siswanya berdiskusi tentang hal tersebut. Kemudian ia menyimpan sebuah buku di atas meja peraga yang ada di depan kelas dan meminta siswa untuk menggunakan panah

vektor untuk menggambarkan gaya-gaya yang bekerja pada buku yang diam di meja tersebut. Dia juga meminta siswa untuk memerhatikan aspek panjang dan arah vektor yang menggambarkan gaya tersebut kemudian memberi nama pada tiap gaya yang bekerja. Pak Hull kemudian berkeliling kelas mengamati para siswa yang sedang melakukan instruksinya, untuk mengetahui siswa-siswa mana yang memang benar-benar paham akan konsep gaya.

Meskipun ada beberapa variasi dari gambaran para siswa, ada satu perbedaan utama di antara di antara semuanya yang ia tahu akan terjadi. Beberapa dari siswa ada yang menggambarkan dan menamai gaya yang mengarah ke atas, sedangkan yang lain tidak. Berdasarkan pengalaman pribadinya ketika mengikuti pelatihan yang diselenggarakan oleh perguruan tinggi di daerahnya, Pak Hull telah mempelajari bahwa perbedaan tersebut merupakan bukti dari perbedaan konsep tentang gaya di antara para siswa. Setelah semua siswa selesai menampilkan hasil penggambaran mereka, Pak Hull menggambar dua buah buku di papan tulis. Pada salah satu buku, dia hanya menggambar gaya dengan anak panah yang mengarah ke bawah. Pada gambar buku yang satu lagi, Pak Hull menggambarkan gaya dengan anak panah yang mengarah ke atas dan ke bawah. Diantara kedua anak panah yang saling berlawanan tersebut, Pak Hull kemudian menggambarkan tanda tanya yang besar.

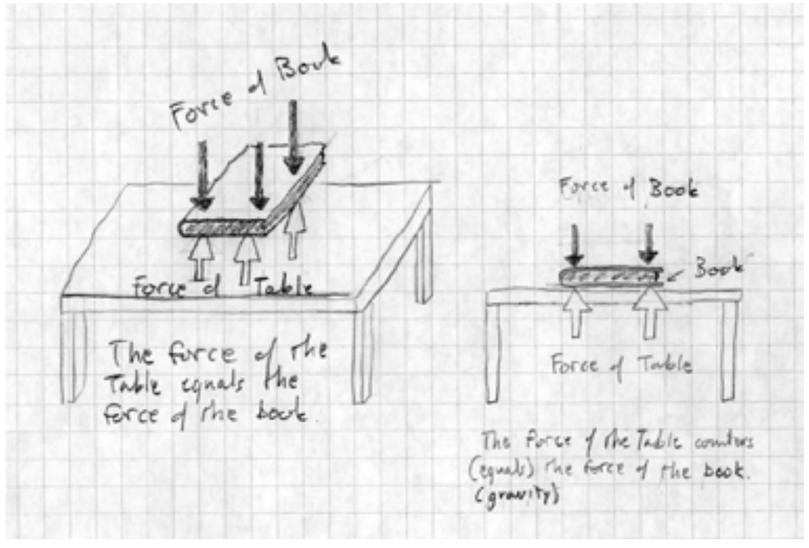
"Saya melihat ada satu perbedaan besar pada gambar tersebut," ungkapnya. "Sekitar separuh siswa menggambar gaya yang mengarah ke atas, dan sebagian lagi tidak. Hal tersebut memperlihatkan perbedaaan cara pandang kalian dalam memahami konsep gaya. Karena kita baru saja memulai pembahasan mengenai konsep gaya, maka sebaiknya kita putuskan dulu perbedaan ini. Jadi, mengapa sebagian dari kalian menganggap perlu untuk menggambarkan gaya yang mengarah ke atas dari meja tersebut? Dan, mengapa yang lain tidak berpikir untuk perlu memasukan gaya ke atas tersebut?"

Beberapa siswa mengungkapkan gagasan mereka, menyatakan bahwa jika meja tidak melakukan gaya terhadap buku, maka buku itu akan jatuh. Siswa yang lain mengatakan bahwa hanya dibutuhkan satu gaya yang mengarah ke bawah agar buku tetap berada dalam

keadaan diam. Tetapi yang lain membantah dengan menyatakan bahwa meja tidak dapat mendorong atau menarik apapun karena merupakan benda mati; sehingga tidak memiliki energi. Pak Hull mendapati bahwa banyak dari siswanya berpikir bahwa gaya dapat dilakukan oleh benda-benda yang aktif, jadi benda-benda pasif, seperti meja, tidak dapat melakukan gaya.

Pak Hull meminta pada tiap siswanya untuk mengambil buku dan menahannya dengan tangan terjulur. Kemudian Pak Hull meminta semua siswanya untuk menambahkan diagram pada kertas kerja mereka, yaitu sebuah diagram gaya yang bekerja pada buku tersebut ketika berada diam di atas tangan yang menjulur.

Dalam hal ini, sebagian besar siswa yang semula tidak menggambarkan gaya yang mengarah ke atas pada diagram gaya yang pertama kini diperlihatkan gaya ke atas tersebut. Ketika ditanya mengapa mereka tidak menggambarkan gambar tersebut sebelumnya, sebagian besar mengatakan bahwa hal tersebut tidaklah perlu. Pak Hull menekankan bahwa upaya mereka untuk memiliki penalaran yang konsisten pada berbagai kondisi patut dihargai dan penting dalam sains dan mata pelajaran lainnya.



"Apakah ada gaya yang mengarah ke atas pada buku itu?" tanya Pak Hull. Kemudian, untuk meningkatkan perbedaan penting dari pengalaman belajar, Pak Hull meminta siswanya untuk menambah buku yang disimpan di atas tangan mereka yang terjulur. Hampir semua siswa menyatakan bahwa ada gaya yang mengarah ke atas yang diakibatkan oleh tangan. Tetapi beberapa siswa masih memperhatikan pentingnya konsistensi dalam berbagai situasi, yang Pak Hull nyatakan sebelumnya di papan tulis bahwa "perlu ada penjelasan yang sama pada semua situasi, bila memungkinkan." Konsistensi dalam penjelasan merupakan aspek penting dalam pembelajaran sains yang diinginkan oleh Pak Hull dapat tertanam dalam pola pikir siswanya.

Selanjutnya, Mr Hull menggantung sebuah buku pada sebuah pegas dan meminta siswa untuk menggambar diagram yang ketiga dari buku yang tergantung pada pegas tersebut dan gaya yang bekerja pada buku pada saat buku sedang dalam keadaan diam. Sebagian besar siswa di kelas menggambarkan gaya ke atas oleh pegas dalam diagram mereka. Sebagian lagi menentangnya dengan alasan pegas adalah benda mati, sehingga tidak dapat menghasilkan gaya.

Pak Hull bertanya, "Lantas, jelaskan bagaimana bisa kalian menganggap bahwa meja tidak dapat menghasilkan gaya, tetapi pegas dapat menghasilkan gaya yang arahnya ke atas? Pegas juga sama-sama merupakan benda mati." Para siswa menjawab, "Pegas tersebut bergerak." "Pegas memendek atau memanjang."

Pak Hull lantas meminta siswanya untuk memikirkan tentang kemiripan situasi ketika mereka setuju untuk mengatakan bahwa ada gaya ke arah atas. Mereka menyatakan bahwa ketika buku berada di atas tangan dengan posisi menjulur, mereka dapat melihat atau merasakan adanya aktivitas otot untuk menopang buku tersebut, dan ketika buku tersebut digantung pada pegas mereka dapat melihat perubahan panjang pegas tersebut. Pak Hull menegaskan bahwa mereka memberikan tanggapan terhadap bukti mengenai gaya berdasarkan beberapa perubahan yang terlihat pada "obyek" yang menopangnya. Dia mengajak siswanya untuk mencari bukti pengamatan yang menunjang pemikiran dan berbagai kesimpulan mereka.

Pak Hull: “Bagaimana dengan kalian yang beranggapan bahwa meja memberikan gaya ke atas terhadap buku. Mengapa hal tersebut terlihat masuk akal bagimu?” Sambil berpindah ke samping, salah seorang siswa mengatakan, “Kapanpun sesuatu tetap berada dalam keadaan diam, jika ada gaya yang mendorongnya dari salah satu sisi, maka harus ada gaya lain dengan arah yang berlawanan agar benda tersebut tetap diam.” Pak Hull: “Saya membicarakan gaya yang arahnya horizontal, apakah hal tersebut juga berlaku bagi gaya yang arahnya vertikal?” Kembali dia membimbing siswanya untuk melihat konsistensi berdasarkan konteks tersebut, dalam hal ini, penjelasan terhadap semua keadaan diam suatu benda haruslah sama tanpa menghiraukan gaya tersebut merupakan gaya vertikal ataupun horizontal. Hal ini lantas memberikan alasan yang masuk akal untuk gaya yang mengarah ke atas.

Pak Hull meminta siswanya untuk memikirkan tentang pembuktian. “Bukti teramati apa yang kamu miliki bahwa meja memberikan gaya ke atas terhadap buku?” Beberapa siswa menyatakan bahwa meja dapat dibengkokkan sama seperti pegas. Yang lainnya menyangkal dan berpendapat bahwa meja peraga sangat berat, padat, yang termasuk benda tegar sehingga tidak dapat dibengkokkan. Para siswa mengusulkan perlunya sebuah percobaan yang kritis. “Bagaimana kita dapat melihat bahwa meja tersebut bengkok?“ Tanpa mendengar pendapat apapun dari siswanya, Pak Hull kemudian mengusulkan sebuah agar mereka menggunakan sebuah “pengungkit cahaya”. Ia mengeluarkan sebuah sumber cahaya (dalam hal ini senter laser penunjuk), dan meletakkannya hingga sinarnya mengenai permukaan meja yang mengkilap, dengan sudut yang sangat rendah. Dengan lampu ruangan yang dimatikan, orang dapat melihat ketika pantulan cahaya membentur dinding yang jauh. Guru memeriksa kembali agar yakin bahwa siswanya tahu apabila meja menjadi bengkok, cahaya pada dinding tersebut akan bergerak. Meskipun pergerakannya tidak mudah dilihat hanya dengan menempatkan sebuah buku di atasnya, ketika tumpukan buku semakin tinggi lalu diambil dan ditumpuk kembali, cahaya tersebut dapat terlihat mengalami pergerakan.

Setelah mengeksplorasi gagasan-gagasan mengenai gaya melalui pertanyaan-pertanyaan, diskusi-diskusi, dan beberapa kali pengamatan dalam banyak waktu di kelas, para siswa siap untuk dapat merangkum seluruh pengalaman belajar mereka di dalam kelas dan implikasinya bagi pengertian dari gaya. Salah seorang siswa menyatakan: “Karena meja menjadi bengkok, seperti penyangga pegas, segala sesuatunya harus berubah agar dapat menunjang buku. Perubahan bentuk adalah salah satu bukti yang dapat kita lihat ketika mengamati adanya gaya.” Siswa lainnya menambahkan, “Hal tersebut berarti bahwa kita harus memberikan penjelasan yang sama [termasuk tentang gaya ke atas] pada berbagai sistem ‘keadaan diam‘.“ Yang lain mengatakan: “Hal tersebut juga berarti bahwa kita tidak perlu khawatir, apakah penopang benda tersebut merupakan benda mati atau benda hidup. Kita dapat hanya memusatkan perhatian pada bukti teramati dari perubahan bentuk, meskipun mungkin kita memerlukan alat yang lebih peka [seperti senter laser] untuk dapat mendeteksi adanya perubahan bentuk.“ Pak Hull menegaskan bahwa ada satu “aturan“ sains: “Apabila sebuah alasan sederhana dan konsisten dapat berlaku dalam berbagai situasi, maka gunakan penjelasan yang lebih sederhana daripada mengandalkan penggunaan penjelasan berbeda yang bergantung pada beberapa karakteristik yang tak teramati seperti apakah suatu obyek menopang buku secara aktif atau pasif.“ Lebih jauh lagi Pak Hull memeriksa kembali aktivitas yang dilakukan oleh siswanya, menunjukkan “bahwa gaya dapat saja didefinisikan dengan cara membedakannya secara aktif/ pasif, tetapi untuk alasan seperti konsistensi dan mengaitkan gagasan pada bukti yang dapat diamati, konsep gaya yang dipaparkan oleh para ilmuwan lebih seperti apa yang telah kita temukan selama pembelajaran. Selain itu, kita mengetahui bahwa konsep ini telah digunakan dengan baik oleh para ilmuwan dalam jangka waktu lama. Seperti para ilmuwan, kita akan menerima gagasan yang ada mengenai gaya sebagai pilihan dan menggunakannya sampai ada bukti baru yang mungkin menyatakan bahwa kita perlu memperbaikinya.“

Inkuiri tidak hanya berhenti sampai di sini. Dalam sub bab tertentu yang khusus

mempelajari gaya pada benda bergerak, siswa secara lebih lanjut mulai mengembangkan pemahaman mereka terhadap konsep gaya dalam kehidupan sehari-hari serta dari sifat dan proses dari sains itu sendiri. Pembelajaran sebelumnya hanyalah sebuah inkuiri singkat yang memungkinkan siswa untuk mulai memahami gagasan-gagasan rumit yang telah dikembangkan dalam sains terkait dengan konsep gaya dan gerak.

ANALISIS DARI GAMBARAN PEMBELAJARAN INKUIRI DI KELAS 9-12

Contoh ini mewakili salah satu pembelajaran yang dilakukan dalam satu periode pembelajaran di kelas. Namun demikian, hal tersebut menunjukkan bagaimana seorang guru mampu dengan mulus menjalin subyek materi sains, kemampuan melakukan inkuiri, dan memahami inkuiri ilmiah.

Hasil Belajar. Pak Hull menggunakan tiga aspek ketercapaian hasil belajar dari kurikulum lokal wilayah sekolahnya dan kurikulum nasional untuk membantunya merencanakan apa dan bagaimana ia harus mengajar. Masing-masing dari ketiga aspek tersebut juga ditemukan dalam National Science Education Standards. Pertama-tama, pembelajaran yang dilakukan oleh Pak Hull menyediakan kesempatan bagi siswanya untuk memahami dan menerapkan konsep fisika tentang kerja gaya terhadap benda dalam berbagai kondisi gerak. Pemahaman awal siswa diuji dengan pertanyaan-pertanyaan mengenai benda-benda dan gaya-gaya dalam berbagai konteks; hal ini membuat mereka mencari bukti yang membuat penjelasan yang lebih baik. Kedua, Pak Hull membantu para siswanya untuk mengembangkan kemampuan untuk melakukan inkuiri ilmiah, ikut serta, khususnya, untuk menentukan hal yang dapat dijadikan bukti nyata bahwa gaya bekerja pada benda dalam berbagai keadaan yang dapat berlaku pada berbagai konteks yang berbeda. Akhirnya, Pak Hull berbagi aspek-aspek dari sifat inkuiri ilmiah dengan para siswanya dan menggambarkan gagasan-gagasan mereka untuk menunjukkan bagaimana para ilmuwan berpikir dan bekerja.

Ciri-ciri Penting dari Inkuiri di dalam Kelas. Pembelajaran ini mencakup sejumlah ciri penting dari inkuiri di dalam kelas yang digambarkan pada Bab 2. Pertanyaan-pertanyaan ilmiah mengarahkan pemikiran siswa mengenai gaya-gaya yang bekerja terhadap benda pada berbagai keadaan geraknya. Siswa mengumpulkan bukti yang dapat diamati untuk membuat penjelasan dan mendapatkan sebuah pemahaman yang lebih dalam mengenai konsep gaya. Mereka juga mempertanyakan penjelasan-penjelasan yang diajukan, mengarah pada pencarian bukti yang dapat diamati. Pak Hull membimbing para siswanya untuk menyusun penjelasan berdasarkan bukti-bukti yang mereka kumpulkan. Di akhir pembelajaran, Pak Hull membantu para siswanya untuk membuat hubungan dari pengalaman-pengalaman mereka pada pemikiran ilmiah terkini mengenai gerak dan gaya.

Model Pembelajaran. Contoh dari kegiatan Pak Hull dan para siswanya menggambarkan sebuah cara mengatur dan mengurutkan kegiatan belajar mengajar yang konsisten menggunakan inkuiri. Melalui pertanyaan, Pak Hull secara aktif mengarahkan siswanya untuk berpikir mengenai keberadaaan gaya ke arah atas yang bekerja pada sebuah benda diam di atas meja. Ia menggunakan gambaran-gambaran yang dibuat oleh para siswanya untuk menemukan lebih banyak lagi tentang pemahaman para siswanya saat itu tentang apakah benda-benda, seperti meja atau lengan, dapat memberikan gaya ke arah atas pada benda diam di atasnya. Dengan latar belakang pengetahuan awal para siswa, Pak Hull mengajukan pertanyaan yang memotivasi mereka mencari tahu apakah benda-benda lain, misalnya pegas, dapat menghasilkan gaya ke atas. Para siswa mengembangkan penjelasan tentang bagaimana sebuah benda diam dapat menghasilkan gaya ke atas. Pak Hull menjelaskan bagaimana seorang ilmuwan berpikir tentang gaya dan membantu para siswanya mengelaborasi penjelasan mereka melalui konteks yang berbeda-beda. Para siswa saling mengkritisi penjelasan mereka berdasarkan bukti yang diperoleh. Melalui diskusi dalam kelas, Pak Hull dapat mengevaluasi pemikiran ssiwanya dan menggunakan informasi tersebut untuk menyusun alur pembelajaran.

Dalam gambaran kegiatan tersebut guru secara jelas membimbing proses inkuiri.

Dengan dirangsang oleh pertanyaan awal dari guru, siswa mempertanyakan pertanyaan-pertanyaan mereka sendiri, mengungkapkan ketertarikan mereka, juga saling berbagi gagasan. Mereka juga mengomentari gagasan yang berkaitan dengan bukti yang diperoleh dari penyelidikan tersebut.

GAMBAR LAIN DARI PEMBELAJARAN INKUIRI YANG LAIN PADA KELAS 9-12

Setiap tahun di musim semi, kelas biologi Bu Idoni melaksanakan sebuah pembelajaran inkuiri secara utuh dan bersifat terbuka. Pembelajaran inkuiri ini memakan waktu selama beberapa minggu dalam satu semester, sehingga para siswa memiliki waktu yang memadai untuk melakukan penyelidikan mereka. Bu Idoni memulai pembelajaran dengan mengadakan kunjungan ke suatu lingkungan yang mampu membuat siswa tertarik. Sepanjang tahun, para siswa memang menunggu untuk mendapatkan pengalaman ini. Hal ini merupakan sebuah kebiasaan yang selalu dilakukan oleh Bu Idoni dan para siswa telah mendengar bahwa itu merupakan kerja keras, tapi sesuatu yang sangat menarik akan mereka temukan.

Di awal tahun pembelajaran, siswa memiliki banyak kesempatan untuk mempelajari dan mempraktekkan keterampilan-keterampilan inkuiri, yang akan mereka butuhkan untuk melaksanakan inkuiri seutuhnya. Bu Idoni menggunakan acuan pembelajaran inkuiri berdasarkan serial buku yang berjudul „invitations to inkuiri“ (Mayer, 1978), berupa unit-unit pembelajaran singkat yang dirancang untuk memberikan para siswa contoh-contoh kecil dari proses inkuiri. Masing-masing contoh memiliki format kosong yang dapat diisi oleh para siswa, misalnya perencanaan penelitian, cara mengendalikan suatu faktor dalam percobaan, atau kesimpulan yang diperoleh berdasarkan seperangkat data pengamatan. Tiap seri “invitation“ mengarahkan siswa pada satu atau dua kemampuan inkuiri. Dengan mengikuti serangkaian unit dari buku tersebut sepanjang tahun, para siswa di kelas Bu Idoni memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi pertanyaan-pertanyaan yang tepat untuk diselidiki, merancang penyelidikan yang sesuai, mengumpulkan data, menginterpretasikan data, berkonsultasi pada sumber-sumber yang ada misalnya situs internet untuk tambahan informasi, dan membuat kesimpulan yang tegas - kesemuanya akan digunakan dalam proses inkuiri penuh yang akan mereka mulai sekarang.

Sebelum memulai pembelajaran inkuiri, Bu Idoni terlebih dahulu membuat rencana tentang bagaimana menilai siswanya berdasarkan proses yang sedang berlangsung. Beliau meminta setiap siswa untuk memiliki buku jurnal selama proses inkuiri. Karena yang paling menarik baginya adalah menekankan pengembangan kemampuan-kemampuan inkuiri, Bu Idoni meminta agar para siswanya menyusun isi jurnalnya menurut format kemampuan-kemampuan dasar inkuiri yang diuraikan dalam the Standards dengan sedikit modifikasi. Kategori yang digunakan oleh Bu Idoni adalah:

- Pertanyaan dan gagasan ilmiah yang memandu peyelidikan
- Rancangan penyelidikan
- Teknologi dan perhitungan matematika yang digunakan untuk penyelidikan

- Penggunaan bukti untuk menyampaikan penjelasan
- Penjelasan-penjelasan alternatif
- Kesimpulan dan penjelasan yang mampu dipertanggungjawabkan

Selama para siswa mencatat pengamatan meraka, Bu Idoni akan meninjau ulang jurnal mereka dan menanyakan lebih banyak pertanyaan-pertanyaan spesifik mengenai konsep-konsep ilmiah yang mendasari penjelasan mereka, bagaimana teknologi membantu mereka, bukti apa saja yang mereka kumpulkan, apakah mereka memiliki bukti-bukti dan penjelasan terbaik, gagasan-gagasan lain apa yang mereka ketahui, dan apakah mereka memiliki kesimpulan yang terkuat.

Bu Idoni mengatur tahap perjalanan ke lapangan dengan

menjelaskan pada para siswanya bahwa hampir sepanjang waktu kelas biologi mereka telah belajar mengenai gagasan-gagasan dan melakukan praktik di laboratorium yang menurut pemikiran para ilmuwan dan pendidik hal tersebut harus diketahui dan dialami oleh para siswa. Meskipun pengalaman-pengalaman tersebut memberikan sebuah dasar pengetahuan dan keterampilan, pendekatan yang akan mereka lakukan sekarang akan berbeda.

Hari berikutnya, kegiatan dipusatkan pada pengamatan dan pertanyaan-pertanyaan dari siswa. Bu Idoni melakukan diskusi ini dengan hati-hati. Dia peka dalam menyeimbangkan antara memelihara ketertarikan dan antusisme para siswa dan dengan unsur-unsur penting dari inkuiri yang berhasil untuk kelas 10. Aspek-aspek penting dari inkuiri yang berhasil adalah membuat siswa merefleksikan gagasan dan konsep-konsep ilmiah yang memandu proses inkuiri. Hal yang juga penting adalah dasar pengetahuan untuk mendukung penyelidikan dan membantu siswa untuk merumuskan penjelasan ilmiah yang sesuai. Konsep awal siswa tentang lingkungan perairan akan membantu mereka membentuk dan mungkin pula membatasi, pertanyaan-pertanyaan yang mereka ungkapkan dan bagi inkuiri mereka sendiri. Jadi, setelah diskusi awal di kelas, Bu Idoni tahu bahwa ia akan mengandalkan kelompok-kelompok kecil, memberi pengarahan singkat tentang laporan perkembangan kegiatan, dan melakukan pembelajaran kooperatif dalam bentuk penyelidikan.

Pertanyaan-pertanyaan siswa mulai dengan permasalahan seperti: Apakah air danau aman untuk minum? Dapatkah orang berenang di danau? Apa jenis tanaman dan hewan yang hidup di danau? Bagaimana manusia dapat mengubah danau? Selama diskusi berlangsung, menjadi jelas bagi Bu Idoni bahwa siswa yang paling tertarik pada perubahan dan stabilitas di danau dan, khususnya, pengaruh manusia yang telah terjadi di lingkungan ini. Terlihat jelas juga bahwa siswa memiliki gagasan tentang bagaimana danau mengalami perubahan: perubahan suhu harian dan musiman; menjadi lebih kotor sejak adanya hujan akhir-akhir ini, ada beberapa makhluk hidup yang bisa dilihat, dan, di beberapa tempat, ada bau yang tidak sama berhubungan dengan airnya. Bu Idoni menggali dari para siswanya tentang pengamatan merka dan mengingatkan mereka untuk mencatatnya dalam jurnal. Apa aspek penting dari danau yang mereka ingin selidiki? Pengaruh manusia terhadap danau yang seperti apa yang paling menarik? "Pencemaran" adalah istilah pertama dan paling konsisten yang Bu Idoni dengar. Dia berpikir bahwa sangat penting untuk memperjelas pemahaman siswa mengenai pencemaran dan khususnya sumber-sumber polusi yang mungkin dari pencemaran oleh manusia di danau kota. Dia meminta siswa mendiskusikan dalam kelompok kecil apa yang mereka maksud dengan pencemaran bagi danau kota.

Setelah beberapa periode di dalam kelas, mereka bergulat dengan isu perubahan yang umum, apa yang dianggap sebagai polusi, dan pengaruh yang mungkin ditimbulkan oleh manusia. Bu Idoni membiarkan siswa berdiskusi dengan masalah ini, yang mulai terlihat berpusat pada satu ide utama: sebagai elemen hidup dan tak hidup dari sebuah ekosistem yang saling berinteraksi, mereka berubah. Setiap pelajaran mengenai perubahan lingkungan, seperti danau kota, harus dimulai dengan analisis pola-pola perubahan dalam keadaan yang umum terjadi. Siswa menyadari bahwa mereka harus memahami fungsi alami dari sistem interaksi sebelum mengerjakan pertanyaan yang lebih kompleks dampak dari tindakan manusia, khususnya, gagasan mereka tentang polusi. Pada titik ini Bu Idoni menyadari dia telah memiliki penilaian akhir: dia akan menyarankan bahwa sesuatu telah mencemari danau dan siswa harus menerapkan apa yang telah mereka pelajari untuk menanggapi masalah baru.

Tapi, untuk saat ini, dia harus menunggu dan membiarkan siswa mencari pertanyaan untuk mereka dan melakukan penyelidikan.

Setelah mendengar hasil diskusi dari kelompok-kelompok kecil, Bu Idoni memfasilitasi peninjauan ulang gagasan dalam kelompok besar dan membantu siswa untuk mengidentifikasi sebuah pertanyaan yang akan diangkat untuk dicari jawabannya melalui penyelidikan kelas. Kelas kemudian memutuskan sebuah pertanyaan umum: Apakah danau taman kota tercemar? Jika demikian, bagaimana manusia mempengaruhi pencemaran itu? Kelas memutuskan untuk melakukan pendekatan inkuiri dengan terlebih dahulu membuat data-data mendasar tentang danau kota lalu menentukan apakah danau itu telah tercemar. Siswa menyadari bahwa banyak faktor yang mempengaruhi kualitas air. Dengan bantuan dari Bu Idoni, mereka memutuskan untuk membagi pekerjaan masing-masing kelompok, dan perorangan, agar fokus pada tiga macam faktor: fisika, kimia, dan biologis. Kelompok yang menyelidiki faktor fisik tertarik pada suhu, warna, batas penetrasi cahaya, serta jumlah dan jenis partikel tersuspensi. Kelompok yang menyelidiki faktor kimia ingin mempelajari tentang pH (yang telah mereka ukur sebelumnya di tingkatan kelas yang berbeda-beda bertahun-tahun lalu dan mereka indikasikan mungkin ada hubungannya dengan "kondisi" danau), serta kadar oksigen, karbon dioksida, fosfat, dan nitrat. Kelompok biologis ingin menyelidiki jumlah dan jenis-jenis makhluk hidup di danau.

Para siswa memutuskan untuk merancang penyelidikan sebagai berikut. Setiap kelompok akan mengumpulkan data dalam jangka waktu dua bulan dan melaporkan semua hasilnya pada kelompok lain secara teratur setiap waktu tertentu. Setiap kelompok juga akan melaporkan tentang gagasan-gagasan mereka dan apa yang diperoleh dari studi pustaka dan pencarian melalui situs internet mengenai hal-hal yang berpotensi mempengaruhi faktor-faktor yang sedang mereka kaji berkaitan dengan kualitas danau kota.

Bu Idoni sangat puas dengan cara merancang penyelidikan yang dilakukan oleh siswa di kelasnya. Meskipun dia tahu siswa masih akan mendapatkan tantangan dengan pertanyaan tentang bagaimana cara

menentukan apa yang dianggap sebagai pencemar, dan terutama pengaruh manusianya, ia membiarkan masalah ini tetap belum terselesaikan. Nyatanya, walaupun ia tahu bahwa hal itu akan muncul dengan sendirinya, ia belum akan membahasnya.

Bu Idoni menaruh perhatian secara khusus pada tiga hal. Pertama, ia menyimpan daftar kemampuan mental inkuiri untuk kelas 9-12, dan mencatat kemampuan-kemampuan siswa yang terlibat dalam penyelidikan yang sedang berlangsung. Kedua, dia mengetahui bahwa siswa menggunakan apa yang telah mereka pelajari dari ilmu fisika dan ilmu hayati di awal tahun itu, terutama pemahaman mendasar terkait dengan standar ilmu hayati tentang saling ketergantungan antar mahluk hidup (lihat Tabel 3-5). Akhirnya, Bu Idoni melihat bahwa keseluruhan proses inkuiri ini memberikan banyak kesempatan bagi semua siswa untuk memahami beberapa bagian dari standar terhadap sains dari sudut pandang pribadi dan sosial, terutama yang terkait dengan sumber daya alam dan kualitas lingkungan (lihat Tabel 3-6).

Ketika siswa mulai mengatur penyelidikan kelompok mereka, mereka dengan mudah dan cepat mengenali bahwa penggunaan berbagai teknologi akan membantu mereka mengumpulkan data dan matematika akan membantu mereka merangkum dan menyajikan data. Misalnya, mereka memutuskan untuk menyiapkan pengukuran suhu dan merekam datanya langsung ke dalam komputer, dan menggunakan kit Hach pengukur oksigen, sebuah pH meter, sebuah kit Millipore untuk mikrobiologi lingkungan, dan perangkat-perangkat lainya yang membantu mereka mengumpulkan contoh (sampel) untuk diperiksa di kelas sains.

Bu Idoni menjadwalkan pertemuan berkala bagi siswa untuk membagikan data yang telah mereka kumpulkan dan menyajikan pemahaman mereka tentang pengaruh dari berbagai faktor. Seiring dengan berjalannya waktu, siswa mulai menyadari bahwa faktor-faktor tersebut saling berinteraksi satu sama lain. Sebagai contoh, tim yang menyelidiki faktor fisik menunjukkan bahwa suhu air menentukan jumlah dan jenis makhluk hidup.

Tim yang menyelidiki faktor kimia melaporkan

Table 3-5. Kutipan Dari Standar Ilmu Hayati, 9-12

Sebagai hasil dari seluruh kegiatan yang dilakukan oleh siswa kelas 9-12, semua siswa diharapkan mampu mengembangkan pemahaman mengenai:
Saling ketergantungan antar mahluk hidup

- **Energi mengalir melalui ekosistem dalam satu arah, dari organisme yang dapat membuat makanannya sendiri ke ke organisme pemakan tumbuhan, lalu ke organisme pemakan daging dan pengurai.**
- **Mahluk hidup bekerjasama dan bersaing dalam ekosistem.**
- **Mahluk hidup memiliki kapasitas untuk menghasilkan populasi dalam jumlah yang tak terbatas, tetapi lingkungan dan ketersediaan sumber daya terbatas. Perbedaan mendasar tersebut berpengaruh sangat besar terhadap hubungan antar mahluk hidup.**
- **Manusia hidup dalam sebuah ekosistem dunia. Modifikasi ekosistem oleh manusia semakin meningkat sebagai hasil dari pertumbuhan populasi, teknologi, dan konsumsi. Kehancuran habitat manusia melalui pemanenan sumber daya langsung dari alam, pencemaran, perubahan atmosfer, dan faktor lainnya mengancam stabilitas global saat ini, dan jika tidak ditangani, ekosistem akan terkena dampak yang membuatnya tidak bisa kembali seperti semula.**
- **Materi, energi, dan sistem organisasi mahluk hidup**
- **Sebaran dan kelimpahan makhluk hidup dan populasi dalam ekosistem dibatasi oleh ketersediaan materi dan energi serta kemampuan ekosistem untuk mendaur ulang materi (halaman 186).**

Tabel 3-6. Kutipan Dari Standar Sains Dari Sudut Pandang Pribadi Dan Sosial

Sebagai hasil dari seluruh kegiatan di kelas 9-12, semua siswa diharapkan mampu mengembangkan pemahaman mengenai:
Kualitas lingkungan

- **Ekosistem alami menyediakan serangkaian proses mendasar yang mempengaruhi manusia. Proses-proses tersebut termasuk pemeliharaan kualitas udara di atmosfer, pembuatan tanah, pengendalian siklus air, pembuangan limbah, dan daur ulang unsur-unsur hara. Manusia mengubah banyak dari tiga proses dasar tersebut, dan perubahan mungkin akan merugikan manusia itu sendiri.**
- **Berbagai bahan yang dihasilkan oleh peradaban manusia berpengaruh pada siklus fisika maupun kimia di bumi.**
- **Banyak faktor yang mempengaruhi kualitas lingkungan, termasuk pertumbuhan populasi, penyebaran jumlah populasi, penggunaan sumber daya secara berlebihan, kapasitas teknologi dalam penyelesaian masalah, kemiskinan, peranan ekonomi, politik, dan isu agama, serta cara pandang manusia terhadap bumi (halaman. 198).**

bahwa jumlah dan jenis organisme mempengaruhi seberapa banyak oksigen dan karbon dioksida yang ada. Dalam satu sesi yang sangat menguras tenaga mereka, para siswa menyadari bahwa suatu penyelidikan mengenai kualitas air adalah mencari hubungan antara fakto-faktor fisik, kimia, dan biologis.

Pada proses analisis data, [1]setiap kelompok meninjau kembali hasil temuan mereka, melihat kembali rentang data dan kecenderungan selama penelitian (waktu itu pada musim semi), dan menentukan pertimbangan yang tepat ketika menemukan data yang ganjil atau menyimpang dari pola dan perkiraan. Selama kerja kelompok mereka, Bu Idoni mendatangi tiap kelompok satu demi satu dan menanyakan beberapa pertanyaan seperti misalnya "Penjelasan apa yang harap dapat dikembangkan dari data yang sudah diperoleh?" "Apakah ada hal yang mengejutkan dari data tersebut?" "Seberapa yakin kamu terhadap keakuratan data yang diperoleh?"

Setelah dua bulan, masing-masing kelompok tersebut menampilkan data dan penjelasan mereka mengenai dampak khusus dari faktor yang mereka kaji pada air danau dan apakah dampak tersebut akan dianggap sebagai pencemaran. Ketika para siswa mendengarkan paparan dari kelompok-kelompok lain, mereka mampu mengenali dan menganalisis penjelasan dan model-model alternatif untuk memahami stabilitas, perubahan, potensi pencemaran dari danau tersebut. Mereka meninjau kembali pengetahuan mereka, menimbang kembali bukti-bukti untuk penjelasan yang berbeda, dan menguji logika dari penjelasan kelompok-kelompok lain. Para siswa saling menantang penemuan-penemuan yang mereka peroleh dan mengelaborasi pengetahuan mereka sendiri ketika mereka saling bantu untuk mempelajari faktor-faktor khusus yang dikaji. Perlahan, mereka memandang bahwa semua faktor harus diperhitungkan dalam semua penjelasan tentang pencemaran danau.

Untuk membuat Bu Idoni terkejut dan puas, para siswa memutuskan bahwa mereka akan mensintesis data yang mereka peroleh kemudian merumuskan jawaban terhadap pertanyaan-pertanyaan yang menjadi panduan bagi mereka. Pengamatan dan penjelasan para siswa meluas secara bertahap; mereka mendapati bahwa mereka harus memperhitungkan hal yang sebelumnya tidak pernah mereka pikirkan menjadi hal yang penting, seperti musim, curah hujan, dan aktivitas hewan-hewan peliharaan.

Ketika para siswa mengumpulkan semua bukti dan memulai tugas yang sulit

untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan mereka sendiri, mereka memahami bahwa pertanyaan pertama yang harus dipecahkan terlebih dahulu adalah: “Apa yang dapat dianggap sebagai pencemaran?“ Berdasarkan apa yang mereka baca, para siswa memutuskan untuk menggunakan bakteri coliform. Dalam buku tersebut disebutkan bahwa air dapat terlihat, terasa dan tercium sangat terlihat bersih masih mungkin tidak aman untuk diminum karena mengandung bakteri. Hal ini akhirnya menjadi standar definisi operasional para siswa mengenai pencemaran. Mereka mempelajari bahwa bakteri coliform dapat hidup lebih lama dan lebih mudah terdeteksi dibandingkan bakteri penyebab penyakit lainnya yang hidup di air. Kehadiran bakteri tersebut dipertimbangkan sebagai tanda peringatan yang nyata akan adanya pencemaran limbah kotoran hewan atau manusia. Jika bakteri coliform tersebut tidak terdapat pada air danau, maka siswa berpendapat bahwa danau tersebut tidak tercemar – paling tidak menurut asumsi dasar mereka terkait indikator pencemaran oleh manusia.

Dengan bekerja lintas kelompok, kelas Bu Idoni mengumpulkan perwakilan laporan-laporan tiap kelompok dan menyiapkan sebuah ringkasan umum dari penyelidikan mereka. Para siswa juga mencantumkan ringkasan dari hasil yang diperoleh dari tiap-tiap kelompok. Laporannya menjadi sangat baik. Siswa mampu memberikan gambaran mengenai tata cara, mengungkapkan konsep-konsep sains, meninjau ulang informasi, merangkum data, mengembangkan bagan-bagan dan data, menjelaskan cara perhitungan statistik yang mereka lakukan, dan membuat argumen yang masuk akal dan logis bagi pertanyaan, “Apakah danau di taman kota tercemar? Bila ya, apakah pengaruh manusia pada pencemarannya?“ Kelas itu menyimpulkan bahwa, meskipun danau di taman kota mengalami berbagai perubahan dalam banyak faktor, danau tersebut tidak tercemar.

Sebagai tugas akhir, Bu Idoni menyajikan sebuah permasalahan baru dan meminta setiap siswanya untuk mempersiapkan laporan yang menggambarkan bagaimana mereka akan menyelidikinya. Permasalahan tersebut adalah: selama beberapa minggu terjadi kematian ikan besar-besaran di danau. Semua berpendapat bahwa kejadian tersebut adalah dampak dari pencemaran. Tetapi tidak ada seorangpun yang mengetahui dengan pasti bagaimana cara untuk menyelidiki malah tersebut. Satu-satunya hal yang mereka ketahui adalah tidak ditemukannya bakteri coliform di danau tersebut. Para siswa diminta untuk mengajukan proses penyelidikan yang dapat digunakan oleh pemerintah kota untuk menyelesaikan permassalahan ini.

ANALISIS DARI GAMBARAN PEMBELAJARAN INKUIRI YANG LAIN UNTUK KELAS 9-12

Bu Idoni puas dengan hasil kerja siswanya dan memastikan bahwa hal tersebut menunjukkan suatu pembelajaran yang penting. Aktivitas mereka menyediakan kesempatan pada semua siswa untuk mengembangkan kemampuan-kemampuan inkuiri yang diuraikan National Science Education Standards, sebagai tujuan utama Bu Idoni dalam melakukan pembelajaran inkuiri secara menyeluruh. Ia juga menyadari bahwa pengalaman membuat para siswa, dengan latar belakang pengetahuan mereka, untuk mengembangkan pemahaman lebih dalam mengenai konsep-konsep sains serta hubungan antara sains dengan isu-isu pribadi dan sosial. Terakhir, Bu Idoni menggunakan pengalaman kelasnya melakukan inkuiri secara utuh untuk meninjau ulang dan memperkuat pemahaman para siswa mengenai inkuiri ilmiah.

Bu Idoni berpendapat bahwa pengalaman adalah hal yang penting karena dapat memberikan pemahaman bagi para siswa tentang cara para ilmuwan mencari jawaban terhadap pertanyaan-pertanyaan yang mereka anggap penting. Pengalaman juga dapat memberikan kesempatan bagi siswa untuk menggunakan semua kemampuan yang diuraikan untuk standar-standar Sains sebagai Inkuiri dalam National Science Education Standards. Bu Idoni mengetahui bahwa bagi para siswa, untuk mengembangkan kemampuan-kemampuan tersebut, mereka harus secara aktif ikut serta dalam penyelidikan ilmiah dan menggunakan keterampilan kognitif dan manipulatif yang berkaitan dengan perumusan suatu penjelasan ilmiah.

Ketika Bu Idoni memulai aktivitas pembelajaran inkuiri,

ia tahu bahwa beberapa siswa akan mendapatkan masalah dengan variabel-variabel dan kontrol dalam percobaan. Lebih jauh lagi, siswa seringkali mendapat masalah dengan data yang terlihat menyimpang dan ketika mengajukan penjelasan berdasarkan bukti-bukti dan logika, bukannya sekedar berdasarkan kepercayaan mereka mengenai dunia.

Bu Idoni menggunakan pengalaman dari kajian awal di lapangan sebagai sebuah cara untuk membuat penyelidikan yang bermakna bagi para siswanya. Beliau memahami bahwa ada beberapa cara bagi para siswa untuk mendapatkan topik-topik yang bermakna untuk diselidiki, contohnya, hal yang sedang hangat dibicarakan di media, masalah-masalah lokal, dan pengalaman-pengalaman pribadi. Ia juga mengetahui bahwa pada awalnya beberapa pengalaman mungkin tidak terlalu menarik, namun keterlibatan aktif di dalamnya memiliki beberapa makna. Berdasarkan pengalamannya selama mengajar bertahun-tahun, Bu Idoni memutuskan bahwa bagi para siswa umumnya sebuah perjalanan kajian awal di lapangan memberikan konteks yang paling bermakna untuk memulai sebuah proses inkuiri.

KESIMPULAN

Pembelajaran berbasis inkuiri memerlukan perhatian penuh untuk menciptakan lingkungan belajar dan pengalaman-pengalaman yang membuat para siswa dapat memperbandingkan gagasan-gagasan baru, memperdalam pemahaman mereka, serta belajar untuk berpikir secara logis dan kritis mengenai dunia di sekitar mereka. Bab ini menunjukkan beberapa cara untuk "melihat" inkuiri di dalam kelas. Bab berikutnya menyoroti bagaimana para guru belajar untuk mencapai dan menilai kisaran yang luas dari tujuan belajar yang mereka upayakan dalam menggunakan inkuiri.

FRESH BONES

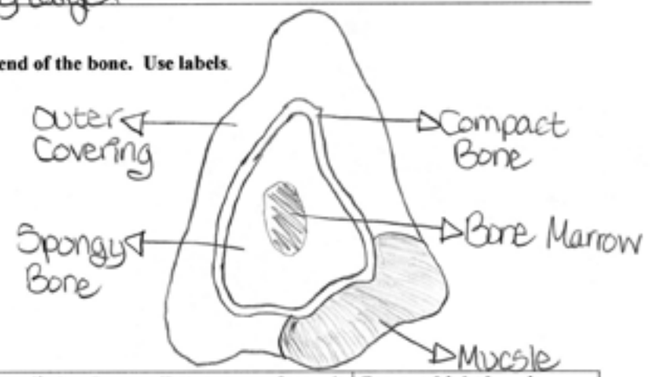
Team Hanna
Vanessa

PART A: FRESH BONE SECTIONS

What bone do you think they sliced to make this section?
A femur

Why do you think so?
We at least know it is a long bone because it has marrow. We think it is a femor because it is very large.

Sketch the cut end of the bone. Use labels.



Describe the bone (feel, color, smell, texture, and so on)		Do you think there is a blood supply? Why?
Compact bone	hard, smooth but a little rough, off white or tan, smells like blood.	No, Because it is hard.
Spongy bone	Bloody, rough, reddish brown, lots of pores, smells like blood.	Yes, because it needs blood to carry away red blood cells that it makes, and it's bloody.
Marrow	Pink, soft, grainy, does not smell.	Yes, It needs blood to carry away red blood cells, has blood vessels in it.
Outer covering	fatty, elastic, wet, has stringy veins in it.	It's a connective tissue so it needs a blood supply.

4
Penilaian Kelas dan Inkuiri

Standar-standar Nasional Pendidikan di Amerika (*National Science Education Standards* (*The Standards*) menekankan bahwa "penilaian memberikan suatu definisi operasional untuk standar, di dalamnya didefinisikan persyaratan-persyaratan terukur mengenai bagaimana guru mengajar dan apa yang harus dipelajari oleh siswa" (NRC, 1996, hal. 5-6). Dalam konteks inkuiri, penilaian dibutuhkan untuk mengukur kemajuan siswa dalam mencapai tiga tujuan utama pembelajaran berbasis inkuiri; pemahaman konsep sains, kemampuan menunjukkan kinerja inkuiri sains dan pemahaman terhadap inkuiri.

Karena tujuan-tujuan tersebut berbeda dengan yang ada pada pendekatan lain dalam pendidikan sains, penilaian pada pendidikan sains berbasis inkuiri juga berbeda dengan penilaian-penilaian tradisional lainnya. Bentuk pilihan ganda atau isian singkat yang konvensional umumnya meminta para siswa untuk mengidentifikasi fakta-fakta, konsep dan perbendaharaan kata. Ujian-ujian seperti itu telah terbukti memiliki cakupan yang terlalu luas, terlalu dangkal dalam penggunaan pemikiran ilmiah, dan terlalu sempit untuk dijadikan pengukuran seperti: "memahami karakteristik alami sains dan pekerjaan para saintis". Ujian-ujian ini lebih menyerupai tes daya ingat dan mengulang kembali daripada sebuah penjelasan mendalam dan penerapan dari konsep-konsep yang diujikan. Hal tersebut dapat menjadi hambatan yang serius bagi pengajaran sains berbasis inkuiri. Para guru menjadi kurang fokus pada tujuan dari inkuiri bila kinerja para siswa dievaluasi di tingkat

kabupaten atau kota maupun tingkat nasional secara terpisah dari fakta-fakta (Neil dan Medina, 1989). Lebih jauh lagi, bila ujian eksternal berskala besar hanya menggunakan format-format konvensional, para guru cenderung untuk membuat bentuk-bentuk penilaian yang serupa di kelas mereka (Raizen dan Kaser, 1989; Baron, 1990). Penilaian dalam kelas berbasis inkuiri memiliki sudut pandang yang lebih luas dalam suatu pembelajaran penuh makna sebagaimana yang diuraikan oleh *The Standards*. Penilaian dalam inkuiri menanyakan hal yang telah siswa ketahui dan pahami, hal apa yang agak abu-abu dan belum diajarkan, dan apa yang para siswa dapat lakukan dengan hal-hal yang telah mereka ketahui. Penilaian ini juga menentukan apakah para siswa dapat membuat atau menjawab pertanyaan-pertanyaan, mengembangkan penjelasan-penjelasan yang masuk akal, merancang dan melakukan penyelidikan serta menggunakan data sebagai bukti untuk mendukung atau menolak penjelasan-penjelasan mereka sendiri. Pada cakupan yang lebih luas, hal tersebut dapat mengukur kapasitas para siswa untuk mengevaluasi jenis-jenis pertanyaan dalam penyelidikan para saintis, memahami tujuan dari suatu penyelidikan dan menilai kualitas data, penjelasan dan argumen-argumen di dalamnya.

Dalam kelas yang berbasis inkuiri penilaian dapat memiliki beberapa bentuk untuk memenuhi berbagai tujuan. Penilaian-penilaian dapat berupa pertanyaan-pertanyaan para guru selama pembelajaran hingga ujian tertentu di akhir materi, ujian tingkat provinsi maupun nasional. Data-data hasil penilaian dapat digunakan untuk merencanakan pembelajaran, mengarahkan cara belajar siswa, memperhitungkan peringkat, menentukan kebutuhan akses terhadap program-program khusus, menginformasikan kebijakan, alokasi sumberdaya, atau mengevaluasi kualitas dari kurikulum maupun instruksi-instruksi dalam pembelajaran. Dalam penerapan lebih jauh, penilaian dapat digabungkan secara langsung dalam mempertimbangkan suatu kurikulum dan pengajaran. Perbedaan penting harus dibuat antara penilaian formatif dan penilaian sumatif. Penilaian formatif dapat berlangsung setiap saat dan digunakan untuk kepentingan para guru membuat perencanaan pembelajaran spesifik yang sesuai dengan pengalaman belajar yang diinginkan dan dibutuhkan oleh para siswa. Penilaian sumatif biasanya berlangsung pada akhir kegiatan pembelajaran untuk mengetahui dampak dari pembelajaran siswa.

Gambaran-gambaran yang telah diuraikan pada bab-bab sebelum ini mencakup contoh-contoh dari penilaian formatif. Sebagai contoh, Bu Flores menanyakan para siswanya di mana mereka mungkin akan menemukan cacing dan bagaimana mereka dapat membuat rumah bagi cacing-cacingnya. Pak Gilbert mendengarkan bagaimana para siswanya membuat model-model bumi-bulan-matahari mereka dan memberikan pertanyaan-pertanyaan untuk menilai pemahaman mereka. Mirip dengan yang lain, Mr. Hull juga mengamati para siswanya menggambarkan macam-macam gaya untuk mengukur pemahaman mereka. Secara umum, para guru dalam kelas berbasis inkuiri menilai para siswanya secara terus-menerus untuk mengetahui apa yang akan dikerjakan selanjutnya, kemampuan yang berkembang, apa saja yang belum berkembang dan apakah tujuan-tujuan dari suatu pembelajaran telah tercapai.

Penilaian formatif penting dilakukan untuk perencanaan secara umum dan sebagai panduan, namun biasanya terlalu informal dan tidak sesuai untuk menjawab banyak pertanyaan-pertanyaan sulit dari para orang tua, kepala sekolah dan para guru: Apa saja yang sudah para siswa pelajari? Apa bukti yang menunjukkan bahwa mereka telah belajar? Seberapa baik mereka telah mempelajari hal tersebut dan berada pada tingkatan kompetensi yang mana?

Penilaian formatif juga tidak sesuai untuk mendukung keputusan-keputusan tingkat tinggi mengenai seseorang atau pengubahan kebijakan atau rancangan pengembangan profesional. Keputusan-keputusan tersebut membutuhkan penilaian sumatif yang menyediakan bukti-bukti bagi para orang tua, guru dan pembuat kebijakan bahwa seorang siswa atau suatu kelas sedang bergerak maju mencapai standar-standar inkuiri atau justru mundur ke belakang. Penilaian-penilaian tersebut memerlukan perangkat-perangkat yang lebih

terstandardisasi dan metode untuk merekam tanggapan para siswa, sementara ujian, tatacara wawancara atau pengamatan memandu suatu penilaian kinerja. Metode-metode yang stabil dan dapat terkuantifikasi untuk mengkonversi tanggapan para siswa menjadi data berupa angka dan informasi mengenai rata-rata dapat mendukung keputusan-keputusan yang bisa dipertanggungjawabkan dengan lebih baik.

Hasil-hasil dari penilaian sumatif dapat memiliki berbagai bentuk, dari penggambaran pencapaian siswa secara pribadi hingga perbandingannya dari waktu ke waktu dengan siswa-siswa yang lain. Sebagai contoh, Pak Gilbert menilai pekerjaan rumah para siswa di akhir sesi pembelajaran berupa tugas untuk merangkum semua bukti-bukti yang mereka dapatkan untuk mendukung atau menolak pemahaman mereka dalam pembelajaran mengenai fase-fase penampakan bulan. Bu Idoni mendapati sebagai hasil penilaian akhir sebuah laporan yang menggambarkan bagaimana setiap siswa akan menyelidiki fenomena-fenomena tak terduga di sebuah danau yang mereka pelajari. Secara umum, hasil-hasil dari penilaian perlu disajikan sedemikian rupa hingga dapat dirangkum dan dibandingkan dengan bukti-bukti lain, sehingga keputusan dapat dibuat.

Bab ini mendeskripsikan ciri-ciri penilaian kelas yang mendukung inkuiri dan *National Science Education Standards* (*The Standards*). Pertama didiskusikan mengenai "apa"-apa saja yang perlu diketahui, dipahami dan dapat dilakukan oleh para siswa, sebagai hasil pembelajaran sains mereka. Setelah itu diskusi mengenai "siapa" yang harus bertanggungjawab terhadap beragam aspek aktivitas penilaian, khususnya yang berfokus pada para siswa. Akhirnya didiskusikan juga mengenai "bagaimana" - format-format dan prosedur yang digunakan dalam melakukan penilaian.

APA YANG HARUS DINILAI?

Tiga hasil pembelajaran dari pendidikan berbasis inkuiri melibatkan baik pengetahuan maupun pemahaman. *The Standards* mendefinisikan istilah pengetahuan dan pemahaman sebagai berikut:

> Pengetahuan ilmiah mengacu pada fakta-fakta, konsep-konsep, prinsip-prinsip, hukum-hukum, teori-teori dan model-model....Pemahaman sains mensyaratkan seseorang mengintegrasikan struktur kompleks dari beragam jenis pengetahuan, termasuk gagasan-gagasan sains, hubungan antar gagasan, alasan dari hubungan yang terbentuk, cara-cara untuk menggunakan gagasan-gagasan tersebut untuk menjelaskan dan memperkirakan fenomena-fenomena alam yang lain, serta cara-cara untuk menerapkannya dalam berbagai kejadian. Pemahaman mencakup kemampuan untuk menggunakan pengetahuan dan memerlukan kemampuan untuk membedakan apakah suatu gagasan adalah ilmiah atau tidak ilmiah. (NRC, 1996, hal. 23)

Walaupun pemahaman memiliki status yang lebih tinggi dalam pendidikan sains dibandingkan dengan pengetahuan, adalah suatu kesalahan untuk berpikir bahwa semua pengajaran atau penilaian harus bertujuan untuk mendapatkan hasil dari pemikiran tingkat tinggi. Memang, ketika para siswa gagal dalam soal-soal yang rumit, tidak ada yang mengetahui apakah mereka lemah dalam keterampilan-keterampilan tertentu atau lemah dalam pengetahuan yang dibutuhkan untuk berhasil, kecuali jika metoda penilaiannya juga memeriksa syarat-syarat yang diperlukan untuk penyelesaian soal tersebut. Sebagai contoh, pada awal pembelajaran

mengenai fase-fase bulan dan gaya-gaya statis, Pak Gilbert dan Pak Hull telah mendeteksi pengetahuan para siswa mereka mengenai fenomena yang diselidiki untuk membangun dasar terhadap bagian mana yang akan dibangun menjadi gagasan-gagasan yang lebih kompleks. Beberapa kemampuan inkuiri dapat dinilai dengan cara yang relatif mudah. Sebagai contoh, para guru dapat mengamati dan mendengarkan para siswa untuk menentukan apakah mereka dapat "menggunakan data-data untuk membuat penjelasan-penjelasan yang masuk akal" (sebagaimana yang ditentukan dalam standar K-4), "mengembangkan penggambaran, penjelasan dan model-model menggunakan bukti-bukti" (5-8), dan "merumuskan dan merevisi penjelasan-penjelasan ilmiah dan model-model dengan menggunakan logika dan bukti-bukti" (9-12).

Kemampuan-kemampuan ilmiah lainnya, seperti merancang dan melakukan penyelidikan ilmiah, adalah tantangan-tantangan yang lebih kompleks dalam penilaian. Champange, Kouba dan Hurley (dalam penerbitan) telah mengemukakan bahwa para guru menilai inkuiri siswa dengan memeriksa empat fase dalam penyelidikan siswa: pemicu, perencanaan, implementasi dan penutupan atau perluasan. Untuk tiap fase, guru harus menggambarkan hasil-hasil, kemampuan-kemampuan dan informasi yang diharapkan. Sebagai contoh, dalam tahap perencanaan, hasil yang dinilai mencakup rencana, rasional yang mendasarinya dan kritik dari rencana-rencana sejawat yang lain; serta kemampuan dalam mengembangkan perencanaan, menjelaskan serta merevisinya; dan informasi yang meliputi deskripsi dari karakteristik-karakteristik suatu penyelidikan yang cocok dengan pertanyaan yang mendasarinya.

DeJong dan Van Joolingen (1998) telah merangkum suatu bentuk pararel dari suatu riset yang telah dilakukan mengenai kemampuan-kemampuan inkuiri dan pemahaman-pemahaman di dalamnya. Para siswa seringkali tidak mengenal bagaimana seharusnya suatu hipotesis dibuat (terkait dengan variabel-variabel dan hubungan antar variabel tersebut), tidak dapat menyatakan atau menyesuaikan hipotesis terhadap data yang terkumpul dan menghindari hipotesis yang memiliki kemungkinan besar untuk

ditolak. Dalam merancang suatu percobaan, mereka cenderung untuk mencari informasi yang sesuai dengan hipotesis, mengubah terlalu banyak variabel dalam satu waktu, atau memanipulasi variabel-variabel yang tidak relevan dengan hipotesis. Persoalan-persoalan yang sering ditemui dalam menginterpretasi data meliputi konfirmasi hipotesis yang mengabaikan indikasi dari data yang diperoleh dan kesulitan dalam menginterpretasi grafik-grafik (Roberts, dkk., 1997). Manfaat bagi para guru dari penilaian terhadap gagasan-gagasan awal para siswa mereka adalah mengetahui apa makna dilakukannya suatu penyelidikan dan berpikir secara ilmiah, serta bagaimana gagasan-gagasan serta keterampilan-keterampilan para siswa berubah seiring waktu.

Adalah mudah untuk mengatakan bahwa para siswa tidak boleh secara sederhana belajar memisahkan fakta-fakta atau definisi tanpa pemahaman. Lebih sulit untuk mengatakan pemahaman seperti apa yang dapat terlihat dari suatu konsep atau bagaimana para siswa harus menghasilkan bukti dari pemahaman mereka. Dalam *The New Standards Project*, sistem penilaian yang dikembangkan bersama antara beberapa negara bagian, pemahaman konseptual dideskripsikan sebagai berikut:

> Para siswa mendemonstrasikan pemahaman konseptual dengan menggunakan suatu konsep secara akurat untuk menjelaskan pengamatan dan membuat perkiraan serta dengan menyajikan sebuah konsep dalam berbagai cara (melalui kata-kata, diagram, grafik atau carta yang sesuai). Kedua aspek dari pemahaman - menjelaskan dan menyajikan - harus sesuai dengan standar-standar ini. (*New Standards*, 1997, hal. 133).

Serupa dengan hal di atas, *The AAAS Assessment Blueprint* (AAAS, 1998) menyarankan pengajuan pertanyaan yang menekankan pemikiran reflektif dan memerlukan informasi yang terintegrasi, daripada berpikir reflektif, yang hanya memerlukan tanggapan berupa ingatan terhadap materi pelajaran. Menurut AAAS, pertanyaan-pertanyaan yang harus diberikan pada para siswa adalah semacam:
"Bagaimana cara kita mengetahui hal tersebut?" dan "Apa yang membuatnya berbeda dari yang lain?", daripada sekedar menanyakan definisi istilah-

istilah untuk menguji ingatan siswa.

Sekali lagi, banyak strategi mengenai hal ini yang nampak dalam penggambaran-penggambaran di Bab 3. Sebagai contoh, ketika Bu Flores ingin menilai pemahaman para siswanya terhadap suatu gagasan dalam sebuah tes yang adil, ia telah mengevaluasi apakah sebuah rancangan alternatif yang belum dilakukan sebelumnya juga adil. Ms. Flores juga memberi tugas-tugas yang berisi dan terbuka bagi para siswanya seperti merancang rumah-rumah cacing dari botol soda, berdasarkan dari hasil pengamatan mereka terhadap tempat-tempat ditemukannya cacing secara alami.

Namun, banyak penilaian pada Bab 3 didasari pada evolusi belajar harian yang aktual, sehingga menjadikannya rentan untuk dijadikan sebagai pertimbangan umum dan dasar membuat peringkat evaluasi kompetensi. Untuk penilaian-penilaian yang menentukan, apakah kelulusan dari suatu kursus atau kenaikan kelas, diperlukan cara-cara yang terstandardisasi untuk mengevaluasi pengetahuan dan kemampuan, lebih baik lagi bila cara-cara yang dibuat tersebut sistematis dan kuantitatif. Pengetahuan dan pemahaman juga perlu dideteksi dalam berbagai cara, untuk meyakinkan bahwa definisi-definisi yang diingat tidak berdasarkan kesalahan informasi dan kesalahan pemahaman.

SIAPA YANG HARUS MELAKUKAN PENILAIAN?

Penilaian sejatinya berasal dari bagian yang berbeda dari suatu sistem pendidikan, termasuk para administrator dan para guru. Namun demikian, salah satu bagian yang penting dari penilaian adalah penilaian diri sendiri oleh para siswa. Keterlibatan para siswa dalam menilai pemikiran dan kinerjanya sendiri membuat mereka lebih mampu mengarahkan diri dalam membuat perencanaan, berusaha mencapai tujuan, memonitor dan mengoreksi pembelajaran yang sedang mereka lakukan sendiri. Penilaian diri sendiri memelihara proses penemuan, kerjasama, komunikasi dan koneksi-koneksi konseptual.

Dalam sebuah ulasan terhadap lebih dari 580 artikel mengenai tes formatif, Black dan Wiliam (1988) menekankan bahwa "para siswa harus dilatih untuk melakukan penilaian terhadap

diri sendiri, sehingga mereka memahami tujuan utama dari pembelajaran dan apa yang perlu mereka capai". Black dan Wiliam juga menemukan bahwa tes formatif yang ditingkatkan, termasuk penilaian terhadap diri sendiri, adalah paling efektif untuk meningkatkan kinerja para siswa yang skala pencapaiannya rendah, walaupun para siswa dengan kinerja yang baik juga akan mendapatkan manfaat dari penilaian formatif yang lebih baik. Pendekatan dengan penilaian ini mempersempit jurang perbedaan antara kinerja siswa dengan pencapaian tertinggi dan terendah.

Melibatkan para siswa dalam penilaian mengurangi beban para guru sekaligus membuat para siswa mengetahui apa saja yang diharapkan dari mereka. Bila para siswa tidak mengetahui kriteria apa yang akan dinilai dan contoh dari kinerja yang dianggap sukses, maka penilaian akan seperti permainan tebak-tebakan terhadap apa yang ada di pikiran sang guru. Para siswa sering gagal untuk membuat hubungan yang jelas antara apa yang telah mereka kerjakan dengan pertanyaan atau persoalan yang diajukan dalam suatu tes atau ujian. Dalam hal ini, tidaklah mengejutkan bila para siswa dengan pencapaian rendah akan mendapatkan manfaat terutama dari mempelajari kriteria untuk sukses dan melihat contoh-contoh bagaimana cara untuk mencapai kriteria tersebut.

Salah satu cara untuk membuat para siswa melakukan penilaian diri sendiri adalah dengan melibatkan mereka dalam merancang panduan penilaian terhadap suatu tugas atau proyek. Pernyataan seorang siswa sebagai orang pertama bahwa; "Saya menerangkan gagasan-gagasan saya dengan jelas dan terperinci", dan "Saya menggunakan kata-kata, gambar-gambar, tabel-tabel, diagram-diagram dan grafik-grafik untuk menunjukkan gagasan-gagasan saya," adalah bentuk penerjemahan siswa tersebut terhadap standar-standar kemampuan inkuiri. Memberikan rubrik penilaian pada para siswa sebelum memulai tugasnya tidak berarti membocorkan "jawaban yang benar" bagi penyelidikan mereka, melainkan memberikan mereka kriteria kualitas yang akan menjadi dasar pertimbangan dalam membuat keputusan terhadap kesimpulan mereka.

Salah satu contoh dari kriteria yang dapat digunakan dapat dilihat pada gambaran-gambaran

dalam Bab 3, yaitu dalam jurnal-jurnal yang dibuat oleh para siswa Bu Idoni selama melakukan pekerjaan di lapangan. Dengan mengorganisasi jurnalnya sendiri berdasarkan kemampuan-kemampuan inkuiri yang dideskripsikan dalam *The Standards*, para siswa Bu Idoni diberikan cara untuk memonitor kemajuan-kemajuannya sendiri dalam mencapai standar. Pengaturan konseptual dari jurnal-jurnal yang dibuat juga dapat bermanfaat untuk digunakan oleh para siswa dalam proyek akhir mereka di akhir sesi pembelajaran.

BAGAIMANA PEMBELAJARAN SISWA HARUS DINILAI?

Para pendidik telah lama mengetahui bahwa seorang guru yang efektif akan belajar tentang apa yang telah dan belum diketahui oleh para siswa, serta bagaimana mereka berpikir mengenai gagasan-gagasan ilmiah, hanya dengan mendengarkan mereka. Bertahun-tahun yang lalu, Rowe (1974) mengidentifikasi suatu strategi instruksional "waktu menunggu" yang sangat efektif, yaitu diamnya guru untuk memungkinkan para siswa mengajukan dan menjawab lebih banyak pertanyaan yang mendalam, lebih daripada jika guru langsung menjawab dan memecah keheningan dengan segera setelah bertanya. Ia menyarankan berpikir berdasarkan pertanyaan yang secara individu telah dibawa oleh masing-masing siswa. Salah satu

contoh adalah suatu pertanyaan tentang nilai-nilai (misalnya, "Siapa yang peduli?"), cara untuk mengetahui (misalnya, "Apa yang menjadi bukti?"), tindakan (misalnya, "Apa yang harus saya lakukan dengan yang telah saya ketahui?"), dan konsekuensi (misalnya, "Apakah saya tahu apa yang akan terjadi?"). Dalam menulis tentang penilaian, ia mencatat bahwa, "Belajar untuk melakukan percakapan daripada langsung mencari tahu adalah cara yang sangat berguna untuk mulai mendapatkan data-data

Tabel 4.1. Format-format dan Prosedur-prosedur Penilaian

	Berdasarkan kebutuhan ----------> Sepanjang waktu			
Format-format	Pilihan ganda, benar/salah, menjodohkan	Tanggapan terkonstruksi, esai	Penyelidikan, laporan penelitian, proyek-proyek	Portofolio, jurnal, catatan laboratorium
Alokasi waktu	Umumnya sekitar 1 menit atau 2 - 3 menit berikut keputusan	1 - 2 menit jawaban pendek, 5 - 15 menit jawaban terbuka	Harian, mingguan atau bulanan	Bulanan atau bahkan tahunan
Pertanyaan dari siapa? (Pendengar jawaban)	Siapa saja atau sang guru	Siapa saja atau sang guru	Sang guru atau siswanya	Siapa saja atau sang guru
Jenis pertanyaan-pertanyaannya apa?	Pertanyaan terbatas	Pertanyaan terbatas	Pertanyaan lebih terbuka	Bervariasi
Sumber jawaban	Siapa saja atau sang guru	Siswa	Siswa	Siswa
Jenis jawabannya seperti apa?	Benar/salah	Lebih panjang untuk dikoreksi	Standar atau kriteria suatu kualitas	Standar atau kriteria suatu kualitas
Sumberdaya yang digunakan selama penilaian	Biasanya satu	Satu atau beberapa peralatan	Peralatan, referensi-referensi	Peralatan, referensi-referensi
Kesempatan untuk umpan balik dan revisi	Tidak ada	Biasanya tidak ada	Biasanya beberapa dari guru dan sesama siswa	Biasanya beberapa dari guru dan sesama siswa

kontekstual." (Rowe, 1991, hal. 91).

Gallas (1995) juga menekankan nilai dari mendengarkan para siswa; ia melaporkan kebersamaan dengan para siswanya di sekolah dasar untuk diskusi-diskusi terbuka seputar topik-topik tertentu atau pertanyaan yang ia sebut sebagai "Obrolan Sains". Cara ini memungkinkan para siswanya untuk mengeksplorasi gagasan-gagasan mereka sendiri, yang mungkin atau mungkin juga tidak, berhubungan dengan

pengalaman-pengalaman yang telah ia rencanakan untuk mereka. "Anak-anak tahu kapan kami akan "mengambil alih" agenda mereka. Mereka dapat merasakan ketika kata-kata "Saya ingin tahu" dalam pertanyaan-pertanyaan mereka diserap ke dalam agenda "mari kita cari tahu dan tunjukkan" oleh guru mereka (Gallas, 1995, hal. 71). Ia selalu meminta para siswanya untuk menggambar, segera setelah percakapan mereka, sebuah gagasan atau gagasan terbaik yang mereka rasa dapat menjawab pertanyaan, yang kemudian ia gunakan untuk melanjutkan dan mendokumentasi kemajuan pembelajaran mereka.

Beberapa dimensi penting dari format-format yang sangat dikenal dari pilihan berganda, jawaban terkonstruksi, proyek-proyek, portofolio, disajikan dalam Tabel 4.1. Tantangan bagi para guru adalah meningkatkan pola yang dilakukan, dari ranah sebelah kiri menjadi cenderung ke sebelah kanan, sementara menjadi benar atau tidaknya suatu produk penilaian haruslah sesuai dengan kualitas yang dirundingkan juga dengan anggota komunitas sekolah yang lain. Dengan kata lain, kriteria apa yang dimiliki oleh para guru, pemilik sekolah atau komunitas sains untuk sebuah tanggapan yang dianggap baik sekali terhadap suatu pertanyaan tertentu? Diskusi di antara para guru di tingkat kabupaten atau kota, dikalibrasi dengan peserta dari pihak luar, adalah komponen dari sistem-sistem penilaian yang paling efektif. Sebagaimana Daro (1996, hal. 260), yang menyatakan:

> Bila diinginkan standar mempunyai konsekuensi nyata pada penilaian, maka harus melalui keterlibatan para guru dalam komunitas profesional yang berpegang pada standar bersama yang akuntabel. Mereka hanya dapat berpegang pada standar yang mereka pahami terhadap pekerjaan-pekerjaan siswa mereka. Dengan demikian, diskusi terbuka guru dan rekan-rekannya tentang penilaian pekerjaan-pekerjaan siswa diperlukan untuk membuat standar menjadi kenyataan bagi para guru dan tentunya juga bagi para siswa.

Dalam memilih format yang tepat untuk sebuah penilaian, sifat dasar dari kebutuhan terhadap standar perlu untuk ditinjau. Apakah ada sesuatu yang dapat dan harus dinilai "berdasarkan kebutuhan", dengan sedikit waktu untuk refleksi dan revisi? Pilihan ganda dan jawaban pendek sesuai untuk menilai hal-hal yang harus diketahui para siswa secara langsung dan pasti. Banyak dari hal-hal tersebut yang termuat dalam *The Standards*, bagaimanapun, memerlukan setidaknya sedikit waktu untuk refleksi (sekitar dua menit atau lebih). Konsekuensinya, makin banyak format penilaian yang dibutuhkan akan memakan lebih banyak waktu.

Gambaran-gambaran dalam Bab 3 menekankan penilaian yang cenderung ke sisi sebelah kanan dari Tabel 4.1., sebagian juga menunjukkan penggunaan bentuk penilaian yang bervariasi. Tapi format penilaian dengan kisaran penuh dari kiri ke kanan dan prosedur-prosedur dalam tabel di atas dapat digunakan di tiap pembelajaran yang diuraikan dalam Bab 3. Secara khusus, kombinasi dari perangkat evaluasi tampaknya diperlukan untuk melakukan penilaian sumatif mengenai seberapa banyak tiap siswa sudah belajar dari suatu pembelajaran. Terkadang para guru, seperti juga para penerbit komersial dan pegawai kantor kota atau kabupaten, memilih bentuk soal pilihan ganda karena mudah untuk diberi skor secara akurat, atau karena para guru terdorong untuk menyiapkan para siswanya dalam menghadapi ujian negara atau ujian lokal yang menggunakan format tersebut. Bagaimanapun, sebenarnya sulit untuk menilai pemahaman, kemampuan inkuiri atau pemahaman inkuiri para siswa hanya dengan format soal pilihan ganda. Satu cara untuk membuat pertanyaan-pertanyaan pilihan ganda lebih bermakna adalah dengan menanyakan alasan siswa memilih jawabannya, yaitu dengan mengatakan mengapa mereka memikirkan bahwa pilihannya adalah yang terbaik dan mengapa pilihan jawaban yang lain tidak memuaskannya.

Ada suatu pertimbangan tambahan yang terkait dengan para siswa dengan keterbatasan dalam keahlian berbahasa dalam suatu penilaian. Para siswa yang masih memerlukan pengetahuan dasar kosa kata, sintaksis, dan semantik akan memiliki masalah baik dalam memahami dan menanggapi bagian-bagian penilaian yang berbasis pada penggunaan bahasa. Dengan demikian penting untuk membedakan antara apa yang para siswa ketahui dalam suatu area subyek dengan seberapa baik mereka dapat menginterpretasi dan menanggapi pertanyaan-pertanyaan yang spesifik.

Di Amerika, *The State Collaborative on Assessment and Student Standards* di

bawah *Council of Chief State School Officers* (1999) telah mengembangkan prosedur-prosedur dan merancang material-material untuk menghasilkan penilaian-penilaian yang lebih cocok dalam pembelajaran Bahasa Inggris siswa. Materi-materi ini menekankan bahwa penilaian dapat dipengaruhi oleh isu-isu linguistik (seperti kelalaian terhadap huruf-huruf atau suara tertentu yang tidak dikenal dalam bahasa sehari-hari), pengaruh budaya (perbedaan cara menginterpretasi pertanyaan), dan tingkatan pengenalan bahasa Inggris (apakah dalam tataran sosial atau akademik). Pola-pola kesulitan tertentu dapat muncul di antara para siswa yang mempelajari bahasa Inggris, dan pengetahuan terhadap pola-pola tersebut akan menolong pembuatan penilaian menjadi lebih akurat.

Sistem penilaian yang paling komperehensif mencakup perangkat yang bervariasi. Sebagai contoh, sistem yang dikembangkan oleh *New Standards Project* telah memiliki tiga komponen yang saling berkaitan satu sama lain: standar kinerja, ujian dan portofolio (*New Standards*, 1997). Standar kinerja diterjemahkan oleh *National Science Education Standards* dalam suatu pernyataan yang mengindikasikan suatu kegiatan dimana para siswa dapat menunjukkan kompetensi dalam sebuah standar. Standar-standar ini juga mencakup contoh-contoh pekerjaan siswa dengan komentar-komentar yang menerangkan aspek-aspek apa saja dari suatu pekerjaan yang menggambarkan standar tersebut dan mengapa hal itu cocok untuk tingkatannya. Ujian menggunakan kombinasi berbagai tanggapan yang telah terkonstruksi dan terseleksi, termasuk kinerja pekerjaan tangan, meningkatkan skor dalam (1) pemahaman konseptual, (2) pemikiran ilmiah: merancang dan menyerap pengetahuan (3) pemikiran ilmiah: analisis dan pembuktian, (4) ilmu pengetahuan mengenai kehidupan, bumi,dan fisika. Sistem portofolio mencakup unjuk pemahaman konseptual, pemikiran ilmiah, perangkat dan komunikasi, serta penyelidikan. Perbedaan tersebut untuk menonjolkan perbedaan tipe pembuktian yang perlu disajikan untuk standar-standar yang berbeda secara kualitatif ini. Harapan terhadap kualitas dari portofolio lebih tinggi daripada harapan terhadap suatu ujian, karena adanya waktu yang memadai, umpan balik dan kesempatan untuk merevisi dalam bentuk portofolio. Beberapa dari standar kinerja,

seperti bekerja secara produktif dalam sebuah kelompok, paling baik dapat dinilai melalui pengamatan guru, sehingga formulir sertifikasi untuk hal tadi sudah termasuk dalam portofolio. Penerapan penilaian iknuiri yang sukses bergantung pada pengembangan guru-guru kader yang berpengalaman dalam membuat skor terhadap rubrik berbasis standar dan dalam berbagai contoh-contoh mengenai pekerjaan membuat standar dari kisaran kinerja siswa yang berbeda.

Sebuah sistem serupa dengan format beragam telah diberlakukan di California selama beberapa tahun oleh *Golden State Exam in High School Biology, Chemistry and Integrated Science*. Ujiannya mencakup butir-butir pilihan ganda, tanggapan-tanggapan terkonstruksi dan tugas kinerja di laboratorium. Portofolio menjadi pilihan dan hanya digunakan untuk meningkatkan nilai siswa, tidak untuk jadi merendahkannya.

KESIMPULAN

Bab ini telah menunjukkan bahwa penilaian untuk pendidikan sains berbasis inkuiri berbeda dari yang umumnya lebih dikenal sebagai penilaian tradisional untuk beberapa alasan: sifat dasar dari inkuiri, tujuan instruksi-instruksi berbasis inkuiri, keterkaitan inkuiri dengan the Standards, dan kapasitas penilaian tertentu untuk mengukur kemajuan aktual mengacu pada the Standards.
Perbedaan-perbedaan dalam penilaian ini memperluas baik penilaian formatif yang sudah dilakukan untuk memandu pembelajaran dan perancangan penilaian sumatif untuk mengukur pembelajaran, termasuk dalam skala besar (skala kabupaten/ kotamadya, provinsi, negara atau internasional). Tes sumatif juga harus memenuhi beberapa kriteria tambahan: dapat dibuat sistematis, bisa diulang, handal, setara untuk semua siswa dan dapat dibandingkan antar kelas maupun sekolah dan bisa diinterpretasi. Dengan memenuhi kriteria-kriteria, penilaian sumatif dapat menyediakan bukti-bukti yang diperlukan untuk membuat keputusan tingkat tinggi, baik mengenai tingkatan seorang siswa secara individu atau suatu sistem yang diperlukan untuk merancang kembali pendekatan pengembangan profesional bagi guru-gurunya.

5
Mempersiapkan Para Guru Untuk Pengajaran Berbasis Inkuiri

Bagi para siswa, agar dapat memahami inkuiri dan menggunakannya dalam mempelajari sains, maka para guru mereka perlu mengetahui dengan baik inkuiri dan metode-metode berbasis inkuiri. Namun kebanyakan para guru tidak memiliki kesempatan yang memadai untuk mempelajari sains melakui inkuiri atau untuk melakukan proses-proses inkuiri ilmiah sendiri. Selain itu, tidak banyak juga para guru yang memiliki pemahaman dan keterampilan yang mereka butuhkan untuk menggunakan inkuiri dengan penuh pemikiran dan cocok dengan kondisi kelas mereka.

Apa yang diperlukan oleh para guru untuk mengetahui dan dapat menggunakan inkuiri secara efektif? Apa saja jenis-jenis pengembangan profesional yang dapat menolong kemajuan perkembangan dan penerapan penggunaan strategi-strategi berbasis inkuiri bagi para guru?

National Science Education Standards -- khususnya dalam standar-standar untuk pengembangan profesional guru -- adalah organisator yang berguna untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas. Dalam konteks inkuiri, standar-standar pengembangan profesional dapat diorganisasikan menjadi empat kategori:

- Standar A : Mempelajari sains melalui inkuiri
- Standar B : Mempelajari cara mengajarkan sains melalui inkuiri
- Standar C : Menjadi “Pelaku Inkuiri Seumur Hidup”
- Standar D : Membangun Program-program Pengembangan Profesional untuk Pembelajaran dan Pengajaran berbasis inkuiri

Bagian berikut dari bab ini membahas seputar empat tema tersebut di atas. Namun demikian, bab ini dimulai dengan selayang pandang peran pengembangan profesional dalam mengarahkan kembali pengajaran dan pembelajaran pada proses inkuiri.

PANDANGAN PARA GURU TERHADAP PENGEMBANGAN PROFESIONAL UNTUK PENGAJARAN BERBASIS INKUIRI

Dalam penggambaran berikut, Steve, seorang guru fisika sekolah menengah atas, merefleksikan tiga tahun program pengembangan profesional yang menjadikannya Master of Arts in Teaching Integrated Sciences. Kisahnya mengangkat isu-isu mengenai motivasi para guru, nilai-nilai, pemahaman, dan pengalaman yang mereka pelajari tentang inkuiri, serta tentang bagaimana mengajarkan sains menggunakan inkuiri.

Diskusi-diskusi Pengembangan Profesional Seorang Guru Mengenai Pengajaran Berbasis Inkuiri: Kisah dari Steve

Ketika memulai program tiga tahun master saya, saya sudah memiliki beberapa pemahaman tentang pengajaran melalui inkuiri. Saya pikir hal itu memerlukan lebih banyak waktu dibandingkan dengan tipikal paparan dan pekerjaan laboratorium saya dalam mengajar. Saya juga berpikir bahwa akan ada pertentangan dengan kebutuhan untuk memenuhi target penyampaian isi materi pembelajaran sains. Saya juga tidak ingin meninggalkan "zona nyaman" pembelajaran yang biasanya sudah saya dan para siswa harapkan.

Pada saat yang sama, saya juga merasa bahwa saya tidak cukup memaparkan gagasan-gagasan yang penting dan menarik dalam fisika pada para siswa. Selama bertahun-tahun saya telah mengetahui, melalui pertanyaan-pertanyaan dalam tes yang saya ajukan, bahwa para siswa tidak dapat mengingat banyak apa yang telah saya ajarkan. Mereka tampaknya mengetahui banyak, namun sangat sedikit memahami. Tampak jelas bagi saya bahwa para siswa mengingat istilah-istilah dan persamaan-persamaan hanya sepanjang waktu yang dibutuhkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam ujian, setelah itu informasi-informasi tersebut akan menghilang begitu saja.

Saya memperoleh beberapa pandangan ketika mencoba dan meninjau kembali bermacam-macam metode yang diperkenalkan selama program master saya. Program ini terdiri dari enam pekan penuh kuliah di musim panas ditambah seminar-seminar di sepanjang tahun akademik. Pandangan penting pertama saya dapatkan ketika saya terlibat dalam proyek inkuiri jangka panjang di awal musim panas. Tantangan untuk mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang baik, merancang penyelidikan-penyelidikan yang efektif, dan cermat untuk terampil dalam memaparkan penjelasan mengenai apa yang telah kami temukan ketika mengeksplorasi tepian perairan di Colorado selatan, menjadi pengalaman yang menunjukkan kompleksitas dan pentingnya mempelajari sains dengan "mengerjakan" sains, sebagaimana juga belajar "mengenai" sains. Langkah maju yang penting lainnya terjadi ketika saya mengapresiasi pentingnya untuk berfokus pada "gagasan-gagasan besar" dalam fisika. Sebagai contoh, saya telah berencana untuk mengajarkan unit energi dalam fisika, dan saya memutuskan untuk melihat subyek tersebut secara lebih mendalam. Dalam tugas membaca yang menjadi bagian dari program saya, saya mendapatkan pemahaman yang jauh lebih

dalam mengenai hal-hal yang yang berhubungan dengan penyimpanan, transfer, transformasi dan konservasi energi. Setelah saya renungkan kembali pengajaran saya dulu, saya menyadari bahwa saya telah mengajarkan topik energi sebagai subyek yang terpisah, melompat dari satu topik ke topik yang lain. Saya tidak pernah memberikan pada para siswa visi fisika yang luas dari topik ini karena saya sendiri belum mendapatkannya.

Tanpa perlu dipertanyakan lagi, pemahaman yang lebih baik mengenai energi menjadi dasar bagi pengajaran yang paling efektif yang pernah saya lakukan saat itu. Saya berusaha membuat para siswa saya menggunakan inkuiri untuk memahami tentang konservasi energi, macam-macam energi dan transformasi energi. Sebagai contoh, saya menggunakan tugas laboratorium yang relatif bersifat solusi terbuka, dimana saya membawa sebuah mesin unik "Rube Goldberg" yang besar dengan lonceng-lonceng bervariasi dan peluit yang diaktifkan oleh gerakan bola-bola atau perangkat lain di dalam mesin tersebut. Saya meminta para siswa untuk mengidentifikasi beberapa pertanyaan yang mereka miliki tentang apa yang terjadi pada mesin aneh itu berkaitan dengan energi, konservasi energi, macam-macam energi dan perubahan energi yang telah kami pelajari. Mereka juga mengidentifikasi bagaimana mereka berpikir untuk dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan, percobaan apa yang dapat mereka rancang, dan data yang dapat mereka kumpulkan sebagai bukti-bukti yang cukup untuk menjelaskan apa yang tengah terjadi. Dari tingkat keterlibatan siswa yang tinggi dalam penyelidikan, kinerja serta umpan balik mereka, jelas terlihat bahwa mereka telah mengerti konsep-konsep fisika, sekaligus membangun keterampilan-keterampilan inkuirinya. Mengajarkan "gagasan-gagasan besar" dalam fisika melalui inkuiri juga menolong saya menerapkan standar-standar kompetensi sains dari pemerintah, yang telah dikembangkan secara konsisten oleh National Science Education Standards. Lebih jauh lagi, penilaian-penilaian yang saya berikan pada para siswa di akhir pembelajaran menunjukkan bahwa mereka telah mempelajari tentang energi jauh lebih banyak daripada ketika saya mengajar di kelas-kelas sebelumnya.

Salah satu gagasan awal saya mengenai inkuiri adalah bahwa hal itu terutama merupakan aktivitas-aktivitas di laboratorium. Saya menemukan bahwa, meskipun laboratorium dapat membantu proses pemahaman, hal itu tidak selalu terjadi bila hanya merupakan pengerjaan suatu "resep masakan" (tidak membuat para siswa mampu membuat pilihan atau keputusan-keputusan sendiri) atau hanya berupa "konfirmasi" (hanya mengikuti paparan dalam pembelajaran atau bahan bacaan siswa). Saya menyadari bahwa inti dari inkuiri bukan pada penggunaan alat-alat laboratorium secara intensif, melainkan pada interaksi antara para siswa dengan materi pembelajaran, antar sesama siswa serta antara siswa dengan guru, yang terjadi puluhan kali dalam setiap kelas dan di setiap periode belajar.

Salah satu yang saya pelajari mengenai interaksi antara siswa dengan guru dalam program yang saya jalani adalah melalui rangkaian rekaman video dari para guru. Kami juga terlibat untuk mencoba sendiri perilaku-perilaku seperti mendengar, menjelaskan suatu pernyataan dan mengajukan pertanyaan terbuka. Saya menemukan diri saya menanggapi para siswa dengan pernyataan-pernyataan seperti, " Katakan lebih lanjut lagi mengenai Y", " Apa bukti dari kesimpulan tersebut?", dan "Bagaimana keputusanmu atas penjelasan itu, di luar hal yang kamu telah yakini kemarin?"

Saya telah mencoba aktivitas kelompok yang lebih kecil yang dibuat untuk mendorong anggota-anggota kelompok untuk berbicara, berdebat dan menghasilkan perkiraan-perkiraan berdasarkan pengamatan awal dan penjelasan berdasarkan bukti-bukti. Secara informal, saya menilai pengetahuan para siswa hampir setiap hari. Sering saya memulai pembelajaran dengan aktivitas yang sesuai dengan konteks untuk membantu para siswa berdiskusi mengenai gagasan-gagasan konseptual dan membuat presentasi saya jadi lebih bermakna.

Langkah besar lainnya yang saya ambil dalam perkembangan karir saya sebagai seorang guru adalah mulai mengizinkan siswa bertanya untuk memperbaiki kurikulum. Bukannya membatasi pertanyaan-pertanyaan saya sendiri seperti biasanya, saya malah mendorong para siswa untuk mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang muncul dari pemikiran mereka sendiri. Gagasan ini adalah sebuah ilham! Mendengarkan pertanyaan-pertanyaan para siswa telah membuka banyak sekali hal-hal yang membingungkan, yang sebelumnya mungkin hilang sebelum terungkap.

Sebagai bagian dari program master saya, saya memutuskan untuk memonitor seberapa banyak saya mendengarkan. Saya mencatat lamanya waktu saya berbicara dan waktu para siswa yang berbicara. Untuk pertama kali, proporsi waktu bicara guru/siswa kira-kira 80/20. Pada pertengahan semester pertama, proporsi ini telah menjadi kebalikannya. Hal ini adalah bagian kecil dari penelitian yang menjadi titik balik apresiasi saya terhadap nilai dari pengajaran berbasis inkuiri.
Program pengembangan profesional kami memberikan cukup waktu untuk diskusi satu sama lain selama pembelajaran, mengenai "percobaan-percobaan terbaru" kami di kelas. Meskipun tiap kelompok terdiri dari beragam latar belakang dan tingkatan mengajar, percakapan-percakapan tersebut perlu untuk pengembangan diri dan sebagai dorongan bagi saya untuk tetap mencoba pendekatan-pendekatan inkuiri. Saat saya merenungkan kembali tiga tahun yang saya telah habiskan dalam program ini, saya tahu bahwa saya telah mendapatkan sangat banyak dari guru-guru yang lain, dari fakultas kependidikan dan para ilmuwan yang telah bekerja sama dengan erat.

Uraian Steve di atas mencerminkan beberapa kekhawatiran umum di antara para guru di awal eksplorasi mereka mengenai inkuiri. Pada awalnya, ia mengira bahwa pengajarannya sudah sukses dan salah satu tugas pentingnya sebagai guru sains adalah membantu para siswanya mengenal banyak sekali fakta dan konsep-konsep dalam sains. Namun ia juga curiga bahwa para siswa tidak benar-benar belajar dan mengingat apa yang mereka ingin ketahui. Dan ia tahu bahwa ia mengabaikan keperluan untuk membantu para siswanya mempelajari

keterampilan-keterampilan inkuiri dan pemahaman bagaimana para ilmuwan menggunakannya untuk menghasilkan sebuah pengetahuan.

Steve kemudian melihat bahwa berpindah metode menjadi pengajaran yang berbasis inkuiri berarti mengadopsi peran yang berbeda sebagai seorang guru. Ia menciptakan lebih banyak kesempatan bagi para siswanya untuk mengeksplorasi ide-ide mereka sendiri, dengan materi pembelajaran dan antar mereka. Ia mendengar lebih banyak, sehingga dapat mempelajari apa yang mereka pahami dan yang tidak atau salah dipahami, apa yang mereka pikirkan, dan apa yang sedang mereka pelajari. Ia juga belajar untuk menyusun struktur pembelajaran yang mencakup "gagasan-gagasan besar" daripada hanya mencakup fakta-fakta dan rumus-rumus yang sebelumnya dipandang sebagai inti dari pelajaran fisika.

Perenungan Steve menunjukkan banyak perubahan yang dapat mengorientasi ulang pengajaran menuju inkuiri. Ia menggunakan inkuiri dalam tiga cara yang dirinci oleh *The Standards*, yaitu mengajarkan keterampilan inkuiri, pemahaman mengenai inkuiri dan materi sains melalui inkuiri. Ia memberi perhatian lebih pada pertanyaan-pertanyaan para siswa dan menciptakan kesempatan-kesempatan pada mereka untuk mengumpulkan bukti dan menggunakannya sebagai dasar penjelasan dan ia melakukannya sebelum menyampaikan materi sains, bukan setelahnya.

Refleksi dari Steve juga menekankan beberapa ciri penting dari pengembangan profesional bagi pengajaran berbasis kompetensi. Salah satunya adalah kebutuhan para guru untuk "melakukan" inkuiri dengan tujuan memahami maknanya, nilai-nilainya serta bagaimana cara menggunakannya untuk membantu pembelajaran para siswa. Hal lain adalah pentingnya komunitas belajar guru yang mencerminkan komunitas ilmiah. Menurut *The Standards*, komunitas seperti itu akan memberikan tantangan sekaligus kesempatan untuk pengembangan pengetahuan bagi para ilmuwan, para siswa, dan dalam kasus ini adalah bagi para guru.

Refleksi oleh Steve juga menunjukkan bahwa untuk membuat perubahan transformasional dalam pengajaran dibutuhkan waktu yang tidak sebentar. Program yang diikuti Steve berlangsung dalam enam minggu kuliah sepanjang musim panas dan beberapa bulan seminar dalam satu tahun akademis. Berdasarkan perhitungannya sendiri, Steve telah dapat membuat kemajuan-kemajuan dalam pengajaran berbasis inkuiri, tapi itu bukan berarti bahwa tujuan akhir telah tercapai. Pada akhirnya, program pengembangan profesional yang diikuti Steve telah memberikannya kesempatan yang luas untuk berinteraksi dengan inkuiri, dari kerja lapangan menggunakan inkuiri yang didukung oleh literatur, hingga inkuiri yang diterapkan dalam perilaku kelasnya sendiri, seperti penelitiannya mengenai penggunaan waktu bicara guru dan siswa di kelas.

Pengalaman-pengalaman Steve akan menjadi dasar untuk mengeksplorasi empat topik utama yang didiskusikan dalam standar-standar pengembangan profesional, mulai dari bagaimana para guru mempelajari sains yang diperlukan untuk mengetahui cara mengajarkannya dengan berbasis inkuiri.

MEMPELAJARI SAINS MELALUI INKUIRI

Para guru memiliki tingkat pengetahuan dan keterampilan sains yang sangat beragam. Para calon guru di banyak universitas dan perguruan tinggi mungkin hanya memiliki latar belakang sains setingkat sekolah menengah atas. Guru-guru berpengalaman yang telah tersertifikasi di bidang-bidang lain mungkin menerima kenyataan harus mengajarkan sains. Guru-guru veteran atau saintis yang bercita-cita untuk mengajar mungkin memiliki latarbelakang sains yang kuat

namun masih tradisional, atau mengajarkan subyek sains yang berbeda dengan latar belakang mereka. Semua mungkin mendapatkan tantangan oleh kebutuhan mereka untuk lebih mendalami sains atau mempelajari subyek sains yang berbeda.

Untuk mengajarkan sains pada para siswa mereka melalui inkuiri, para guru membutuhkan pemahaman isi dari gagasan-gagasan yang penting dalam sains, contohnya seperti yang diuraikan dalam the Standards. Mereka perlu tahu bagaimana fakta-fakta,

prinsip-prinsip, hukum-hukum dan rumus-rumus yang mereka pelajari dalam program sains yang mereka sendiri dapat dimasukkan atau dikaitkan dengan gagasan-gagasan penting tersebut. Mereka juga perlu mengetahui bukti-bukti untuk isi yang mereka ajarkan -- bagaimana kami mengetahui apa yang kami ketahui. Sebagai tambahan, mereka perlu mempelajari "proses" dari sains: apakah inkuiri ilmiah itu dan bagaimana cara melakukannya.

Tetapi bagaimana para guru dapat mempelajari gagasan-gagasan besar dalam disiplin-disiplin ilmiah? Ada banyak kemungkinan, yaitu dari kelas-kelas pre-servis dan in servis formal, dari program-program belajar independen, dari refleksi yang serius dalam kelas-kelas berbasis inkuiri mereka. Pada tiga gambaran berikut dalam bab ini diuraikan kisaran program-program sains dan pengalaman-pengalaman pengembangan profesional yang memberikan para guru kesempatan untuk mempelajari gagasan utama suatu disiplin sains melalui inkuiri. Gambaran pertama menceritakan seorang fisikawan lulusan ilmu fisika perguruan tinggi yang mengajarkan para guru menggunakan struktur pembelajaran di universitas. Gambaran kedua adalah pengalaman seorang guru yang ikut serta dalam program tersebut. Gambaran yang ketiga menceritakan seorang guru taman kanak-kanak yang terlibat dalam sains pada program di sebuah museum sains.

Diskusi-diskusi Ilmuwan Fisika berbasis Universitas
Pembentukan Konsep di Laboratorium:
Kisah dari Lillian

Kurikulum yang digunakan dalam kursus-kursus bagi guru fisika harus mengacu pada tujuan-tujuan instruksional. Jika kapasitas untuk mengajarkan sains melalui praktek menjadi tujuan, maka para guru juga perlu mengerjakan hal itu dalam waktu yang mencukupi untuk dapat merefleksikan semangatnya. Namun demikian, ada alasan kuat lain yang menjadi alasan mengapa pemilihan kurikulum sangat menentukan. Para guru sering mencoba untuk menerapkan materi-materi instruksional dalam kelas yang sangat mirip dengan yang mereka dapatkan dalam kuliah-kuliah di perguruan tinggi mereka. Disengaja atau tidak, metode mengajar dipelajari dari contoh-contoh. Kecenderungan umum dari mengajar fisika adalah bersifat dari guru pada murid, dan mengajar dengan bercerita, bertentangan dengan cara belajar terbaik para siswa dan mahasiswa. Oleh karena itu, kursus-kursus untuk guru-guru pra-universitas harus berdasarkan kerja di laboratorium.

Dalam kurikulum yang telah kami kembangkan dan gunakan untuk kursus-kursus bagi guru-guru pre-servis dan in-servis, semua kegiatan dilakukan di laboratorium. Para siswa bekerja dalam kelompok-kelompok kecil dengan peralatan yang sama dengan yang digunakan oleh peserta program pra-universitas. Pendekatan yang digunakan berbeda dengan yang dipraktekan secara umum yaitu topik baru dimulai dengan menyampaikan definisi dan pernyataan-pernyataan. Sebaliknya, para siswa disajikan suatu situasi yang membutuhkan kemunculan suatu konsep baru. Diawali dengan pengamatan-pengamatan, para siswa kemudian memulai proses membentuk sebuah model konseptual yang dapat menjelaskan fenomena yang menarik tersebut. Pertanyaan-pertanyaan yang tersusun secara cermat memandu mereka merumuskan definisi-definisi operasional dari konsep-konsep penting. Mereka mulai untuk berpikir secara kritis mengenai apa yang mereka amati dan belajar untuk mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang tepat mengenai hasil pengamatan mereka sendiri. Ketika mereka menghadapi situasi-situasi yang baru, para siswa menguji model-model mereka dan menemukan beberapa contoh yang mungkin tidak cocok dengan model awal sehingga memerlukan tambahan konsep untuk menjelasakannya. Para siswa terus menguji, memperluas dan memperbaiki model hingga mereka dapat memperkirakan dan menjelaskan berbagai fenomena. Ini adalah inti dari metode ilmiah, suatu proses yang harus dialami untuk bisa dipahami.

Untuk menggambarkan tipe kegiatan yang dirangkum di atas, berikut adalah contoh spesifik berdasarkan sebuah topik yang terdapat di banyak program-program pra-universitas. Hal ini menguraikan bagaimana kami membimbing para siswa mengembangkan model konseptual untuk sebuah sirkuit arus langsung sederhana. Matematika tidak diperlukan, cukup dengan penalaran secara kualitatif.

Para siswa memulai proses pembuatan model dengan mencoba menyalakan bola lampu kecil menggunakan sebuah baterai dan kabel tunggal. Mereka

mengembangkan definisi operasional untuk sebuah konsep sirkuit lengkap. Dengan mengeksplorasi efek dari penambahan bola lampu dan kabel dalam sirkuit, mereka menemukan bahwa hasil pengamatan mereka konsisten terhadap asumsi-asumsi berikut: arus listrik ada dalam sebuah sirkuit lengkap dan kekuatan nyala yang berbeda-beda dari bola lampu yang sama mengindikasikan adanya perbedaan kekuatan arus. Setelah para siswa melakukan percobaan lebih jauh (beberapa yang disarankan, beberapa yang mereka rancang sendiri), mereka menemukan bahwa kekuatan nyala tiap bola lampu dipengaruhi bukan saja oleh jumlahnya dalam sebuah sirkuit, melainkan juga oleh bagaimana mereka terhubung dengan baterai dan dengan satu sama lain. Para siswa dibimbing untuk mengkonstruksi konsep hambatan listrik dan menemukan bahwa mereka dapat memperkirakan apa yang akan terjadi pada banyak, walaupun tidak semua, sirkuit-sirkuit sederhana dari bola lampu yang sama. Mereka mengenali kebutuhan untuk mengembangkan model mereka di luar konsep mengenai arus dan hambatan, untuk memasukkan konsep tegangan (yang nantinya akan dikenali sebagai perbedaan potensial). Ketika bola-bola lampu dengan hambatan yang berbeda dan baterai tambahan dipasang, para siswa menemukan bahwa mereka memerlukan konsep tambahan untuk menjelaskan apa yang terjadi pada sirkuit yang lebih rumit. Mereka dibimbing untuk mengembangkan konsep yang lebih kompleks, seperti tenaga listrik dan energi.

Dengan menempuh langkah demi langkah penalaran deduktif dan induktif, para siswa mengkonstruksi sebuah model konseptual yang bisa mereka terapkan untuk memperkirakan kekuatan nyala di sirkuit manapun yang terdiri dari baterai dan bola lampu.

Kita dapat menggunakan pendekatan inkuiri terbimbing pada para guru di semua tingkatan pendidikan, dari sekolah dasar hingga sekolah menengah atas. Setelah mengetahui kebutuhan intelektual melalui percobaan-percobaan mereka sendiri, para guru mengenali bahwa tingkat perkembangan akan menentukan jumlah model yang dapat dibuat, yang sesuai untuk para siswa mereka. Bagi para guru, bagaimanapun, perasaan mampu yang berasal dari pemahaman yang mendalam akan menghasilkan rasa percaya diri dalam menangani keadaan-keadaan tak terduga di kelas.

Selain mengubah pendekatan tradisional dalam penyampaian sains pada sebuah pengajaran, beberapa profesor perguruan tinggi juga mengembangkan program kursus sains khusus untuk guru-guru K-12. Kelompok Pendidikan Fisika di Departemen Fisika Universitas Washington menawarkan kursus-kursus khusus baik untuk para guru pre-servis maupun in servis. Dasar kurikulumnya adalah buku Physics by Inquiry (McDermott dkk.,1996), sebuah kumpulan modul-modul kerja laboratorium yang telah dikembangkan berdasarkan penelitian tentang pembelajaran dan pengajaran fisika. (Referensi-referensi yang relevan dengan penelitian dapat ditemukan dalam McDermott dan Redish, 1999). Kursus-kursus tersebut membantu para guru membangun pemahaman fungsional mengenai konsep-konsep penting dalam fisika. Pemahaman pada tingkat ini mengkonotasikan kemampuan untuk melakukan penalaran yang diperlukan dalam menerapkan konsep-konsep pada situasi yang baru. Kisah dari Lilian menceritakan bagaimana program tersebut tersusun.

Dalam kisah Lillian, kita bisa melihat keputusan-keputusan instruktur untuk memandu proses pembelajaran, sehingga para mahasiswa didorong untuk menghadapi gagasan-gagasan konseptual yang sulit dan membuat penalaran yang diperlukan untuk mendapatkan pemahaman mereka sendiri. Generalisasi dan penjelasan dari prinsip-prinsip yang umum timbul setelah pengalaman dan pengulangan-pengulangan. Prinsip-prinsip tersebut tidak disajikan sejak awal sebagai dasar bagi penyelidikan para siswa. Aktivitas-aktivitas terbimbing itu sengaja dipilih oleh para instruktur berdasarkan pengalaman tahun sebelumnya dengan para mahasiswa (termasuk para guru) dan perkembangan pengetahuan mengenai pemikiran khas para siswa tentang gagasan-gagasan kunci dalam fisika. Pemilihan pertanyaan-pertanyaan secara hati-hati dirancang untuk memperoleh perdebatan-perdebatan dan pemikiran serius mengenai gagasan-gagasan ini berdasarkan penyelidikan-penyelidikan yang dipandu, bacaan-bacaan terkait, serta kerja individu dan kelompok. Penyelidikan spesifik di laboratorium telah dipilih para staf -- aktivitas-aktivitas yang telah mereka ketahui akan menentang kepercayaan-kepercayaan yang selama ini telah diyakini mengenai fisika. Inkuiri terbimbing ini penting pada tahap pengenalan sehingga para siswa nantinya dapat menggunakan pengembangan pengetahuan dan pemahaman konseptual serta keterampilan penalaran.

Berikutnya, dalam kisah Lezlie, kita akan melihat dampak dari instruksi dengan tipe seperti di atas pada guru-guru sekolah dasar. Lezlie sedang berada di awal karirnya ketika pertama kali mengikuti *NSF Summer Institute for Inservice Teaching* di Univesitas Washington. Hari ini, lebih dari 25 tahun kemudian, ia merefleksikan tentang bagaimana pengalaman yang diperolehnya dalam program tersebut telah memengaruhi pengembangan profesionalnya sebagai seorang guru.

Sebuah Refleksi Guru Sekolah Dasar dalam Pembelajaran dan Pengajarannya Melalui Inkuiri: Kisah dari Lezlie

Di akhir musim panas dalam tahun pertama saya mengajar, saya diberi informasi bahwa penurunan jumlah pendaftar akan mengakibatkan dihapusnya kelas 2 yang saya pegang. Bagaimanapun, hal ini adalah berita baik, karena saya kemudian saya memperoleh posisi baru menjadi spesialis sains untuk kelas 4. Tanpa meminta pemindahan posisi dan mempertimbangkan bahwa latar belakang pendidikan Bahasa Perancis saya akan cocok untuk posisi baru saya, dengan cepat saya menyetujui tugas baru untuk tahun berikutnya tersebut. Pengawas sains tingkat kota menyarankan bahwa kami memulai dengan dua unit Pembelajaran Sains Dasar; Perahu-perahu Tanah Liat dan Timbangan Dasar. Panduan dan peralatan untuk kedua unit tersebut telah disediakan. Saya telah menyiapkan semua peran mengajar saya yang baru.

Tanpa memperoleh pembelajaran sains tingkat dasar sebelumnya, kali ini saya tidak merasa memiliki keterikatan, sebagaimana terhadap subyek-subyek yang lain ketika mengajarkan yang hal-hal yang pernah saya ajarkan. Pada kenyataannya, tanpa ada buku acuan yang sebenarnya untuk membimbing para guru, saya hanya diberi bahan-bahan dan sedikit instruksi umum dalam panduan guru. Maka, waktu itu para murid bersama saya jadi "mengeksplorasi bersama" bahan-bahan yang ada. Kami memperoleh pengalaman yang hebat. Para siswa sangat tertarik. Mereka berbicara banyak tentang apa yang sedang mereka kerjakan dan mengajukan banyak pertanyaan. Tapi saya menginginkan lebih dari sekedar mengeksplorasi dan bertanya. Saya ingin mempelajari beberapa prinsip dasar dan memiliki visi yang jelas mengenai tujuan kegiatan-kegiatan kami di kelas. Saya ingin mengarahkan para siswa untuk menemukan dan memahami sesuatu. Tapi apa yang harus kami pahami? Saya belum memiliki suatu pertanda. Inilah pertama kali saya menyadari bahwa jika saya ingin menjadi guru yang benar-benar efektif, saya memerlukan keterampilan sains dan memahami bahwa saya belum pernah diminta untuk mengembangkannya selama kuliah sarjana saya.

Tak lama setelah menyadari kekurangan saya, saya membaca sekilas di suratkabar untuk sekolah di kota saya, sebuah pengumuman tentang Summer Institute in Physics (Kuliah Musim Panas untuk Fisika) dan Physical Science for Elementary Teachers (Sains Fisika untuk Guru Sekolah Dasar). Saya kemudian mendaftar untuk mengikutinya dan diterima.

Pengembangan profesional yang saya peroleh melalui tugas-tugas kursus yang hebat pada musim panas pertama itu adalah pendidikan bermakna pertama yang baru saya alami sejak masa sekolah menengah. Tak ada paparan semasa kuliah yang benar-benar saya butuhkan untuk mengetahui cara membimbing siswa mengembangkan pemahaman konseptual serta keterampilan berpikir dan bernalar yang mereka butuhkan untuk menanggapi dunia di sekitar mereka.
Saya meninggalkan musim panas itu dengan perasaan bahwa otak saya telah

mengalami penyegaran kembali. Rasanya tidak ada seorang guru pun yang membutuhkan setiap materi dalam kursus melebihi saya. Sebelumnya, saya belum pernah diminta untuk menjelaskan penalaran saya. Kini, sebuah jawaban singkat tidak lagi bisa memuaskan. Saya telah diharapkan untuk berpikir tentang dari mana jawaban itu didapat dan apa arti dari jawaban tersebut. Hal itu sempat membuat waktu-waktu yang mencekam, menyebabkan kerumitan, dan mengharuskan proses pemikiran yang rinci sebelum saya mengambil sebuah kesimpulan, namun hal itu menjadi semakin mudah seiring program musim panas tersebut berjalan. Saya juga mulai menyadari pentingnya mengetahui apa yang membuat saya paham dan bagaimana saya bisa menjadi paham. Melalui proses inkuiri, saya memahami isi subyek pembelajaran yang selama ini terasa berada di luar pemikiran saya. Saya ingin dapat menanyakan pertanyaan-pertanyaan yang dapat mengarahkan para siswa pada pemahaman yang sama. Jawaban dari pertanyaan-pertanyaan tersebut nantinya dapat menjadi pemahaman pertama terhadap isi subyek pembelajaran.
Isi subyek pembelajaran menjadi fokus dalam kuliah musim panas dan sebagai hasilnya, saya telah mengembangkan pemahaman konseptual dari beberapa konsep sains, termasuk keseimbangan, massa dan volume. Sejalan dengan konsep-konsep tersebut saya menemukan sebuah pengertian mengenai pentingnya mengontrol variabel dalam suatu eksperimen. Kini saya lebih layak untuk melakukan tinjauan kritis terhadap unit-unit sains yang telah saya ajarkan pada tahun sebelumnya. Saya mengenal bahwa Perahu-perahu Tanah Liat mungkin bukan pilihan yang terbaik untuk memberi pemahaman pada siswa mengenai konsep tenggelam dan terapung,

namun Timbangan Dasar kelihatannya sudah merupakan pilihan yang tepat setelah saya mengeksplorasi materi-materi yang sangat mirip dan memiliki gagasan-gagasan mengenai bagaimana cara mengarahkan para siswa untuk menemukan, melalui eksperimen yang membuat mereka memahami kepentingan pengontrolan variabel-variabel, faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi keseimbangan dan yang tidak berpengaruh.

Kini, setelah bertahun-tahun mengikuti pengembangan profesional saya di kuliah musim panas Universitas Washington, baik sebagai peserta maupun instruktur, saya merasa nyaman untuk mengajar banyak, kalau tidak semua, konsep-konsep sains yang ada dalam sekolah dasar dan menengah. Pemahaman terhadap isi subyek telah membuat saya dapat mengajarkan unit-unit seperti sirkuit listrik, magnet, panas dan suhu, serta tenggelam dan terapung dengan percaya diri. Meskipun pengetahuan mengenai isi subyek adalah esensial, pemahaman yang sederhana mengenai isi subyek tersebut tidak menjamin saya dapat membawa para siswa untuk dapat memahaminya secara tepat.

Bagaimana seseorang dapat mulai mengembangkan keahlian dalam strategi-strategi yang kita sebut sebagai inkuiri? Bagi saya, saya hanya dapat menduga bahwa hal itu dimulai dari melakukan refleksi terhadap pengalaman-pengalaman pribadi saya sendiri. Bagaimanapun, secara hampir tidak disadari, setelah bertahun-tahun berlalu, saya mulai mengajar dengan cara seperti yang diajarkan pada saya dalam kuliah musim panas.

Saya tahu bahwa bila sejak awal saya telah memperhatikan pertanyaan-pertanyaan yang berada dalam pikiran saya sebagai alat, maka bila digunakan dengan terampil dapat menghasilkan tingkat pemahaman yang saya harapkan. Saya juga mengetahui bahwa pertanyaan-pertanyaan dapat membantu saya menemukan tingkat intelektual dari para siswa. Dengan kata lain, sampai di mana pemahaman mereka saat itu. Dengan dipersenjatai pemahaman konseptual yang diperlukan, waspada terhadap beberapa miskonsepsi yang pernah saya miliki, saya dipersiapkan untuk berpikir mengenai pertanyaan-pertanyaan yang akan membantu saya menemukan dari mana saya harus memulai. Saya membayangkan ada sebuah area yang luas antara para siswa dengan pemahaman konseptualnya. Saya menganggap area luas tersebut sebagai wilayah pemotretan yang merinci dengan jelas semua macam jalan menuju tujuan yang diinginkan. Gambaran tersebut juga mengindikasikan adanya jalan-jalan buntu dan risiko-risiko yang ingin saya tunjukkan dengan jelas pada para siswa. Saya sangat mengenal area luas tersebut, karena saya sendiri juga telah melintasinya lebih dari satu kali, dan mungkin telah berlawanan dengan arah orang lain, atau menempuh jalur yang berbeda dengan tujuan yang sama. Dalam hal ini saya dapat memberikan bimbingan bagi para siswa, sehingga mereka tidak mengembara terlalu jauh dari jalur yang benar. Saya ingin mereka menghadapi beberapa kesulitan dan memecahkan masalah serta ketidak konsistenan, dan tumbuh secara intelektual melalui pengalaman-pengalaman ini. Tapi saya tidak ingin mereka mengembara tanpa tujuan atau terjun bebas ke dalam jurang. Saya ingin mereka sampai ke tujuan relatif tanpa cedera. Untuk itu, amat penting, sebagaimana orang tua yang waspada, saya terus memberikan dukungan dalam kegelisahan intelektual mereka. Saya bertanya dan mendengarkan dengan cermat. Saya mengamati wilayah untuk menemukan di mana penjelasan-penjelasan dan tanggapan pada pertanyaan saya telah menempatkan mereka, lalu merencanakan strategi selanjutnya untuk membuat mereka terus maju. Saya mengingat kembali pengalaman saya sendiri sebagai pembelajar bahwa kadang strategi berikutnya adalah berupa pertanyaan seperti, " Apa yang anda butuhkan untuk menemukannya?" Kadang hal itu berupa saran untuk mencoba beberapa eksperimen, dan kadang juga berupa komentar seperti, "Mengapa anda tidak memikirkan mengenai hal tersebut barang sejenak". Hanya dengan melalui bertahun-tahun mencoba strategi ini maka saya dapat belajar untuk menakar taktik apa yang tepat, kapan dan pada siswa yang mana hal tersebut dapat diterapkan.

Tentu saja ada pertimbangan-pertimbangan lain dalam mengajarkan sains berbasis inkuri pada para siswa sekolah dasar. Ketertarikan tidak pernah menjadi masalah dari para siswa yang saya ajarkan. Sains adalah menarik secara alami. Membangun ketepatan pemahaman adalah masalah lain. Saya telah mengenali apa saja yang akan sampai ke tujuan dan yang tidak, sebagai hasil dari penelitian berbasis kurikulum yang saya kerjakan dalam kuliah musim panas. Materi-materi ini telah dirancang secara hati-hati untuk membangun pemahaman konseptual secara logis, dalam langkah-langkah berurutan. Anda tidak akan, sebagai contoh, mulai memikirkan mengenai mengapa sesuatu akan tenggelam atau terapung sebelum mengembangkan suatu pemahaman mengenai apa arti dari massa dan volume untuk menghasilkan definisi-definisi operasional yang nyata. Hanya dengan begitu seseorang dapat berpikir mengenai bagaimana kedua variabel tersebut berpengaruh terhadap tenggelam atau terapungnya sesuatu.

Sebagai kesimpulan, langkah yang terpenting bagi saya untuk menjadi guru sains yang lebih efektif adalah mendapatkan pemahaman yang memadai mengenai isi subyek pembelajaran. Adalah hal yang penting juga bahwa isi subyek tersebut dipelajari dalam lingkungan instruksi berbasis inkuiri. Sangat penting untuk merefleksikan pengalaman saya sebagai pembelajar, sehingga saya dapat menempatkannya sebagai contoh model yang telah diterapkan. Akhirnya, saya harus menambahkan bahwa melakukan tinjauan kritis terhadap apa yang telah kita lakukan dan mengevaluasi mana yang bisa berhasil dan mana yang tidak merupakan hal yang esensial. Bila apa yang sedang kita kerjakan tidak menghasilkan pemahaman yang lebih baik mengenai isi subyek pembelajaran oleh para siswa, maka mungkin saja masalahnya terletak pada kita sebagai guru, bukan para siswa.

Deskripsi di atas menggambarkan sebuah perubahan dalam kursus sains di perguruan tinggi ke arah format yang lebih berbasis pada inkuiri dan dampaknya pada pengetahuan dan keterampilan guru. Kursus-kursus di universitas, yang biasanya berpola pembelajaran menggunakan praktikum di laboratorium untuk mengkonfirmasi hasil perkuliahan

atau isi bahan bacaan, telah menjadi sumber keprihatinan bagi banyak pembelajaran dan pengajaran di kelas 1 - 12. Banyak laporan menekankan pentingnya perubahan cara pengajaran sains dalam kursus-kursus bagi para guru (AAAS, 1990; Project Kaleidoscope, 1991; NRC, 1996). Beberapa laporan juga memberikan contoh-contoh pengajaran berbasis inkuiri pada tingkat universitas dan strategi-strategi untuk melaksanakannya (NRC, 1997). Masih banyak lagi rekomendasi-rekomendasi yang kuat agar setiap mahasiswa tingkat sarjana yang mempersiapkan diri untuk mengajar telah mendapatkan pengalaman terlibat dalam penelitian yang sesungguhnya di bawah supervisi ilmuwan peneliti, sebagai bagian dari tugas kuliah mereka. Kisah di atas mendeskrpsikan juga perubahan kursus sains di perguruan tinggi ke arah urutan instruksional yang berbasis inkuiri. Hal ini menunjukkan pentingnya mengawali dengan eksplorasi suatu fenomena, menunda untuk langsung mengajar istilah-istilah serta prinsip-prinsip hingga diperlukan, menekankan pembentukan konsep, dan menerapkan konsep yang baru dihasilkan pada situasi lain yang berbeda. Hasilnya adalah penguasaan materi subyek dengan pemahaman yang mendalam melalui inkuiri. Bentuk pengajaran ini juga meningkatkan pemahaman siswa terhadap proses-proses ilmiah itu sendiri.

Pengalaman-pengalaman Joanna menggambarkan pengajaran inkuri secara jelas bagi para guru sebagai pembelajar. Ketika ia dan peserta-

Seorang Guru Taman Kanak-kanak Belajar Inkuiri di Museum Sains: Kisah dari Joanna

Bagaimana saya merancang sebuah lingkungan kelas yang memfasilitasi anak-anak agar terdorong untuk melakukan penelitian? Bagaimana saya melakukan, mendukung dan mengamati inkuiri?
Saya telah mengajar taman kanak-kanak selama bertahun-tahun sebelum datang ke sebuah workshop selama dua pekan mengenai cahaya dan warna di sebuah museum sains yang terkenal. Saya telah siap untuk mempelajari cara baru untuk mengajarkan sains. Saya meyakini bahwa pendekatan tradisional tidak memberikan para siswa suatu pengertian dari keterampilan yang mereka butuhkan untuk berhasil dalam pelajaran-pelajaran sains nantinya dan di dunia dengan teknologi yang sudah maju.

Namun demikian, bukannya belajar tentang mengajar, kami memulai workshop sebagai para pembelajar sains. Kami bermain untuk mencampur pigmen warna

dan mewarnai cahaya dengan berbagai cara. Saya selalu mempercayai manfaat aktivitas praktek bagi para siswa, tapi saya belum pernah memiliki kesempatan untuk terlibat dalam dalam suatu penyelidikan jangka panjang oleh saya sendiri -- saya hanya pernah mendapatkan pembelajaran-pembelajaran di laboratorium di sekolah menengah atas, yang kemudian diikuti dengan mengisi titik-titik dalam lembar kerja. Adalah sebuah kejutan bisa "mendapatkan giliran" untuk melakukan inkuiri! Saya berpikir bahwa saya telah mengetahui tentang pembelajaran sains dengan praktek, tapi saya menemukan bahwa ada perbedaan besar antara inkuiri dengan sekedar praktek.

Dari titik awal yang disajikan pada kami oleh para staf, kami mendapatkan sebuah rangkaian pertanyaan yang memandu penyelidikan-penyelidikan kami. Para staf mengatakan bahwa, seperti halnya para ilmuwan, kami mungkin akan melakukan beberapa perubahan dan penggantian, tapi waktu yang disediakan untuk penyelidikan akan mengarahkan kami pada pemahaman baru mengenai cahaya dan warna, serta proses dari inkuiri.

Dalam kerjasama dengan dua guru lain yang sekota, kami memilih pertanyaan sendiri untuk diselidiki. Kami berminat terhadap suatu penampakan yang dinamakan bayangan-bayangan berwarna; tidak masuk akal bagi kami bahwa warna-warna cahaya (merah, biru, hijau, dan sebagainya) dapat memiliki bayangan dengan warna yang berbeda (kuning, magenta, biru kemerahan, dan sebagainya). Kami gambarkan bahwa bila kami dapat menjelaskannya pada kami sendiri, maka kami dapat menjelaskannya pada yang lain dan benar-benar memahami fenomena tersebut.

Pertama kami membuat ulang semua warna-warna dalam spektrum cahaya, lalu menentukan warna bayangan yang dihasilkan dari tiap warna tersebut. Sebagai perkiraan, dalam penyelidikan kami akan melakukan banyak perubahan dan penggantian, namun masing-masingnya memberikan kami sebuah teka-teki yang baru. Sebagai contoh, bersama asisten staf, kami membuat percobaan pancaran warna pada warna yang lain yang akan menyebabkan "hilangnya" warna asal, yaitu dengan menempatkan filter berwarna di depan sumber cahaya yang berwarna, sehingga mengubah cahaya yang sampai ke mata kita. Kami juga membaca mengenai frekuensi cahaya tampak dan tentang bagaimana mata menanggapi frekuensi-frekuensi tersebut. Bila kami memiliki lebih banyak waktu, kami dapat melakukan lebih banyak lagi penyelidikan. Saat itu kami merasa bahwa kami telah mempelajari isi dari subyek sains dalam porsi yang luar biasa, juga apa yang harus kami lakukan untuk menjawab pertanyaan kami sendiri.

Selama kami bekerja, kami berbincang-bincang dengan penyelidik-penyelidik yang lain, berbagi gagasan, dan mulai untuk memahami betapa pentingnya untuk bekerjasama. Pada waktu kami berbagi inkuiri-inkuiri kami, kami merasa takjub melihat seberapa jauh yang telah kelompok kami kerjakan dalam beberapa hari saja dan betapa saling terkaitnya penyelidikan kami dengan inkuiri-inkuiri lain mengenai cahaya dan warna.

Sebagai guru-guru sekolah dasar, kebanyakan dari kami tidak pernah melakukan penyelidikan sendiri mengenai sains apapun. Kami merasa bangga dengan kemampuan kami dalam memilih pertanyaan dan mencari kesimpulan-kesimpulan. Sebagai tambahan, melalui pengalaman inkuiri langsung kami dapat mengapresiasi beberapa bagian kritis, seperti kekuatan pertanyaan-pertanyaan di setiap tahap. Menentukan sebuah pertanyaan untuk dicari jawabannya pada saat awal adalah penting, begitu juga pertanyaan-pertanyaan lain seperti, bagaimana anda dapat menjelaskan apa yang anda amati? Bukti apa saja yang membuat penjelasan anda menjadi baik? Apakah ada penjelasan alternatif yang dapat anda pikirkan dan mengapa penjelasan anda yang lebih kredibel? Kami diberi model-model, bahan-bahan dan panduan secara tersamar tentang bagaimana melakukan inkuiri. Kami mempelajari materi ilmiah melalui percobaan, interaksi dengan ilmuwan, dan berkonsultasi dengan berbagai sumber, termasuk dengan apa yang dipamerkan di dalam museum. Kami mendapatkan pemahaman mengenai aksi saling mempengaruhi yang kompleks dari penambahan warna (berupa cahaya) dan pemecahan warna (berupa pigmen) dan mengenai akibatnya terhadap warna yang kita lihat. Kami mencicipi secara langsung perasaan kompeten dan percaya diri yang berasal dari pengalaman menjadi pembelajar itu sendiri.

peserta lain mengeksplorasi cahaya dan warna, mereka memahami inkuiri sebagai sebuah proses jangka panjang dan sering tidak bisa diperkirakan. Mereka belajar bagaimana cara belajar bersama dan dari satu sama lain untuk membuktikan pertanyaan-pertanyaan ilmiah yang mirip, pentingnya model-model dan materi, serta bagaimana cara mengkomunikasikan penemuan-penemuan mereka pada yang lain. Workshop itu memberi mereka sebuah kesempatan untuk "menenggelamkan" diri mereka sendiri dalam ciri-ciri penting pembelajaran inkuiri dan untuk mempelajari banyak konsep-konsep ilmiah yang penting terkait dengan cahaya.

Dari tiga gambaran di atas dalam bab ini, pembelajaran sains melalui inkuiri memberikan para guru kesempatan-kesempatan untuk mempelajari secara langsung beberapa aspek mendasar dari pengajaran berbasis inkuiri:

- Bagaimana baik materi subyek sains dan hasil-hasil dari inkuiri dapat dibangun menjadi sebuah pengalaman belajar.
- Bagaimana suatu pemahaman yang lebih mendalam mengenai konsep ilmiah dapat memancing diskusi dan perumusan pertanyaan-pertanyaan yang produktif.
- Bagaimana ciri-ciri mendasar dari pembelajaran inkuiri dapat mengarah pada pengalaman belajar.
- Bagaimana perasaan belajar dengan cara inkuiri, lengkap dengan hambatan-hambatan dan perjuangan-perjuangannya.
- Apa saja peran dan perilaku instruktur yang dapat bermanfaat dalam meningkatkan dan mendukung suatu pembelajaran.

Penerapan Apa yang Telah Dipelajari Berdasarkan Inkuiri oleh Guru Taman Kanak-kanak: Lanjutan Kisah Joanna

Setelah penyelidikan saya mengenai cahaya berwarna di museum sains, saya mulai untuk mempertimbangkan secara serius bagaimana untuk memulai membuat lingkungan yang berfokus pada inkuiri untuk kelas taman kanak-kanak saya. Saya mulai memahami bahwa inkuiri memiiki sebuah struktur yang dapat saya gunakan untuk memungkinkan para siswa saya mengajukan dan menjawab pertanyaan-pertanyaan mengenai cahaya dan warna. Hal itu terjadi empat tahun yang lalu, dan setiap tahun saya mendapatkan pemahaman yang sedikit bertambah baik mengenai bagaimana siswa taman kanak-kanak melakukan inkuiri.

Kini saya memiliki beberapa sumber cahaya dan lensa-lensa yang dapat saya beri bermacam warna sebagai sarana pembelajaran rutin. Para siswa menyelidiki cahaya dan warna sepanjang tahun, dengan banyak kesempatan untuk meninjau ulang kegiatan mereka. Beberapa tahun kemudian para siswa memanggil diri mereka sendiri "Anak-anak Pelangi", karena biasanya kami memulai kegiatan kami dengan cahaya menggunakan prisma. *National Science Education Standards* menginginkan anak-anak muda untuk mendapatkan sebuah pemahaman tentang sifat-sifat benda dan bahan, seperti juga cahaya. Kami dapat berusaha mendapatkan sebagian dari pemahaman mengenai hal ini dalam kegiatan mencampur cat berbagai warna dan mencampur warna-warna cahaya. Setiap tahun para siswa membuat buku yang berisi pengalaman-pengalaman mereka.

Salah satu ketertarikan khusus saya empat tahun yang lalu telah mendorong para siswa untuk mengembangkan keterampilan berbahasa mereka dengan menggunakan sains sebagai bahan pembicaraan. Dalam workshop, saya telah belajar pentingnya mempelajari bagaimana cara mengajukan pertanyaan-pertanyaan, bekerja dengan bahan-bahan dan mendengarkan. Saya memulai tiap tahun dengan memodelkan keterampilan-keterampilan ini. Sebagai contoh, saya menunjukkan pada mereka untuk mengajukan pertanyaan menggunakan prisma dan bayangan sebagai titik awal.

Saya telah memperhatikan bahwa banyak siswa taman kanak-kanak tidak

memiliki kemampuan berbahasa untuk mengekspresikan pertanyaan-pertanyaan mereka, namun mereka sering bertanya menggunakan tubuh mereka dengan menggerak-gerakkan benda di sekitar mereka. Saya juga akan membantu kemampuan berbahasa dengan cara ini. Saya membuat model untuk mengawali sebuah pertanyaan dengan mengatakan: "Saya akan berpikir keras sekarang -- saya bertanya-tanya apa yang akan terjadi bila saya memindahkan prisma ini ke samping jendela -- itu adalah pertanyaan yang saya ajukan". Ketika para siswa bekerja dengan cermin-cermin dan cahaya, saya membuat model bagaimana cara mereka mengajukan pertanyaan. Sebagai contoh, saya akan mengatakan: "Ngomong-ngomong saya melihatmu menggerakkan cermin karena kamu bertanya-tanya, 'Dapatkah saya membelokkan cahaya?' ". Saya mengulang pertanyaan-pertanyaan siswa dan menyampaikannya kembali untuk dapat diketahui oleh semua.

Saya memberikan waktu untuk eksplorasi bebas dengan bahan-bahan dalam lingkungan yang aman, sehingga cermin-cermin dan prisma menjadi bagian yang sehari-hari ada di kelas seperti halnya cat dan pasir. Sekarang saya telah mempelajari bagaimana membuat lingkungan kelas yang mendukung, di mana saya bisa berusaha keras mendengar pertanyaan-pertanyaan para siswa, melihat aksi-aksi mereka, dan secara halus membimbing kelompok-kelompok kecil untuk merencanakan dan melakukan penyelidikan lebih lama.

Bercermin ke masa lalu, saya dapat melihat bagaimana pengalaman saya sendiri dengan inkuiri telah membentuk cara saya bekerja dengan para siswa. Saya ingin mereka mengalami keingintahuan, kesuksesan dan ketekunan seperti yang pernah saya rasakan. Saya tahu mereka dapat mengerjakan banyak hal dengan pengajaran yang benar dan mereka dapat merasakan kompetensi mereka tumbuh melalui setiap langkah di sepanjang perjalanan belajarnya. Saya merasakan bahwa saya membantu para siswa untuk belajar dari diri mereka sendiri untuk menjadi pemikir-pemikir yang merdeka, suatu keterampilan yang akan sangat bermanfaat di masa sekolah mereka ke depan. Dan mereka tidak akan pernah lagi melihat cahaya, bayangan dan warna dengan cara yang sama seperti sebelumnya.

BELAJAR UNTUK MENGAJARKAN SAINS MELALUI INKUIRI

Sebagaimana pentingnya bagi para guru untuk memahami inkuiri, mengembangkan keterampilan inkuiri dan mempelajari konsep-konsep sains melalui inkuiri, para guru juga perlu belajar bagaimana mengajarkannya dengan cara tersebut. Hal ini dapat dilakukan melalui pengembangan profesional yang meneruskan dampak inkuiri terhadap cara mengajar mereka. Atau, hal itu bisa dilakukan melalui pengembangan profesional yang dirancang khusus untuk membantu para guru melalui inkuiri. Kisah berikut akan mengilustrasikan kelanjutan dari kisah Joanna: bagaimana guru taman kanak-kanak membawa pengalaman belajarnya ke dalam kelas.

Kisah Joanna menunjukkan kelanjutan dari pengembangannya akan "pengetahuan isi subyek secara pedagogis", dalam istilah yang dikemukakan oleh Lee Shulman (1986) untuk mewakili komponen ketiga dari keahlian mengajar yang unik bagi para guru. Pengetahuan isi subyek secara pedagogis adalah integrasi atau sintesis dari pengetahuan pedagogis seorang guru (apa yang ia ketahui tentang mengajar) dan pengetahuan mengenai materi subyek (apa yang ia ketahui tentang apa yang diajarkan) (Cochran, 1992). Shulman (1986) telah menulis mengenai pengetahuan isi subyek secara pedagogis:

> ...menambahkan aspek-aspek isi subyek yang berkaitan paling erat bagi tingkat kemampuan mengajarnya. Dalam kategori pengetahuan isi subyek secara pedagogi yang saya sertakan, untuk topik-topik yang diajarkan paling rutin, dan bentuk-bentuk yang paling berguna untuk mewakili semua gagasan, ilustrasi analogis yang paling kuat, contoh-contoh, penjelasan dan demonstrasi-demonstrasi -- dalam sebuah kata, cara merepresentasikan dan merumuskan subyek yang membuatnya dapat komperehensif dengan yang

> lain...(Itu) juga termasuk sebuah pemahaman terhadap hal yang membuat pembelajaran mengenai topik tertentu menjdi mudah atau sulit: konsepsi dan prakonsepsi yang dibagi berbeda-beda berdasarkan usia dan latar belakang siswa akan membawa mereka untuk suatu pembelajaran (hal. 9)

Sebagai contoh, guru-guru biologi berpengalaman sedang merencanakan penjelasan sebuah unit pembelajaran mengenai fotosintesis pada pengetahuan isi subyek secara pedagogis ketika mereka mengetahui adanya gagasan-gagasan spesifik dari para siswa yang cenderung dibawa ke kelas (seperti pendapat bahwa tumbuhan mendapatkan makanannya dari tanah), gagasan-gagasan yang sulit (seperti bagaimana transformasi ATP-ADP terjadi), dan bagaimana cara membahas konsep-konsep yang sulit tersebut menggunakan contoh-contoh, analogi-analogi, model-model dan demonstrasi-demonstrasi (Hashweh, 1987). Dalam kasus Joanna, pengalamannya dengan pembelajaran dan pengajaran inkuiri telah membangun pengetahuannya tentang isi subyek secara pedagogis. Pemahaman dan kemampuan inkuirinya dipertajam dalam program dalam museum di mana ia belajar untuk mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang bagus dan merancang penyelidikan untuk mengumpulkan bukti yang dapat ia gunakan dalam menjelaskan pengamatan yang membangkitkan ketertarikannya. Ketika ia menerapkannya pada para siswa, ia menyadari tentang bagaimana mereka belajar untuk mengajukan pertanyaan-pertanyaan mengenai fenomena ilmiah, dan bagaimana ia dapat membantu mereka untuk melakukannya. Ia mengamati bagaimana mereka mengkombinasikan pengembangan keterampilan berbahasa dan penggunaan gerak tubuh mereka. Ia mempelajari materi-materi yang menggugah para siswa dan membantu mereka menjelaskan tentang cahaya dan warna. Ia telah menyusun lingkungan belajar untuk merefleksikan semua ciri-ciri utama dari kelas inkuiri.

Program pengembangan profesional yang diikuti Joanna menekankan pengalaman-pengalamannya dengan inkuiri dan kurang berfokus pada bagaimana ia membawanya ke dalam kelas. Jenis-jenis program pengembangan profesional yang lain langsung lebih berfokus pada pengajaran berbasis inkuiri. Mereka membantu para guru berpikir dengan cara yang baru, tentang pelajaran apa yang mereka inginkan untuk dipelajari oleh siswa dan bagaimana mereka akan mengetahui apakah para siswa telah mempelajarinya. Mereka lebih langsung berfokus pada penguatan pengetahuan isi subyek secara pedagogis dalam sains.

Pre-servis atau kuliah-kuliah pra sarjana dan workshop-workshop in-servis tetap merupakan format-format yang sering diberikan pada para guru untuk mengembangkan dan memperbaiki pengajaran inkuiri mereka. Namun banyak strategi-strategi lain yang juga telah digunakan di seluruh negara untuk membantu baik para calon maupun praktisi guru mempelajari lebih lanjut tentang

mengajar sains melalui inkuiri. Loucks-Horsley dkk. (1998) telah mengidentifikasi 15 jenis strategi berbeda untuk pengembangan profesional, termasuk diskusi-diskusi kasus, pemeriksaan hasil kerja siswa, penelitian tindakan, studi kelompok, pembelajaran berbasis teknologi, penerapan kurikulum, pendampingan dan mentoring, dan pelibatan dalam inkuiri ilmiah (pendekatan yang diambil dari workshop Joanna). Penelitian-penelitian mereka merekomendasikan bahwa strategi-strategi yang telah dipelajari oleh para guru sendiri atau dari praktek pihak lain sangat berguna terutama dalam membangun pengetahuan tentang bagaimana belajar para siswa yang paling efektif. Beberapa contoh dari jenis pengembangan profesional ini adalah pengkajian video-video rekaman pengajaran di dalam kelas; diskusi kasus-kasus tertulis tentang dilema-dilema dalam pengajaran dan pengkajian materi-materi kurikulum serta hasil-hasil kerja siwa yang terkait (tugas-tugas, laporan-laporan laboratorium, hasil-hasil penilaian dan sebagainya).

Kasus-kasus pengajaran tertulis dan video-video rekaman pengajaran secara khusus bermanfaat bagi para guru untuk memeriksa banyak aspek dari pengajaran dan pembelajaran berbasis inkuiri. Pemikiran para siswa dapat dianalisis ketika para siswa menganggapi persoalan

atau pertanyaan-pertanyaan yang diajukan oleh guru atau mereka sendiri. Para guru dapat mengkaji tanggapan yang diberikan oleh guru dalam rekaman video pengajaran serta efek dari tanggapan-tanggapan tersebut terhadap para siswa. Mereka juga dapat mempertimbangkan keputusan-keputusan pengajaran yang telah atau dapat dibuat untuk membantu para siswa belajar.

Melihat kerja dari para siswa, seperti yang ditulis di dalam inkuiri atau hasil dari penilaian kinerja, dapat menjadi proses yang berharga bagi para guru. Beberapa pertanyaan dapat diajukan dan didiskusikan mengenai kemampuan inkuiri para siswa. Apakah para siswa telah mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang tepat? Apakah rancangan penyelidikan menunjukkan bahwa para siswa memahami bagaimana cara mengontrol variabel-variabel? Seberapa luas elaborasi dalam penjelasan para siswa? Apakah penjelasan tersebut berdasarkan bukti yang ada? Apakah para siswa telah menerapkan pengetahuan-pengetahuan baru secara tepat pada situasi yang baru?

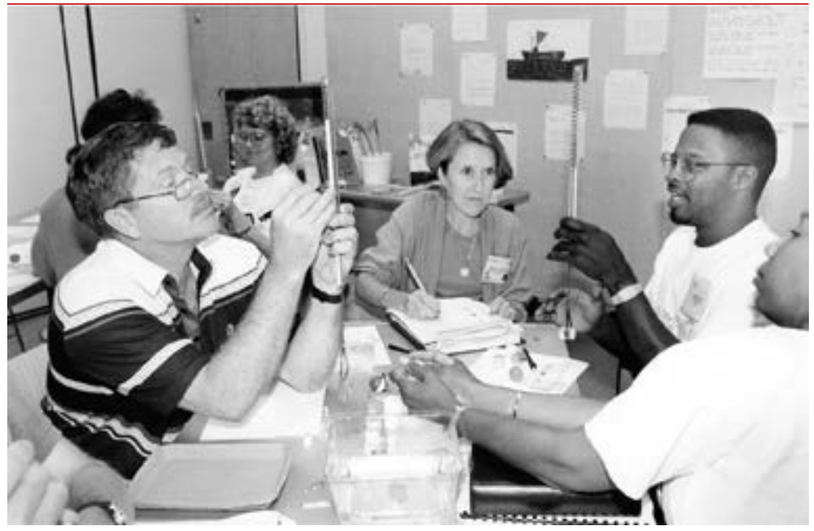
Bekerja dengan materi-materi kurikulum dapat melalui banyak bentuk. Para guru dapat bekerja melalui mata pelajaran untuk mempelajari inkuiri dan subyek sains pokok serta untuk menganalisis apa yang akan dipelajari oleh para siswa, apakah mereka mungkin mendapatkan kesulitan dan bagaimana para guru dapat membantu mereka saat itu. Para guru dapat mencoba suatu unit pengganti, yang menggantikan unit berorientasi inkuiri untuk salah satu yang ada dalam kurikulum mereka sekarang. Atau, para guru dapat menganalisis bagaimana para siswa mempelajari seperangkat hasil-hasil tertentu yang diajarkan oleh guru saat itu.

Kisah berikut mengilustrasikan beberapa cara guru dapat belajar dan mempraktekkan pengajaran inkuirinya menggunakan seperangkat materi-materi kurikulum baru.

Kisah Sandy menggambarkan bagaimana penggunaan kurikulum

Seorang Guru Kelas Lima Belajar untuk Mengajar Melalui Inkuiri Selama Ia Bekerja dengan Materi-materi Kurikulum Baru: Kisah dari Sandy

Saya sering merasa kurang percaya diri mengenai mengajar sains, terutama karena latarbelakang sains saya yang terbatas. Saya cenderung untuk mengerahkan



kemampuan dalam literasi mengajar dan berhitung. Karena itu, ketika sekolah kami memutuskan untuk mengadopsi suatu program praktek sains inkuiri yang baru, saya merasa gelisah.

Semua guru, ditambah kepala sekolah dan pustakawan, diharapkan untuk dapat berpartisipasi dalam empat sesi pengembangan profesional: dua hari di bagian awal dan pertengahan tahap pertama, dan setengah hari pada awal bagian dua dan tiga. Di antara sesi-sesi tersebut, kami akan mengajar sebuah satuan pembelajaran yang ditugaskan (ada tiga satuan pembelajaran untuk tiap tingkatan kelas) dengan dukungan rekan-rekan kerja dalam satu gedung.

Jenny, pengembang profesional wilayah kota, telah mengorganisasikan sekolah saya dan tiga sekolah lain untuk melakukan kursus bersama-sama. Ia memulai sesi pertama dengan tinjauan umum tentang kursus dan materi-materi kurikulum. Untuk tiap tingkatan kelas ada buku pegangan guru (dan buku pegangan siswa) yang berfokus pada suatu rangkaian satuan-satuan pembelajaran, untuk tiap-tiap konsep utama dan keterampilan utama. Kami berpartisipasi dalam beberapa aktivitas penyelidikan yang berbasis pada satuan-satuan pembelajaran tersebut.

Pada siang hari, semua guru kelas lima berkumpul bersama. Kami meninjau ulang pelajaran pertama dalam satuan pembelajaran perilaku hewan yang akan kami ajarkan di tahap itu, melihat dan mendiskusikan sebuah rekaman video berisi interaksi antara guru-siswa selama beberapa menit dalam pembelajaran dan melihat beberapa makalah siswa yang menanggapi pertanyaan-pertanyaan tentang topik di unit tersebut, yang berfokus pada perilaku larva-larva kumbang: "Apa yang kamu ketahui dan apa pertanyaan-pertanyaan yang kamu miliki tentang larva kumbang?" Kami melakukan diskusi yang hebat tentang bagaimana satuan

pembelajaran dirancang untuk mengajarkan para siswa dan bagaimana kombinasi antara bahan-bahan, aktivitas-aktivitas siswa, dan interaksi guru-siswa yang terbaik untuk dapat membantu mereka mencapai tujuan-tujuan belajar. Kemudian setiap orang dari kami diminta untuk memilih sebuah pembelajaran yang menarik bagi kami di awal unit, lalu bersiap untuk memimpin diskusi yang membahas pengajarannya secara mendalam di antara para guru, pada sesi kami berikutnya tiga minggu kemudian. Kami membawa beberapa "artefak" untuk memfokuskan diskusi, misalnya beberapa hasil kerja siswa, sebuah rekaman video atau suara dari suatu sesi pengajaran, atau beberapa hasil penilaian siswa. Sebagai contoh, saya memilih pelajaran bagaimana perilaku larva kumbang terhadap cahaya -- apakah mereka mendekatinya, menjauhinya atau tidak terpengaruh. Saya membawa beberapa sebuah rekaman suara dari diskusi kelompok kecil ketika para siswa bingung memikirkan perilaku larva-larva kumbang yang mereka tempatkan pada jarak yang berbeda-beda dari cahaya lampu. Data dari para siswa mengindikasikan bahwa larva-larva kumbang yang ditempatkan paling dekat dengan lampu cenderung bergerak menjauhinya, namun yang ditempatkan sekitar satu meter dari lampu malah cenderung bergerak ke arah cahaya. Salah seorang siswa menyatakan bahwa mungkin panasnya lampu yang mempengaruhi perilaku larva-larva itu, bukan cahaya: siswa yang lain mengatakan bahwa mereka memiliki terlalu banyak dan bermacam-macam faktor dalam eksperimen mereka, dan bertanya bagaimana mereka dapat menentukan hanya cahaya saja yang mempengaruhi, bila cahaya selau menyebabkan panas. Siswa yang lain melihat ke sekitar ruangan dan mendapatkan tempat yang mendapatkan cahaya namun dengan suhu yang relatif masih sejuk, sehingga mereka dapat merancang cara untuk memisahkan pengaruh cahaya dengan panas yang ditimbulkannya. Hal itu merupakan salah satu contoh yang luar biasa dari pemecahan masalah oleh siswa dan proses belajar yang tidak hanya menyangkut perilaku larva kumbang, tetapi juga mengembangkan perhatian terhadap pengendalian variabel dalam sebuah penyelidikan. Kami, para guru, membahas mengenai apakah dalam pembelajaran tersebut saya telah melakukan apapun secara berbeda, baik dalam menyiapkan aktivitas bagi para siswa atau dalam mengajukan pertanyaan pada mereka selama penyelidikan. Adalah sangat menggugah untuk bisa melakukan penghentian aktivitas sementara dalam sebuah pembelajaran, untuk menjelaskan tujuan-tujuan pembelajaran, dan untuk memeriksa kemungkinan konsekuensi-konsekuensi yang berbeda dari tiap perilaku mengajar. Kami mempelajari banyak hal dari pengalaman berbagi pekerjaan kami dengan para siswa. Dengan bekerja bersama, kami mengetahui bagaimana cara menggunakan perangkat pembelajaran untuk menggugah, menanggapi dan menggambarkan pemikiran para siswa. Pada akhir sesi, kami memiliki gagasan yang baik mengenai bagaimana menyelesaikan satuan pembelajaran dalam beberapa minggu ke depan, bagaimana mengajarkan satuan pembelajaran secara penuh di waktu mendatang, dan juga bagaimana mengajarkan dua satuan pembelajaran berikutnya.

Ketika kami mengajar, kami mendapatkan dukungan dari koordinator sains sekolah kami, yang telah mengikuti kajian mendalam selama seminggu di musim panas mengenai kurikulum dan ikut serta dalam seminar-seminar lanjutan setiap bulan bersama koordinator-koordinator yang lain. Jenny memiliki latarbelakang sains yang kuat dan sebelumnya telah mengadakan ujicoba terhadap materi-materi kurikulum yang kami gunakan untuk belajar. Ia telah menyediakan waktu untuk membantu kami mengenai penggunaan peralatan atau dalam menghadapi masalah-masalah yang kami miliki.

Ketika kami bertemu di awal sesi kedua, kembali kami memiliki banyak hal untuk saling berbagi. Meskipun setiap orang dari kami memiliki masalah-masalah yang sama, tapi kami merasa diperkaya dengan cara positif para siswa kami menganggapi aktivitas-aktivitas yang kami rancang di kelas. Saya tahu bahwa saya telah mempelajari lebih banyak sains pada topik itu daripada para siswa. Saya juga mengadopsi pembelajaran kooperatif untuk digunakan dalam program matematika saya, dengan mendapatkan banyak kesuksesan.

Pada sesi ketiga dari program pengembangan profesional sebelum penerapan unit pelajaran yang kedua, kami membagi tanggung jawab untuk mengkaji tiap satuan pembelajaran yang akan kami akan ajarkan dan menyajikan pada para guru-guru yang lain. Unit pelajaran yang akan diajarkan adalah mengenai kepadatan dan berfokus pada benda-benda yang tenggelam dan terapung. Dengan berbagi pemikiran tentang tiap satuan pembelajaran dan pengembangan rencana-rencana kami, kami menyadari betapa lebih berhati-hatinya kami dalam mengidentifikasi hasil-hasil pembelajaran yang kami inginkan dari para siswa. Dalam beberapa kasus, kami memerlukan pemecahan masalah dengan Jenny mengenai bagaimana untuk menjadi yakin bahwa para siswa kami telah mencapai tujuan-tujuan pembelajaran. Bahan-bahan kurikulum dipersiapkan baik untuk menunjang hasil-hasil proses inkuiri maupun materi subyek sains, karena itu kami menaruh perhatian pada keduanya.

Untuk sesi terakhir di tahun itu, Jeni membawa rekaman video tentang sebagian pembelajarannya mengenai tenggelam dan terapung. Para siswa menyelidiki mana benda-benda yang tenggelam dan mana yang terapung, dan mereka mengembangkan penjelasan tentang penyebabnya. Mereka tampak memiliki kesimpulan bahwa bila udara ada di dalam sebuah benda (misalnya perahu, atau kayu berlubang) maka ia akan terapung, tapi bila tidak ada udara dalam suatu benda (misalnya sekepal tanah liat atau sekeping uang logam) maka ia akan tenggelam. Jenny tertahan. Ia tidak mengetahui apa yang akan dilakukan berikutnya. Ia bertanya-tanya bagaimana ia dapat menolong para siswanya untuk mendapatkan penjelasan yang "benar" ketika ternyata penjelasan mereka "melenceng dari jalur". Ia melakukan diskusi panjang yang penuh pemikiran mengenai masalah ini. Kita perlu berkonsultasi pada panduan bagi guru yang kita miliki untuk memahami kepadatan dengan lebih baik. Kami juga perlu menentukan apa yang para siswa amati dan penjelasan-penjelasan yang mengatakan tentang apa yang mereka ketahui dan ke mana mereka perlu melangkah. Kami bertanya, Apakah para siswa ini sudah cukup umur untuk menjelaskan sesuatu yang tidak bisa mereka lihat? Apakah mereka benar-benar mendasari penjelasan mereka dari bukti-bukti yang mereka dapatkan? Apakah mereka cukup membertimbangkan penjelasan-penjelasan yang disampaikan oleh pihak lain? Apakah mereka mendengarkan

dan mencoba untuk memahami bagaimana penjelasan pihak lain berbeda dengan penjelasan mereka sendiri? Dapatkah mereka menjelaskan mengapa mereka tidak berpaling pada penjelasan yang lain? Pada titk apa seharusnya saya sebagai guru harus masuk dan mengatakan pada mereka jawaban yang benar secara ilmiah, dan apa konsekuensinya bila hal itu dilakukan?

Hal di atas menjadi sebuah diskusi yang sangat menarik dan menekankan pada kami betapa pentingnya untuk mempertimbangkan bagaimana cara berpikir siswa, peran kita sebagai guru dalam membangun pendapat-pendapat mereka dan membantu mereka untuk belajar, serta betapa pentingnya untuk meningkatkan kemampuan inkuiri mereka sehingga mereka dapat melakukan penyelidikan secara lebih hati-hati dan menemukan gagasan-gagasan sains yang penting dari *National Science Education Standards*.

baru dapat memberikan kendaraan bagi para siswa untuk belajar, dan di saat yang sama juga membantu para guru untuk belajar. Berdasarkan pengkajian dan penggunaan kekuatannya, materi-materi kurikulum berbasis inkuiri dapat mempertajam pemahaman guru mengenai inkuiri dan para siswa kelas sains dapat belajar melalui inkuiri. Hal itu dapat menciptakan situasi yang memperluas pengetahuan para guru, merangsang diskusi-diskusi yang terfokus, dan memotivasi guru untuk mencari pengetahuan lebih banyak lagi tentang isi sains dan pendekatan-pendekatan dalam mengajar.

Kisah Sandy tampaknya berlanjut, ketika ia beserta rekan-rekan kerjanya mengulang unit-unit yang sama pada para siswa baru di tahun berikutnya. Dengan semakin meningkatnya "kenyamanan" mereka mengajarkan materi-materi itu, mereka akan mampu untuk memusatkan perhatian pada pemikiran dan pembelajaran siswa dan menyesuaikan pertanyaan-pertanyaan, penyelidikan dan elaborasi untuk memperdalam pemahaman para siswa.

Kolaborasi yang berlangsung terus menerus dengan guru-guru yang lain, juga dengan para ahli mengenai sains dan pembelajaran siswa, akan membantu para guru seperti Sandy untuk mempelajari konsep-konsep sains, kemampuan inkuiri, dan bagaimana pengetahuan-pengetahuan ilmiah mengalami kemajuan.

Pengembangan profesional yang berfokus pada peningkatan pengajaran melalui inkuiri telah mencapai beberapa tujuan sekaligus:

• Memberikan pengalaman yang berbeda dengan kursus-kursus yang tradisional atau lokakarya in-servis bagi para guru, karena memasukkan juga pengalaman per orang seperti pendampingan, kerjasama dalam kelompok-kelompok kerja, dan pembelajaran langsung selama mengajar seperti penelitian tindakan di kelas.

• Berfokus terhadap aspek-aspek penting dalam latihan bagi para guru, termasuk dalam mengorganisasi dan menyajikan kurikulum, pekerjaan siswa dan dilema-dilema dalam mengajar.

• Membantu para guru berpikir hati-hati mengenai bagaimana para siswanya dapat memahami konsep sains yang penting melalui inkuiri, apa yang dapat membantu kebutuhan para siswa dalam mengembangkan kemampuan-kemampuan inkuiri spesifiknya, dan pengalaman-pengalaman belajar apa saja yang dapat membuat kerja para saintis menjadi "nyata" bagi para siswanya.

MENJADI PELAKU INKUIRI SEUMUR HIDUP

Bab ini menggunakan istilah "pengembangan profesional" yang mengacu pada kesempatan bagi para guru untuk belajar pada semua tahap dalam karir mereka. Hal itu berarti mencakup pengalaman-pengalaman belajar bagi para calon guru, guru pemula dan guru-guru berpengalaman melalui program-program pre-servis, induksi dan in servis secara berurutan. Bab ini juga menekankan pentingnya pemikiran mengenai pengembangan profesional sebagai sesuatu yang harus dilakukan secara terus-menerus. Para guru di semua tingkatan mungkin mengetahui beberapa hal dengan sangat baik, tapi tidak untuk hal-hal yang lain, dan tahapan dalam karir mereka tidak mengatur apa

yang akan mereka pelajari dan seberapa dalam mereka akan mempelajarinya.

The Standards menekankan pentingnya pembelajaran seumur hidup dengan membuatnya menjadi salah satu dari empat standar pengembangan profesional. Pengembangan profesional harus terus-menerus memenuhi kebutuhan para calon guru dan guru praktisi untuk terus berkembang, meningkatkan pengetahuan dan keterampilan, serta meningkatkan penghargaan mereka bagi para siswa. Sebuah komitmen untuk inkuiri -- sebagai sesuatu yang harus dilakukan oleh semua manusia untuk meningkatkan taraf hidup mereka dan kehidupan yang lain -- adalah sebuah tema yang penting bagi pengembangan profesional, selain tujuan-tujuan lainnya.

Pengembangan profesional yang paling efektif bukan hanya menggugah kebutuhan untuk belajar terus-menerus. Hal itu juga memberikan pengetahuan tentang di mana harus mencari informasi, memberikan kesempatan-kesempatan untuk meningkatkan pengajaran dan pembelajaran, serta memperkenalkan para guru pada alat-alat bantu untuk melakukan peningkatkan terus-menerus. Alat-alat bantu ini mencakup strategi-strategi untuk menganalisis pengalaman-pengalaman di kelas; untuk mengamati dan memberikan umpan balik yang bermanfaat bagi yang lain; untuk merekam dan mendokumentasi pengamatan serta informasi-informasi penting dari sumber-sumber lain, juga untuk mencari sumber-sumber data sebagai materi dan panduan yang bermanfaat.

Gambaran kisah-kisah dalam bab ini menunjukkan beberapa alat bantu yang digunakan dalam praktek mengajar. Beberapa dari kisah-kisah ini berasal dari jurnal-jurnal mengajar para guru. Menulis beberapa jurnal diperlukan dalam pengalaman pengembangan profesional guru. Para guru lain menyimpan jurnal-jurnalnya untuk langsung digunakan sebagai alat bantu dalam refleksi diri dan sebagai cara untuk memahami aktivitas dan percobaan-percobaannya. Beberapa dari kisah guru juga menggambarkan pembelajaran yang terus-menerus melalui inkuiri. Steve menceritakan salah satu komponen dari program yang diikutinya adalah permintaannya untuk menentukan pertanyaan bagi penelitian mengenai pengajarannya, perancangan dan penggunaan koleksi data dan skema analisis untuk menjawab pertanyaan, serta pelaporan hasilnya pada para rekan guru yang lain. Proyek penelitian tindakan kelas semacam itu adalah sumber-sumber informasi yang penting bagi para guru. Mereka mengorganisasi apa yang bagi orang lain adalah kesan-kesan acak, pengamatan yang tidak sistematis dan perilaku-perilaku tak disadari dalam bingkai yang dapat menginformasikan suatu praktek guru. Mereka memberikan para guru alat bantu yang dapat digunakan untuk mencari jawaban atas pertanyaan-pertanyaan mereka mengenai pengajaran di sepanjang karir mereka.

Dalam kasus Joanna, seorang guru yang belum pernah berpengalaman dalam inkuiri membuka matanya pada kemungkinan bahwa inkuiri dapat menjadi sumber belajar yang terus-menerus. Melalui pengembangan profesional, ia memperoleh kepercayaan diri untuk terus mencari dan menguasai konsep-konsep sains. Motivasi Joanna untuk berpikir mendalam mengenai bagaimana para siswanya belajar dan kemampuan-kemampuan apa saja yang mereka butuhkan untuk terus belajar telah menghasilkan perbaikan terus-menerus dalam pengajarannya serta lingkungan belajar yang ia bangun bagi para siswanya.

Gambaran kisah berikut menunjukkan banyak dari aspek-aspek untuk menjadi pelaku inkuiri seumur hidup.

Seorang Guru Kelas Sembilan Belajar Geologi di Lapangan:
Kisah dari Gabe

Pada musim panas yang lalu saya memiliki pengalaman pertama melakukan inkuiri ilmiah yang sebenarnya. Saya didaftarkan untuk mengikuti kursus tiga pekan yang disponsori oleh laboratorium energi pemerintah terdekat karena saya telah ditugaskan untuk mengajar sains lingkungan yang belum pernah saya lakukan sebelumnya. Hal itu memberikan saya kesempatan untuk mempelajari sains lebih lanjut, juga bagaimana cara mengajarkan sains.

Selama tiga pekan, kami diikutkan dalam empat "skenario" -- masalah-masalah yang mengharuskan kami menggunakan banyak jenis keterampilan penyelidikan dan mengintegrasi pengetahuan dari beberapa disiplin ilmu sains. Saya menggambarkan hanya satu skenario di sini: skenario geologi lingkungan. Para staf program memasukkan kami ke dalam dua mobil lapangan, dengan seorang geolog di masing-masing mobil tersebut, dan kami dibawa ke sebuah jurang tempat para petani membuang bermacam-macam limbah, mulai dari popok bayi hingga sisa herbisida. Pertanyaan yang diajukan adalah: apa dampak dari cara pembuangan sampah macam ini? Seorang geolog bertanya: " Apa yang anda pikir anda butuhkan untuk

menjawab pertanyaan tersebut?" Kami memberikan beberapa pertanyaan tentang tanah, air, lapisan batuan di bawah permukaan, sifat-sifat alami materi limbah dan banyak lagi. Kemudian kami kembali ke mobil untuk melanjutkan tur kami di wilayah itu.

Kami mulai belajar di area yang berjarak 38 mil dari tempat pembuangan limbah, melalui beberapa kali perhentian dan melalui bahan bacaan yang telah disediakan bagi kami, mengenai keadaan ekonomi di daerah tersebut, kandungan batuan, dan pembagian air bagi pertanian dari Bendungan Grand Coulee. Kami berhenti di dekat sebuah tebing dan diberikan tugas kerja dengan lintas pengetahuan di area tersebut. Seorang geolog bertanya: "Mengapa air merembes keluar di antara dua formasi batuan yang kita amati di tebing ini?" Kami mendiskusikan beberapa kemungkinan penjelasan, lalu geolog berbicara mengenai perbedaan konduktivitas hidrolik di antara dua formasi batuan. Kami pergi ke tebing yang lain dengan formasi batuan yang sama dan geolog meminta kami memperkirakan bagaimana air yang telah digunakan di permukaan bergerak melalui batuan. Kami memiliki beberapa penjelasan lagi dan memperdebatkan bukti-bukti alami dari tiap penjelasan. Kami memutuskan untuk tidak menetapkan perbedaan-perbedaan kami sampai mendapatkan data lebih lanjut.

Setelah beberapa perhentian, kami mulai mengamati perbedaan tanah di sekitar formasi batuan. Kami memutuskan untuk mengambil contoh-contoh tanah yang dapat kami analisis di laboratorium. Ketika kami mencapai area pembuangan sampah lagi, geolog meminta kami untuk menggambarkan topografi umum dari area tersebut dan membandingkannya dengan garis-garis kontur dalam peta topografi. Kami menyelidiki perubahan vegetasi, apa pengaruh perubahan ini terhadap pergerakan air di area itu, dan jenis-jenis endapan yang diperkirakan ada di lokasi tersebut. Kami mengelilingi sekitar tempat sampah dan mengambil contoh tanah dan airnya, menandai dengan jelas pada peta tempat kami mengambil contoh tersebut. Kami menghabiskan hari berikutnya dengan uji laboratorium terhadap contoh-contoh tanah dan air serta membahas deskripsi-deskripsi, peta-peta dan perhitungan-perhitungan untuk menjawab pertanyaan utama kami (juga pertanyaan-pertanyaan lain yang muncul selama sesi di lapangan). Dengan masukan dari geolog dan kimiawan laboratorium, kami merumuskan jawaban-jawaban atas pertanyaan mengenai dampak pembuangan sampah. Kami membuat perkiraan mengenai ke mana aliran air dari tempat tersebut akan pergi, seberapa cepat pergerakannya, dan bagaimana kami dapat menguji perkiraan-perkiraan kami tersebut. Melalui cara ini, saya merasa bahwa kami mengembangkan pemahaman yang mendalam mengenai gagasan-gagasan ilmiah di balik pengamatan, analisis dan kesimpulan-kesimpulan kami.

Gabe telah diperkenalkan pada sumber pengetahuan terdekatnya, sebuah laboratorium penelitian energi pemerintah, di mana para ilmuwan peduli mengenai pendidikan dan menjadikan hal yang memungkinkan bagi para guru (dan para siswa, pada program yang lain) untuk ikut serta dalam penelitian yang sedang dilakukan. Pengembangan profesional memberikannya kesempatan untuk melakukan pekerjaan ilmiah secara nyata, yang tidak ada dalam program-program pre-servis maupun in-servis yang telah ia dapatkan. Dalam situasi ini, ia telah diperkenalkan pada lingkungan sekitar dengan cara yang belum pernah ia ketahui sebelumnya. Hal itu juga mengajarkannya bermacam-macam cara untuk melakukan proses inkuiri mengenai lingkungannya. Kesimpulannya, hal itu membuatnya berpikir tentang bagaimana proses inkuiri dan kemampuan inkuiri dapat saling berkaitan dengan materi subyek sains dan bagaimana ia dapat menggunakan lingkungan sekitar sebagai lokasi utama bagi pembelajaran para siswanya.

PENGEMBANGAN PROFESIONAL BAGI PENGAJARAN BERBASIS INKUIRI

Pengembangan profesional sering memprihatinkan karena terbagi menjadi bagian-bagian kecil dan terpisah-pisah. Program-program pre-servis sering hanya berupa kumpulan kursus-kursus. Ada jurang pemisah yang lebar antara kursus sains dengan kursus pendidikan dan antar bahasan dalam topik sains dan pendidikan itu sendiri. Para guru baru sering ditempatkan pada posisi yang paling tidak diinginkan, dengan beban mengajar yang penuh, banyak persiapan, kesulitan untuk mengajar siswa dan sedikit atau tidak adanya dukungan untuk meringankan tantangan transisi dari peran sebagai mahasiswa menjadi pekerja profesional sepenuh waktu. Tidak berbeda

jauh, pengembangan profesional in-servis untuk para guru juga biasanya terpisah-pisah, terutama terdiri atas lokakarya-lokakarya singkat yang tidak memiliki hubungan satu sama lain atau dengan pekerjaan guru di kelas (*National Commision* for Teaching & America's Future, 1996).

Pengembangan profesional yang bertujuan untuk meningkatkan pengajaran berbasis inkuiri juga dapat memiliki penyakit-penyakit seperti di atas, dan sebagai tambahan, hal itu sering tidak secara eksplisit menolong para guru mempelajari kemampuan dan pemahaman-pemahaman mengenai inkuiri. Program-program yang diperlukan adalah yang secara eksplisit menerangkan tentang inkuiri, baik sebagai hasil belajar bagi para guru dan sebagai cara bagi para guru untuk mempelajari subyek materi sains. Lebih jauh lagi, program-program ini diperlukan untuk membantu para guru belajar bagaimana mengajarkan sains melalui inkuiri.

Kisah-kisah dalam bab ini menggambarkan program-program pengembangan profesional yang sangat berbeda, dari kursus Lillian di universitas bagi para calon guru, lalu pelibatan dalam inkuiri di museum sains hingga program master tiga tahun. Namun demikian semua menyumbangkan beberapa hal dalam program-program pengembangan profesional yang efektif.

Pertama, semua program menawarkan kesempatan-kesempatan yang saling terkait bagi para guru untuk belajar sepanjang waktu. Program master tiga tahun dan penerapan kurikulum jangka panjang membantu para guru untuk mendapatkan pengetahuan-pengetahuan baru dan menggunakannya dalam pengajaran dengan dukungan dari rekan-rekan kerja, sekolah dan pemerintah daerah. Kedua, banyak dari program-program pengembangan profesional ini adalah hasil dari kerjasama antara banyak orang dan organisasi. Kemitraan antara para pendidik, universitas dan lembaga-lembaga penelitian melibatkan para ilmuwan dalam menciptakan kesempatan bagi para guru melakukan penelitian ilmiah -- sebuah aktivitas yang sangat kritis bagi pengajaran mereka yang sangat berharga baik pada program-program di tahap pre-servis maupun in-servis. Akhirnya, semua program yang digambarkan di sini memiliki komitmen yang jelas pada visi dari *National* Science Education Standards, yang meminta agar para guru diberi pengetahuan dan kemampuan yang diperlukan untuk memberikan literasi sains yang dibutuhkan oleh semua siswanya. Semua program memandang inkuiri sebagai suatu kesatuan kemampuan dan pemahaman yang perlu dimiliki oleh para guru itu sendiri, dan dipelajari oleh para siswanya -- sebagai kendaraan bagi materi-materi subyek untuk dapat dipelajari, dan untuk dapat mempelajarinya dengan baik. Hal ini ada dalam inti dari pandangan *The Standards*' mengenai inkuiri. Semua program-program membantu para guru mempelajari subyek materi sains, mengembangkan kemampuan-kemampuan inkuiri, dan melakukannya sendiri dalam kesempatan penyelidikan mereka sendiri.

Pengembangan profesional untuk pengajaran dan pembelajaran berbasis inkuiri adalah hal yang sangat penting bagi masa depan pendidikan sains, sebagaimana tercantum dalam visi *The Standards* berikut:

> Reformasi saat ini membutuhkan perubahan substansif dalam bagaimana cara sains diajarkan; suatu perubahan substansif yang sebanding juga diperlukan dalam praktek-praktek pengembangan profesional (*National Research Council*, 1996, p. 56)

Pengembangan profesional jangka panjang, komprehensif dan berbasis inkuiri adalah persyaratan mutlak bagi kesuksesan reformasi berbasis standar-standar.

6

Mengapa harus Inkuiri ?

Para pendidik perlu bukti dari hasil penelitian untuk membantu mereka dalam melaksanakan dan memberi alasan yang kuat terhadap pendekatan berbasis inkuiri dalam pengajaran dan pembelajaran sains. Banyak guru sains, misalnya, mempertanyakan mengapa mereka harus mengubah orientasi pengajaran mereka ke metode berbasis inkuiri. Komite sekolah mungkin ingin tahu mengapa mereka harus mendukung kurikulum dan pengembangan professional berbasis inkuiri. Calon guru mungkin mempertanyakan tentang mengapa harus menggunakan pendekatan inkuiri selama studi mereka. Orang tua mungkin ingin tahu mengapa putra dan putri mereka perlu belajar dengan cara yang sangat berbeda dari cara mereka belajar dulu. Memang, setiap orang ingin tahu dasar pemilihan metode pengajaran dan pembelajaran.

Bab 2 mendefinisikan pengajaran berbasis inkuiri sebagai pengalaman yang membantu siswa memperoleh konsep-konsep sains, keterampilan dan kemampuan inkuiri, dan pemahaman tentang inkuiri. Bab itu juga menunjukkan, seperti halnya *National Science Education Standards*, bahwa guru sains yang efektif menggunakan berbagai strategi pengajaran. Misalnya, ada saat-saat tertentu dimana instruksi eksplisit atau langsung adalah pilihan yang lebih tepat dan akan melengkapi pengajaran berbasis inkuiri, terutama ketika siswa telah memiliki banyak pengalaman langsung dengan fenomena tertentu.

Bab ini akan membahas lebih terperinci mengenai pengajaran berbasis inkuiri berdasarkan hasil penelitian. Pembahasan ini dimulai dengan melihat penelitian tentang belajar dan jenis lingkungan belajar yang

mempromosikan kegiatan belajar. Penelitian ini secara khusus menarik karena ada kesejajaran yang kuat antara hasil penelitian yang menyatakan bagaimana siswa belajar konsep dan proses sains yang penting dengan proses inkuiri yang digunakan dalam pengajaran berbasis inkuiri. Bab ini kemudian membahas penelitian yang secara khusus difokuskan pada pengajaran berbasis inkuiri. Bahasan bab ini selalu dihubungkan dengan ilustrasi dan gagasan-gagasan yang dibahas dalam bab-bab sebelumnya. Akhirnya, bab ini menjelaskan keterbatasan penelitian pendidikan secara umum.

Secara keseluruhan, temuan-temuan penelitian yang disajikan dalam bab ini membangun argumen yang kuat bagi pengajaran sains berbasis inkuiri.

BAGAIMANA SISWA BELAJAR SAINS

Sebuah laporan terbaru dari *National Research Council* berjudul Bagaimana Orang Belajar (Bransford dkk., 1999) menunjukkan konsensus yang luas tentang bagaimana belajar berlangsung. Laporan ini menggabungkan hasil penelitian dari berbagai berbagai bidang, termasuk bidang kognisi, perkembangan anak, dan fungsi otak. Laporan ini juga dikombinasikan dengan hasil penelitian tentang bagaimana pembelajaran di berbagai bidang ilmu berlangsung, terutama dari penelitian pada pembelajaran sains.

Beberapa temuan umum dari kajian tersebut disajikan di bawah ini, dengan ilustrasi yang diambil dari penelitian tentang pembelajaran sains. Temuan ini pada gilirannya akan dihubungkan dengan definisi inkuiri seperti yang telah diperkenalkan pada Bab 2 dan yang digunakan di seluruh buku ini.

Temuan Penelitian 1: Pemahaman sains lebih dari sekedar mengetahui fakta.

Hal yang ditekankan dalam penelitian baru-baru ini adalah tentang belajar untuk memahami, yaitu mendapatkan pengetahuan yang dapat digunakan dan diterapkan pada situasi baru. Penelitian pada orang yang memiliki keahlian dalam bidang ini menunjukkan bahwa mereka (a) memiliki dasar pengetahuan faktual yang mendalam, (b) memahami fakta dan gagasan-gagasan dalam konteks kerangka kerja konseptual, dan (c) mengorganisasikan pengetahuan dengan cara-cara yang memungkinkan untuk

diingat dan diaplikasikan (Donovan dkk., 1999). Mereka juga memiliki prosedur inkuiri yang akan membantu mereka dalam memecahkan masalah baru secara efisien dan efektif. Keluasan pengetahuan dan pengetahuan yang terorganisir dengan baik pada seorang yang ahli akan mempengaruhi apa yang mereka perhatikan dan bagaimana mereka mengatur, merepresentasikan, dan menafsirkan informasi di lingkungan mereka. Pada gilirannya, interaksi dengan lingkungan ini mempengaruhi kemampuan mereka untuk mengingat, memberi alasan, dan memecahkan masalah. Agar pengetahuan mereka nantinya dapat digunakan dengan cara-cara seperti itu, hal itu harus terhubung dan terorganisasi melalui konsep-konsep penting. Para ahli harus mengetahui konteks di mana pengetahuan berlaku dan harus mampu mentransfer pengetahuan ini dari satu konteks ke konteks lainnya. Dalam pengajaran sains, hal ini berarti bahwa untuk membuat siswa dapat menggunakan apa yang mereka pelajari, mereka harus memahami konsep-konsep utamanya, membangun dengan kuat dasar-dasar informasi faktual yang mendukung, dan tahu bagaimana menerapkan pengetahuan itu dengan efektif (Bransford dkk., 1999).

Mengetahui sains, bagaimanapun, tidak hanya mengetahui konsep-konsep dan informasi ilmiah. Penelitian pada pembelajaran menunjukkan bahwa siswa perlu untuk mengembangkan kemampuan untuk berinkuiri sama seperti yang ditetapkan dalam *The Standards* (dan yang telah dibahas dalam Bab 2). Semua siswa perlu belajar strategi-strategi untuk berpikir ilmiah (Linn dkk., 1989). Mereka harus dapat menggambarkan masalah secara rinci sebelum mencoba untuk menyelesaikannya, menentukan

informasi relevan apa yang harus dimasukkan dalam analisis masalah, dan memutuskan prosedur mana yang dapat digunakan untuk menghasilkan deskripsi dan analisis masalah (Glaser, 1992). Melalui inkuiri ilmiah, siswa dapat memperoleh data baru untuk mengubah gagasan-gagasan mereka atau memperdalam pemahaman mereka tentang prinsip-prinsip ilmiah yang penting. Mereka juga mengembangkan kemampuan penting seperti penalaran, pengamatan dengan seksama, dan analisis logis (Minstrell, 1989; Rosebery dkk., 1992). Jadi penelitian tentang keahlian menegaskan pentingnya membantu siswa memahami konsep-konsep ilmiah kunci dan informasi faktual terkait, serta mengembangkan berbagai kemampuan inkuiri.

Temuan Penelitian 2: Siswa membangun pengetahuan dan pemahaman baru atas apa yang sudah mereka ketahui dan percayai. Siswa memiliki konsepsi tentang fenomena alam, dan konsepsi mereka ini mempengaruhi pembelajaran mereka. Bila hal tersebut konsisten dengan gagasan yang diterima oleh komunitas ilmiah, pengetahuan "awal" atau "informal" ini akan merupakan dasar yang kuat untuk membangun pemahaman yang lebih dalam. Namun, banyak 'prekonsepsi' siswa yang tidak konsisten dengan yang diterima komunitas sains. Praduga ini umumnya adalah gagasan-gagasan yang masuk akal dan cocok dalam konteks terbatas, tetapi siswa tidak tepat menerapkannya pada situasi di mana prekonsepsi tadi tidak berlaku (Anderson dan Smith, 1987; Driver dkk., 1985;. 1994). Siswa sering memegang teguh gagasan-gagasan ini, dan prekonsepsi siswa pun dapat bertahan dari perubahan, terutama bila digunakan strategi pengajaran konvensional (Wandersee dkk., 1994). Sebagai contoh, banyak siswa terus percaya bahwa bumi lebih panas di musim panas karena bumi lebih dekat ke matahari, bahkan setelah "diajari" alasan yang sebenarnya. Di Bab 3, Mr. Gilbert membongkar dan membetulkan gagasan-gagasan prekonsepsi para siswanya tentang fase-fase penampakan bulan seperti juga yang dilakukan Mr Hull terhadap konsepsi siswa-siswanya tentang gaya pada obyek yang diam. Di Bab 5, Lezlie mengomentari tentang pengenalan "miskonsepsinya" sendiri tentang fisika, yang membuatnya lebih memperhatikan miskonspesi-miskonsepsi para siswanya. Penelitian mengenai konsepsi siswa tentang prinsip-prinsip sains adalah penelitian yang penting, dan berlaku di berbagai bidang (Driver dkk., 1985;. 1994; Minstrell, 1989; 1992; Novak, 1987).

Temuan Penelitian 3: Siswa merumuskan pengetahuan baru dengan memodifikasi dan memperbaiki konsep mereka saat ini dan dengan menambahkan konsep baru pada apa yang sudah mereka sudah ketahui (Driver dkk., 1985; 1994). Penelitian tentang perubahan konseptual menunjukkan bahwa siswa mengubah gagasan mereka ketika menemukan bahwa gagasan itu tidak lagi memuaskan, yaitu tidak lagi memadai dalam menggambarkan atau menjelaskan suatu peristiwa atau pengamatan. Selanjutnya, mereka akan mengubah gagasan ketika mereka menemukan alternatif yang tampaknya masuk akal dan tampaknya lebih berguna (Hewson dan Thorley, 1989). Hal ini terjadi pada siswa-siswa sekolah dasar di kelas Bu Flores ketika mereka berpikir mengapa pohon tumbuh berbeda-beda, seperti yang digambarkan dalam Bab 3, dan seperti mahasiswa Lillian, yang pemahamannya tentang rangkaian listrik tumbuh secara substansial karena mereka ditantang dengan fenomena yang lebih kompleks, yang dijelaskan dalam Bab 5. Penelitian lain menunjukkan bahwa cara dan alasan para siswa mengubah gagasan tergantung pada apa yang mereka lihat sebagai bukti yang mendukung atau berlawanan dengan gagasan yang saling bersaingan (Duschl dan Gitomer, 1991). Ini berhubungan dengan pandangan siswa terhadap sains dan penjelasan ilmiah. Siswa sering berpikir bahwa sains adalah kumpulan fakta yang harus dihafalkan dan penjelasan adalah kumpulan peristiwa terisolasi. Bila pandangan seperti ini yang ada, berkuranglah kemungkinan siswa akan secara aktif mencari bukti untuk berbagai penjelasan,

berpikir tentang mengapa satu bukti lebih kuat daripada yang lain, dan membuat keputusan yang baik tentang penjelasan mana memiliki dukungan yang paling banyak. Gagasan-gagasan tentang fenomena alam dari siswa seperti itu tidak mungkin berubah atas dasar penalaran ilmiah yang logis (Songer dan Linn, 1991).

Temuan Penelitian 4: Belajar dimediasi oleh lingkungan sosial di mana pembelajar berinteraksi dengan orang lain. Pernyataan bahwa pembelajar membangun pengetahuan mereka sendiri tidak berarti bahwa mereka harus melakukannya sendirian. Penelitian menunjukkan bahwa pembelajar mendapat manfaat dari kesempatan mengartikulasikan gagasan-gagasan mereka kepada orang lain, saling mendebatkan gagasan satu sama lain, dan, dalam melakukan hal-hal tersebut, merekonstruksi gagasan-gagasan mereka (Rosebery dkk., 1992). Para siswa dalam setiap ilustrasi di Bab 3 memiliki semua kesempatan ini ketika mereka mengembangkan penjelasan untuk pengamatan dasar seperti pohon yang sekarat, fase penampakan bulan, dan kekeruhan air danau. Dalam Bab 5 tampak para guru juga mengalami dan kemudian mengakui manfaat dari kolaborasi pada pembelajaran mereka baik dalam bidang sains maupun pedagogi.

Temuan Penelitian 5: Pembelajaran yang efektif mengharuskan siswa mengendalikan pembelajaran mereka sendiri. Siswa perlu belajar mengenali kapan mereka sudah memahami dengan baik dan kapan mereka memerlukan informasi lebih lanjut. Mereka perlu bisa dan tahu kapan harus bertanya: Apa bukti yang saya butuhkan untuk menyakinkan suatu pernyataan tertentu? Bagaimana saya bisa membangun teori saya sendiri atas suatu fenomena dan menguji teori itu secara efektif (White dan Frederiksen, dalam penerbitan)? Pembelajar yang baik mengartikulasikan gagasan-gagasan mereka sendiri, membandingkan dan mengkontraskan gagasan mereka dengan gagasan orang lain, dan menggunakan alasan mengapa mereka menerima suatu sudut pandang yang bukan sudut pandang lainnya. Pembelajar yang baik ini bersifat "metakognitif," yaitu, mereka sadar dan mampu memonitor dan mengatur pikiran dan pengetahuan mereka (*American Psychological Association*, 1993). Para siswa yang disebut dalam empat ilustrasi di Bab 3 bekerja keras untuk merancang argumen

bagi kesimpulan mereka; siswa Pak Gilbert melangkah lebih jauh dengan merefleksikan seberapa baik model mereka dapat digunakan untuk menjelaskan fase penampakan bulan dan bagaimana mereka harus menjelaskan kekurangan model itu . Dalam Bab 5, Sandy dan rekan-rekan gurunya berbagi hasil kerja siswa dan rekaman video pengajaran mereka untuk merefleksikan bagaimana hal-hal yang mereka lakukan telah dapat atau tidak membantu para siswa mereka belajar. Penelitian menggarisbawahi pentingnya penilaian diri oleh siswa dalam mengembangkan pemahaman atas konsep ilmu pengetahuan, serta kemampuan mereka untuk membangun argumen dan berpikir kritis (Black dan Wiliam, 1998b; Duschl dan Gitomer, 1997). Seperti yang dicatat oleh Black dan Wiliam (1998b), semua ini hanya terjadi ketika siswa terlatih dan diberikan kesempatan untuk melakukan penilaian diri sendiri bahwa "mereka memahami tujuan utama mereka belajar dan dengan demikian memahami apa yang mereka perlu lakukan untuk mencapainya"(hal. 143).

Temuan Penelitian 6: Kemampuan untuk menerapkan pengetahuan pada situasi baru, yaitu, transfer belajar, dipengaruhi oleh sejauh mana siswa belajar dengan memahami. Untuk dapat menggunakan apa yang mereka pelajari, siswa harus mencapai ambang batas pengetahuan, mempraktekkan penggunaan pengetahuan dalam berbagai konteks, dan kemudian mendapatkan umpan balik tentang seberapa baik mereka dalam melakukannya. Untuk dapat menggunakan hasil pembelajaran mereka di masa depan, orang membutuhkan waktu saat mereka belajar untuk bergulat dengan informasi spesifik, mengeksplorasi konsep-konsep yang mendasari, dan membuat hubungan dengan apa yang mereka sudah ketahui. Mereka membutuhkan tugas-tugas yang menantang tetapi tidak sampai membuat frustasi dan kesempatan sosial untuk melihat manfaat dari apa yang mereka pelajari dan untuk melihat dampaknya pada orang lain. Akhirnya, mereka lebih cenderung untuk menerapkan apa yang mereka ketahui pada situasi baru jika mereka telah belajar prinsip-prinsip dan mengekstrak tema yang mendasari dari pengalaman pembelajaran mereka (Bransford dkk, 1999; Bruer, 1993; Byrnes, 1996). Siswa di kelas Bu Idoni, misalnya, diminta menerapkan belajar mereka ke situasi hipotetik yakni ikan yang mati, yang sangat

berbeda dari apa yang telah mereka amati dalam danau. Mereka perlu menerapkan pemahaman mereka tentang sifat dan konsekuensi dari polusi pada tantangan baru ini. Beberapa guru dalam Bab 5, misalnya, Steve dalam pengajaran fisika dan Lezlie dengan kelas TK-nya, menggunakan gagasan-gagasan yang mereka pelajari melalui pengembangan profesional langsung ke ruang kelas mereka.

Temuan-temuan penelitian di atas terhubung dalam cara-cara yang penting ke pembelajaran dengan definisi inkuiri yang telah disajikan sebelumnya. *The Standards* menekankan pemahaman konsep-konsep sains utama dan kemampuan "melakukan" sains. Kedua kapasitas tersebut ada pada saintis ahli, yang memiliki pemahaman tentang gagasan-gagasan utama dalam bidangnya dan memiliki pemahaman yang terstruktur dengan baik, serta kemampuan inkuiri yang membantu mereka memecahkan masalah baru secara efisien dan efektif (Temuan 1). Penelitian menunjukkan bahwa untuk mengembangkan keahlian diperlukan pencapaian kedua kemampuan yang ditentukan dalam *The Standards*: mempelajari materi pelajarannya serta strategi berpikir yang dibutuhkan untuk menggunakan dan menyelidiki materi tersebut secara lebih dalam.

Inkuiri berfokus pada pertanyaan, masalah, atau fenomena berorientasi ilmiah, dimulai dengan apa yang pembelajar ketahui dan secara aktif melibatkannya dalam mencari jawaban dan penjelasan (Temuan 2, 3). Pencarian ini melibatkan pengumpulan dan analisis informasi; pembuatan kesimpulan dan prediksi, dan secara aktif menciptakan, memodifikasi, dan membuang beberapa penjelasan (Temuan 3). Dengan bekerja sama membahas bukti, membandingkan hasil, serta, dengan bimbingan guru, menghubungkan hasil mereka dengan pengetahuan ilmiah, maka pemahaman siswa akan bertambah luas (Temuan 3, 4). Dengan berkembangnya kemampuan mereka untuk bertanya, menciptakan argumen, dan berpikir kritis tentang fenomena ilmiah, siswa meningkatkan kemampuan mereka dalam mengontrol pembelajaran (Temuan 5). Mereka dapat menggunakan pengetahuannya yang luas dan kemampuan inkuiri ini untuk memecahkan pertanyaan dan masalah dan untuk mengembangkan atau menguji penejelasan pada fenomena menarik lain (Temuan 6). Dengan cara ini, belajar yang

efektif melibatkan reorganisasi dalam struktur proses berpikir seseorang. Siswa akan memiliki gagasan barunya sendiri atau cara berpikir yang baru. Tanpa hal ini, pembelajaran di sekolah belajar menjadi pengalaman sesaat dengan sedikit aplikasi bagi pemikiran dan tindakan di masa depan.

LINGKUNGAN DAN PENGALAMAN-PENGALAMAN BELAJAR EFEKTIF

Penelitian pada pembelajaran siswa menuju ke pertanyaan praktis yang sangat penting: pengalaman dan lingkungan belajar seperi apa yang mendukung pembelajaran sains? Hasil penelitian yang disintesis dalam Bagaimana Orang Belajar (Bransford dkk., 1999) menyarankan bahwa guru yang efektif menggunakan strategi yang memperhatikan empat unsur: peserta didik, pengetahuan, penilaian, dan komunitas. Lingkungan yang berpusat pada pembelajar memberi perhatian yang besar pada pengetahuan, keterampilan, sikap, dan keyakinan yang pelajar bawa ke lingkungan pendidikan. Guru yang berhasil menghormati dan memahami pengalaman dan pemahaman yang sebelumnya telah dimiliki oleh siswa mereka, serta menggunakan ini sebagai dasar untuk membangun pemahaman baru (Duckworth, 1987; American Psycho Association, 1993). Sebagai contoh, dalam Bab 3, Bu Flores dan Pak Gilbert mengungkapkan pengetahuan yang telah dimiliki siswa sebelum memulai topik baru mereka dan menggunakan apa yang telah mereka pelajari sebagai fokus inkuiri siswa. Pada Bab 5, Joanna dan rekan-rekan gurunya

di museum sains secara pelan-pelan dibantu untuk memulai dengan apa yang telah mereka ketahui dan mengejar pertanyaan yang menarik untuk memperdalam dan memperluas pemahaman mereka.

Penelitian pada siswa yang belajar bahasa Inggris sebagai bahasa kedua menunjukkan dengan jelas perlunya guru memberi perhatian pada apa yang para siswa bawa ke kelas

sains (Fradd dan Lee, 1999; Rosebery dkk., 1992). Para siswa dari beragam latar belakang bahasa akan sangat bervariasi dalam kemampuan untuk mengekspresikan, berkomunikasi, mendiskusikan, dan menunjukkan pemahaman sains serta konsep ilmiahnya, terkait dengan perkembangan kemampuan bahasa mereka (CCSSO, 1999). Selanjutnya, seperti halnya semua siswa, mereka berbeda-beda dalam pemahaman sainsnya; hal ini diperumit oleh fakta bahwa budaya di rumah mereka mungkin tidak mengenalkan mereka pada sains seperti yang biasa diajarkan di sekolah. Fradd dan Lee (1999) mencatat, "norma-norma dan nilai-nilai sains lebih akrab bagi siswa dari kelas dengan siswa relatif setara daripada kelas dengan siswa yang beragam bahasa dan budayanya (hal. 15)". Oleh karena itu, lingkungan yang berpusat pada pembelajar di mana guru membangun pembelajaran baru berbasis pada pengetahuan, keterampilan, sikap, dan keyakinan yang siswa bawa ke kelas, sangat penting untuk pembelajaran sains bagi pembelajar yang juga sedang belajar bahasa Inggris.

Lingkungan berpusat pengetahuan membantu siswa mengorganisasi batang tubuh pengetahuan lebih baik dan mengatur pengetahuan itu sehingga mendukung perencanaan dan berpikir strategis. Dalam lingkungan seperti ini, para siswa "belajar dengan cara mereka di seputar " suatu disiplin ilmu atau mata pelajaran. Seperti seorang ahli, mereka mampu untuk membuat kaitan antar gagasan-gagasan. Dalam lingkungan belajar seperti ini, guru membantu siswa berpikir tentang prinsip umum atau prinsip "besar" dalam mata pelajaran itu. Ketika mereka belajar pengetahuan baru, siswa juga belajar di mana dan bagaimana pengetahuan itu berlaku. Mereka juga memiliki kesempatan untuk berlatih menggunakan pengetahuan dalam situasi-situasi baru. Lingkungan belajar mereka mempromosikan perilaku pemecahan masalah seperti yang diamati ada pada para ahli (Bransford dkk., 1999). Semua ilustrasi di Bab 3 menunjukkan siswa menyelesaikan masalah dengan menggunakan pengamatan langsung dan sains dari sumber lain untuk membangun gagasan-gagasan umum yang baru. Pada Bab 5, pengalaman lapangan Gabe dan Steve, serta pengalaman Joanna di museum sains, dan juga pengalaman Lezlie di laboratorium fisika menciptakan kesempatan untuk belajar sains melalui pengamatan langsung yang

diperoleh dari "melakukan" sains. Lingkungan berpusat penilaian membantu siswa belajar untuk memantau dan mengatur pembelajaran mereka sendiri. Mereka belajar mempertanyakan mengapa mereka percaya apa yang mereka percayai dan apakah ada cukup bukti yang mendukung keyakinan mereka (White dan Frederiksen, dalam penerbitan). Lingkungan ini memberikan para siswa kesempatan untuk mendapatkan umpan balik dan revisi. Lingkungan berpusat penilaian juga membantu guru dalam mengatur kegiatan kelas, mendiagnosis gagasan dan produk siswa, dan juga keputusan guru (Duschl dan Gitomer, 1997; Gitomer dan Duschl, 1995). Seperti yang dicatat oleh Black dan Wiliam (1998b) dari kajian ekstensif mereka terhadap penelitian tentang penilaian kelas, "ada bentuk bukti yang kuat bahwa penilaian formatif adalah komponen penting dalam pekerjaan di kelas, dan bahwa pengembangangannya dapat meningkatkan standar prestasi "(hal. 148). Penilaian memainkan peran utama dalam kelas seperti digambarkan dalam Bab 3, dan juga diuraikan dalam Bab 4.

Lingkungan berpusat komunitas mengharuskan siswa untuk mengartikulasikan gagasan-gagasan mereka, menantang gagasan orang lain, dan saling menegosiasikan makna yang lebih dalam bersama siswa lain. Lingkungan seperti ini mendorong orang untuk belajar satu sama lain. Mereka menghargai proses pencarian untuk pemahaman dan mengakui bahwa kesalahan adalah tahap yang diperlukan jika ingin terjadi proses pembelajaran. Studi lingkungan yang efektif untuk belajar sains menekankan pentingnya diskusi kelas untuk mengembangkan bahasa dalam

membahas tentang gagasan ilmiah, untuk membuat pemikiran siswa eksplisit bagi guru dan siswa lainnya di kelas, dan untuk belajar mengembangkan argumentasi menggunakan apa yang dipelajari untuk memecahkan masalah serta menjelaskan fenomena dan pengamatan. (Bransford dkk, 1999, hal. 171). Lebih lanjut, lingkungan tersebut terbuka pada gagasan-gagasan dan cara berpikir baru,

karena anggota komunitas tersebut saling mendorong dan saling mengharapkan umpan balik, dan bekerja menggunakan gagasan-gagasan baru ke dalam pemikiran mereka. Pengembangan komunitas dan penggunaan komunitas baik sebagai stimulus maupun konteks belajar telah digambarkan dengan baik dalam ilustrasi dan cerita guru di Bab 3 dan dalam pembelajaran kolaboratif antar mereka di Bab 5.

Sejumlah kajian telah mempelajari lingkungan pembelajaran yang mengikutsertakan keempat elemen ini. Dalam kajian-kajiannya tentang pengajaran dan pembelajaran fisika sekolah menengah, Minstrell (1982, 1989, 1992) menilai teknik mengajar berbasis penelitian berikut ini: membuat pemikiran siswa terlihat; menjembatani dari pra konsepsi ke konsepsi ilmiah, dan memfasilitasi kemampuan siswa untuk merestrukturisasi pengetahuan mereka sendiri. Pendekatan ini menggambarkan peran guru sebagai pelatih dalam mengembangkan pemahaman siswa tentang gagasan-gagasan besar dalam fisika seperti gaya dan gerak, bukan sebagai pemberi fakta.

Dalam beberapa kajian mengenai perkembangan gagasan sains para siswa Haiti, Rosebery dkk. (1992) menggambarkan ruang kelas tempat para siswa mengeksplorasi pertanyaan mereka sendiri, merancang pembelajarannya sendiri, mengumpulkan informasi yang perlu, menganalisis data dan membangun bukti, berkonsultasi dengan ahli dan literatur untuk membantu mereka menafsirkan hasil ujinya, dan memperdebatkan kesimpulan yang mereka hasilkan. Peran guru adalah membimbing dan mendukung mereka ketika mereka mengeksplorasi masalah, mendefinisikan pertanyaan, serta membangun dan berdebat tentang teori-teori. Lingkungan belajar yang digambarkan oleh para peneliti mengikutsertakan semua ciri yang dibahas di atas.

Penelitian tentang lingkungan tempat para siswa belajar untuk memahami banyak yang menggunakan ukuran-ukuran prestasi siswa yang telah distandardisasi, meskipun tindakan ini tidak menekankan pada seberapa dalam pemahaman yang menjadi fokus dalam penelitian ini. Menurut *National Research Council* (Bransford dkk., 1999), dalam beberapa kasus ada bukti-bukti bahwa pengajaran untuk pemahaman dapat meningkatkan nilai siswa pada test standar (misalnya dalam Resnick dkk., 1991), dalam kasus lain, nilai pada test standar tidak terpengaruh, tetapi siswa-siswa tersebut menunjukkan kelebihan yang cukup besar pada aspek penilaian yang sensitif terhadap pengertian dan pemahaman, bukan tes yang menguji fakta belaka (misalnya dalam Carpenter dkk, 1996; Secules dkk., 1997, hal. 177).

Penelitian tentang pembelajaran dan lingkungan belajar yang efektif menunjukkan kesejajaran dengan proses inkuiri (Duschl, 1992). Baik siswa maupun ilmuwan secara aktif membangun pengetahuan melalui konfrontasi dengan pertanyaan baru, masalah atau fenomena, mengumpulkan informasi, dan menciptakan penjelasan. Selama proses inkuiri, siswa maupun ilmuwan secara terus-menerus mengevaluasi dan mengevaluasi ulang sifat dan kekuatan suatu bukti serta berbagi lalu mengkritisi penjelasan mereka sendiri maupun penjelasan pihak lain. Sebuah kelas tempat para siswa menggunakan inkuiri ilmiah untuk belajar adalah salah satu hal yang menyerupai apa yang ditemukan oleh penelitian tersebut sebagai sarana paling efektif bagi pembelajaran yang berorientasi pada pemahaman. Konsekuensi ini memperkuat perlunya penggunaan pengajaran berbasis inkuiri.

PENELITIAN TENTANG PENGAJARAN BERBASIS INKUIRI

Muara dari penelitian yang mendukung penggunaan inkuiri dalam pengajaran dan pembelajaran melibatkan kajian tentang mata pelajaran-mata pelajaran sains tertentu. Pada tahun 1960 dan 1970-an, sejumlah proyek kurikulum, termasuk *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS) untuk biologi, bahan-bahan dari *Physical Sciences Study Committee* (PSSC) untuk fisika, serta *Science Curriculum Improvement Study* (SCIS) dan *Elementary Science Study* (ESS) untuk sains sekolah dasar, memasukkan pendekatan inkuiri untuk pengajaran dan pembelajaran yang sekarang, setidaknya dalam sebagiannya. Istilah “inkuiri “ telah digunakan secara eksplisit dalam berbagai kajian kurikulum yang didanai NSF (Shymansky dkk., 1983). Kajian ini meneliti teknik pengajaran seperti “ penemuan-inkuiri” (Wise dan Okey, 1983), pengajaran sains berbasis proyek (Blumenfeld, 1994; Krajcik dkk., 1994.; Ladewski dkk., 1994;. Marx dkk,. 1994), dan kurikulum yang ditingkatkan dengan teknologi baru (White dan Frederiksen, dalam penerbitan). Meskipun penelitian ini mempunyai kekurangan karena tidak memiliki definisi yang persis sama untuk

inkuiri, namun terlihat adanya pola yang sama muncul di semua kajian.

Pada 1980-an, beberapa meta-analisis dilakukan pada beberapa penelitian, di mana masing-masing proyek dianalisis ulang secara keseluruhan untuk mendapatkan hasil yang lebih luas daripada yang dapat dihasilkan oleh salah satu kajian. Secara umum, meta-analisis menunjukkan bahwa pengajaran berbasis inkuiri memberikan hasil positif, meskipun dalam beberapa kasus hanya sedikit lebih baik, di berbagai indikator. Sebagai contoh, studi program kurikulum yang berorientasi inkuiri (Shymansky dkk., 1983;. Shymansky dkk., 1990;. Mechling dan Oliver, 1983) menunjukkan efek positif yang signifikan pada berbagai ukuran kuantitatif, termasuk capaian kognitif, keterampilan proses, dan sikap terhadap sains. (Namun demikian, tidak ada korelasi antara hasil positif dan pendapat ahli tentang tingkat inkuiri dalam dalam bahan ajar yang digunakan). Wise dan Okey (1983) menunjukkan efek positif untuk apa yang mereka sebut pengajaran penemuan-inkuiri untuk peningkatan pemahaman kognitif. Meskipun Lott (1983) menemukan hanya perbedaan kecil antara pendekatan induktif dan deduktif, namun hasil positif cenderung pada pendekatan induktif, yang melibatkan unsur pengajaran dan pembelajaran inkuiri. Meta-analisis lain yang dilakukan secara independen di sekitar waktu yang sama, seperti oleh Weinstein dkk. (1982) dan Bredderman (1982), menghasilkan hasil positif serupa. Kajian pada bidang studi khusus, seperti biologi (Hurd, 1998), secara umum juga lebih merekomendasikan pendekatan berbasis inkuiri.

Kajian-kajian lain menunjukkan berbagai hasil lain yang spesifik dari pengajaran berbasis inkuiri,

termasuk pemahaman kosakata dan konseptual (Lloyd, 1988), kemampuan berpikir kritis (Narode, 1987), kemampuan inkuiri dan pemahaman materi fisika (White dan Frederiksen, dalam penerbitan), dan sikap positif terhadap sains (Shymansky dkk., 1983). Dalam kajian pada populasi yang kurang terwakili dan kurang terlayani, strategi penyelidikan berorientasi inkuiri meningkatkan cara berpikir, berbicara, dan menulis ilmiah bagi siswa dan membantu mereka untuk memperoleh keterampilan belajar bahasa Inggris dan penalarannya (Rosebery dkk., 1992).

David Haury (1993) telah memberikan rangkuman singkat, namun menyeluruh, dari penelitian di atas. Ulasannya menyimpulkan bahwa pengajaran berbasis inkuiri dapat memeberikan hasil yang meliputi "melek" sains, keakraban dengan proses sains, pengetahuan kosa kata, pemahaman konseptual, berpikir kritis, dan sikap positif terhadap sains. Ulasan lain dari Flick (1995) membahas penelitian tentang pengajaran eksplisit serta pengajaran yang berorientasi inkuiri. Dia mencatat bahwa pengajaran eksplisit dapat menghasilkan kenaikan prestasi yang besar pada siswa untuk beberapa tujuan instruksional, tetapi dilanjutkan dengan pernyataan bahwa "tingkat pengawasan guru yang tinggi dalam pengajaran eksplisit tidak dapat mendorong jenis pemikiran yang diperlukan dalam tugas yang yang lebih rumit dan kurang terstruktur "(hal. 17).

Dalam analisis akhir, telaah penelitian tentang efektivitas pengajaran dan pembelajaran berbasis inkuiri mengarah ke diskusi tentang tujuan seseorang pada pendidikan sains. Jika seseorang menerima secara penuh isi dari *National Science Education Standards*, termasuk pemahaman konseptual prinsip-prinsip sains, pemahaman sifat penyelidikan ilmiah, perkembangan kemampuan inkuiri, dan pemahaman aplikasi sains untuk masalah masyarakat dan pribadi, maka hasil-hasil di atas jelas menunjukkan bahwa mengajar melalui inkuiri adalah yang efektif.

Penelitian pada inkuiri terus berlangsung. Beberapa penelitian diarahkan pada populasi siswa yang bersifat khusus. Sebagai contoh, penelitian tentang peran guru dalam mempromosikan inkuiri sains pada siswa dengan beragam latar belakang bahasa, meskipun masih di tahap awal, telah menunjukkan pentingnya untuk mempertimbangkan dengan seksama pertanyaan terbaik bagi siswa (Fradd dan

Lee, 1999). Penelitian oleh Delpit (1995) menunjukkan pentingnya siswa menerima instruksi eksplisit dalam keterampilan yang mereka butuhkan untuk terlibat dalam inkuiri dan belajar dari pengalaman inkuiri. Penelitian lain oleh Rosebery dkk. (1992), seperti disebutkan sebelumnya, menunjukkan bahwa siswa yang mempelajari bahasa Inggris dapat sukses terlibat dalam inkuiri sains dan belajar konsep-konsep sains serta bahasa dalam budaya sains. Dalam penelitian mereka pada siswa dengan yang menderita kekurangmampuan belajar, Scruggs dkk. (1993) menemukan secara signifikan hasil belajar yang lebih tinggi dengan pendekatan inkuiri. Penelitian juga dilanjutkan di negara-negara lain. Sebuah kajian di universitas di Turki dalam mata kuliah biokimia (Basaga dkk., 1994) menghasilkan prestasi siswa yang lebih tinggi dengan menggunakan pendekatan berorientasi inkuiri dibandingkan dengan pendekatan tradisional. Kajian lain di tingkat universitas di Irlandia (Heywood dan Heywood, 1992) menemukan hasil yang mirip pada tes untuk siswa pada pendekatan inkuiri dan ekspositoris, namun siswa memiliki motivasi lebih besar dalam pendekatan inkuiri. Nampak berbagai dukungan untuk pengajaran berbasis inkuiri terus bermunculan dari hasil penelitian.

KETERBATASAN DAN KONTRIBUSI DARI PENELITIAN PENDIDIKAN DALAM KEPUTUSAN MENGENAI KEBIJAKAN

Selain memeriksa dasar dari penelitian tentang inkuiri, penting juga untuk memahami apa yang dapat dan tidak dapat diberikan oleh penelitian. Sebagaimana telah ditunjukkan oleh Hiebert (1999) dalam pembahasan-pembahasannya tentang dukungan penelitian untuk standar nasional matematika, pertanyaan tentang kekuatan dari penelitian tersebut merupakan pertanyaaan yang jelas, meskipun jawabannya tidak sederhana. Jawaban-jawaban sederhana nyatanya justru tidak memberikan kredibilitas yang diperlukan untuk mendukung pendekatan pengajaran dan pembelajaran yang berbeda secara substansial.

Penelitian memiliki beberapa keterbatasan. *Pertama*, penelitian tidak dapat menentukan tujuan atau standar-standar, yang terutama merupakan refleksi dari nilai-nilai (Hiebert, 1999). Standar yang ditulis oleh beberapa negara dan daerah sebagian besar berisi daftar informasi faktual untuk dihafalkan. Standar seperti ini mencerminkan nilai-nilai yang berbeda dibandingkan *National Science Education Standards*, yang berfokus pada konsep-konsep utama dalam sains dan belajar untuk memahami. Metode pengajaran yang paling cocok untuk berbagai standar juga bervariasi. Pengajaran berbasis inkuiri yang mendorong pertanyaan, mengembangkan penjelasan alternatif, menantang gagasan satu sama lain, dan melakukan proyek yang terbuka dan jangka panjang mungkin tidak tepat jika tujuan pengajarannya adalah siswa dapat menghafal informasi.

Kedua, penelitian saja tidak bisa menetapkan apa yang terbaik. Pendidikan merupakan upaya yang sangat rumit, dan sebagian besar hasil pendidikan dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lebih banyak daripada yang dapat diidentifikasi apalagi dikendalikan.
Ketiga, penelitian tidak dapat meresepkan kurikulum atau pendekatan pedagogis untuk semua siswa dan untuk semua waktu. Keputusan tentang hal-hal ini harus selalu dibuat dalam konteks tertentu, dan tingkat kepercayaan tertentu yang perlu disesuaikan dengan informasi dan kondisi baru.

Hal-hal yang disebutkan di atas menyatakan bahwa ada beberapa hal yang dapat diberikan oleh penelitian (Hiebert, 1999). Penelitian dapat digunakan untuk membuat keputusan yang didasarkan pada probabilitas bahwa hasil tertentu akan terjadi. Jadi, penelitian dapat menginformasikan keputusan namun tidak menjamin bahwa hasil itu akan benar untuk semua keadaan. Dengan meninjau banyak penelitian yang dilakukan pada berbagai kondisi dan mencari pola pada hasil yang didapat, pengambil keputusan dapat meningkatkan kemungkinan keberhasilan. Memang, dengan melihat berbagai kajian para pengambil keputusan dapat disadarkan tentang berbagai kerumitan yang terlibat dalam keputusan dan isu-isu penting tersebut.

Penelitian juga dapat membantu mencegah kesalahan. Hal ini dapat menunjukkan bahwa beberapa tujuan, bagaimanapun mulianya, bisa jadi merupakan sesuatu yang tak terjangkau. Penelitian juga dapat meraba di bawah permukaan untuk menunjukkan mengapa hasil tertentu terjadi: mengapa program tertentu tidak berhasil seperti yang yang diharapkan atau tujuan-tujuan tertentu tidak tercapai. Yang paling menarik ketika pembelajaran siswa diberi penilaian adalah sifat dari

kesempatan-kesempatan yang harus dipelajari para siswa dan dicapai hasilnya.

Penelitian juga dapat menunjukkan apa yang mungkin dan tampak menjanjikan. Ini dapat memberi informasi tentang apa yang siswa mampu, perbaikan apa yang layak, dan bagian mana yang wajar dari reformasi visi yang dilakukan. Dalam hal ini, penelitian dapat menyarankan apa yang tidak diketahui dan apa yang akan menguntungkan bila dilakukan penelitian tambahan. Misalnya, mengingat pentingnya penilaian formatif seperti diberikan pada Bab 4, penelitian kini mulai memusatkan perhatian pada mendengarkan pendapat siswa dan pemberian umpan balik dalam kelas sains.

KASUS UNTUK STANDAR-STANDAR BERBASIS INKUIRI

Penelitian pada pengajaran dan pembelajaran berbasis inkuiri berasal dari sejumlah sumber. Penelitian berdasarkan pembelajaran dan lingkungan belajar yang efektif memberi bukti yang kuat pada pendekatan berbasis inkuiri. Penelitian tentang program dan bahan yang memasukkan inkuiri juga menunjukkan pengaruh positif pada banyak dimensi kritis pembelajaran siswa. Meskipun penelitian menuntut lebih jelas definisi istilah dan memiliki kelemahan dalam menerangkan kerumitan pengajaran untuk pemahaman, bukti dari beberapa penelitian menunjukkan hasil yang positif dan menjanjikan.
Guru sains yang efektif menggunakan sejumlah pendekatan untuk mengajar. Namun, seperti yang dibahas di bab ini, penggunaan inkuiri dapat menghasilkan pengaruh yang kuat pada pembelajaran sains para siswa.

7
Pertanyaan-pertanyaan yang Sering Diajukan Tentang Inkuiri

Guru sains, administrator, dan pendidik guru (baik preservis dan in servis) sering menghadapi pertanyaan sulit tentang pengajaran dan pembelajaran berbasis inkuiri. Banyak dari pertanyaan ini muncul dengan sendirinya. Pertanyaan lainnya datang dari guru, administrator, guru preservis, siswa, dan orang tua yang tidak terbiasa dengan perspektif pengajaran dan pembelajaran sains. Bab ini menyajikan jawaban atas beberapa pertanyaan yang paling sering diajukan. Bab lainnya menanggapi pertanyaan-pertanyaan tambahan yang mungkin ditanyakan.

T

Dalam pengajaran berbasis inkuiri, apakah diperbolehkan untuk memberitahu siswa jawaban atas pertanyaan mereka?

J

Ya. Pemahaman membutuhkan pengetahuan, dan tidak semua pengetahuan yang dibutuhkan dapat diperoleh dengan inkuiri.

Keputusan tentang bagaimana menanggapi pertanyaan siswa tergantung pada tujuan guru dan konteks diskusi. Sebagai contoh, seorang mahasiswa dapat menanyakan “Berapa titik didih air di permukaan laut? “ Salah satu cara untuk menanggapi pertanyaan itu akan melakukan sebuah penyelidikan sederhana untuk mencari tahu titik didih itu. Penyelidikan bisa menjadi pembuka bagi inkuiri-inkuiri yang lebih kompleks. Jika pembelajaran untuk menggunakan materi pustaka adalah penting, guru mungkin akan meminta siswa mencari informasi sendiri. Atau, jika ada prioritas yang lebih tinggi dalam penggunaan waktu siswa, guru langsung dapat memberikan jawabannya.

Hal yang penting adalah bahwa penyelidikan akan mengarah pada pemahaman yang lebih dalam dan transfer pengetahuan yang lebih baik. Keputusan tentang menanggapi pertanyaan siswa

harus mencerminkan fakta itu.

T *Apakah seorang guru boleh untuk pernah mengatakan "tidak" terhadap penyelidikan yang diusulkan siswa sendiri?*

J Ya. Seperti tercantum dalam jawaban sebelumnya, tanggapan guru harus tergantung pada tujuan pembelajarannya. Apa yang mungkin mereka pelajari jika mereka melakukan inkuiri? Apakah ada biaya atau masalah keamanan yang mungkin harus diperhatikan ketika melakukan inkuiri? Apa topik dan pendekatan yang paling layak untuk kurikulum sekolah dan standarnya? Apakah yang terbaik bagi siswa merancang penyelidikan sendiri atau melakukan penyelidikan yang diusulkan baik oleh guru atau yang disediakan oleh bahan-bahan ajar?

Sejumlah besar hasil pembelajaran, khususnya kemampuan inkuiri, paling baik dipelajari melalui penyelidikan, dan khususnya yang berasal dari motivasi pertanyaan siswa sendiri bisa sangat berharga. Siswa juga mempelajari karakteristik pertanyaan yang dapat diselidiki jika mereka memiliki kesempatan untuk menanyakan dan menyelidikinya. Salah satu pendekatan yang mungkin bagi para guru untuk meminta siswa (atau membantu mereka menentukan) apa tujuan pembelajaran yang akan diraih dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan mereka dan tujuan apa yang mereka tidak akan capai. Kenyataan bahwa siswa termotivasi untuk mengajukan pertanyaan dan melakukan inkuiri atas pertanyaan itu merupakan indikasi bahwa guru membuat sains menjadi relevan dan menarik. Tapi tidak semua penyelidikan yang diusulkan siswa akan bermanfaat jika dilakukan.

T *Manakah yang lebih penting bagi siswa, mempelajari kemampuan inkuiri atau konsep dan prinsip-prinsip sains?*

J Mereka perlu belajar keduanya. Lebih lanjut, seperti yang dijelaskan oleh *National Science Education Standards*, kedua hasil belajar tersebut sama pentingnya dan saling mendukung satu sama lain.

Dalam banyak pengajaran dan pembelajaran, siswa menggunakan kemampuan inkuiri untuk mengembangkan pemahaman tentang konsep sains. Kadang-kadang guru menganggap bahwa siswa akan mendapatkan kemampuan inkuiri penyelidikan hanya karena ia menggunakan pendekatan inkuiri dalam pengajarannya. Namun, tidak ada jaminan hal ini akan terjadi. Sebaliknya, guru harus bekerja untuk memastikan keseimbangan yang tepat antara belajar konsep-konsep sains dan kemampuan inkuiri.

Pengembangan kemampuan inkuiri harus dituliskan sebagai hasil belajar siswa yang eksplisit. Guru dapat memilih kemampuan spesifik yang menjadi fokus dan mengembangkan strategi untuk mencapai hasil tersebut. Ilustrasi-ilustrasi dalam Bab 3 menunjukkan bagaimana belajar materi sains dan meningkatkan kemampuan inkuiri dapat bersimbiosis. Konsep sains dan kemampuan inkuiri beralih dari fokus primer ke sekunder dan kembali lagi seperti yang diperlukan untuk mempromosikan integrasi efektif dari keduanya. Demikian juga, sebagaimana ditunjukkan dalam Bab 6, penelitian menggambarkan keahlian karena mengetahui materi mata pelajaran ("gagasan besar" dalam disiplin ilmu tertentu) dan cara-cara inkuiri pada pertanyaan baru - dan itu membuat suatu kondisi untuk mengajarkan keduanya.

T *Bagaimana bisa siswa melakukan penyelidikan sains sebelum mereka memiliki kosakata untuk menggambarkan hasilnya?*

J Penyelidikan ilmiah, apakah dilakukan oleh siswa maupun ilmuwan, dimulai dengan pengamatan dari sesuatu yang menarik atau membingungkan, yang kemudian menuju ke pertanyaan ilmiah, lalu melakukan refleksi terhadap apa yang sudah diketahui tentang pertanyaan itu. Nampaknya siswa perlu mengetahui beberapa konsep dan kosakata untuk memulai, tetapi penyelidikan dapat dirancang dan dilakukan tanpa harus mengetahui semua istilah dan definisi spesifik yang terlibat. Nyatanya, pengamatan, pengumpulan data dan analisis yang terlibat dalam penyelidikan umumnya menyediakan konteks untuk mengembangkan definisi operasional, konsep-konsep sains, kemampuan inkuiri, dan pemahaman tentang inkuiri, yang nantinya dapat berhubungan dengan istilah-istilah atau "kosakata." Ini digambarkan dengan baik dalam ilustrasi pada bab-bab sebelumnya, dan dianjurkan dalam Prakata. Mengetahui kosakata tidak selalu membantu siswa dalam

mengembangkan atau memahami penjelasan. Sebaliknya, sekali siswa mulai membangun dan memahami penjelasan atas observasi mereka, nama dan definisi yang tepat terkait dengan peristiwa-peristiwa menjadi berguna dan bermakna. Intinya, kata-kata menjadi simbol untuk pemahaman mereka tentang fenomena. Akibatnya, definisi berdasarkan pengalaman langsung lebih sering menghasilkan pemahaman bukan sekedar menghafal fakta.

Masalah pengembangan kosakata khususnya sangat relevan dalam pengajaran bagi siswa yang sekaligus belajar bahasa Inggris. Seperti tercantum dalam Bab 4 dan 6, guru bagi para siswa ini perlu memberi perhatian khusus apakah penilaian siswa sains dikacaukan oleh penggunaan bahasa, dan bagaimana pembelajaran siswa didukung bila keterampilan bahasa mereka baru dikembangkan. Seperti disebutkan dalam penelitian yang disintesis oleh Fradd dan Lee (1999), ketika merumuskan strategi pengajaran para guru perlu mempertimbangkan bagaimana siswa dari beragam budaya dan bahasa berpikir tentang sains, pengalaman mereka belajar sains, dan akhirnya, bagaimana menstrukturkan pengalaman belajar baru untuk mengoptimalkan kesempatan bagi siswa dalam mempelajari konsep-konsep sains yang penting serta kemampuan-kemampuan inkuiri. Derajat struktur yang diberikan pada pelajaran dan jumlah "pengajaran" langsung keterampilan inkuiri sangat tergantung pada penilaian yang tajam dari guru pada perkembangan bahasa siswa, pengetahuan sains saat ini, keterampilan, keyakinan, dan orientasi budayanya (Fradd dan Lee, 1999).

Mengapa The Standards *meninggalkan keterampilan proses sains seperti mengamati, mengklasifikasi, memprediksi, dan berhipotesis?*

"Keterampilan-keterampilan proses" yang ditekankan dalam reformasi pendidikan sains sebelumnya seolah hilang dari *The Standards*, tetapi sebenarnya tidak. Sebaliknya, keterampilan-keterampilan proses ini diintegrasikan ke dalam kemampuan inkuiri yang lebih luas. Sebagaimana yang dinyatakan dalam *The Standards*, "Standar pada inkuiri menyoroti kemampuan-kemampuan dalam inkuiri dan perkembangan pemahaman tentang inkuiri ilmiah. Siswa di semua tingkatan kelas dan dalam setiap domain sains harus memiliki kesempatan-kesempatan untuk menggunakan inkuiri ilmiah dan mengembangkan kemampuan berpikir dan bertindak dengan cara-cara yang berhubungan dengan inkuiri, termasuk mengajukan pertanyaan, merencanakan dan melakukan penyelidikan, menggunakan alat dan teknik yang tepat untuk mengumpulkan data, berpikir kritis dan logis tentang hubungan antara bukti dan penjelasan, membangun dan menganalisis penjelasan alternatif, serta mengkomunikasikan argumen-argumen ilmiah" (*National Research Council*, 1996, hal 105). Dengan demikian, *The Standards* memasukkan "proses-proses sains" dan mensyaratkan para siswa untuk menggabungkan proses-proses tersebut dengan pengetahuan ilmiah untuk mengembangkan pemahaman sains mereka.

Apakah The Standards *menyiratkan bahwa guru harus menggunakan inkuiri dalam setiap jam pelajaran?*

Tidak. Bahkan, *The Standards* menekankan bahwa banyak pendekatan pengajaran yang dapat mengakomodasi tujuan pembelajaran sains: "Meskipun *The Standards* menekankan inkuiri, hal ini seharusnya tidak ditafsirkan sebagai merekomendasikan sebagai pendekatan tunggal untuk pengajaran sains. Guru

harus menggunakan strategi yang berbeda untuk mengembangkan pengetahuan, pemahaman, dan kemampuan yang dijelaskan dalam isi standar-standar. Melakukan kegiatan praktek sains tidak menjamin terjadinya inkuiri, demikian juga tidak berarti bahwa membaca tentang sains tidak cocok untuk inkuiri "(*National Research Council*, 1996, hal 23).

Semua orang tahu bahwa penyelidikan sering memakan waktu lebih lama daripada cara lain untuk belajar, sehingga jam pelajaran dan jumlah hari sekolah sering tidak cukup untuk mempelajari segala sesuatu melalui inkuiri. Tantangan untuk guru adalah untuk membuat pilihan paling bijaksana tentang tujuan-tujuan pembelajaran yang mana yang akan paling baik dicapai melalui inkuiri (mengingat bahwa pemahaman yang mendalam kemungkinan besar dihasilkan dari inkuiri), dan sifat khas apa yang harus ada dalam inkuiri (lihat Bab 2 untuk beberapa variasi yang dapat dilakukan). Strategi pengajaran lainnya bisa digunakan untuk tujuan belajar lainnya.

T

Bagaimana guru dapat menyelesaikan semua materi dalam kurikulum jika mereka menggunakan bahan ajar dan metode pengajaran berorientasi inkuiri?

J

Seperti disebutkan di atas, *The Standards* tidak menyarankan bahwa semua materi sains harus diajarkan melalui inkuiri. Namun, penyelidikan adalah cara penting untuk mempromosikan pemahaman isi materi sains yang mendalam dan satu-satunya cara untuk membantu siswa mempraktekkan kemampuan inkuiri. Jadi masih ada masalah pertentangan antara cakupan melawan strategi belajar yang harus diselesaikan.

Analisis data yang dikumpulkan dalam *Third International Mathematics and Science Study* (TIMSS) mengungkapkan bahwa buku teks sains umum untuk kelas delapan di Amerika Serikat mencakup sekitar 65 topik. Jumlah yang hampir sama untuk topik sains muncul setiap tahun dalam panduan dan standar-standar kurikulum negara bagian dan daerah. Dapat dimengerti bila guru merasa wajib untuk mengajarkan semua topik yang terdapat dalam kurikulum sains daerah mereka. Hasilnya bisa menjadi kurikulum yang "sangat luas dan sangat dangkal", yang sering dikecam dalam pendidikan di Amerika Serikat. Lebih lanjut, penelitian menunjukkan bahwa pendekatan yang "mencakup semua hal" ini memberikan sedikit kesempatan bagi siswa untuk mendapatkan apa pun kecuali pengetahuan yang hanya di permukaan untuk setiap topiknya (Schmidt dkk., 1997).

Ada beberapa langkah yang dapat dilakukan oleh guru dan administrator untuk mengatasi masalah ini. Mereka dapat menegosiasi ulang harapan yang ingin diwujudkan dalam kurikulum. Mereka dapat secara hati-hati memilih beberapa topik untuk ditekankan, lalu menggunakan lebih banyak waktu pengajaran untuk topik tersebut melalui inkuiri. Mereka dapat dengan hati-hati menganalisis harapan dari kurikulum dan menggabungkan beberapa hasil pembelajaran dalam tatap muka dan setiap satuan pengajaran. Mereka dapat mendiskusikan dengan guru lain yang satu kelas untuk menghilangkan pengulangan-pengulangan dan tumpang tindih yang sering ada dalam kurikulum, tapi kurang meningkatkan pemahaman. Jika mereka mengajar mata pelajaran selain sains, mereka dapat mengintegrasikan hasil-hasil sains ke dalam mata pelajaran lainnya (misalnya, menyajikan hasil temuan percobaan di pelajaran seni atau bahasa).

Guru dan administrator dapat dibantu oleh pembuat keputusan di distrik dan negara bagian untuk dapat mengurangi jumlah topik yang perlu diajarkan.

T

Berapa banyak struktur dan seberapa besar kebebasan yang harus disediakan para guru dalam pembelajaran sains berorientasi inkuiri?

J

Jenis dan jumlah struktur dapat bervariasi tergantung pada apa yang dibutuhkan untuk tetap menjaga siswa tetap terlibat secara produktif dalam mencapai hasil belajar. Siswa dengan sedikit pengalaman dalam melakukan inkuiri mungkin akan memerlukan lebih banyak pembelajaran yang terstruktur. Sebagai contoh, seorang guru mungkin perlu memilih pertanyaan yang mengarahkan pada penyelidikan. Guru juga dapat memutuskan untuk memberikan serangkaian langkah dan prosedur untuk para siswa dengan dipandu oleh pertanyaan-pertanyaan spesifik dan diskusi kelompok. Bahan ajar sendiri sering sudah memberikan pertanyaan, saran, prosedur, dan tabel data untuk memandu inkuiri siswa.

Ketika siswa beranjak matang dan mendapatkan pengalaman dengan inkuiri, mereka akan menjadi mahir dalam

mengklarifikasi pertanyaan-pertanyaan yang bagus, merancang penyelidikan untuk menguji gagasan-gagasan, menafsirkan data, dan membentuk penjelasan berdasarkan data. Dengan kemampuan siswa yang seperti ini, guru masih harus memantau melalui pengamatan, memberikan pertanyaan untuk klarifikasi, dan memberikan saran bila diperlukan. Seringkali, guru memulai tahun ajaran baru dengan struktur besar dan kemudian secara bertahap menyediakan lebih banyak kesempatan untuk inkuiri yang berpusat pada siswa.

Banyak guru yang mengajar di tingkat-tingkat dasar telah cukup sukses dengan proyek-proyek yang dikerjakan oleh seluruh murid di kelas. Salah satu contoh adalah percobaan di kelas untuk menjawab pertanyaan: "Apakah 'benda hitam' di bagian bawah akuarium itu? ". Dengan dipandu oleh guru, siswa dapat memusatkan perhatian dan memperjelas pertanyaan. Mereka dapat memikirkan dari mana "benda hitam" itu berasal berdasarkan pada pengetahuan sebelumnya tentang ikan mas, siput, dan tanaman. Dengan menggunakan pengetahuan awal ini, para siswa kemudian dapat mengusulkan penjelasan dan memutuskan percobaan yang baik untuk mengujinya. Berapa akuarium yang mereka butuhkan? Apa yang perlu dimasukkan di tiap akuarium? Apa yang mereka cari? Bagaimana mereka tahu kapan mereka telah menjawab pertanyaan? Setelah seluruh kelas melakukan inkuiri yang terstruktur dengan baik dengan waktu yang cukup untuk mendiskusikan prosedur dan proses serta kesimpulan dan penjelasan, siswa menjadi lebih siap untuk merancang dan melakukan inkuiri mereka sendiri, seperti " masalah pohon " yang dilakukan oleh siswa kelas lima Bu Graham dalam uraian di Bab 1.

Bagaimana guru menggunakan inkuiri dan mempertahankan kendali mereka atas siswa?

Untuk memiliki pengalaman yang produktif, inkuiri memerlukan perencanaan yang cukup dan organisasi yang baik bagi guru maupun siswanya. Guru perlu menciptakan sistem untuk organisasi dan pengelolaan bahan dan pedoman yang akan untuk digunakan siswa dan diskusi kelas. Siswa perlu belajar bagaimana bekerja dengan bahan ajar dengan gaya yang terorganisasi, mengkomunikasikan dan mendengarkan dengan hormat gagasan satu sama lain, dan menerima tanggung jawab belajar mereka sendiri. Selain itu, selalu akan bermanfaat bila siswa tahu apa yang diharapkan dari perilaku dan kinerja mereka. Ketika siswa menjadi kolaborator, mereka sendiri mengetahui kondisi apa yang diperlukan untuk mencapai tujuan dan memerlukan lebih sedikit kontrol eksternal, seperti disebutkan dalam Bab 4.

Berapa banyak yang guru perlu ketahui tentang inkuiri dan materi pelajarannya untuk mengajarkan sains melalui inkuiri?

Semakin banyak guru mengetahui tentang inkuiri dan isi materi sainsnya maka mereka akan menjadi pelaku inkuiri yang semakin efektif, dan akan lebih baik pula ketika melibatkan siswa dalam inkuiri yang akan membantu mereka memahami konsep-konsep sains dan inkuiri. Umumnya akan kurang berhasil bagi guru untuk tetap berada selangkah di depan para siswa bila menggunakan program berorientasi inkuiri.

Namun, sampai batas tertentu, guru dapat mengembangkan sendiri pemahaman melalui inkuiri saat mereka melakukan penyelidikan dengan siswa dan berpartisipasi dalam program pengembangan profesional. Guru juga dapat berkonsultasi dengan guru lain untuk belajar lebih lanjut tentang suatu topik, merujuk pada materi sains yang ditulis di panduan guru, berpartisipasi dalam pengembangan professional, dan mengundang orang tua, ilmuwan, dan orang lain yang memiliki keahlian ke kelas untuk membantu dalam pembelajaran tentang topik tersebut. Seperti para siswa mereka, para guru juga harus melihat diri sendiri sebagai pembelajar, yang ingin mencoba cara-cara baru pengajaran serta mengembangkan dan mempertajam pengetahuan tentang mata pelajaran mereka. Mereka juga harus menggunakan pengajarannya sendiri untuk mencari tahu bagaimana cara untuk menjadikannya semakin baik, sehingga kemampuan mereka untuk mengajar melalui inkuiri akan meningkat dari tahun ke tahun.

Apa yang dapat guru lakukan bila hanya disediakan bahan ajar tradisional?

Para guru yang ingin agar siswa mereka mempelajari inkuiri dan belajar melalui inkuiri akan terhambat jika bahan ajarnya berbasis teks dan memfokuskan siswa pada menghafal hukum-hukum dan istilah-istilah ilmiah. Namun, kurikulum guru tidak dtentukan oleh bahan ajar saja, tetapi lebih luas lagi oleh apa yang menjadi pusat perhatian siswa,

bagaimana mereka belajar, serta bagaimana cara dan atas dasar apa mereka dinilai. Guru dapat menggunakan *The Standards* untuk menentukan tujuan bagi siswa mereka dan memutuskan bagian mana yang dapat mereka gunakan untuk membantu siswa mencapai tujuan tersebut. Mereka dapat mempertimbangkan untuk mengurangi kegiatan laboratorium atau praktek apapun yang bersifat seperti "resep masakan" dalam bahan ajar dan menyusun ulang bahan itu agar diberikan sebelum tugas membaca atau ceramah, sehingga siswa dapat mengeksplorasi hal yang nyata sebelum mempelajari konsep dan istilah. Guru dapat menekankan untuk mempelajari konsep-konsep utama dan mengesampingkan kosakata. Mereka dapat merekonstruksi butir-butir soal ujian untuk menilai konsep sains yang utama, kemampuan inkuiri, dan pemahaman tentang inkiuri; mereka dapat membuat satu penyelidikan terbuka penuh untuk dilakukan oleh para siswa dalam beberapa minggu di kelas. Mereka juga dapat menambah materi yang akan diberikan dengan bahan lain yang mereka terima dari pengembangan profesional atau dari kolega, atau dari situs internet. Hal yang penting adalah menentukan seperangkat tujuan belajar bagi siswa yang mencerminkan isi *The Standards* dan menggunakan standar-standar tersebut untuk membimbing siswa tentang bagaimana dan apa yang siswa pelajari. Pertanyaan berikutnya menyediakan gagasan-gagasan tentang bahan belajar non-teks.

Dimana guru mendapatkan peralatan, bahan, dan persediaan yang mereka perlukan untuk pengajaran inkuiri?

National Science Foundation (NSF) telah mendukung pengembangan dan pengujian lapangan sejumlah kurikulum sains berorientasi inkuiri (lihat Lampiran C). Program-program ini, lengkap dengan panduan siswa dan guru serta bahan untuk kegiatan siswa atau laboratorium, sekarang tersedia melalui penerbit-penerbit komersial. [Lihat Lampiran B untuk panduan untuk bahan atau bahan ajar: *Selecting Instructional Materials: A Guide for K-12 Science* (NRC, 1999b)]. Banyak daerah yang telah mengadopsi program ini mengoperasikan sebuah pusat bahan belajar daerah dan meminjamkan bahan-bahan itu untuk guru. Beberapa daerah menyediakan sejumlah kit per kelas yang disimpan di sekolah, dengan persediaan bahan yang diisi ulang oleh daerah. Saat daerah belum mengadopsi program seperti ini, masing-masing guru dan sekolah telah mengembangkan berbagai mekanisme untuk menyediakan bahan-bahan yang diperlukan dan pembuatan persediaan. Beberapa guru mengembangkan daftar bahan rumah tangga biasa dan meminta siswa mengumpulkan bahan-bahan dari rumah dan membawa ke sekolah. Seringkali, kelompok guru di sekolah akan berkolaborasi pada proyek sehingga mereka dapat berbagi bahan belajar.

Jika penyelidikan menjadi norma, bukan pengecualian, sekolah harus menyadari bahwa bahan adalah penting unsur pengajaran dan harus menyediakan sumber daya yang memadai dan struktur organisasi untuk membeli dan mendukung penggunaan bahan yang sesuai. Guru tidak boleh diharapkan untuk memasok sendiri persediaan untuk mengajar. Bab 8 membahas strategi untuk mendukung program berorientasi inkuiri lebih detail.

Dimana para pendidik guru mendapatkan program-program berorientasi inkuiri untuk digunakan dalam mempersiapkan guru?

J

Para pendidik guru banyak menggunakan bahan kurikulum yang dikembangkan untuk digunakan di K- 12 untuk membantu para siswa nantinya agar dapat mengalami dan belajar menggunakan bahan-bahan berbasis inkuiri. Selain itu, ada bahan-bahan yang dapat digunakan oleh para pendidik guru, baik pada tahap preservis maupun inservis, yang dirancang untuk digunakan sebagai bahan belajar guru. Lampiran C berisi daftar bahan berbasis inkuiri untuk siswa K-12 dan untuk digunakan bersama guru, baik calon guru dan guru yang sedang menjalani pelatihan.

T

Hambatan apa yang dihadapi ketika mengimplementasikan pendekatan berorientasi inkuiri?

J

Selain hambatan eksternal yang dihadapi guru, kepercayaan dan nilai-nilai mereka tentang siswa, mengajar, dan tujuan pendidikan bisa menghasilkan hambatan bagi pendekatan berorientasi inkuiri. Penelitian menunjukkan ada banyak kesulitan yang dihadapi guru ketika mempertimbangkan suatu pendekatan baru. Dalam analisis lintas-situs sekolah yang telah dengan berhasil memulai pendekatan baru untuk pengajaran sains dan matematika, ada tiga jenis masalah yang patut dicatat: teknis, politik, dan budaya (Anderson, 1996). Masalah teknis termasuk keterbatasan kemampuan mengajar, komitmen yang telah ada sebelumnya (misalnya, pada buku teks tertentu), tantangan penilaian, kesulitan kerja kelompok, tantangan peran baru guru, tantangan peran baru siswa, dan ketakcukupan layanan pendidikan. Masalah politik termasuk layanan pendidikan yang terbatas (yaitu, tidak bisa dipertahankan untuk rentang tahun yang memadai), perlawanan orangtua, resistensi dari kepala sekolah dan pengawas, belum terselesaikannya konflik antar guru, kurangnya sumber daya, dan penilaian yang berbeda tentang keadilan dan kesamaan penanganan. Masalah budaya - mungkin ini yang paling penting karena keyakinan dan nilai-nilai menjadi pusatnya - termasuk masalah buku teks, pandangan tentang penilaian, dan " etika persiapan " (yakni, sebuah komitmen untuk membahas semua "lingkup bahan ajar" karena menganggap penting untuk mempersiapkan siswa pada tingkat pendidikan selanjutnya). Sebagai tambahan dari temuan tersebut, hambatan yang dialami saat ini meliputi sikap yang mewabah bahwa sains bukanlah sesuatu yang "mendasar", serta kurangnya bahan ajar yang sesuai, baik bahan cetak maupun bahan-bahan praktek.

T

Bagaimana para guru dapat meningkatkan penggunaan inkuiri dalam pengajaran sains?

J

Penelitian menunjukkan bahwa para guru memiliki pendekatan yang cukup pragmatis untuk pengajaran. Mereka cenderung memusatkan perhatian pada apa yang berhasil melibatkan siswa atau memudahkan dalam mereka mengelola kelas, bukan pada memadukan antara teori dengan praktek (Blumenfeld, 1994). Guru mengaitkan pemahaman mereka pada apa yang terjadi di kelas dan mendasarkan tindakan mereka pada kisah-kisah dan narasi lebih daripada menggunakan teori dan pengetahuan yang proporsional (Krajcik dkk., 1994). Jadi, teori, keyakinan, nilai, dan pemahaman sangat penting saat guru memperoleh pendekatan inkuiri, tetapi guru tidak dapat diharapkan untuk melakukan konstruksi mental dalam kondisi yang terisolasi dari konteks pengajaran mereka.

Kolaborasi dapat menjadi katalis penting perubahan. Pemahaman baru berkembang dan praktek di kelas baru muncul ketika guru berkolaborasi dengan rekan-rekan serta para ahli. Kolaborasi tidak hanya mempengaruhi masalah teknis reformasi tapi juga masalah budaya. Sebagaimana yang dinyatakan Anderson (1996), " Hubungan kerja kolaboratif di antara guru memberikan konteks yang sangat penting bagi penilaian kembali nilai-nilai dan keyakinan pendidikan. Dalam konteks ini - yang fokusnya adalah pekerjaan nyata oleh masing-masing siswa yang diajar oleh guru tersebut - nilai-nilai dan keyakinan seseorang ditemui di setiap peralihan. Ini adalah suatu pengaruh yang kuat. Para guru pembaharu pada kasus-kasus yang kami kisahkan tidak melakukan pekerjaan mereka dalam kondisi terisolasi, mereka bekerja sama dengan sesama guru dalam tim mereka atau kelompok bidang studi. Langkah-langkah tersebut memiliki tempat yang penting dalam konteks ini. "Kolaborasi merangsang refleksi yang merupakan dasar untuk perubahan keyakinan, nilai, dan pemahaman".

Pengembangan profesional yang sesuai adalah cara yang ampuh bagi guru untuk meningkatkan penggunaan inkuiri, selama kegiatan ini dipandang sebagai dukungan untuk pembelajaran berkelanjutan yang tepat yang membutuhkan waktu bertahun-

tahun untuk mengubah praktek mengajar secara signifikan. Guru dapat menjadi konsumen yang bijaksana bagi pengembangan profesional karena program ini akan memperluas gambaran dan sumber belajar mereka, seperti diilustrasikan dengan baik dalam Bab 5.

8
Mendukung Proses Belajar Mengajar yang Berbasis Inkuiri

Kepala sekolah, administrator di daerah, dan guru inti (termasuk koordinator bidang studi) merupakan penghubung-penghubung penting dalam proses adopsi inkuiri dalam proses mengajar dan belajar. Berbagai bukti yang didapat dari penelitian selama bertahun-tahun menunjukkan pentingnya kepemimpinan kepala sekolah dan kepemimpinan administrator di tingkat lainnya dalam peningkatan kualitas pengajaran dan pembelajaran di sekolah mereka (Fullan, 1991; Prather, 1996). Dukungan, bimbingan, dan kepemimpinan sangat diperlukan untuk membuat perubahan besar pada guru dari gaya mengajar didaktik tradisional menjadi gaya mengajar yang menekankan inkuiri.

Dukungan ini meliputi berbagai dimensi, harus terus-menerus, dan disesuaikan untuk memenuhi perubahan kebutuhan guru sains sebagai akibat dari perubahan cara mengajarnya. Selain itu, jika pengajaran berbasis inkuiri diinginan sukses, maka tidak cukup hanya guru sains yang perlu berubah,tetapi siswa, orang tua, administrator, dan guru mata pelajaran lainnya diharapkan juga berubah. Dukungan untuk proses pengajaran dan pembelajaran berbasis inkuiri harus mencakup beberapa unsur berikut:

- Memahami apa yang dimaksud dengan pengajaran dan pembelajaran berbasis inkuiri dan mengetahui hasil-hasil riset yang mendokumentasikan

keunggulan-keunggulannya;

• Memahami perubahan proses yang terjadi ketika guru belajar untuk mengajar berbasis inkuiri dan siswa mempelajari cara belajar melalui inkuiri sehingga semua masalah mereka dapat diantisipasi dan dukungan dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan mereka yang akan selalu berkembang;

dan

• Menyediakan sistem dukungan terkoordinasi yang memaksimalkan kesempatan guru untuk tumbuh dan berhasil dalam mengajar melalui proses inkuiri.

Sistem dukungan yang terkoordinasi juga memiliki beberapa dimensi sebagai berikut:

• Pengembangan Profesional

• Bantuan dan dukungan administrasi

• Menyediakan bahan pengajaran, kit, dan peralatan

• Komunikasi dengan orang tua dan publik

• Prosedur penilaian yang selaras dengan hasil proses inkuiri

• Mempromosikan inkuiri dan pendekatan pemecahan masalah di bidang studi lain

• Evaluasi Guru yang konsisten dengan pengajaran berbasis inkuiri

Tidak ada rumus atau resep ajaib untuk memasukkan inkuiri ke kelas dan sekolah. Kesuksesan usaha ini membutuhkan kreativitas dan kepekaan, khususnya terhadap konteks dan tujuan tertentu yang ditetapkan.

MEMAHAMI INKUIRI

Pemberian kepemimpinan dan dukungan proses belajar mengajar berbasis inkuiri membutuhkan pengetahuan tentang apa itu inkuiri. Pengetahuan ini akan diperlukan untuk menafsirkan dan, di lain kesempatan juga untuk menjelaskan kepada administrator lain, orang tua, dan anggota staf yang tidak terlibat dalam pengajaran berbasis inkuiri, mengenai alasan mengapa pendekatan ini digunakan. Perbandingan antara inkuiri yang dilakukan oleh ilmuwan dan oleh siswa - seperti perbandingan yang diberikan dalam Bab 1- dapat digunakan untuk memulai gerakan belajar mengajar berbasis inkuiri. Sejarah singkat inkuiri yang disajikan dalam Bab 2 menggaris bawahi bahwa inkuiri bukanlah ide atau mode baru. Inkuiri adalah cara yang baik untuk lebih memanfaatkan materi berbagai matapelajaran, tidak hanya materi sains. Selain itu, bukti riset yang dijelaskan dalam Bab 6 mendokumentasikan beberapa manfaat yang akan didapatkan siswa dari pengalaman belajar dengan inkuiri. Siswa tidak hanya akan belajar sains yang mereka butuhkan dengan cara yang lebih mendalam, tetapi proses pengembangan kemampuan inkuiri akan membantu mereka "belajar bagaimana cara belajar", suatu alat yang berharga bagi semua siswa.

MEMAHAMI PROSES PERUBAHAN

Pengajaran dan pembelajaran berbasis inkuiri adalah pengalaman baru bagi kebanyakan guru, administrator, orangtua, dan siswa. Oleh karena itu dibutuhkan perubahan yang nyata dalam sikap dan perilaku semua pihak. Seperti dibahas dalam bab sebelumnya, inkuiri telah menjadi bagian dari pendidikan selama beberapa tahun tetapi dalam bentuk yang agak berbeda dengan yang dijelaskan dalam hasil-hasil spesifik yang diuraikan dalam *The Standards*. Sebagai contoh, mengajar berbasis inkuiri tidak sama dengan mengajar proses sains atau "belajar dengan penemuan (*discovery learning*) " pada 25 tahun yang lalu, karena menekankan pada membantu siswa mengembangkan kemampuan kognitif untuk membangun pengetahuan ilmiah. Bahkan bagi banyak guru yang mengklaim penggunaaan kit atau program-program komputer sebagai pengajaran berbasis inkuiri, pendekatan inkuiri yang dijelaskan dalam laporan-laporan penelitian ini dan *The Standards*, jika dilakukan secara serius, akan menghasilkan perubahan yang signifikan.

Untungnya, terdapat khasanah pengetahuan yang luas tentang bagaimana perubahan dalam pendidikan dapat terjadi secara efektif (Fullan, 1991, 1993). Banyak literatur baru tentang perubahan menyatakan bahwa perubahan itu terjadi baik dalam tingkat individu maupun organisasi. Perubahan mempengaruhi setiap pendidik, administrator, dan orang tua serta sekolah atau sistem sekolah, yang mereka itu merupakan bagian dari perubahan tersebut. Penelitian ini juga mengamati bahwa perubahan memiliki sejumlah ciri yang melekat:

• Perubahan adalah sebuah proses yang membutuhkan waktu dan ketekunan. Pada awal suatu perubahan, orang sering merasa canggung, frustrasi, dan kikuk ketika mereka mencoba untuk menggunakan perilaku baru, mengkoordinasikan bahan-bahan, kegiatan, dan hubungan baru. Perubahan yang signifikan dalam mengajar sering memerlukan beberapa tahun untuk dapat dikuasai dengan baik.

• Sebagaimana kemajuan individu melalui suatu proses perubahan, perubahan mengajar para guru juga membutuhkan dukungan dan bantuan.

• Upaya perubahan akan efektif ketika perubahan yang harus dilakukan terdefinisi dengan jelas, bantuan dan kesempatan untuk berkolaborasi tersedia, serta adanya administrator dan kebijakan yang mendukung perubahan.

• Kebanyakan sistem dan lembaga cenderung menolak perubahan.

• Organisasi yang terus-menerus meningkatkan kualitas umumnya memiliki mekanisme yang berkelanjutan dalam menetapkan tujuan, melakukan berbagai upaya peningkatkan, menilai hasil upaya tersebut, dan membuat berbagai penyesuaian yang diperlukan.

• Perubahan merupakan upaya yang kompleks karena membutuhkan orang untuk berkomunikasi satu dengan yang lain tentang topik yang kompleks dalam organisasi, yang sebagian besar, merupakan organisasi yang besar dan terstruktur (Loucks- Horsley dkk., 1998).

Pengajaran melalui inkuiri mengharuskan para guru untuk berpikir dan bertindak dengan cara baru, yang meliputi antara lain keterampilan, perilaku, kegiatan pembelajaran, prosedur penilaian, dan sebagainya. Biasanya orang menyatakan "perubahan keyakinan dan cara berpikir guru akan menghasilkan perubahan perilaku guru". Namun, penelitian tentang perubahan guru justru menunjukkan bahwa yang sering terjadi adalah sebaliknya: perubahan sikap atau pola kepercayaan sering terjadi ketika guru menggunakan praktek baru dan melihat siswa mereka mendapatkan manfaat dari praktek baru itu (Guskey, 1986). Jadi, perubahan dalam cara mengajar sering mengakibatkan sikap dan komitmen yang baru pada pendekatan baru.

Selain itu, cara guru berpikir tentang perubahan dan merasakan perubahan

Tabel 8-1. Ekspresi Khas Minat Tentang suatu Inovasi

Tahap Minat	Ungkapan Minat
6. Pemfokusan ulang	Saya mempunyai beberapa ide mengenai sesuatu yang akan bekerja lebih baik.
5. Kolaborasi	Bagaimana saya bisa menghubungkan apa yang saya lakukan dengan apa yang orang lain lakukan?
4. Konsekuensi	Bagaimana pemanfaatan cara ini akan mempengaruhi peserta didik? Bagaimana saya bisa memperbaiki untuk memiliki dampak yang lebih luas?
3. Manajemen	Tampaknya saya akan menghabiskan semua waktu saya untuk mempersiapkan bahan-bahannya.
2. Personal	Bagaimana penggunaan metoda ini akan mempengaruhi saya?
1. Informasional	Saya ingin tahu lebih banyak tentang hal itu.
0. Kesadaran	Saya tidak peduli tentang hal itu.

Diadaptasi dari Hord dkk., 1987. Taking Charge of Change. Alexandria, VA: ASCD.

tampaknya terbangun secara bertahap. Banyak kajian terhadap individu yang telah mengubah praktek mengajarnya dari waktu ke waktu - baik atas inisiatif sendiri maupun ketika keputusan untuk perubahan itu dibuat oleh orang lain - mengungkapkan bahwa individu melalui tahapan perubahan perasaan mereka tentang perubahan (Fullan, 1991; Hall dan Hord, 1987; Huberman dan Miles, 1984). Banyak guru menemukan bahwa perkembangan perhatian tadi menjadi model yang berharga dalam memfasilitasi perubahan di sekolah (Lieberman dan Miller, 1991; Joyce, 1990). Tabel 8-1 menguraikan tahap-tahap perubahan perhatian guru tentang penggunaan praktik pengajaran seperti inkuiri yang memerlukan perubahan signifikan dalam perilaku (Hord dkk., 1987).

Dengan menyadari adanya tahapan ini, baik bagi guru atau pihak lain yang terlibat dalam perubahan, administrator dan guru pemandu dapat memilih jenis dukungan yang akan paling berguna untuk guru saat mereka melakukan proses perubahan ini. Bukan suatu kebetulan bahwa perubahan ini memiliki kemiripan dengan tahapan proses inkuri itu

sendiri.

MENYEDIAKAN BERBAGAI DUKUNGAN UNTUK GURU

Perubahan yang dilaksanakan oleh guru bisa berhasil dan bertahan hanya bila ada perubahan simultan di tingkat kota atau kabupaten, sekolah, atau kelompok bidang studi di mana guru bekerja. Penelitian telah menunjukkan bahwa kemampuan individu dalam sistem untuk mengubah perilaku mengajar mereka sebagian besar ditentukan oleh struktur dalam organisasi seperti adanya imbalan, kebijakan, dan keseluruhan budaya organisasi (O'Day dan Smith, 1993). Perubahan efektif yang demikian mengharuskan sekolah mengadopsi pendekatan baru untuk mendukung guru. Sisa bab ini akan membahas sejumlah strategi untuk melakukan ini.

Pengembangan profesional. Sebagai dijelaskan dalam Bab 5, pengembangan profesional dapat dilakukan dalam berbagai bentuk (Loucks-Horsley dkk., 1998). Jika guru tidak memiliki akses ke peluang pengembangan profesional ini, administrator dapat membantu guru menemukan peluang-peluang ini atau dapat menciptakan peluang di sekolah atau bekerjasama dengan sekolah lainnya. Banyak kesempatan yang menjanjikan pengalaman belajar yang kaya bagi guru tidak akan terjadi dalam suatu kelas formal.

Setiap sekolah memiliki ukuran keahlian dan pengalaman yang dapat saling dipertukarkan. Bahkan jika diperlukan bantuan dari luar, administrator atau guru kunci dapat memfasilitasi mekanisme dukungan internal seperti kelompok belajar yang dijelaskan dalam bagian berikutnya. Usaha mendorong terbentuknya "komunitas para pembelajar " dalam sekolah akan menciptakan norma eksperimentasi dan evaluasi yang akan berlaku untuk banyak inovasi lainnya. (Lihat *Teaching Standard F* pada halaman 51 dan *Program Standar E* pada halaman 222 dalam *National Science Education Standards*)

Bantuan dan dukungan adminsitrasi. Ketika guru melewati tahapan perkembangan minat seperti yang dijelaskan dalam Tabel 8-1, administrator perlu menyediakan pengalaman pengembangan profesional yang sesuai bagi guru untuk kemajuan mereka dalam membangun pandangan baru dalam pengajaran dan menciptakan

perilaku baru yang diperlukan untuk mempraktekkan cara pengajaran baru tersebut. Sebagai contoh, pada tahap awal dari timbulnya minat, guru yang mulai mempraktekkan inkuiri akan menginginkan informasi tentang inkuiri dan posisi inkuiri dalam kurikulum. Administrator dapat menyediakan bahan referensi bagi mereka berikut dengan akses ke guru-guru lain, dosen di universitas, atau ilmuwan yang dapat menjawab pertanyaan mereka.

Ketika kebutuhan informasi ditambah dengan minat pribadi guru (di tahap minat ke-4, misalnya), guru sering mengungkapkan kekhawatirannya apakah pendekatan mengajar yang baru itu akan diterima oleh kepala sekolah, guru lain, dan juga orang tua. Kekhawatiran ini perlu didengar dan ditangani, serta diberikan pemahanam pada guru bahwa kekhawatiran itu adalah bagian alami dari proses perubahan. Salah satu cara untuk menangani masalah ini adalah mendorong kelompok-kelompok kecil guru untuk membentuk kelompok kajian dan kelompok dukungan untuk bertemu secara teratur (selama hari sekolah jika mungkin). Kelompok kajian yang kecil ini tidak hanya memberikan informasi, namun juga tempat untuk saling memberikan dukungan bersama yang

diperlukan guru saat minat mereka pada inkuiri sedang berkembang. Kolegialitas yang diberikan oleh komunitas ini juga dapat meningkatkan kemajuan guru dalam belajar menggunakan inkuiri secara jauh lebih cepat dan lebih mendalam dibandingkan jika setiap guru melakukannya sendiri-sendiri. Ketika praktik pengajaran baru dimulai, guru akan memiliki banyak perhatian tentang keefektifan metode ini, banyaknya pekerjaan yang akan diperlukan, dan penerimaan oleh para guru lain. Administrator perlu meyakinkan guru bahwa mereka mengetahui dan mendukung apa yang para guru lakukan. Guru lain juga perlu mendengar bahwa administrator memberi dukungan pada pendekatan berbasis inkuiri.

Pernyataan dukungan yang dinyatakan di depan umum dapat menekankan pentingnya inkuiri dalam konteks tuntutan waktu dan perhatian yang besar untuk penerapannya.

Ketersediaan bahan pengajaran, kit, dan peralatan. Dengan terselesaikannya masalah pribadi guru yang menghalangi untuk penerapan inkuiri, banyak guru memiliki kekhawatiran tentang bagaimana melakukannya (tahap minat nomor 3). Pada titik ini, guru banyak memiliki pertanyaan-pertanyaan tentang "bagaimana", antara lain bagaimana mendapatkan waktu untuk kegiatan inkuiri, menyelesaikan materi pelajaran yang harus dicakup, menjaga agar siswa tetap berminat pada tugas yang diberikan, apakah sekolah akan memiliki cukup peralatan, dan sebagainya. Sebagai contoh, apakah jadwal pelajaran akan kondusif untuk pengajaran berbasis inkuiri? Apakah periode mengajar atau jatah mengajar cukup panjang untuk menyelesaikan hampir seluruh kegiatan dalam satu hari? Apakah satuan pengajaran atau program pelajaran menggabungkan inkuiri sebagai strategi utama dalam pengajaran dan pembelajaran?

Buku-buku teks dan satuan pengajaran tradisional sering tidak kondusif untuk pengajaran berbasis inkuiri. Sukses lebih mungkin didapat bila para guru menggunakan bahan yang memiliki komponen inkuiri yang "sudah jadi". Administrator perlu melakukan upaya untuk meyakinkan bahwa guru memiliki bahan-bahan tersebut. Lihat Bab 7 untuk melihat berbagai cara untuk mengadaptasi bahan tradisional untuk mendukung pengajaran berbasis inkuiri, bila bahan yang sudah jadi tidak mungkin didapat. Apakah sekolah atau daerah menekankan bahan yang berorientasi inkuiri saat memilih buku teks dan bahan ajar? Apakah kriteria untuk seleksi tadi berdasarkan standar (nasional atau wilayah) yang memiliki komponen inkuiri yang kuat? Administrator memiliki kesempatan, kewajiban, dan sering kewenangan untuk mempengaruhi prosedur dan kriteria yang digunakan dalam seleksi. Dua bahan bacaan dari *Center for Science, Mathematics, and Engineering Education* akan membantu dalam hal ini (NRC, 1999a; NRC, 1999b), demikian juga Lampiran B.

Tidak ada yang lebih mengganggu pengajaran berbasis inkuiri dari kurangnya pasokan bahan ajar. Administrator perlu memastikan bahwa guru memiliki kit, peralatan, dan persediaan bahan ajar yang tepat, dan bahwa persediaan bahan habis pakai diganti secara teratur. Apakah ruang penyimpanan memadai dan aman? Guru yang berpengalaman dapat membantu menemukan jawaban atas beberapa pertanyaan tadi, demikian pula administrator yang selalu memperhatikan masalah yang dimiliki guru.

Hanya dengan bekerja melalui pertanyaan-pertanyaan manajemen ini, guru dapat membangun gambaran dan pengertian tentang bagaimana mengajar berbasis inkuiri akan membawa manfaat bagi siswanya (tahap minat nomor 5). Guru-guru di tahap ini akan mengajukan pertanyaan yang sukar tentang efektivitas pengajaran mereka. Mereka sering akan mencari jawabannya dari penelitian dan dari penilaian siswa untuk meyakinkan diri mereka sendiri bahwa apa yang mereka lakukan dan pendekatan yang mereka gunakan adalah efektif. Kelompok kajian dapat mencari bantuan dari peneliti di universitas lokal atau ahli pendidikan di tingkat daerah dalam menangani kekhawatiran ini. Proyek penelitian tindakan

(action research) kecil (Miller dan Pine, 1990; Holly, 1991; Calhoun, 1994) dan pemeriksaan atas pekerjaan siswa (Loucks-Horsley dkk., 1998) oleh anggota kelompok dapat memotivasi dan akan sangat membantu.

Menginterpretasikan pengajaran berbasis inkuiri bagi orang tua dan anggota masyarakat lain. Banyak administrator telah belajar bahwa jauh lebih baik untuk jadi proaktif ketimbang reaktif terhadap masyarakat. Administrator tidak bisa menunggu sampai surat-surat dan panggilan telepon mulai datang dari orang tua dan anggota masyarakat lainnya. Mereka perlu memperkenalkan dan menjelaskan inkuiri kepada orang tua siswa yang terlibat. Buletin, pertemuan orang tua, open house, telepon berantai, dan undangan untuk "malam sains " adalah cara-cara untuk memberitahu orang tua bahwa pengajaran dan pembelajaran berbasis inkuiri sedang digunakan di kelas anak mereka. Administrator perlu tahu dan menyebarluaskan keuntungan dari pengajaran dan pembelajaran dengan cara ini, juga pada saat yang sama terbuka mengenai kesulitan atau penyesuaian yang harus dilakukan agar siswa berhasil. Guru juga dapat diminta untuk menggambarkan apa yang akan mereka lakukan untuk membantu diseminasi ini.

Membangun dukungan masyarakat tidak cukup hanya dengan orang tua. Perusahaan lokal, instansi pemerintah dan laboratorium, museum, masyarakat profesional, dan sebagainya akan tertarik dalam mendukung upaya reformasi berbasis standar dan sering dapat memberikan sumber belajar, kit, ilmuwan sebagai konsultan, atau akses ke laboratorium untuk studi lapangan. Media lokal mungkin tertarik pada cerita yang memiliki ciri inovasi lokal yang konsisten dengan upaya perbaikan nasional. Dengan menekankan bahwa melalui inkuiri akan didapatkan pengetahuan yang mendasar, administrator dapat menghindari pencitraan bahwa inkuiri adalah penjelajahan ide yang sembarang atau hanya mode terbaru pada pendidikan.

Prosedur penilaian siswa yang diselaraskan dengan hasil inkuiri. Siswa dan orang tua dengan cepat akan memperhitungkan apa yang dinilai dalam tes dan sistem penilaian yang digunakan guru dan sekolah, dan mereka akan menyesuaikan perilakunya agar sesuai. Jika aktivitas inkuiri dan investigasi hanyalah selingan antara hafalan bahan dari teks dan sumber lainnya, motivasi untuk memperoleh kemampuan berbasis inkuiri akan terbatas. Jika tes yang diberikan oleh guru dan sekolah tidak menilai kemampuan dan pemahaman inkuiri atau, dalam hal ini, pemahaman mendalam dari suatu konsep sains, siswa dan orang tua mungkin bertanya mengapa menghabis-habiskan waktu untuk inkuiri.

Untuk menghindari hal ini, administrator dapat mendorong guru untuk berkomunikasi dengan jelas kepada siswa dan orang tua tentang apa yang mereka harapkan untuk diketahui dan dapat dilakukan oleh siswa di kelas, serta bagaimana mereka akan menilai dan menguji siswa. Guru harus didorong untuk menggunakan jenis penilaian seperti yang dijelaskan dalam Bab 4, untuk memasukkan penilaian dalam pengajaran, untuk mempertimbangkan bagaimana bahasa siswa mempengaruhi hasil penilaian jika mereka mengajar siswa yang berbahasa sama dengan bahasa pengantar, dan menggunakan penilaian untuk menginformasikan baik respon langsung kepada siswa maupun rancangan pengajaran yang berkelanjutan.

Administrator dapat memeriksa kualitas inkuiri yang digunakan dalam kelas serta penguasaan siswa atas materi pelajaran. Apakah guru menggunakan kemampuan mempertanyaan dalam test yang mereka gunakan dan menggunakan penilaian tugas praktik untuk mengukur kemampuan inkuiri? Penilaian inkuiri adalah topik yang sangat berguna untuk dikaji dalam kelompok guru dan untuk proyek penelitian tindakan.

Jika ujian diwajibkan oleh daerah atau nasional, apa dampaknya terhadap guru? Jika tes belum mengukur inkuiri, apakah bisa persyaratan atau sifat dari tes diubah? Mengubah peraturan sangat sukar, namun merupakan upaya yang penting. Banyak administrator dan guru siap dan bersedia untuk bergabung dalam tugas ini. Sampai perubahan peraturan tersebut dapat dilakukan, administrator perlu terbuka tentang fakta bahwa tes hanya mengukur sebagian dari tujuan atau standar sains. Dan siswa yang mencapai pemahaman sains yang mendalam melalui inkuiri biasanya berhasil baik pada tes konvensional (Bransford dkk.,

1999).

Mempromosikan inkuiri dan pendekatan pemecahan masalah di bidang studi lain. Inkuiri tidak eksklusif hanya untuk sains atau pengajaran sains. Guru bidang studi lain di tingkat menengah ataupun di tingkat sekolah dasar dapat dan sering menggunakan strategi mirip inkuiri. Guru menginginkan dan membutuhkan dukungan moral dan kolegial dari guru-guru lainnya dalam melakukan proyek yang inovatif dan yang berisiko. Mereka juga perlu kenyamanan bahwa mereka tidak menjadi seorang yang secara intelektual "berbeda dengan yang lain"; serta kenyamanan bahwa inkuiri juga memiliki padanan di disiplin ilmu lain selain sains.

Para pengajar matematika telah lama menganjurkan pendekatan pemecahan masalah sebagai proses yang sangat bermanfaat untuk mengajarkan matematika. Studi video pengajaran TIMSS di kelas delapan (Stigler dkk., 1999) menunjukkan pentingnya kelompok kecil siswa bekerja secara independen memecahkan masalah yang kompleks sebelum guru, dengan bantuan beberapa siswa, menampilkan salah satu strategi penyelesaian yang lebih dapat diterima. Bahan ajar studi

sosial inovatif telah memasukkan strategi inkuiri dengan memberikan sumber belajar bagi siswa untuk digunakan dalam penyelidikannya dan pendekatan induktif untuk mencapai ide-ide dan prinsip-prinsip besar. Ketika mayoritas guru di sekolah bekerja untuk sebuah tujuan bersama, intensitas dan jumlah diskusi profesional di sekolah akan meningkat (Little, 1993) dan guru mulai saling mendukung upaya bersama untuk mengubah cara mengajarnya serta cara siswa mereka belajar.

Prosedur evaluasi guru yang tepat. Masalah pasti akan timbul jika evaluasi guru, baik formal dan informal, tidak konsisten dengan inti dari inkuiri. Guru perlu diyakinkan bahwa strategi inovatif yang mereka gunakan

dipahami, dievaluasi secara obyektif, dan diberi penghargaan ketika dijalankan dengan baik. Evaluator harus memahami inkuiri untuk mengetahui apa yang harus diamati dalam kelas. Sebagai contoh, evaluasi pengajaran berbasis inkuiri membutuhkan lebih dari satu periode kunjungan kelas. Apa yang di satu hari tampak seperti kebingungan, dan bahkan mungkin kekacauan, adalah mungkin merupakan tahap eksplorasi akan disusul di hari berikutnya ketika percobaan dan ide-ide dipahami bersama oleh sebagian besar siswa.

Evaluator juga perlu melihat bagaimana guru menggunakan bahan ajar, berinteraksi dengan siswa untuk meningkatkan pemahaman dan menilai pekerjaan siswa serta berpikir dengan cara yang mempengaruhi rencana pengajarannya. Guru dapat diminta menjelaskan bagaimana pekerjaan siswa menunjukkan pertumbuhan pemahaman siswa. Berdiskusi dengan siswa dapat mengungkapkan pemahaman siswa atas materi pelajaran dan metoda inkuiri yang digunakan. Rencana pembelajaran dan model pengajaran yang digunakan dapat menunjukkan apakah siswa secara aktif terlibat dalam inkuiri.

KESIMPULAN

Pengajaran sains melalui inkuiri memerlukan cara baru untuk melibatkan siswa dalam pengajaran. Dengan demikian hal ini mensyaratkan agar semua pendidik berperan sebagai agen perubahan. Untuk melakukan perubahan dalam pengajaran yang diperlukan dalam pendekatan inkuiri, administrator dan pemimpin lain perlu menyediakan sejumlah dukungan - dari kesempatan untuk belajar, bahan dan alat, sampai dukungan moral, dorongan, hingga "melakukan interferensi". Tanpa dukungan ini, program sains berbasis inkuiri tidak akan mungkin berhasil dan sangat mungkin tidak akan berkesinambungan. Dengan inkuiri ini, semua siswa akan lebih mungkin untuk memahami, menghargai dan secara aktif berpartisipasi dalam dunia ilmiah.

Referensi

American Association for the Advancement of Science. (1998). *Blueprints for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.

American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for All Americans*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

American Association for the Advancement of Science. (1990). *This Year in School Science 1990: Assessment in the Service of Instruction*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

American Psychological Association and Mid-Continent Regional Educational Laboratory. (1993). *Learner-Centered Psychological Principles: Guidelines for School Redesign and Reform*. Denver: Mid-Continent Regional Educational Laboratory.

Anderson, C. W., & Smith, E. L. (1987). Teaching Science. In Koehler-Richardson (Ed), *Educators' Handbook: A Research Perspective* (pp. 84-111). White Plains, NY: Longman.

Anderson, R. D. (1996). *Study of Curriculum Reform*. Washington DC: U.S. Government Printing Office.

Atkin, J. M., & Karplus, R. (1962). Discovery or Invention. *The Science Teache*, 29(2), 121-143.

Atwater, B. F. (1987). Evidence for Great Holocene Earthquakes Along the Outer Coast of Washington State. *Science*, 236, 942-944.

Baron, J. B. (1990). Performance Assessment: Blurring the Edges among Assessment, Curriculum, and Instruction.

In A. B. Champagne, B. E. Lovitts, & B. J. Calinger (Eds), *Assessment in the Service of Instruction: This Year in School Science 1990*. Washington, DC: AAAS.

Basaga, H., Geban, O., & Tekkaya, C. (1994). The Effect of the Inquiry Teaching Method on Biochemistry and Science Process Skill Achievements. *Biochemical Education*, 22(1), 29-32.

Black, P., & Wiliam, D. (1998a). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education*, 5(1), 7-74.

Black, P., & Wiliam, D. (1998b). Inside the Black Box: Raising Standards through Classroom Assessment. *Phi Delta Kappan*, 80(2), 139-148.

Blank, R. (Chair, CCSSO/SCASS Science Team for Measures of the Enacted Curriculum). (1997). *How is Science Taught in Schools?* Washington, DC: CCSSO.

Blumenfeld, P. C. (1994). Lessons Learned: How Collaboration Helped Middle Grade Science Teachers Learn Project-based Instruction. *The Elementary School Journal*, 94(5), 539-551.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R., (Eds). (1999). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, DC: National Academy Press.

Bredderman, T. (1982). *Elementary School Science Process Programs: A Meta-analysis of Evaluation Studies*. (Final Report of NSF-RISE Grant SED 18717).

Bruer, J. T. (1993). *Schools for Thought*. Cambridge, MA: MIT Press.

Bybee, R. W. (1997). *Achieving Scientific Literary: From Purposes to Practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Bybee, R. W., & DeBoer, G. (1993). Goals for the Science Curriculum. In *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Washington, DC: National Science Teachers Association.

Byrnes, J. P. (1996). *Cognitive Development and Learning in Instructional Contexts*. Boston: Allyn and Bacon.

Calhoun, E. F. (1994). *How to Use Action Research in the Self-Renewing School*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Carpenter, T., Fennema, E., & Franke, M. (1996). Cognitively Guided Instruction: A Knowledge Base for Reform in Primary Mathematics Instruction. *Elementary School Journal*, 97(1), 3-20.

Champagne, A. B., Kouba, V. L., & Hurley, M. (In press). *Assessing Inquiry*. Albany, NY: State University of New York.

Cochran, K. F. (1992) Pedagogical content knowledge: Teachers' Transformations of Subject Matter. In F. Lawrenz, K. Cochran, J. Krajcik, & P. Simpson (Eds), *Research Matters...To the Science Teacher*. Monograph Number Five of the National Association of Research in Science Teaching.

Council of Chief State School Officers. (1999). *Guide to Scoring LEP Student Responses to Open-Ended Science Items*. Washington, DC: SCASS LEP Consortium Project, CCSSO.

Daro, P. (1996). Standards and Portfolio Assessment . In J. B. Baron & D. P. Wolf (Eds), *Performance-Based Student Assessment: Challenges and Possibilities* (pp. 239 260). Chicago, IL: University of Chicago Press.

De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179-201.

DeBoer, G. E. (1991). *A History of Ideas in Science Education: Implications for Practice*. New York: Teachers College Press, Columbia University.

Delpit, L. (1995). *Other People's Children: Cultural Conflict in the Classroom*. New York: W.W. Norton.

Dewey, J. [1933 (1910)]. *How We Think*. Lexington, MA: D.C. Heath.

Donovan, M. S., Bransford, J. D., & Pellegrino, J. W. (Eds). (1999). *How People Learn: Bridging Research and Practice*. Washington, DC: National Academy Press.

Driver, R., Guesni, E., & Tiberghiem, A. (1985). *Children's Ideas in Science*. Philadelphia: Open University Press.

Driver, R., Squires, A., Duck, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making Sense of Secondary Sciences: Research into Children's Ideas*. London: Routledge.

Duckworth, E. (1987). *The Having of Wonderful Ideas and Other Essays on Teaching and Learning*. New York: Teachers College Press, Columbia University.

Duschl, R. A. (1992). Teaching of Theory: A Guiding Concept in Science Education. Chapter IX in *Teaching About the History and Nature of Science and Technology: Background Papers*. Colorado Springs:

Biological Sciences Curriculum Study (BSCS).
Duschl, R. A., & Gitomer, D. H. (1991). Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 839-858.
Duschl, R. A., & Gitomer, D. H. (1997). Strategies and Challenges to Changing the Focus of Assessment and Instruction in Science Classrooms. *Educational Assessment*, 4(1), 37-73.
Flick, L. B. (1995). *Complex Classrooms: A Synthesis of Research on Inquiry Teaching Methods and Explicit Teaching Strategies*. Paper presented at the annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching, San Francisco (ED 383 563).
Fradd, S. H., & Lee, O. (1999). Teachers' Roles in Promoting Science Inquiry with Students from Diverse Language Backgrounds. *Educational Researcher*, 28(6), 14-42.
Fullan, M. G. (1993). *Change Forces: Probing the Depths of Education Reform*. New York: The Falmer Press.
Fullan, M. G. (1991). *The New Meaning of Educational Change*. New York: Teachers College Press.
Gallas, K. (1995). *Talking Their Way Into Science: Hearing Children's Questions and Theories, Responding with Curricula*. New York: Teachers College Press.
Gitomer, D. H., & Duschl, R. A. (1995). Moving Toward a Portfolio Culture in Science Education. In M. S. Glynn & R. Duit (Eds), *Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice* (pp. 299-325). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
Glaser, R. (1992). Expert Knowledge and Process of Thinking. In D. F. Halpern (Ed), *Enhancing Thinking Skills in Science and Mathematics* (pp. 63-75). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
Guskey, T. R. (1986). Staff Development and the Process of Teacher Change. *Educational Researcher*, 15(5), 5-12.
Hall, G. E., & Hord, S. M. (1987). *Change in Schools: Facilitating the Process*. Albany: State University of New York Press.
Harms, N., & Kahl, S. (1980). *Project Synthesis: Final Report to The National Science Foundation*. Boulder, CO: University of Colorado.
Harms, N., & Yager, R. E. (1981). *What Research Says to the Science Teacher*, Vol. 3. Washington, DC: National Science Teachers Association.
Hashweh, M. Z. (1987) Effects of Subject Matter Knowledge in the Teaching of Biology and Physics. *Teaching and Teacher Education*, 3, 109-120.
Haury, D. L. (1993). Teaching Science Through Inquiry. *ERIC CSMEE Digest* (March Ed 359 048).
Herbart, J. (1901). *Outlines of Education Doctrine*, C. DeGarmo (Trans); A. Lange (Ed). New York: Macmillan.
Hewson, P. W., & Thorley, N. R. (1989). The Conditions of Conceptual Change in the Classroom. *International Journal of Science Education*, 11(5), 541-553.
Heywood, J., & Heywood, S. (1992). *The Training of Student-Teachers in Discovery Methods of Instruction and Learning*. (No. 1/92) ED 358 034. Dublin, Ireland: Department of Teacher Education, The University of Dublin.
Hiebert, J. (1999). Relationship Between Research and the NCTM Standards. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(1), 3-19.
Holly, P. (1991). Action Research: The Missing Link in the Creation of Schools as Centers of Inquiry. In A. Lieberman & L. Miller (Eds), *Staff Development for Education in the '90s: New Demands, New Realities, New Perspectives* (pp. 133-157). New York: Teachers College Press.
Hord, S. M., Rutherford, W. L., HulingAustin, L., & Hall, G. E. (1987). *Taking Charge of Change*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
Huberman, A. M. & Miles, M. B. (1984). *Innovation Up Close: How School Improvement Works*. New York: Plenum.
Hurd, P. D. (1998). Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. *Science Education*, 82, 407-416.
Joyce, B. (Ed). (1990). *Changing School Culture Through Staff Development*, 1990 Yearbook. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
Krajcik, J. S., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., & Soloway, E. (1994). A Collaborative Model for Helping Middle Grade Science Teachers Learn Project-based Instruction. *The Elementary School Journal*, 94(5), 483-497.
Ladewski, B. J., Krajcik, J. S., & Harvey, C. L. (1994). A Middle Grade Science Teacher's Emerging Understanding of Project-based Instruction. *The Elementary School Journal*,

94(5), 499-515.
Layman, J. W., Ochoa, G., & Heikkinen, H. (1996).*Inquiry and Learning: Realizing Science Standards in the Classroom*. New York: College Entrance Examination Board.
Lieberman, A., & Miller, L. (Eds). (1991). *Staff Development for Education in the '90s: New Demands, New Realities, New Perspectives* (2nd ed.). New York: Teachers College Press.
Linn, M. C., Clement, C., Pulos, S., & Sullivan, P. (1989). Scientific Reasoning in Adolescence: The Influence of Instruction in Science Knowledge and Reasoning Strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(2), 171-187.
Little, J. W. (1993). Teachers' Professional Development in a Climate of Educational Reform. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 15, 129-151.
Lloyd, C. V. (1988). *The Relationship Between Scientific Literacy and High School Biology Textbooks*. Paper presented at the annual meeting of the National Reading Conference, Austin, TX.
Lott, G. W. (1983). The Effect of Inquiry Teaching and Advance Organizers upon Student Outcomes in Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 437-451.
Loucks-Horsley, S., Hewson, P. W., Love, N., & Stiles, K. E. (1998). *Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, Inc.
Malley, M. (1992). The Nature and History of Science. Chapter V in *Teaching About the History and Nature of Science and Technology: Background Papers* (pp. 67-80). Colorado Springs: Biological Sciences Curriculum Study (BSCS).
Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Blunk, M., Crawford, B. Kelley, B., & Meyer, K. M. (1994). Enacting Project-Based Science: Experiences of Four Middle Grade Teachers. *The Elementary School Journal*, 94(5), 517-538.
Mayer, W. (1978). *Biology Teacher's Handbook* (3rd ed.). Colorado Springs: Biological Sciences Curriculum Study (BSCS).
McDermott, L. C., & the Physics Education Group at the University of Washington. (1996). *Physics by Inquiry* (Volumes I & II). New York: John Wiley.
McDermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource Letter: PER-1: Physics Education Research. *American Journal of Physics* 67(10), 755-767.
Mechling, K. R., & Oliver, D. L. (1983). *Promoting Science Among Elementary School Principals*. Washington, DC: National Science Teachers Association.
Millar, R., & Driver, R. (1987). Beyond Process. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
Miller, D. M., & Pine, G. J. (1990). Advancing Professional Inquiry for Educational Improvement Through Action Research. *Journal of Staff Development*, 11(3), 56-61.
Minstrell, J. (1982). Explaining the At-Rest Condition of an Object. *The Physics Teacher*, 20, 10.
Minstrell, J. (1989). Teaching Science for Understanding. In L. B. Resnick & L. E. Klopfer (Eds), *Toward the Thinking Curriculum: Current Cognitive Research* (pp. 129-149). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
Minstrell, J. (1992). Facets of Students' Knowledge and Relevant Instruction. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds), *Proceedings of the International Workshop on Research in Physics Education: Theoretical Issues and Empirical Studies* (pp. 110 128). Kiel, Germany: Instituit fur die Padagogik de Naturiwissenshaften.
Narode, R. (1987). *Teaching Thinking Skills*. NEA Professional Library. Washington, DC: National Education Association.
National Commission for Teaching & America's Future. (1996). *What Matters Most: Teaching for America's Future*. New York: Author.
National Research Council. (1990). *Fulfilling the Promise: Biology Education in the Nation's Schools*. Washington, DC: National Academy Press.
National Research Council. (1996). *The National Science Education Standards*. Washington DC: National Academy Press.
National Research Council. (1997). *Science Teaching Reconsidered. A Handbook*. Washington, DC: National Academy Press.
National Research Council. (1999a). *Designing Mathematics and Science Curriculum Programs: A Guide for Using Mathematics and Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
National Research Council. (1999b). *Selecting Instructional Materials: A Guide for K-12 Science*. Washington, DC:

National Academy Press.
Neill, D. M., & Medina, N. J. (1989). Standardized Testing: Harmful to Educational Health.*Phi Delta Kappan* 70(9), 688-697.
Nelson, A. R., Atwater, B. F., Bobrowsky, P. T., Bradley, L. A., Clague, J. J., Carver, G. A., Darienzo, M. E., Grant, W. C., Krueger, H. W., Sparks, R., Stafford, T. W., & Stuiver,M. (1995). Radiocarbon Evidence for Extensive Plate-boundary Rupture about 300 Years Ago at the Cascadia Subduction Zone. *Nature*, 378, 371-374.
New Standards Project. (1997). *New Standards Performance Standards*. Washington, DC: National Center on Education and the Economy.
Novak, J. D. (1987). *Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (Volumes I-III) . Ithaca, NY: Cornell University.
O'Day, J., & Smith, M. (1993). Systemic Reform and Educational Opportunity. In S. H. Fuhrman (Ed), *Designing Coherent Education Policy: Improving the System* (pp. 312-322). San Francisco: Jossey-Bass.
Piaget, J. (1975). *The Development of Thought*. New York: Viking Press.
Piaget, J., & Inhelder, B. (1969). *The Psychology of the Child*. New York: Basic Books.
Prather, J. P. (1996). The Role of the School Principal in Science Education Reform. In J. Rhoton & P. Bowers (Eds), *Issues in Science Education*. Arlington, VA: National Science Teachers Association and National Science Education Leadership Association.
Project Kaleidoscope. (1991). *What Works: Building National Science Communities, Strengthening Undergraduate Science and Mathematics*. Washington, DC: Author.
Raizen, S. A., & Kaser, J. S. (1989). Assessing Science Learning in Elementary School: Why, What, and How? *Phi Delta Kappan*, 70(9), 718-722.
Resnick, L. B., Bill, V. L., Lesgold, S. B., & Leer, M. N. (1991). Thinking in Arithmetic Class. In B. Means, C. Chelemer, & M. S. Knapp (Eds), *Teaching Advanced Skills to At Risk Students* (pp. 27-53). San Francisco: Jossey-Bass.
Roberts, L., Wilson, M., & Draney, K. (1997). *The SEPUP Assessment System: An Overview*. Berkeley, CA: Berkeley Evaluation and Assessment Research Center.
Rosebery, A. S., Warren, B., & Conant, F. R. (1992). Appropriating Scientific Discourse: Findings from Language Minority Classrooms. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(1), 61-94.
Rowe, M. B. (1991). Implications of the New Science Curricula. In S. M. Malcom & G. Kulum (Eds), *Science Assessment in the Service of Reform*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science (now published by Lawrence Erlbaum).
Rowe, M. B. (1974). Wait Time and Rewards as Instructional Variables, Their Influence on Language, Logic, and Fate Control: Part One - Wait Time. *Journal of Research in Science Teaching*, 11, 81-94.
Satake, K., Shimazaki, K., Tsuji, Y., & Ueda, K. (1996). Time and Size of a Giant Earthquake in Cascadia Inferred from Japanese Tsunami Record of January 1700. *Nature*, 379, 246-249.
Schmidt, W. H., McKnight, C. C., & Raizen, S. A. (1997). *Splintered Vision: An Investigation of U.S. Science and Mathematics Education*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
Schwab, J. (1960). What Do Scientists Do? *Behavioral Science*, 5(1).
Schwab, J. (1966). *The Teaching of Science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
Scruggs, T. E., Mastropieri, M.A., Bakken, J. P., & Brigham, F. J. (1993). Reading Versus Doing: The Relative Effects of Textbook-based and Inquiry-oriented Approaches to Science Learning in Special Education Classrooms. *The Journal of Special Education*, 27(1), 1-15.
Secules, T., Cottom, C. D., Bray, M. H., Miller, L. D., & The Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1997). Schools for Thought: Creating Learning Communities. *Educational Leadership*, 54(6), 56-60.
Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
Shymansky, J. A., Hedges, L. V., & Woodworth, G. (1990). A Reassessment of the Effects of Inquiry-based Science Curriculum of the '60s on Student Performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 127-144.
Shymansky, J. A., Kyle, W. C., & Alport, J. M. (1983). The Effects of New Science Curricula on Student Performance. *Journal of Research in Science*

Teaching, 20(5), 387-404.
Songer, N. B., & Linn, M. C. (1991). How Do Students' Views of Science Influence Knowledge Integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 761-784.
Stake, R. E., & Easley, J. A. (1978). *Case Studies in Science Education*. Urbana, IL: Center for Institutional Research and Curriculum Evaluation, University of Illinois.
Stigler, J. W., Gonzales, P., Kawanaka, T., Knoll, S., & Serrano, A. (1999). *The TIMSS Videotape Classroom Study. Methods and Findings from an Exploratory Research Project on Eighth-Grade Mathematics Instruction in Germany, Japan, and the United States*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on Alternative Conceptions in Science. In D. L. Gabel (Ed), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 177-210). New York: Macmillan.
Weinstein, T., Boulanger, F. D., & Walberg, H. J. (1982). Science Curriculum Effects in High School: A Quantitative Synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(6), 511-522.
Weiss, I. R. (1978). *Report of the 1977 National Survey of Science, Mathematics, and Social Studies Education*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
Weiss, I. R. (1987). *Report of the 1985-1986 National Survey of Science and Mathematics Education*. Research Triangle Park, NC: Research Triangle Institute.
White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, Modeling and Metacognition: Making Science Accessible to All Students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-118.
White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (In press). Metacognitive Facilitation: An Approach to Making Scientific Inquiry Accessible to All. In J. Minstrell & E. Van Zee (Eds), *Teaching in the Inquiry-Based Science Classroom*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
Wise, K. C., & Okey, J. R. (1983). A Meta-analysis of the Effects of Various Science Teaching Strategies on Achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 419-435.

Lampiran-lampiran

Lampiran A
Kutipan dari The National Science Education Standards

LAMPIRAN A-1
KEMAMPUAN DASAR INKUIRI
KELAS K-4

Kemampuan	Elaborasi
• Bertanya tentang obyek-obyek, makhluk hidup, dan kejadian-kejadian di lingkungan.	Aspek dari standar ini menekankan agar para siswa menanyakan sesuatu yang bisa mereka jawab dengan pengetahuan ilmiah, dikombinasikan dengan pengamatan mereka sendiri. Para siswa harus menjawab pertanyaan mereka dengan mencari informasi dari sumber-sumber ilmiah yang terpercaya dan dari pengamatan dan penyelidikan mereka sendiri.
• Merencanakan dan melaksanakan suatu penyelidikan sederhana.	Pada tahun-tahun awal, sebagian besar penyelidikan berdasar kepada pengamatan sistematis. Ketika para siswa berkembang, mereka dapat merancang dan melaksanakan percobaan-percobaan sederhana untuk menjawab pertanyaan mereka. Gagasan mengenai tes yang sesuai adalah memungkinkan untuk banyak siswa untuk dikerjakan di kelas empat.
• Menggunakan peralatan dan perangkat-perangkat sederhana untuk mengumpulkan data dan membantu penginderaan.	Pada tahun-tahun awal, para siswa mengembangkan keterampilan-keterampilan sederhana, seperti mengamati, mengukur, memotong, menghubungkan, menukar, menyalakan dan mematikan, menuang, memegang, mengikat dan mengaitkan. Dimulai dengan instrumen sederhana, siswa dapat menggunakan penggaris untuk mengukur panjang, tinggi dan kedalaman suatu obyek dan bahan; termometer untuk mengukur suhu, jam untuk mengukur waktu; timbangan balok dan pegas berskala untuk mengukur berat dan gaya; kaca pembesar untuk mengamati obyek dan makhluk hidup; serta mikroskop untuk mengamati rincian yang lebih halus dari tumbuhan, hewan, batuan dan bahan-bahan lainnya. Anak-anak juga mengembangkan keterampilan menggunakan komputer dan kalkulator untuk melakukan penyelidikan.

Kemampuan	Elaborasi
• Menggunakan data untuk mengkonstruksi penjelasan yang masuk akal.	Aspek dalam standar ini menekankan pemikiran para siswa ketika mereka menggunakan data untuk merumuskan penjelasan. Bahkan pada kelas-kelas awal, para siswa harus belajar apa yang merupakan bukti dan memutuskan kepantasan atau kekuatan suatu data dan informasi yang akan digunakan untuk membuat penjelasan. Setelah para siswa mengajukan sebuah penjelasan, mereka akan tertarik pada pengetahuan dan bukti-bukti yang mereka dapatkan untuk mendukung penjelasan mereka. Para siswa harus mengecek penjelasan mereka dengan pengetahuan ilmiah, percobaan-percobaan, dan pengamatan-pengamatan dari yang lain.
• Mengkomunikasikan penyelidikan dan penjelasan-penjelasan.	Para siswa harus mulai mengembangkan kemampuan berkomunikasi, mengkritik dan menganalisis pekerjaan mereka dan pekerjaan para siswa lain. Komunikasi ini bisa secara lisan maupun tertulis.

KEMAMPUAN DASAR INKUIRI KELAS 5 - 8

Kemampuan	Elaborasi
• Mengidentifikasi pertanyaan-pertanyaan yang dapat dijawab melalui penyelidikan ilmiah.	Para siswa harus mengembangkan kemampuan untuk menyempurnakan dan memfokuskan kembali pertanyaan-pertanyaann yang luas dan tidak jelas. Aspek penting dari kemampuan ini terdiri dari kemampuan siswa untuk memperjelas pertanyaan dan permintaan, serta mengarahkannya kepada obyek dan fenomena yang dapat digambarkan, dijelaskan, atau diprediksi melalui penyelidikan ilmiah. Para siswa harus mengembangkan kemampuan untuk mengidentifikasi pertanyaan-pertanyaan mereka dengan gagasan-gagasan ilmiah, konsep-konsep dan hubungan kuantitatif yang memandu penyelidikan.
• Merancang dan melakukan penyelidikan ilmiah.	Para siswa harus mengembangkan kemampuan- kemampuan umum, seperti pengamatan sistematis, membuat pengukuran akurat, dan mengindentifikasi dan mengkontrol variabel-variabel. Mereka juga harus mengembangkan kemampuan memperjelas gagasan-gagasan mereka yang mempengaruhi dan memandu inkuiri, dan untuk memahami bagaimana ide-ide tersebut dibandingkan dengan pengetahuan ilmiah yang telah ada. Para siswa dapat belajar untuk merumuskan pertanyaan, merancang penelitian, menginterpretasi data, menggunakan bukti-bukti untuk membuat penjelasan dan mengajukan penjelasan alternatif, dan mengkritik penjelasan-penjelasan dan prosedur-prosedur.

Kemampuan	Elaborasi
• Menggunakan alat-alat dan teknik yang sesuai untuk mengumpulkan, menganalisis dan menginterpretasi data.	Penggunaan alat-alat dan teknik, termasuk matematika, akan dipandu oleh pertanyaan-pertanyaan yang diajukan dan penyelidikan yang dirancang. Penggunaan komputer untuk mengoleksi, merekapitulasi dan menampilkan bukti adalah bagian dari standar ini. Para siswa harus bisa mengakses, mengumpulkan, menyimpan, mendapatkan kembali, dan mengorganisasi data, menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak yang dirancang untuk keperluan ini.
• Mengembangkan deskripsi, penjelasan, prediksi dan model-model menggunakan bukti.	Para siswa harus mendasari penjelasan mereka atas apa yang mereka amati, dan ketika mereka mengembangkan keterampilan kognitif, mereka harus bisa membedakan antara penjelasan dengan deskripsi - memberikan penyebab dari akibat dan membangun hubungan berdasarkan bukti dan alasan logis. Standar ini memerlukan dasar pengetahuan tentang materi subyek, jadi siswa dapat melakukan penyelidikan ilmiah secara efektif, karena mengembangkan penjelasan adalah membuat hubungan antara isi materi sains dengan konteks di dalamnya sehingga siswa mengembangkan pengetahuan yang baru.

Kemampuan	Elaborasi
• Berpikir kritis dan logis untuk membuat hubungan antara bukti dan penjelasan.	Berpikir kritis mengenai bukti termasuk memutuskan bukti mana yang harus digunakan dan memperhitungkan data-data yang tidak diduga. Secara khusus, para siswa harus bisa meninjau data dari percobaan sederhana, merekapitulasi data, dan membuat alasan logis mengenai hubungan sebab-akibat dalam percobaan. Para siswa harus mulai untuk membuat penjelasan terkait dengan hubungan antara dua atau lebih variabel.
• Mengenal dan menganalisis penjelasan alternatif dan prediksi.	Para siswa harus mengembangkan kemampuan untuk mendengarkan dan menghargai penjelasan yang diajukan oleh siswa lain. Mereka harus tetap terbuka pada dan mengakui gagasan dan penjelasan yang berbeda, bisa menerima skeptisme dari orang lain, dan mempertimbangkan penjelasan alternatif.
• Mengkomunikasikan prosedur dan penjelasan ilmiah	Dengan latihan, para siswa harus menjadi kompeten dalam mengkomunikasikan metode-metode percobaan, mengikuti instruksi, menjelaskan pengamatan, meringkas hasil-hasil dari kelompok lain, dan menyampaikan pada siswa lain mengenai penyelidikan dan penjelasan.
• Menggunakan matematika dalam segala aspek dari inkuiri ilmiah.	Matematika adalah penting untuk mengajukan dan menjawab pertanyaan mengenai alam semesta. Matematika dapat digunakan untuk bertanya, mengumpulkan, mengorganisasi, dan menyajikan data, serta menyusun penjelasan yang meyakinkan.

KEMAMPUAN DASAR INKUIRI
KELAS 9 - 12

Kemampuan	Elaborasi
• Mengidentifikasi pertanyaan dan konsep yang memandu penyelidikan ilmiah.	Para siswa harus merumuskan suatu hipotesis yang dapat diuji dan menunjukkan hubungan logis antara konsep ilmiah yang memandu suatu hipotesis dengan rancangan percobaan untuk mengujinya. Mereka harus menunjukkan prosedur yang jelas, dasar pengetahuan, dan pemahaman konseptual dari penyelidikan ilmiah.
• Merancang dan melakukan penyelidikan ilmiah.	Perancangan dan pelaksanaan suatu penyelidikan ilmiah memerlukan pengenalan terhadap konsep-konsep utama dalam wilayah yang akan diselidiki, ketepatan perangkat, tindakan pencegahan yang aman, bantuan terhadap masalah-masalah metodologis, rekomendasi penggunaan teknologi, penjelasan gagasan yang memandu inkuiri, dan pengetahuan ilmiah yang diperoleh dari sumber-sumber lain selain dari penyelidikan yang sedang dilakukan. Penyelidikan juga dapat memerlukan penjelasan siswa terhadap pertanyaan, metode, kontrol, dan variabel-variabel; para siswa mengorganisasi dan menampilkan data; revisi metode dan penjelasan para siswa; penyajian pada publik dari hasil tanggapan kritis sesama siswa. Terlepas dari penyelidikan ilmiah yang dilakukan, para siswa harus menggunakan bukti, menggunakan logika, dan membuat sebuah alasan untuk mengajukan penjelasan mereka.
• Menggunakan teknologi dan matematika untuk memperbaiki penyelidikan dan komunikasi.	Suatu teknologi yang beragam, seperti perkakas, instrumen pengukuran, dan kalkulator, harus menjadi komponen integral dari penyelidikan ilmiah. Penggunaan komputer untuk mengoleksi, menganalisis, dan menampilkan data juga menjadi bagian dari standar ini. Matematika memainkan peran penting dalam segala aspek dari inkuiri. Sebagai contoh, pengukuran digunakan dalam pengajuan pertanyaan, perumusan digunakan untuk mengembangkan penjelasan, serta bagan dan grafik digunakan dalam mengkomunikasikan hasil penyelidikan.
• Merumuskan dan merevisi penjelasan ilmiah dan model-model menggunakan logika dan bukti.	Pertanyaan-pertanyaan para siswa harus berujung pada merumuskan sebuah penjelasan atau model. Model-model harus bersifat fisik, konseptual dan matematis. Dalam proses menjawab pertanyaan, para siswa harus terlibat dalam diskusi dan argumen-argumen yang menghasilkan revisi penjelasan mereka. Diskusi-diskusi ini harus berdasarkan pengetahuan ilmiah, menggunakan logika, dan bukti dari penyelidikan mereka.

Kemampuan	Elaborasi
• Mengenal dan menganalisis penjelasan dan model alternatif.	Aspek dari standar ini menekankan kemampuan kritis dalam menganalisis suatu argumen dengan meninjau pemahaman ilmiah saat itu, menimbang-nimbang bukti, dan memeriksa logika sehingga dapat menentukan penjelasa dan model terbaik. Dengan kata lain, meskipun mungkin ada beberapa penjelasan yang bisa ditunda, semua itu tidak memiliki bobot yang seimbang. Para siswa harus bisa menggunakan kriteria ilmiah untuk menemukan penjelasan yang lebih baik.
• Mengkomunikasikan dan mempertahankan argumen ilmiah.	Para siswa di program sains sekolah harus mengembangkan kemampuan terkait dengan komunikasi yang akurat dan efektif. Hal ini meliputi menulis dan mengikuti prosedur, mengungkapkan kosep, meninjau informasi, merekapitulasi data, menggunakan bahasa secara tepat, membuat diagram dan carta, menjelaskan analisis statistik, berbicara dengan jelas dan logis, membuat argumen ilmiah yang masuk akal, serta menanggapi komentar-komentar kritis dengan tepat.

KEMAMPUAN DASAR INKUIRI KELAS 9 - 12

Pemahaman	Elaborasi
• Para ilmuwan biasanya bertanya mengenai kondisi fisik, kehidupan, atau rancangan fungsi sistem.	Prinsip-prinsip konseptual dan pengetahuan memandu inkuiri ilmiah. Latar belakang sejarah dan pengetahuan ilmiah saat ini mempengaruhi rancangan dan interpretasi penyelidikan dan evaluasi dari penjelasan-penjelasan yang diajukan oleh para ilmuwan lain.
• Para ilmuwan melakukan penyelidikan untuk alasan yang sangat beragam.	Sebagai contoh, mereka dapat berharap untuk menemukan aspek baru dari alam semesta, menjelaskan hasil pengamatan fenomena terbaru, atau menguji kesimpulan dari penyelidikan sebelumnya atau prediksi dari teori-teori yang ada.
• Para ilmuwan mengadalkan teknologi untuk meningkatkan pengumpulan dan manipulasi data.	Teknik-teknik baru dan alat-alat memberikan bukti baru untuk memandu inkuiri dan metode-metode baru untuk mengumpulkan data, dengan demikian berkontribusi bagi kemajuan sains. Akurasi dan ketepatan data dan tentunya kualitas eksplorasi bergantung pada teknologi yang digunakan.
Matematika adalah hal yang esensial dalam inkuiri ilmiah.	Perangkat matematika dan model-model memandu dan memperbaiki dalam pengajuan pertanyaan, mengumpukan data, membuat penjelasan dan mengkomunikasikan hasil.

Kemampuan	Elaborasi
• Penjelasan ilmiah harus tunduk pada kriteria seperti: penjelasan yang diajukan harus konsisten secara logis; hal itu harus didasari kaidah yang diperoleh dari bukti; harus terbuka terhadap pertanyaa dan kemungkinan modifikasi; dan harus berdasarkan pada pengetahuan ilmiah historis maupun yang sekarang ada.	
• Hasil-hasil dari inkuiri ilmiah - pengetahuan dan metode-metode baru - dari tipe-tipe penyelidikan yang berbeda dan komunikasi publik antar ilmuwan.	Dalam mengkomunikasikan dan mempertahankan hasil inkuiri ilmiah, argumen harus logis dan menunjukkan hubungan antara fenomena alam, penyelidikan dan khasanah historis pengetahuan ilmiah. Sebagai tambahan, metode dan prosedur-prosedur yang digunakan oleh para ilmuwan untuk me ndapatkan bukti harus dilaporkan dengan jelas untuk meningkatkan kesempatan penelitian lebih lanjut.

LAMPIRAN A-2
PEMAHAMAN MENDASAR TENTANG INKUIRI: KELAS 1 - 4

Pemahaman	Elaborasi
• Penyelidikan ilmiah melibatkan pengajuan dan menjawab sebuah pertanyaan dan membandingkan jawaban dengan apa yang telah diketahui oleh ilmuwan tentang alam semesta.	
• Para ilmuwan menggunakan beragam jenis penyelidikan bergantung pada pertanyaan yang mereka usahakan jawabannya.	Jenis penyelidikan termasuk menggambarkan obyek-obyek atau peristiwa-peristiwa dan makhluk hidu, serta mengelompokkannya, juga melakukan pengujian secara tepat (melakukan percobaan).
• Instrumen-insturmen sederhana, seperti kaca pembesar, termometer, dan penggaris, menyediakan lebih banyak informasi daripada yang bisa diperoleh para ilmuwan jika hanya menggunakan alat-alat indera mereka.	
• Para ilmuwan mengembangkan penjelasan menggunakan proses pengamatan (pembuktian) dan apa yang telah mereka ketahui tentang alam semesta (pengetahuan ilmiah).	Penjelasan yang baik adalah yang berdasarkan bukti-bukti hasil penyelidikan.
• Para ilmuwan mempublikasikan hasil dari penyelidikan-penyelidikan mereka dengan cara yang memungkinkan untuk diulangi oleh ilmuwan lain.	
• Para ilmuwan meninjau ulang dan mengajukan pertanyaan mengenai hasil kerja para ilmuwan yang lain.	

PEMAHAMAN MENDASAR TENTANG INKUIRI: KELAS 5 - 8

Pemahaman	Elaborasi
• Beragam jenis pertanyaan yang berbeda-beda	Beberapa penyelidikan melibatkan pengamatan dan penggambaran obyek-obyek, makhluk hidup atau peristiwa-peristiwa, beberapa melibatkan pengumpulan contoh, atau melakukan percobaan, atau mencari informasi lebih banyak, atau menemukan obyek-obyek baru dan fenomena, atau membuat model-model.
• Memiliki pengetahuan ilmiah terkini dan memahami panduan penyelidikan ilmiah.	Sisi-sisi ilmiah yang berbeda memerlukan perbedaan metode, teori dasar, dan standar-standar untuk meningkatkan pengetahuan dan pemahaman ilmiah.
• Matematika adalah penting dalam segala aspek dari inkuiri ilmiah.	
• Teknologi digunakan untuk mengumpulkan data yang meningkatkan ketepatan dan memungkinkan para ilmuwan untuk menganalisis dan memperhitungkan hasil -hasil penyelidikan.	
• Penjelasan-penjelasan ilmiah menekankan pada bukti, memiliki alasan-alasan yang konsisten secara logika, dan menggunakan prinsip-prinsip ilmiah, model-model dan teori-teori.	Komunitas ilmiah menerima dan menggunakan penjelasan-penjelasan yang ada hingga menggantinya dengan yang lebih baik secara ilmiah. Ketika penggantian tersebut terjadi, ilmu pengetahuan mengalami kemajuan.
• Ilmu pengetahuan maju melalui legitimasi skeptisme (penolakan sesuatu tanpa pembuktian).	Mengajukan pertanyaan dan menguji penjelasan para ilmuwan lain adalah bagian dari inkuiri ilmiah. Para ilmuwan mengevaluasi penjelasan-penjelasan yang diajukan oleh para ilmuwan lainnya dengan memeriksa bukti, membandingkan bukti, mengidentifikasi kesalahan alasan, menyoroti pernyataan-pernyataan di luar bukti, dan menyarankan penjelasan-penjelasan alternatif untuk pengamatan yang sama.
• Penyelidikan ilmiah terkadang dihasilkan dalam gagasan-gagasan baru dan fenomena-fenomena untuk dipelajari, menghasilkan metode atau prosedur-prosedur baru untuk penyelidikan, atau mengembangkan teknologi -teknologi baru untuk memperbaiki koleksi data.	Semua hasil ini dapat mengarah pada penyelidikan yang baru.

PEMAHAMAN MENDASAR TENTANG INKUIRI: KELAS 9 - 12

Pemahaman	Elaborasi
• Para ilmuwan biasanya ingin mengetahui tentang fisika, kehidupan, atau rancangan fungsi dari sistem-sistem.	Prinsip-prinsip konseptual dan pengetahuan dasar memandu inkuiri ilmiah. Latar belakang sejarah dan pengetahuan ilmiah terkini memengaruhi perancangan dan interpretasi suatu penyelidikan dan evaluasi terhadap penjelasan-penjelasan yang diajukan oleh para ilmuwan lain.
• Para ilmuwan melaksanakan penyelidikan untuk alasan yang luas variasinya.	Sebagai contoh, mereka mungkin berharap untuk menemukan aspek-aspek baru di alam semesta, menjelaskan fenomena-fenomena yang teramati saat ini, atau menguji kesimpulan dari penyelidikan-penyelidikan sebelumnya, atau prediksi dari teori-teori sebelumnya.
• Para ilmuwan terkait dengan teknologi untuk meningkatkan kualitas pengumpulan dan manipulasi data.	Teknik-teknik dan perangkat baru menyediakan bukti-bukti baru untuk memandu inkuiri dan metode-metode baru untuk mengumpulkan data, dengan demikian memberikan kontribusi untuk kemajuan sains. Akurasi dan ketepatan data, yang berarti juga kualitas dari eksplorasi, bergantung dari teknologi yang digunakan.

• Matematika adalah hal yang esensial dalam inkuiri ilmiah.	Perangkat dan model-model Matematika memandu memperbaiki pertanyaan-pertanyaan yang diajukan, pengumpulan data, mengkonstruksi penjelasan, dan mengkomunikasikan hasil-hasil penyelidikan.
• Penjelasan-penjelasan ilmiah harus melekat dengan kriteria seperti: penjelasan harus konsisten secara logis; harus menaati kaidah-kaidah terkait dengan bukti-bukti yang ditemukan; harus terbuka pada pertanyaan-pertanyaan dan kemungkinan modifikasi; dan harus berdasarkan latar belakang sejarah serta pengetahuan terkini.	
• Hasil-hasil dari inkuiri ilmiah - pengetahuan dan metode-metode baru - timbul dari perbedaan-perbedaan tipe penyelidikan dan	Dalam mengkomunikasikan dan mempertahankan hasil dari inkuiri ilmiah, argumen-argumen harus logis dan menunjukkan hubungan antara fenomena alam, penyelidikan dan sejarah latar belakang ilmu pengetahuan. Sebagai tambahan, metode dan prosedur-prosedur yang digunakan oleh para ilmuwan untuk mendapatkan bukti harus dilaporkan dengan jelas untuk meningkatkan kesempatan penyelidikan lebih lanjut.

Lampiran B
Memilih Materi-materi Instruksional

Para guru sains sering bertanya tentang materi-materi instruksional yang akan membantu mereka menerapkan strategi instruksional berbasis inkuiri dan meyediakan kesempatan bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan dan pemahaman terhadap inkuiri ilmiah. Lampiran ini bertujuan untuk membantu mengidentifikasi dan menyeleksi materi-materi instruksional tersebut. Hal ini dimulai dengan ringkasan sekilas tentang perbedaan penggunaan istilah inkuiri yang disajikan pada awal dokumen ini, sehingga bagian tersebut dapat berdiri sendiri dan dibagi-bagi dengan tanggungjawab untuk menyeleksi materi-materi instruksional.

INKUIRI DALAM *THE NATIONAL SCIENCE EDUCATION STANCARDS*

Dalam *the Standards*, inkuiri digunakan dalam beberapa cara.

1. *Inkuiri Ilmiah*. Menurut National Science Education Standards, " Inkuiri ilmiah mengacu pada beragam cara bagi ilmuwan untuk mengkaji alam semesta dan mengajukan penjelasan berdasarkan bukti dari kerja mereka. (hal. 23). The Standards meminta para siswa untuk mengembangkan kemampuan dan pemahaman yang memungkinkan mereka terlibat dalam aktivitas semacam ini. Pertanyaan kunci ketika menyeleksi materi instruksional adalah pada tingkatan apa materi tersebut bisa mendukung para guru untuk membantu para siswa mencapai tujuan-tujuan tersebut.

2. *Standar-standar Mengajar Berbasis Inkuiri* menyatakan bahwa "inkuiri dalam pertanyaan-pertanyaan otentik yang dihasilkan dari pengalaman siswa adalah strategi kunci dalam pengajaran sains." Bagaimanapun, pentingnya inkuiri "tidak berakibat bahwa semua guru harus mengusahakan satu pendekatan saja dalam mengajarkan sains." Inkuiri adalah karekteristik dari bentuk pengajaran yang diinginkan dan jenis aktivitas kelas tertentu. Hal itu dapat digunakan untuk mengajar (1) materi subyek dari sains fisika, biologi, bumi dan antariksa, (2) sifat dari upaya dalam sains (contohnya mengenai inkuiri ilmiah), dan (3) kemampuan yang diperlukan untuk melakukan inkuiri ilmiah. Pengajaran berbasis inkuiri atalah sebuah makna, bukan suatu akhir dari proses.

3. Pembelajaran Berbasis Inkuiri. Dalam the Standards, inkuiri juga mengacu pada proses-proses pembelajaran. Hal itu adalah proses belajar aktif - " sesuatu yang dikerjakan oleh siswa, bukan sesuatu yang dikerjakan untuk siswa" (hal. 2). The Standards mengikat pembelajaran berbasis inkuiri baik pada inkuiri ilmiah dan kajian mengenai pembelajaran pada manusia.

Jelas ada hubungan di antara penggunaan-penggunaan inkuiri di atas dalam the Standards. Tugas untuk menyeleksi materi instruksional memerlukan pertimbangan dari semua cara berpikir mengenai inkuiri tersebut.

Seleksi materi instruksional dapat dibantu oleh pemikiran berbasis standar. Bukan malah bertanya, "standar apa yang sesuai dengan perangkat materi tertentu?" tapi lebih baik untuk bertanya, " jika saya ingin memenuhi tujuan yang sudah ditentukan, materi apa saja yang saya butuhkan?"

MENGANALISIS MATERI-MATERI INSTRUKSIONAL

Proses menganalisis kualitas materi instruksional meliputi penentuan tingkatan konsistensi materi-materi tersebut terhadap tujuan, prinsisp-prinsip dann kriteria-kriteria yang dikembangkan oleh National Science Education Standards. Seleksi yang baik membantu meyakinkan sebuah proses yang penuh pemikiran dan efektif. Agar dapat digunakan dan dipertahankan, kriteria seleksi harus sedikit dalam jumlah dan memasukkan prinsip-prinsip kritis dari isi sains yang akurat, dan teknik-teknik penilaian yang sesuai.

Proses-proses yang digambarkan dalam halaman-halaman berikut dapat membantu para guru, perancang kurikulum, atau orang lain dalam melengkapi sebuah evaluasi yang cermat dan akurat terhadap materi-materi instruksional. Untuk membantu membuat pemeriksaan ini cermat dan bisa digunakan, referensi pada bagian khusus dari the National Science Education Standards telah tersedia, ketika lembar kerja untuk menjaga jalur dari informasi perlu dianalisis dan memilih materi-materi instruksional terbaik.

Seleksi materi instruksional searah dengan inkuiri terbimbing dalam beberapa hal. Pertama, pertanyaan harus diidentifikasi untuk memandu analisis dan seleksi pada akhirnya. Pertanyaan-pertanyaan tersebut meliputi:

- Apakah "sains sebagai inkuiri" telah jelas sebagai isi dalam materi-materi tersebut?
- Apakah penyajian inkuiri sebagai isi sudah akurat?
- Apakah pengajaran berbasis inkuiri telah jelas ada dalam materi-materi tersebut?
- Apakah ada waktu dan kesempatan yang memadai bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan dan pemahaman terhadap konsep-konsep subyek materi sains?

Yang kedua, suatu penyelidikan terhadap materi perlu dirancang dan dilaksanakan. Penyelidikan mensyaratkan adanya pengamatan sistematis, rekaman yang akurat dan konsisten, dan penjelasan dari pertanyaan-pertanyaan yang memandu prosesnya. Apakah pengamatannya konsisten di antara satuan-satuan materi? Apakah variabel-variabelnya terkontrol, seperti rancangan dan garis besar terhadap penggambaran dri inkuiri? Apakah teknik-teknik yang digunakan untuk meninjau semua materi sama atau mirip? Apakah jenis data yang dikumpulkan sama untuk semua materi?

Ketiga, rekaman pengamatan perlu digunakan untuk mengembangkan rekapitulasi dari masing-masing materi. Rekapitulasi ini harus berdasarkan apa yang telah diamati dan dibedakan antar materi.

Keempat, argumen rasional perlu dikembangkan untuk seleksi materi. Argumen tersebut harus berdasarkan pengamatan dan menyebutkan alternatif dan pilihan.

Akhirnya, proses dan

rekomendasi akhir harus sepenuhnya terdokumentasi. Hal ini akan membantu peninjauan akhir oleh para pembuat keputusan seperti administrator dan komite sekolah.

PROSEDUR ANALISIS

Prosedur yang diuraikan dalam bagian ini meliputi:

- Gambaran umum materi-materi instruksional
- Analisis sains sebagai inkuiri
- Analisis pengajaran berbasis inkuiri
- Analisis proses penilaian
- Evaluasi panduan guru
- Analisis penggunaan dan manajemen materi

Dalam lampiran ini, kriteria untuk analisis materi instruksional berfokus kepada manfaatnya bagi guru kelas dan tingkat kesesuaiannya dengan the Standards. Suatu analisis seksama terhadap materi instruksional mensyaratkan pertimbangan waktu, kolaborasi, dan perhatian terhadap hal-hal yang rinci. Pencatatan yang baik akan sangat membantu dalam proses ini. Untuk keperluan itu, lembar kerja untuk menganalisis disertakan pada akhir dari bagian ini.

GAMBARAN UMUM DARI MATERI-MATERI INSTRUKSIONAL (LIHAT LEMBAR KERJA 1)

Suatu gambaran umum segera dari materi mengawali pemeriksaan yang lebih terperinci. Pertimbangan awal adalah apakah materi yang akan dipilih menekankan gagasan-gagasan kunci dan kemampuan dari standar "Sains sebagai Inkuiri". Untuk membantu membuat penentuan ini, lihat tabel isian, indeks dan daftar istilah. Lembar kerja 1 berisi hal-hal yang berkaitan dengan sains yang diambil dari the Standards. Hal-hal ini memberikan indikasi awal cakupan topik-topik mendasar.

Lihatlah dengan baik melalui baik guru maupun materi-materi dari guru.

- Apakah hasil para siswa terdaftar?
- Apakah ada beberapa di antaranya adalah hasil inkuiri?

Carilah penyelidikan dan aktivitas siswa.

- Di mana hal itu berlangsung? Catat bahwa dalam beberapa materi, penyelidikan para siswa terintegrasi dalam bahan bacaan. Yang lainnya, penyelidikan bertempat di bagian terpisah - kadang di bagian akhir dari bab atau buku, atau dalam petunjuk laboratorim yang terpisah.
- Apakah penyelidikan siswa berlangsung setelah penjelasan dari guru, atau setelah para siswa membaca buku mereka? Ataukah mereka menggunakannya untuk melibatkan para siswa dalam mengeksplorasi gagasan baru sebelum penjelasan diberikan?

Bacalah beberapa paragraf yang relevan dengan materi dalam buku teks siswa.

- Apakah keputusan anda mengenai penyajian inkuiri ilmiah?
- Apakah konsep-konsep dalam teks siswa konsisten dengan konsep dasar dan kemampuan dalam the Standards?
- Apakah teks tersebut meliputi konsep-konsep yang melebihi, lebih sedikit atau berbeda?
- Apakah foto-foto dan ilustrasinya memberikan pemahaman yang lebih jauh bagi terhadap sains sebagai inkuiri?

ANALISIS MATERI-MATERI INSTRUKSIONAL UNTUK INKUIRI SEBAGAI ISI (LIHAT LEMBAR KERJA 2)

Carilah bukti dalam diskusi-diskusi dalam teks dan dalam penyelidikan siswa tentang apakah dan bagaimana kemampuan dasar dan pemahaman ditujukan. (Lihat Bab 2 dan Lampiran A dalam buku ini, mengacu pada salinan cetak dari National Science Education Standards, atau mengakses the Standards melalui laman beralamat di www.nap.edu/readingroom/books/nses.) Periksa beberapa materi pembelajaran dalam materi untuk guru dan siswa. Untuk tingkatan kemampuan dan pemahaman terhadap inkuiri ilmiah yang ke berapakah yang diberikan oleh materi tersebut?

Bacalah melalui narasi teksnya, untuk mencari penyelidikan siswa dan memeriksa saran-saran apa saja bagi aktivitas di luar jam belajar di kelas. Pertimbangkan:

- Apakah tersedia kesempatan-kesempatan bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan inkuiri ilmiah seperti mengajukan pertanyaan mereka sendiri, merancang penyelidikan mereka sendiri, menggunakan alat dan teknik yang sesuai untuk mengumpulkan data, menggunakan bukti untuk mengkomunikasikan penjelasan dari hubungan sebab-akibat yang bisa

dipertahankan, atau menggunakan kriteria-kriteria ilmiah untuk menganalisis penjelasan alternatif untuk menentukan penjelasan yang lebih diterima?

- Apakah tersedia kesempatan bagi para siswa untuk mengembangkan pemahaman mendasar mereka mengenai inkuiri ilmiah?

Sebagai tambahan untuk bahasa dalam teks, periksalah panduan bagi guru sebagai cara untuk mendiskusikan peran dan batasan dari keterampilah ilmiah seperti membuat pengamatan, mengorganisasi dan menginterpretasi data, serta membuat penjelasan yang dapat dipertahankan berdasarkan bukti.

- Apakah ada diskusi tentang bagaimana para ilmuwan mengevaluasi penjelasan yang lain dengan memeriksa dan membandingkan bukti, mengidentifikasi alasan yang berada di balik pembuktian, dan menyarankan penjelasan alternatif untuk bukti yang sama?
- Apakah ada kesempatan bagi siswa untuk menunjukkan pehamaman-pemahaman yang sama sebagai bagian dari penyelidikan mereka?

ANALISIS PEDAGOGI (LIHAT LEMBAR KERJA 3)

Apa yang dipelajari para siswa mengenai inkuiri dan kemampuan yang mereka kembangkan bergantung pada banyak hal, termasuk akurasi dan perkembangan yang tepat dari isi materi dan kesesuaian dengan semua maksud dari standar isi. Kesempatan-kesempatan untuk belajar harus konsisten dnegan model-model training kontemporer. Kriteria dalam bagian ini berdasarkan pada karakteristik dari pengajaran efektif yang diberikan dalam Standard Pengajaran A, B dan E:

- Standar Pengajaran A - Guru sains merencanakan suatu program sains berbasis inkuiri bagi para siswanya.
- Standar Pengajaran B - Guru sains memandu dan memfasilitasi pembelajaran.
- Standar Pengajaran E - Guru sains mengembangkan komunitas dari para pembelajar sains yang merefleksikan keteguhan dari inkuiri ilmiah dan sikap-sikap dan nilai-nilai sosial yang kondusif bagi pembelajaran sains.

Dengan menggunakan urutan pertanyaan berikut, periksalah beberapa materi pembelajaran siswa dan panduan bagi guru.

- Apakah materi-materi mengidentifikasikan tujuan-tujuan belajar spesifik yang berfokus pada satu atau lebih kemampuan mendasar dan pemahaman Sains Sebagai Inkuiri?
- Kajilah halaman-halaman pembuka dari bab atau bagian-bagian yang relevan. Apakah materi dalam halaman tersebut menarik dan memusatkan pikiran siswa untuk memikirkan pertanyaan-pertanyaan menarik, masalah-masalah, atau isu-isu yang relevan?
- Apakah materi tersebut menyediakan urutan aktivitas belajar yang terhubung dengan cara yang membantu para siswa membangun kemampuan inkuiri dan pemahaman mendasar mengenai inkuiri atau konsep materi subyek?
- Apakah aktivitas-aktivitas tersebut terkait dengan lima ciri esensial dari kelas inkuiri yang digambarkan dalam Bab 2? Apakah saran-sarannya memberikan bantuan pada guru untuk menjaga para siswanya tetap fokus pada tujuan dari pembelajaran?
- Apakah panduan guru menyajikan kesulitan-kesulitan umum siswa dalam mengembangkan kemampuan dan pemahaman inkuiri? Apakah panduan tersebut memberikan konsepsi-konsepsi alternatif atau miskonsepsi yang mungkin dimiliki para siswa dan bagaimana menanganinya? Apakah tersedia saran-saran bagi guru untuk menemukan apa yang para siswa telah ketahui dan dapat lakukan? Apakah aktivitas belajar dirancang untuk membantu para siswa mengidentifikasi apa yang mereka ketahui dan membentuk konsep serta kemampuan baru? Apakah ada aktivitas belajar yang dirancang untuk membantu siswa mengidentifikasi apa yang mereka ketahui dan membangun konsep dan kemampuan-kemampuan baru?

ANALISIS PROSES PENILAIAN (LIHAT LEMBAR KERJA 4)

Kriteria penilaian dalam bagian ini didasarkan pada Assessment Standards A to E. Periksalah beberapa pembelajaran dalam materi untuk siswa dan guru sebagai bukti untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut:

- Apakah ada konsistensi antara tujuan belajar dengan penilaian? Sebagai contoh, bila instruksi berfokus pada membangun dan memahami

konsep-konsep dasar, melakukan penilaian yang berfokus pada penjelasan, bukan kosakata?

- Apakah penilaian menekankan pada aplikasi kemampuan dan konsep-konsep untuk situasi yang baru atau berbeda? Sebagai contoh, apakah para siswa diminta untuk menjelaskan situasi baru dengan konsep yang telah mereka pelajari? Apakah mereka diminta untuk merancang penelitian ke dalam pertanyaan-pertanyaan yang belum mereka jawab?
- Apakah tugas-tugas untuk penilaian adil bagi semua siswa? Sebagai contoh, apakah kesuksesan penilaian terlalu bergantung pada kemampuan siswa untuk membaca bagian-bagian yang rumit atau menuliskan penjelasan, bukan untuk memahami konsep-konsep mendasar atau kemampuan berpikir ilmiah?
- Apakah saran-saran untuk memberi skor atas kriteria-kriteria atau rubrik-rubrik disediakan bagi guru?

MENGEVALUASI PANDUAN GURU (LIHAT LEMBAR KERJA 5)

Periksalah beberapa pembelajaran dalam panduan guru untuk membantu menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut:

- Apakah panduan guru menyajikan latar belakang sains yang sesuai dan mencukupi?
- Apakah strategi-strategi mengajar yang disarankan dapat digunakan oleh sebagian besar guru?
- Apakah saran-saran yang diberikan untuk diskusi-diskusi pra dan pasca penyelidikan berfikus pada pengembangan konsep materi subyek, kemampuan inkuiri dan pemahaman inkuiri?
- Apakah panduan guru merekomendasikan tambahan pengembangan profesional?
- Apakah panduan guru mengindikasikan tipe-tipe dukungan yang akan diperlukan para guru untuk materi instruksional?

ANALISIS PENGGUNAAN MATERI DAN PENGELOLAAN (LIHAT LEMBAR KERJA 6)

Penyesuaian tingkat tinggi terhadap isi materi, pedagogi dan kriteria penilaian diuraikan dalam the Standards tidak langsung menjamin bahwa materi instruksional akan lebih mudah untuk dikelola. The Standards menjelaskan pentingnya pengembangan profesional, juga beberapa aspek lain dari penerapan standar program. Hal ini berguna untuk mengetahui:

- Berapa banyak tipe yang berbeda dari materi yang harus dikelola dan diharmonisasi selama penyampaian bab, unit, atau rangkaian mengajar tertentu (misalnya, bacaan siswa, panduan guru, transparansi, lembar praktek, video dan perangkat lunak)?
- Apakah panduan guru berisi saran-saran untuk mengelola materi-materi secara lebih efektif?
- Apakah materi-materi instruksional memerlukan perangkat, pasokan bahan dan teknologi yang tidak dimiliki oleh para guru?
- Apakah materi-materi instruksional mengidentifikasi isu-isu yang aman dan memberikan tindakan pencegahan yang memenuhi syarat?
- Apakah harga bahan-bahan dan penggantinya masuk akal? Apakah ada persyaratan-persyaratan khusus?

LEMBAR KERJA 1:
TINJAUAN UMUM TERHADAP MATERI-MATERI INSTRUKSIONAL

1. Hal yang diacu	Lokasi	Halaman
pertanyaan-pertanyaan ilmiah	_____	_____
Penyelidikan	_____	_____
variabel-variabel	_____	_____
Komunikasi	_____	_____
Pengamatan	_____	_____
berpikir kritis	_____	_____
Logika	_____	_____
Alasan	_____	_____
Eksperimen	_____	_____
Bukti	_____	_____
Penjelasan	_____	_____
model-model	_____	_____
Teori	_____	_____
Skeptisme		

Komentar terhadap keluasan dan kedalaman cakupan:

2. Pernyataan tentang hasil yang diharapkan dari siswa atau kemampuan dan pemahaman inkuiri

Contoh-contoh:	Lokasi	Halaman
a. _____	_____	_____
b. _____	_____	_____

LEMBAR KERJA I (LANJUTAN)

3. Penyelidikan/aktivitas siswa	Lokasi	Halaman

Judul contoh penyelidikan/aktivitas:

a. _____	_____	_____
b. _____	_____	_____
c. _____	_____	_____

Komentar-komentar

4. Penyajian konsep dan kemampuan	Lokasi	Halaman
Paragraf 1	_____	_____

Komentar-komentar:

Paragraf 2	_____	_____

Komentar-komentar

Keseluruhan kesan dari tinjauan umum materi:

LEMBAR KERJA 2
ANALISIS INKUIRI SEBAGAI ISI

1. Kesempatan apa yang diberikan pada para siswa untuk mengembangkan kemampuan inkuiri ilmiah mereka?

   Contoh-contoh spesifik: Halaman

   a. Pengajuan pertanyaan yang relevan _____

   b. Perencanaan dan pelaksanaan penyelidikan _____

   c. Penggunaan alat-alat yang sesuai dan teknik untuk mengumpulkan data _____

   d. Penggunaan bukti untuk mengkomunikasikan penjelasan yang bisa dipertahankan mengenai sebab-akibat _____

   e. Penggunaan kriteria ilmiah untuk menganalisis penjelasan-penjelasan alternatif dan mengembangkan penjelasan yang lebih baik _____

   Komentar-komentar:

2. Kesempatan untuk mengembangkan pemahaman tentang inkuiri ilmiah

   Contoh-contoh spesifik:

   a. Diskusi tentang peran dan batasan dari keterampilan-keterampilan seperti mengorganisasi dan menginterpretasi data, membuat penjelasan _____

   b. Diskusi-diskusi bagaimana keuntungan sains melalui skeptisme yang dilegitimasi _____

   c. Diskusi bagaimana ilmuwan mengevaluasi penjelasan-penjelasan lain yang diajukan dengan memeriksa dan membandingkan bukti, alasan di balik bukti, saran-saran penjelasan alternatif dari bukti yang sama _____

   d. Kesempatan-kesempatan bagi para siswa untuk menunjukkan pemahaman yang sama sebagai bagian dari penyelidikan mereka _____

   Komentar-komentar:

   Estimasi penyesuaian dengan Standar Inkuiri dari National Science Education Standards:

   Sempurna [ ] Baik [ ] Beberapa [ ] Sedikit [ ] Tidak ada [ ]

   Alasan rasional untuk perkiraan penyesuaian:

LEMBAR KERJA 3
ANALISIS PEDAGOGI

	Ya	Tidak
1. Apakah materi-materi mengidentifikasi tujuan-tujuan pembelajaran yang berfokus pada satu atau lebih kemampuan mendasar dan pemahaman terhadap inkuiri	_____	_____
Komentar-komentar:		
2. Apakah materi-materi melibatkan dan berfokus pada pemikiran pada pertanyaan-pertanyaan siswa yang menarik, masalah-masalah, atau isu-isu relevan daripada terbuka dengan pernyataan atas fakta atau kosakata?	_____	_____
Komentar-komentar:		
3. Apakah materi-materi menyediakan rangkaian aktivitas belajar yang saling berhubungan dengan cara yang membantu siswa membangun kemampuan inkuiri, pemahaman tentang inkuiri, dan/atau konsep-konsep dasar materi subyek sains?	_____	_____
Komentar-komentar:		
4. Apakah tujuan pembelajaran subyek sains siswa yang diraih melalui inkuiri memuat lima ciri esensial dalam kelas belajar inkuiri? (Tabel 2-5, hal. 25)?	_____	_____
Komentar-komentar:		
5. Apakah panduan guru menyajikan kesulitan-kesulitan umum siswa dalam mempelajari kemampuan dan pemahaman inkuiri?	_____	_____
Apakah tersedia saran-saran untuk mengakses kemampuan dan pemahaman awal siswa?	_____	_____
Komentar-komentar:		

Estimasi penyesuaian dengan Standar Inkuiri dari National Science Education Standards:

Sempurna [ ] Baik [ ] Beberapa [ ] Sedikit [ ] Tidak ada [ ]

Alasan rasional untuk perkiraan penyesuaian:

LEMBAR KERJA 4
ANALISIS PROSES PENILAIAN

Contoh bukti spesifik dari:	Ya	Tidak
1. Konsistensi antara tujuan belajar dengan penilaian	_____	_____
2. Penilaian menekankan aplikasi kemampuan dan konsep pada situasi yang baru atau berbeda	_____	_____
3. Keadilan dalam penilaian tugas untuk semua siswa - sebagai contoh, tugas-tugas tidak terlalu menitikberatkan kemampuan siswa untuk membaca hal-hal yang rumit atau menuliskan penjelasan, tetapi lebih kepada menunjukkan kemampuan inkuiri dalam memahami konsep-konsep materi dasar subyek sains	_____	_____
4. Pencantuman penilaian aktual, pemberian skor atas kriteria atau rubrik, dan saran-saran spesifik diberikan sesuai kegunaannya.	_____	_____

Komentar-komentar:

Estimasi penyesuaian dengan Standar Inkuiri dari National Science Education Standards:

Sempurna [ ] Baik [ ] Beberapa [ ] Sedikit [ ] Tidak ada [ ]

Alasan rasional untuk perkiraan penyesuaian:

LEMBAR KERJA 5
EVALUASI PANDUAN GURU

	Ya	Tidak
1. Apakah latar belakang sains yang disajikan sudah sesuai dan mencukupi?	_____	_____
2. Apakah strategi mengajar dapat digunakan oleh sebagian besar guru?	_____	_____
3. Apakah saran-saran yang diberikan untuk diskusi-diskusi pra dan pasca penyelidikan berfokus pada materi subyek, pengembangan konsep, kemampuan inkuiri dan pemahaman inkuiri?	_____	_____
4. Apakah ada tambahan pengembangan profesional yang direkomendasikan?	_____	_____
5. Apakah panduan guru mengindikasikan tipe-tipe dukungan yang akan diperlukan para guru untuk materi instruksional?	_____	_____

Komentar-komentar:

Estimasi penyesuaian dengan Standar Inkuiri dari National Science Education Standards:

Sempurna [ ] Baik [ ] Beberapa [ ] Sedikit [ ] Tidak ada [ ]

Alasan rasional untuk perkiraan penyesuaian:

LEMBAR KERJA 6
ANALISIS PENGGUNAAN MATERIAL DAN PENGELOLAAN

1. Berapa banyak tipe yang berbeda dari materi yang harus dikelola dan diharmonisasi selama penyampaian bab, unit, atau rangkaian mengajar tertentu (misalnya, bacaan siswa, panduan guru, transparansi, lembar praktek, video dan perangkat lunak)?

   Komentar-komentar:

	Ya	Tidak
2. Apakah panduan guru memuat saran-saran untuk mengelola materi instruksional secara efektif?	_____	_____
Komentar-komentar:		
3. Apakah materi-materi instruksional memerlukan perangkat, pasokan bahan, dan teknologi yang mungkin belum dimiliki oleh para guru penggunanya?	_____	_____
Komentar-komentar:		
4. Apakah harga materi dan penggantinya masuk akal?	_____	_____
Apakah ada persyaratan khusus?	_____	_____
Komentar-komentar:		

Estimasi penggunaan dan pengelolaan:

Mudah [ ] Memuaskan [ ] Sulit [ ]

Rasional untuk estimasi keseluruhan:

Lampiran C
Sumber-sumber Untuk Pengajaran Sains Melalui Inkuiri

Daftar berikut ini mewakili contoh-contoh sumber yang dapat membantu para guru dan pihak-pihak lain pengguna inkuiri sebagai dasar pengajaran dan pembelajaran sains. Bila memungkinkan, kami memiliki daftar situs-situs web atau materi-materi yang di dalamnya juga ada daftar dari sumber-sumber belajar. Para pembaca juga didorong untuk mengkonsultasikan bagian Referensi dalam publikasi ini untuk informasi lebih lanjut.

SITUS-SITUS WEB

Situs-situs Web ini berisi referensi-referensi untuk sumber-sumber yang lebih luas, termasuk materi kurikulum siswa, kepustakaan, dan kesempatan-kesempatan pengembangan profesional.

Eisenhower National Clearinghouse
The Ohio State University
http://www.enc.org/

Exploratorium Institute for Inquiry
http://www.exploratorium.edu/IFI/resources/websites.html

The Science Learning Network
http://www.sln.org/

Project 2061
American Association for the Advancement of Science
http://www.project2061.org/

Science Education Projects Funded by the National Science Foundation
http://watt.enc.org/nsf.html

Professional Development Summer Opportunities for Teachers
NSF-Funded Projects
http://www.ehr.nsf.gov/ehr/

esie/teso/

BUKU-BUKU

Science for All Children: A Guide to Improving Elementary Education in Your School District
National Science Resources Center/Smithsonian Institution
National Academy Press, Washington, DC: 1997.
http://www.nationalacademies.org/publications/

Inquiry: Thoughts, Views, and Strategies for the K-5 Classroom
Foundations, Volume 2
Division of Elementary, Secondary, and Informal Education National Science Foundation, Arlington,VA: 1999.

Inquiry and Learning: Realizing Science Standards in the Classroom
John W. Layman, George Ochoa, and Henry Heikkinen
The National Center for Cross Disciplinary Teaching and Learning College Entrance Examination Board, New York: 1996.

Physics by Inquiry, Volumes I and II
Lillian C. McDermott and the Physics Education Group, University of Washington
John Wiley & Sons, Inc., New York: 1996.

JURNAL-JURNAL

The Science Teacher; Science and Children
National Science Teachers Association
http://www.nsta.org/pubs/tst/

Hands On!
TERC, Inc.
http://www.terc.edu/handson/handson.html

Journal of Research in Science Teaching
National Association for Research in Science Teaching
http://science.coe.uwf.edu/narst/jrstinfo.htm

ENC Focus, A Magazine for Classroom Innovators
Eisenhower National Clearinghouse for Mathematics and Science Education
http://www.enc.org/order/

Connect
Synergy Learning International, Inc.
http://www.synergylearning.org

SUMBER-SUMBER PANDUAN

Resources for Teaching Elementary School Science
National Science Resources Center/Smithsonian Institution
National Academy Press, Washington, DC: 1996.
http://www.nap.edu

Resources for Teaching Middle School Science
National Science Resources Center/Smithsonian Institution
National Academy Press, Washington, DC: 1998.
http://www.nap.edu

MATERI-MATERI INSTRUKSIONAL

"Resource List: The ENC Collection"
ENC Focus: A Magazine for Classroom Innovators, vol. 6, no. 1, 1999, pp. 39-62.
Eisenhower National Clearinghouse for Mathematics and Science Education
http://www.enc.org/order/

KOLEKSI-KOLEKSI VIDEO

Koleksi-koleksi video (dengan buku panduan) yang menggambarkan Pengajaran dan pembelajaran berbasis inkuiri meliputi:

Available from the Annenberg/Corporation for Public Broadcasting (http://www.learner.org/):

Private Universe Teacher Workshops, developed by The Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics.

Science Images, developed by the North Central Regional Educational Laboratory.

Science K-6: Investigating Classrooms, developed by WGBH Boston.
http://www.wgbh.org/wgbh/learn/scilib/aboutvid.html/

Teaching High School Science (available Fall 2000), developed by WGBH Boston.
http://www.wgbh.org/wgbh/learn/THSS.html/

Visualizing Growth: Changing the Way We Teach Science, developed by WNED, the Buffalo Museum of Science, and the Buffalo Public Schools.
Available from the New York State Education Department (518-474-5862):
Just Think: Problem Solving through Inquiry.

Available from Heinemann (800-541-2086):
Sense Making in Science Video Series, developed by TERC.
Available from the Mr. Wizard Institute (800-537-0008):
Teacher to Teacher with Mr. Wizard,
developed by the Mr. Wizard Foundation.

Penghargaan

Sampul dan halaman xix: Siswa Sekolah Dasar Glebe, Arlington, VA, ikut berkontribusi pada kegiatan yang mempelajari organisme, unit pada kelas pertama dalam program kurikulum Sains dan Teknologi untuk Anak-anak (STC). Fotografer, Eric Long. Milik National Science Resource Centre (NSRC).

Halaman viii dan halaman 6: Ilustrasi oleh mahasiswa di Edmund Burke School, Washington, DC.

Halaman viii dan halaman 7: Siswa di Sekolah Edmund Burke, Washington, DC. Fotografer, Danyelle Miller-Coe.

Halaman viii dan halaman x: Siswa di Sekolah Edmund Burke, Washington, DC. Fotografer, Danyelle Miller-Coe.

Halaman viii: Student at Edmund Burke School, Washington, DC. Fotografer, Danyelle Miller-Coe.

Halaman viii dan halaman 67: Siswa melakukan investigasi kehidupan laut. Milik Konsorsium Eisenhower @ SERVE.

Halaman viii dan halaman 68: Siswa melakukan investigasi kehidupan laut. Milik Konsorsium Eisenhower @ SERVE.

Halaman ix dan halaman 123: Siswa di Sekolah Dasar Bailey, Fairfax, VA, ikut berkontribusi pada kegiatan yang mempelajari hewan, unit pada kelas empat. Fotografer, Rick Vargas. Milik NSRC.

Halaman ix dan halaman 116: Siswa di sekolah Edmund Burke School, Washington, DC. Fotografer, Danyelle Miller-Coe.

Halaman ix dan halaman 133: Milik Biological Sciences Curriculum Study (BSCS).

Halaman ix dan halaman 86: Milik Education Group Fisika, Universitas Washington, Seattle.

Halaman ix dan halaman 147: Milik Education Group Fisika, Universitas Washington, Seattle.

Halaman ix dan halaman 107: Guru berpartisipasi dalam NSRC Leadership Institute. Fotografer, Rick Vargas. Milik NSRC.

Halaman xi: Siswa di Sekolah Edmund Burke, Washington, DC. Fotografer, Danyelle Miller-Coe.

Halaman xiv: Gambar oleh Van Nguyen, National Academy Press.

Halaman xx: Siswa di Sekolah Edmund Burke, Washington, DC. Fotografer, Danyelle Miller-Coe.

Halaman 2 : Milik Brian Atwater dan Mary Lou Zoback , US Geological Survey .

Halaman 4 : Gambar dari artikel yang dicetak ulang atas izin dari Nature 378:371 - 372 . Hak cipta 1995 Macmillan Magazine Ltd

Halaman 9 : Surat yang ditulis oleh siswa, Sekolah Dasar Janney, Washington, DC .

Halaman 12 : Siswa dan guru di Edmund Burke School, Washington , DC . Fotografer, Danyelle Miller - Coe.

Halaman 15 : Kemungkinan Tuskegee Institute. Koleksi foto dari Library of Congress.

Halaman 16 : Koleksi foto dari Library of Congress.

Halaman 17 : Koleksi foto dari Library of Congress.

Halaman 24 : Hak cipta oleh Lawrence Hall of Science , Universitas California , Berkeley.

Halaman 28 : Siswa melakukan praktikum pada materi Floating and Sinking, unit STC kelas lima . Hak cipta oleh NSRC .

Halaman 30 : Hak cipta oleh Lawrence Hall of Science , Universitas California , Berkeley .

Halaman 31 : Siswa di sekolah Edmund Burke, Washington , DC . Fotografer, Danyelle Miller - Coe.

Halaman 32 : Siswa di Sekolah Edmund Burke , Washington , DC . Fotografer, Danyelle Miller - Coe.

Halaman 38 : Siswa di Sekolah Edmund Burke , Washington , DC . Fotografer, Danyelle Miller - Coe.

Halaman 38 : Siswa di Sekolah Edmund Burke, Washington , DC . Fotografer, Danyelle Miller – Coe.

Halaman 38 : Siswa di Sekolah Edmund Burke, Washington, DC. Fotografer, Danyelle Miller - Coe.
Halaman 40 : Hak cipta oleh BSCS.
Halaman 42 : Hak cipta oleh BSCS.

Halaman 43 : Siswa di Sekolah Edmund Burke, Washington, DC. Fotografer, Danyelle Miller - Coe.

Halaman 45 : Siswa di Sekolah Dasar Glebe, Arlington, VA, melakukan praktikum pada materi Organisme, unit STC firstgrade . Hak cipta oleh the NSRC .

Halaman 49 : Ilustrasi oleh National Academy Press.
Halaman 51 : Hak cipta oleh BSCS .

Halaman 52 : Siswa di Chevy Chase SD , Chevy Chase , MD . David Savage , fotografer . Hak cipta oleh the NSRC .

Halaman 53 : Foto Bulan fase Hak cipta oleh BSCS .
Halaman 55 : Siswa di Sekolah Menengah Timur , Silver Spring , MD . Robert Allen Strawn , fotografer .

Halaman 56 : Gambar dari model Copernican alam semesta . Direproduksi dari Koleksi Perpustakaan Kongres.

Halaman 57 : Halaman dari Galileo " Starry Messenger. " Direproduksi dari Koleksi Perpustakaan Kongres.

Halaman 62 : Sketsa ditarik oleh mahasiswa di Woodrow Wilson Senior High School, Washington , DC .

Halaman 73 : Siswa di Sekolah Edmund Burke , Washington , DC . Fotografer, Danyelle Miller - Coe.

Halaman 74 : Lembar Kerja dari siswa di Edmund Burke School, Washington , DC .

Halaman 77 : Siswa di Glebe SD , Arlington , VA , bekerja pada sebuah kegiatan dari Organisme , unit STC firstgrade . Hak cipta oleh NSRC .

Halaman 81 : Hak cipta oleh BSCS .

Halaman 88 : basee lokakarya , summern1999 . Hak cipta oleh Mary Lou Zoback , US Geological Survey .

Halaman 89 : Siswa mengamati perangkat Rube Goldberg . Hak cipta oleh Argonne National Laboratory .

Halaman 92 : Siswa dan guru di Piney Cabang Sekolah Dasar , Takoma Park , MD . Robert Allen Strawn , fotografer .

Halaman 94 : Guru berpartisipasi dalam NSRC Leadership Institute . Rick Vargas , fotografer . Hak cipta oleh NSRC .

Halaman 97 : Guru di Bellevue School District , Bellevue , WA , berpartisipasi dalam Fisika oleh kelas Permintaan yang dilakukan oleh Education Group Fisika . Hak cipta oleh Education Group Fisika , University of Washington , Seattle .

Halaman 100 : Hak cipta oleh Exploratorium , San Francisco , CA .
Page 102 : Hak cipta oleh Exploratorium , San Francisco , CA .
Page 104 : Hak cipta olehBSCS .

Halaman 110 : Siswa dan guru di Edmund Burke School, Washington , DC . Danyelle Miller - Coe , fotografer .

Halaman 111 : BAESI field trip . Hak cipta olehMary Lou Zoback , US Geological Survey .

Halaman 113 : Kepala Sekolah dan guru di East Silver Spring Sekolah Dasar , Silver Spring , MD . Robert Allen Strawn , fotografer .

Page 114 : Siswa di Sekolah Menengah Timur , Silver Spring , MD . Robert Allen Strawn , fotografer .

Halaman 118 : Siswa di Sekolah Edmund Burke , Washington , DC . Danyelle Miller - Coe , fotografer .

Halaman 121 : Student at Montgomery Blair High School, Silver Spring , MD . Robert Allen Strawn , fotografer .

Halaman 125 : Student at Amidon SD , Washington , DC , bekerja pada sebuah kegiatan dari Mengambang dan Sinking , unit STC kelas lima . Hak cipta oleh NSRC .

Halaman 130 : Student at Piney Cabang Sekolah Dasar , Takoma Park , MD . Robert Allen Strawn , fotografer .

Halaman 134 : Siswa di Amidon SD , Washington , DC , bekerja pada sebuah kegiatan dari Mengambang dan Sinking , unit STC kelas lima . Hak cipta oleh NSRC .

Halaman 136 : Hak cipta olehLawrence Hall of Science , University of California , Berkeley .

Halaman138 : Hak cipta oleh NSRC .

Halaman 142 : Hak cipta oleh Education Group Fisika , University of Washington , Seattle .

Halaman 148 : rak pasokan sains sekolah tinggi . Lisa Vandemark , fotografer .

Halaman 151 : Photodisk gambar.