

## JENIS PENGETAHUAN, KETERAMPILAN PROSES SAINS DAN BUKU TEKS

### SAINS

Oleh: Ikhlasul Ardi Nugroho

Menurut Collette & Chiappetta (1994: 33–43, 312) materi buku teks sains harus sesuai dengan hakikat sains. Karakteristik tersebut antara lain *science as way of investigating* (sains sebagai cara untuk menyelidiki) dan *science as a body of knowledge* (sains sebagai kumpulan pengetahuan). Kedua karakteristik ini menurut Carin (1993: 30) mengutip Alan J. McCormack dan Robert E. Yager termasuk Taksonomi Pendidikan Sains. Fakta-fakta, konsep-konsep, teori-teori, dan hukum-hukum termasuk informasi yang dipelajari oleh siswa dan dikelompokkan dalam domain *Knowing and Understanding*. Sedangkan keterampilan proses sains, dalam Taksonomi *Science Education* termasuk dalam domain *Exploring and Discovering*.

Pemilihan kedua karakteristik ini didukung oleh pendapat Abruscato & DeRosa (2010: 11) yang mengemukakan,

*Science seeks explanations of the natural world. It consists of the following components:*

- *A systematic quest for explanations*
- *The dynamic body of knowledge generated through a systematic quest for explanations.*

a. Taksonomi *Science Education*, Domain *Knowing and Understanding* (Sains sebagai kumpulan pengetahuan)

Menurut Chiappetta & Koballa, Jr. (2010: 112–114), kumpulan pengetahuan dihasilkan dari disiplin-disiplin ilmiah yang merepresentasikan produk kreatif hasil penemuan manusia yang merupakan produk kreatif. Kumpulan gagasan-gagasan yang terkait dengan dunia-hidup dan dunia-tak hidup disusun ke dalam astronomi, biologi, kimia, fisika, dan seterusnya. Hasilnya adalah kompilasi katalog informasi yang berisi berbagai jenis pengetahuan; masing-masing dari

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

mereka memberikan kontribusi bagi sains. Fakta-fakta, konsep-konsep, prinsip-prinsip, teori-teori, dan model-model merupakan informasi yang membentuk isi sains (*content of science*).

Masing-masing pembentuk isi sains (*content of science*) memiliki karakteristik tersendiri yang dalam memahaminya tidak dapat dipisahkan dengan proses inkuiri yang menghasilkannya. Dengan demikian, isi (*content*) dan metode-metode (*methods*) dalam memperoleh pengetahuan-pengetahuan tersebut berkaitan satu dengan lainnya. Membelajarkan sains dengan meninggalkan salah satunya akan menyelisihi hakikat sains.

Buku teks sains sebagai sumber belajar harus menyajikan, mendiskusikan, dan meminta siswa untuk mengingat informasi, fakta-fakta, konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori. Materi yang ada di dalam buku tersebut antara lain (Collette & Chiappetta, 1994: 312):

### 1) Menyajikan fakta-fakta, konsep-konsep, prinsip-prinsip

Fakta seringkali dipandang sebagai bukti kebenaran dan keadaan dari sesuatu. Fakta menyajikan segala hal yang dapat kita lihat, dengar, dan rasakan. Menurut Bell (2008: 126) fakta merupakan hasil dari pengamatan yang valid baik pengamatan yang sifatnya kuantitatif maupun kualitatif. Dua kriteria berikut sering digunakan untuk mencirikan fakta, yakni dapat diamati secara langsung dan dapat didemonstrasikan kapan saja. Oleh karenanya, fakta-fakta terbuka bagi siapa saja yang hendak mengamatinya. Namun, kita harus ingat bahwa kriteria tersebut tidak selalu berlaku mengingat terdapat fenomena-fenomena yang frekuensi terjadinya sangat kecil, seperti letusan gunung berapi (Chiappetta & Koballa, Jr., 2010: 112). Selain diperoleh melalui observasi/pengamatan, fakta juga diperoleh melalui pengukuran. Sebagai contoh, Nana sedang mengerjakan proyek dari gurunya. Nana mengamati aktivitasnya sendiri selama dua minggu dan menemukan bahwa dia menghasilkan kurang lebih 1 kg limbah padat setiap harinya,

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

semacam botol, plastik, kertas, dan sebagainya. Kita sebut hal ini dengan fakta dari kebiasaan hidupnya (Martin et al., 2005: 21).

Definisi yang mengkaitkan fakta dengan waktu dikemukakan oleh Martin et al. (2005: 114–115), bahwa fakta adalah suatu peristiwa tunggal yang terjadi pada masa lalu atau masa sekarang dan tidak memiliki nilai prediktif bagi masa depan. Dengan demikian, sebuah pernyataan tentang apa yang anda makan tiga hari yang lalu adalah sebuah fakta.

Dalam pembelajaran sains, penyajian fakta-fakta saja tidaklah cukup karena penerima informasi harus tahu bagaimana fakta tersebut terbentuk. Fakta adalah bahan kasar yang harus ditelaah. Fakta mengandung pola-pola yang masih harus diidentifikasi dan data-data yang harus dikaitkan satu dengan yang lain. Proses tersebut akan membentuk gagasan-gagasan dan hubungan-hubungan (antardata) yang bermakna. Gagasan-gagasan dan hubungan-hubungan yang bermakna tersebut dinamakan konsep (Chiappetta & Koballa, Jr., 2010: 113). Hal ini sebagaimana dikemukakan oleh Carin (1993: 7) bahwa fakta akan menjadi masuk akal jika ditempatkan dalam kerangka yang lebih besar misalnya konsep.

Carin (1993: 7) mengemukakan bahwa konsep ilmiah merupakan penataan secara mental tentang dunia yang didasarkan pada kesamaan karakteristik antara benda-benda atau peristiwa-peristiwa. Konsep merupakan gagasan yang digeneralisasi dari kasus-kasus tertentu. Dalam membentuk konsep, kita menemukan persamaan dari beberapa benda dan peristiwa meskipun terdapat berbagai perbedaan dalam keduanya. Persamaan-persamaan itulah yang kita gunakan sebagai dasar untuk membuat konsep. Sebagai contoh, magnet memiliki berbagai ukuran, bentuk, dan warna. Namun, meskipun ukuran, bentuk, dan warna magnet berbeda, tetapi kesemuanya memiliki kesamaan yakni memiliki kutub magnet di mana bagian tersebut memiliki gaya magnet paling kuat. Pendapat ini secara umum sama dengan Olrich et al. (2007: 140) yang

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

mengemukakan bahwa konsep adalah pernyataan suatu gagasan, biasanya terdiri dari satu atau dua kata, yang mengandung kesamaan karakteristik. Contoh konsep misalnya rangkaian listrik, kalor, udara, tekanan udara, panjang, berat, warna, planet, reptil, mamalia, planet, dan sel tumbuhan (Carin, 1993: 7). Moyer, Hackett & Everet (2007: 298) memberikan contoh konsep antara lain penguapan, pengembunan, dan hujan.

Martin et al. (2005: 22) mengemukakan bahwa konsep adalah gagasan abstrak yang digeneralisasi dari fakta-fakta atau pengalaman-pengalaman yang relevan. Sebagai contoh seorang siswa bernama Nana sedang mengerjakan proyek. Proyek yang dikerjakan Nana bisa membantunya membentuk konsep bahwa pola konsumsinya menghasilkan limbah padat yang patut diperhitungkan. Nana mempercayai bahwa kebiasaannya tidak jauh berbeda dengan orang dewasa yang lainnya dan dia membentuk sebuah konsep tentang jumlah limbah padat yang dihasilkan sejumlah orang dalam sejumlah waktu tertentu. Konsep merupakan gagasan-gagasan tunggal yang dihubungkan untuk membentuk gagasan-gagasan yang lebih kompleks.

Beberapa konsep yang terkait akan menghasilkan gagasan yang lebih kompleks. Gagasan tersebut dinamakan prinsip (Martin et al., 2005: 22). Bisa juga dikatakan bahwa prinsip merupakan generalisasi dari konsep-konsep yang berhubungan (Carin, 1993: 7). Dalam proyek kelas yang dilakukan oleh Nana, prinsip yang terbentuk misalnya, "alasan seseorang mendaur ulang benda-benda padat yang tidak terpakai adalah karena benda-benda tersebut menghasilkan banyak limbah." Prinsip ini terbangun dari tiga konsep, yakni *proses menghasilkan* (limbah), *limbah*, dan *daur ulang* (Martin et al., 2005: 22). Pada dasarnya, prinsip cenderung bersifat analitis daripada empiris. Prinsip merupakan generalisasi yang sifatnya induktif berdasarkan beberapa contoh.

## Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA

Haladyna (1997: 18) mengemukakan bahwa hubungan antara konsep-konsep dapat dijelaskan melalui empat prinsip:

- (a) Sebab dan akibat: Prinsip sebab-dan-akibat terdiri dari dua bentuk, mutlak dan relatif. Contoh prinsip sebab-akibat yang bersifat mutlak adalah sepeda motor yang dikendarai menghasilkan berkurangnya bensin dalam tangki bensin. Adapun contoh prinsip yang sifatnya relatif adalah merokok tidak selalu mengurangi masa hidup seseorang, tetapi seringkali perokok mati muda karena kanker paru-paru. Contoh lain prinsip sebab-dan-akibat adalah “udara yang dipanaskan memuai”. Prinsip ini menghubungkan *udara*, *panas*, dan *pemuaiian*. Prinsip ini menunjukkan bahwa *jika* udara dipanaskan *maka* akan memuai.
- (b) Hubungan antara dua konsep: Contoh prinsip ini adalah orang yang tinggi lebih berat daripada orang yang pendek.
- (c) Hukum probabilitas: Angka selamat dari kecelakaan bergantung pada perangkat keselamatan yang ada pada mobil. Kemungkinan ini bisa dicermati pada data statistik kecelakaan di jalan raya.
- (d) Aksioma: Aksioma adalah kebenaran yang secara universal diterima. Sebagai contoh, air berubah menjadi gas jika dipanaskan.

Apabila prinsip ditetapkan dan diterima secara umum, maka disebut dengan hukum. Hukum lebih bersifat permanen daripada prinsip. Meskipun demikian, hukum tetap saja memiliki kemungkinan untuk berubah. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Pada tahun 1905, beberapa tahun setelah hukum ini diformulasikan, Einstein menunjukkan bahwa energi dapat diciptakan dari zat dalam kondisi tertentu. Penemuan ini dinyatakan dalam persamaan yang terkenal,  $E = mc^2$  (Carin, 1993: 7–8).

2) Menyajikan teori-teori

Teori merupakan sistem yang lebih mendasar yang menghubungkan fakta-fakta, konsep-konsep, dan prinsip-prinsip. Sebagaimana prinsip-prinsip dan hukum-hukum, teori merupakan bentuk generalisasi yang tentatif dan memungkinkan terjadinya perubahan seiring dengan penemuan-penemuan baru. Sebagai contoh, teori geosentris merupakan teori yang telah gugur dan diganti dengan teori heliosentris (Carin, 1993: 8).

Menurut Martin et al. (2005: 23), teori digunakan untuk menjelaskan, menghubungkan, dan memprediksi. Setelah melalui tambahan pengamatan dan pertimbangan, dalam proyek kelasnya, Nana dapat mengemukakan sebuah teori: praktik periklanan dan kemudahan pengemasan memiliki peran paling besar terhadap permasalahan penimbunan sampah di tanah (*landfill*). Dia dapat menggunakan teori tersebut sebagai argumen untuk disampaikan kepada pembuat hukum untuk membuat peraturan dan untuk meyakinkan walikota untuk menetapkan program daur ulang sehingga dapat menekan ledakan sampah.

b. Taksonomi *Science Education, Domain Exploring and Discovering* (Keterampilan proses sains)

Chiappetta & Koballa, Jr. (2010: 109) mengemukakan sains sebagai sebuah cara untuk menyelidiki menggunakan berbagai pendekatan untuk membentuk pengetahuan. Beberapa ilmuwan adalah seorang eksperimenter yang melakukan investigasi, sedangkan yang lainnya adalah ilmuwan teoretis yang menjelaskan berbagai data yang diperoleh dan mengajukan pertanyaan-pertanyaan menarik yang mengantarkan pada aktivitas *inquiry*.

Buku sekolah yang menekankan penyelidikan (*investigation*) akan mengajak siswa berpikir dan bekerja dengan cara meminta siswa “mencari tahu” (*find out*). Hal ini mencerminkan sisi aktif pembelajaran yang melibatkan siswa dalam melakukan keterampilan proses sains. Rezba et

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

al. (1995: v) mengemukakan bahwa keterampilan proses sains terdiri dari dua bagian, yakni keterampilan proses sains dasar dan keterampilan proses sains terintegrasi. Keterampilan proses sains dasar terdiri dari *observing, communicating, classifying, measuring metrically, inferring,* dan *predicting*. Sedangkan keterampilan proses terintegrasi terdiri dari *identifying variables, constructing a table of data, constructing a graph, describing relationships between variables, acquiring and processing your own data, constructing hypotheses, defining variables operationally, designing investigations,* dan *experimenting*.

### 1) *Observing* (Mengamati)

Mengamati berarti menggunakan indera untuk memperoleh informasi atau data tentang berbagai benda dan peristiwa. Mengamati merupakan keterampilan proses sains yang paling mendasar (Abruscato & DeRosa, 2010: 47). Rezba et al. (2007: 29) menuturkan bahwa mengobservasi sebuah benda atau zat berarti mengeksplorasi seluruh sifat-sifatnya. Benda-benda yang kita amati bisa memiliki berbagai macam sifat seperti warna, tekstur, aroma, bentuk, berat, volume, dan suhu. Benda-benda tersebut mungkin bisa menghasilkan suara dengan atau tanpa memberikan perlakuan pada benda tersebut.

Benda atau zat yang berbeda memiliki sifat-sifat yang berbeda. Hal itulah yang membuat benda atau zat berbeda satu dengan yang lainnya. Melalui penggunaan indera-indera kita, kita mampu mengenal karakteristik benda dengan cara melihatnya, mendengarkannya, menyentuhnya, merasakannya, atau membauinya. Mengobservasi meliputi mengidentifikasi dan menggambarkan karakteristik benda.

Hackett et al. (2008: 12) mengemukakan bahwa, “*Observe, use your sense to learn about object or event.*” Sedangkan Howe & Jones (1993: 130) mengemukakan, “*Observing: using one or more of the five senses to notice characteristics of objects or events.*” Rezba et al. (1995: 3–11)

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

mengemukakan bahwa melalui pengamatan, kita belajar tentang dunia yang menakjubkan di sekitar kita. Kita mengamati berbagai fenomena di lingkungan sekitar menggunakan kelima indera: penglihatan, pembau, peraba, perasa, dan pendengaran.

Dalam melakukan pengamatan, siswa tidak hanya mengandalkan indera mereka saja, tetapi juga dapat menggunakan bantuan alat. Sharp et al. (2009: 17) mengatakan, *“Careful observation is an important skill to develop in science. Teachers can use devices such as viewing frames or magnifying glasses to help children look more closely.”*

Adapun beberapa contoh aplikasi keterampilan proses ini di dalam buku teks dikemukakan oleh Hackett et al. (2008) antara lain, *“Using low power, focus the microscope until you find a protist. Draw what you see”* (p. 27); *“Examine each leaf with a hand lens, and write down each structure that you can identify”* (p. 37); *“Observe the paper towels after 30 minutes.”* (p. 69); *“Examine a piece of cork. Describe and draw what you see, noting details such as shape, pattern, texture, and color.”* (p. 85); dan *“Study the photographs of Mount St. Helens before and after volcanic eruption of 1980. What changes to the mountain and its vegetation do you see?”* (p. 221).

### 2) *Communicating* (mengkomunikasikan)

Martin et al (2005: 18) menuturkan bahwa siswa mengekspresikan pikirannya melalui berbagai cara sehingga orang lain dapat memahaminya. Bahasa yang digunakan anak dapat berupa bahasa percakapan, tulisan, maupun simbol-simbol. Martin et al (2005: 18–19) juga mengemukakan, *“Development of useful communication skills is to ask children to define words and terms operationally, to describe objects and events as they are perceived, and to record information and make data tables, graphs, and models to show what they found.”* Selain itu,

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

menurut Abruscato & DeRosa (2010: 50), siswa juga menggunakan peta, grafik, persamaan matematika, dan alat peraga lainnya untuk berkomunikasi.

Komunikasi yang efektif adalah komunikasi yang jelas, akurat, dan tidak ambigu dan menggunakan keterampilan yang perlu dikembangkan dan dipraktikkan. Sebagai seorang guru, kita berusaha untuk memberikan pengaruh positif melalui kata-kata yang ditulis atau diucapkan. Kita semua ingin mengekspresikan gagasan, perasaan, dan kebutuhan kita kepada orang lain. Kita juga telah belajar lewat kehidupan kita bahwa komunikasi merupakan perangkat yang sangat mendasar untuk memecahkan masalah (Rezba et al., 1995: 15).

Adapun beberapa contoh aplikasi keterampilan proses ini di dalam buku teks dikemukakan oleh Hackett et al. (2008) antara lain, “*Share your researched facts with a partner*” (p. 165); “*Can you tell what object made the imprint? Describe the clues that helped you figure out.*” (p. 301); “*Which type of bulb would you recommend to others who want to save energy?*” (p. 351); dan “*Look at how other teams classified the galaxies. Explain their classifications compared to those of your team.*” (p. 469).

### 3) *Classifying* (mengklasifikasi)

Mengklasifikasi adalah proses yang digunakan oleh ilmuwan untuk menjadikan benda-benda dan peristiwa-peristiwa tersusun dengan baik. Sistem klasifikasi digunakan dalam sains dan disiplin ilmu yang lain untuk mengidentifikasi benda-benda, tempat-tempat, gagasan-gagasan atau peristiwa-peristiwa dan untuk menunjukkan kesamaan, perbedaan, dan hubungan antara benda-benda, tempat-tempat, gagasan-gagasan dan peristiwa-peristiwa tersebut (Abruscato & DeRosa, 2010: 49; Chiappetta & Koballa, Jr., 2010: 132).

Rezba et al. (2007: 66) mengemukakan bahwa pada umumnya, klasifikasi dapat dilakukan dengan tiga cara yakni klasifikasi biner, klasifikasi multi-tingkat (*multi-stage*) dan *serial*

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

*ordering*. Dalam sistem klasifikasi biner, kelompok benda dibagi menjadi dua buah subkelompok berdasarkan apakah masing-masing memiliki sifat-sifat tertentu ataukah tidak. Untuk membuat klasifikasi biner, terlebih dahulu harus mengidentifikasi karakteristik hanya dimiliki oleh benda tertentu. Setelah itu, kelompokkan benda-benda yang memiliki karakteristik khusus tersebut pada satu kelompok dan kelompokkan benda yang tidak memiliki karakteristik khusus pada kelompok yang lain. Sebagai contoh, biolog mengklasifikasi makhluk hidup dalam dua kelompok: hewan dan tumbuhan (tumbuhan dikelompokkan pada kelompok yang tidak memiliki ciri-ciri hewan). Ilmuwan kemudian mengklasifikasikan hewan ke dalam dua kelompok: hewan yang memiliki tulang belakang dan tidak memiliki tulang belakang. Saat membuat klasifikasi biner, sangat dimungkinkan pada satu kelompok memiliki satu anggota.

Klasifikasi multitingkat dibuat dengan membuat klasifikasi biner kemudian masing-masing subkelompoknya dibagi menjadi sub-subkelompok sehingga dihasilkan lapisan atau tingkat di bawah subkelompok. Jika tiap subkelompok dibuat klasifikasi biner terus-menerus, maka sebuah hirarki yang tersusun atas kelompok dan subkelompok dihasilkan. Sistem klasifikasi ini disebut dengan klasifikasi multitingkat (*multi-stage classification*). Sebagaimana dalam skema biner, kelompok-kelompok ditentukan dengan menyortir benda-benda yang memiliki karakteristik tertentu berbeda dari yang lainnya yang memiliki karakteristik tersebut. Hewan, sebagai contoh, diklasifikasikan dalam vertebrata dan avertebrata. Selanjutnya, hewan vertebrata dapat diklasifikasikan dalam hewan yang memiliki rambut dan tidak memiliki rambut.

Adapun cara *serial ordering* Rezba et al. (2007: 66) mengemukakan,

*Serial ordering is a kind of classification where objects are placed in order by the extent to which they possess a particular property, such as diameter or mass. Buttons or rocks, for example, may be placed in order from smallest to largest or from heaviest to lightest.*

## Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA

Adapun beberapa contoh aplikasi keterampilan proses ini di dalam buku teks dikemukakan oleh Hackett et al. (2008) antara lain, "*Apakah cirri-ciri khusus yang membedakan tiga kingdom berikut ini: tanaman, jamur, dan protista?*" (p. 27), "*Jeaskan tiga jenis bentuk awan.*", "*Apa yang membuat topan menjadi sangat berbahaya?*" (p. 391), "*Apa jenis informasi cuaca yang ditampilkan oleh gambar satelit?*" (p. 392), dan "*Urutkan planet luar dari ukuran paling kecil.*" (p. 451).

### 4) *Measuring metrically* (mengukur secara metris)

Mengukur adalah cara terkuantifikasinya sebuah pengamatan. Keterampilan yang dibutuhkan tidak hanya ketepatan dalam memilih dan menggunakan alat ukurnya, tetapi juga melakukan penghitungan-penghitungan menggunakan instrumen tersebut (Abruscato & DeRosa, 2010: 49). Pengukuran akan menambah ketepatan pada hasil pengamatan, pengklasifikasian, dan pengkomunikasian. Siswa dapat menggunakan alat-alat ukur standar, semacam penggaris, neraca, gelas ukur, kalkulator, dan *stopwatch*, ataupun menggunakan satuan-satuan yang tidak standar, misalnya kelereng, penjepit kertas, dan semacamnya untuk mengukur jarak (Martin et al., 2005: 19).

Adapun beberapa contoh aplikasi keterampilan proses ini di dalam buku teks dikemukakan oleh Hackett et al. (2008) antara lain, "*Tie one end oof a piece of chalk. Then measure and cut the string to be 185 cm long.*" (p. 243), "*Use a measuring tape to measure the scaled distance from the Sun to Mercury ... .*" (p. 442).

### 5) *Inferring* (menginferensi)

Menginferensi adalah menggunakan logika untuk membuat asumsi-asumsi dari apa yang kita amati dan tanyakan. Kemampuan siswa dalam membedakan antara mengobservasi dan

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

menginferensi merupakan hal yang amat penting dan mendasar (Abruscato & DeRosa, 2010: 50).

Hackett et al. (2008: 13) mengatakan bahwa, “*Infer, form an idea or opinion from facts or observations*”. Sedangkan Rezba et al. (1995: 70–71; 2007: 112) menuturkan, apabila sebuah observasi adalah sebuah pengalaman yang diperoleh melalui satu atau lebih indera, maka inferensi adalah sebuah *penjelasan atau interpretasi atas sebuah observasi*. Sebagai contoh, anggaplah seseorang memperhatikan jendela rumah tetangganya dan melihat dua orang membawa sebuah televisi keluar dari rumahnya. Peristiwa yang sedang terjadi adalah seseorang mengamati orang mengangkat televisi. Pengamat mungkin terkejut dan mencoba menjelaskan mengapa orang tersebut mengangkat televisi. Pengamatan dapat memiliki beberap alasan terkait dengan orang mengangkat televisi keluar rumah, misalnya:

- a) Seseorang membeli televisi tetangganya sendiri dan mengangkutnya menuju rumahnya.
- b) Televisi tersebut dijemput tukang servis televisi untuk diperbaiki.
- c) Pemilik televisi ingin membeli televisi yang baru dengan cara tukar-tambah.
- d) Televisinya rusak dan akan dibuang.
- e) Televisinya dicuri.

Selain kelima penjelasan di atas, pengamat masih mungkin memikirkan beberapa penjelasan yang lain. Setiap pernyataan yang digunakan untuk menjelaskan secara logis sebuah peristiwa yang terobservasi disebut dengan *inferensi*. Kita menggunakan pengalaman-pengalaman yang telah berlalu untuk membangun model mental atas bagaimana dunia ini bekerja. Pengalaman-pengalaman baru akan menjadi masuk akal ketika kita menghubungkannya dengan pengalaman

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

yang sudah kita punya. Menginferensi berarti membuat hubungan antara apa yang diobservasi secara langsung dan apa yang sudah diketahui.

Adapun beberapa contoh aplikasi keterampilan proses ini di dalam buku teks dikemukakan oleh Hackett et al. (2008) antara lain, *"In your notes, make a column with a list of the traits you observed. Next to each trait, write a possible explanation for how it might help a bird survive and reproduce."* (p. 171), *"A topographic map show the elevations of landforms in an area. Do you think it would have been necessary to redraw a topographic map of this area area after the volcano arupted? Why or why not?,* dan *"Why are faults often produced along plate boundaries?"* (p. 269).

### 6) *Predicting* (memprediksi)

Prediksi merupakan tebakan terbaik tentang masa depan berdasarkan informasi yang dimiliki. Prediksi didasarkan pada pengamatan, pengukuran, dan inferensi tentang hubungan-hubungan antara variabel-variabel yang teramati. Sebuah prediksi yang tidak berdasarkan pengamatan hanyalah sekedar dugaan saja. Prediksi yang akurat dihasilkan dari pengamatan yang akurat dan dari pengukuran yang benar (Abruscato & DeRosa, 2010: 51; Martin et al., 2005: 19).

Menurut Rezba et al. (2007: 134–137), prediksi adalah sebuah ramalan atas apa yang akan teramati pada masa datang. Kemampuan untuk membuat predisksi tentang suatu benda atau peristiwa membantu kita untuk menentukan perilaku yang sesuai pada lingkungan kita. Memprediksi sangat terkait dengan mengamati, menginferensi, dan mengklasifikasi; sebuah keterkaitan yang menakjubkan –keterampilan yang satu bergantung kepada keterampilan yang lain. Prediksi dilakukan berdasarkan pengamatan yang saksama dan inferensi yang dihasilkan dari hubungan antara peristiwa-peristiwa yang teramati. Ingat bahwa inferensi adalah penjelasan

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

atau interpretasi atas pengamatan dan bahwa inferensi didukung oleh pengamatan. Klasifikasi digunakan ketika seseorang mengidentifikasi adanya kesamaan atau perbedaan atas sesuatu yang kita amati untuk menyajikan susunan yang teratur atas kelompok benda atau peristiwa yang kita amati. Keteraturan susunan atas benda dan peristiwa membuat kita mengenal pola dan memprediksi dari pola tersebut apa yang akan teramati pada masa datang.

Anak-anak perlu belajar untuk menanyakan pertanyaan-pertanyaan berikut ini: Jika hal ini terjadi, apa yang mengikutinya? Apa yang terjadi jika aku melakukan ini? Sebagai seorang guru, anda harus sangat berhati-hati atas jenis prediksi yang terkait dengan perilaku dan unjuk kerja (*performance*) siswa?

Definisi singkat berikut ini akan membantu anda membedakan observasi, inferensi, dan prediksi.

- a) Informasi yang diperoleh melalui indera: *observasi*
- b) Mengapa hal itu terjadi: *inferensi*
- c) Apakah hal yang saya harapkan untuk teramati pada masa depan: *prediksi*

Tiga pernyataan di bawah ini akan lebih menjelaskan perbedaan antara ketiganya:

- a) Sekitar dua menit lagi, gunung berapi itu akan meletus. (Ini adalah prediksi, karena merupakan ramalan atas apa yang akan teramati pada masa datang).
- b) Saya merasa bumi bergetar. (Ini adalah observasi, karena memperoleh informasi menggunakan indera).
- c) Getaran ini berasal dari gunung berapi. (Ini adalah inferensi, karena sebagai penjelasan atas observasi).

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

Adapun beberapa contoh aplikasi keterampilan proses ini di dalam buku teks dikemukakan oleh Hackett et al. (2008) antara lain, “*Record your observation. What happened to the chalk? What do you think will happen to limestone n the same conditions?*” (p. 306) dan “*Will your waterwheel turn faster with more blades? With fewer blades? Design an experiment to find out.*” (p. 355).

### 7) *Identifying variables* (Mengidentifikasi variabel)

Variabel adalah ciri dari sebuah benda atau peristiwa yang bisa berubah dan memiliki jumlah yang berbeda-beda (Carin, 1993: 14). Sedangkan Abruscato & DeRosa (2010: 51) mendefinisikan variabel sebagai seluruh faktor yang dapat membuat perubahan dalam sebuah penyelidikan. Tinggi dan berat seorang anak dalam masa pertumbuhan, waktu sebuah lilin dapat menyala ketika ditutup dengan gelas, dan volume air hujan setiap hari merupakan contoh variabel (Carin, 1993: 14).

Menurut Abruscato & DeRosa (2010: 51), desain eksperimen mengandung sebuah variabel bebas (*independent variable*), sebuah variabel terikat (*dependent variable*), dan beberapa variabel control (*controlled variable*).

#### a) Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang akan diuji. Variabel ini merupakan variabel yang dimanipulasi atau diubah oleh orang yang melakukan eksperimen. Sebagai contoh, jika seseorang ingin menyelidiki ketertarikan kupu-kupu terhadap bunga berwarna kuning maka warna bunga adalah variabel bebas.

#### b) Variabel terikat

Variabel terikat adalah perubahan yang diukur. Perubahan variabel ini tergantung pada variabel bebas. Sebagai contoh dalam penyelidikan tentang ketertarikan kupu-kupu terhadap

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

warna bunga, maka variabel bebasnya adalah jumlah kupu-kupu yang hinggap di bunga warna kuning.

### c) Variabel kontrol

Sebuah eksperimen yang baik adalah hanya mengukur pengaruh dari sebuah variabel. Oleh karena itu, variabel yang berubah hanyalah variabel bebas dan variabel terikat. Faktor-faktor lain dapat berubah harus dijaga agar tetap tidak berubah atau *dikontrol*. Dalam eksperimen tentang ketertarikan kupu-kupu terhadap bunga berwarna kuning, yang menjadi variabel kontrol adalah jenis kupu-kupu yang sama dan bunga dengan jenis yang sama diletakkan dalam kondisi, pencahayaan, dan suhu yang sama.

### 8) *Constructing a table of data* (Membuat sebuah tabel dari data)

Hasil pengukuran yang diperoleh saat penyelidikan dilakukan disebut dengan data. Pengukuran terhadap waktu, suhu, dan volume merupakan contoh data. Menata data tersebut ke dalam tabel akan membantu seseorang melihat pola yang terkandung dalam data tersebut (Rezba et al., 2007: 177).

Selanjutnya, Rezba et al. (2007: 178) menjelaskan bahwa meskipun tidak ada aturan baku dalam membuat sebuah tabel data, tetapi terdapat konvensi atau kesepakatan tidak tertulis terkait dengan pola penataan data tersebut yang memfasilitasi komunikasi antara penulis dan pembaca. Sebagai contoh, saat membuat tabel data, variabel bebas dicatat dalam kolom sebelah kiri sedangkan variabel terikat dicatat dalam kolom sebelah kanan.

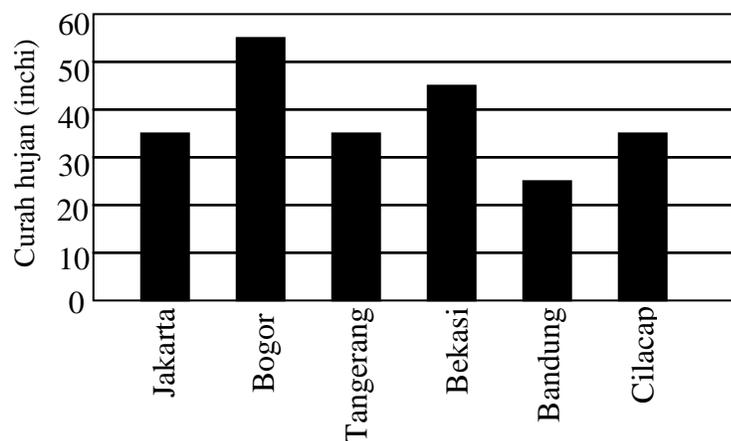
### 9) *Constructing a graph* (membuat grafik)

Grafik merupakan sebuah cara untuk menunjukkan hubungan antara dua variabel. Sebagai contoh, tinggi badan, umur, berat badan, populasi, dan keadaan kredit-debet tabungan. Informasi

## Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA

yang disajikan dalam bentuk grafik ini sewaktu-waktu dapat berubah dan suatu grafik bisa digunakan untuk menunjukkan perubahan sifat secara alami (Howe & Jones, 1993: 134).

Howe & Jones (1993: 135–138) mengemukakan bahwa ada tiga jenis utama dari grafik yang akan diperkenalkan di dalam bab ini: grafik batang, grafik lingkaran, dan grafik garis. Grafik batang digunakan untuk menunjukkan hubungan antara variabel diskontinu dan variabel kontinu. Contohnya dapat dilihat pada gambar 2 yang membandingkan curah hujan tahunan dari beberapa kota. Variabel diskontinu adalah kota, dan variabel kontinu jumlah curah hujan.



Gambar 1.  
Data curah hujan tahunan dari beberapa kota

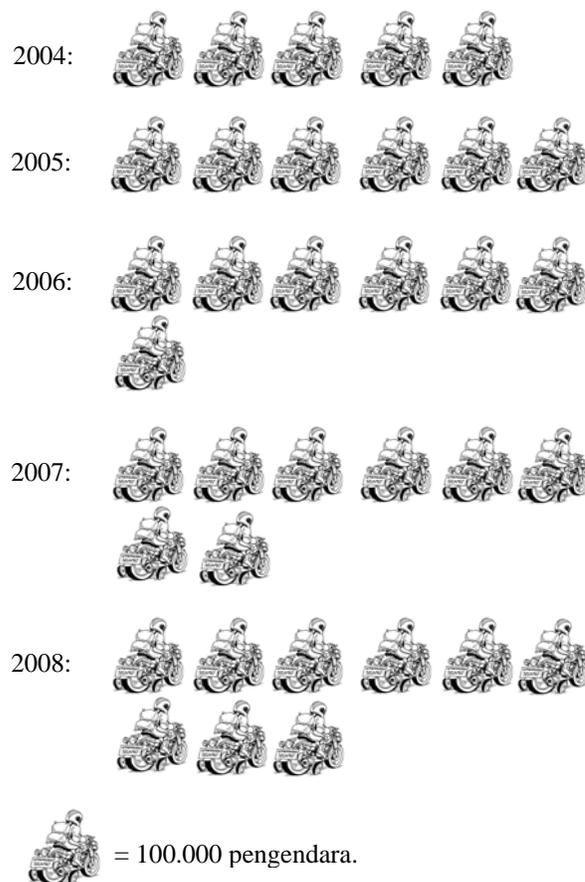
*Pictographs* adalah grafik yang menggunakan gambar untuk mewakili kuantitas. Gambar disesuaikan dengan data yang ingin disampaikan. Misalnya, sebuah survei dilakukan untuk mengetahui jumlah sepeda motor di jalan raya sebuah kota dalam kurun waktu antara tahun 2004–2008. Hasil survei ditunjukkan oleh tabel di bawah ini.

# Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA

Tabel 1.  
Banyak pengendara sepeda motor dari tahun 2004–2008

No.	Tahun	Banyak pengendara sepeda motor
1.	2004	500.000
2.	2005	600.000
3.	2006	700.000
4.	2007	800.000
5.	2008	900.000

Jika data tersebut diwujudkan dalam *pictographs* maka dapat berwujud:

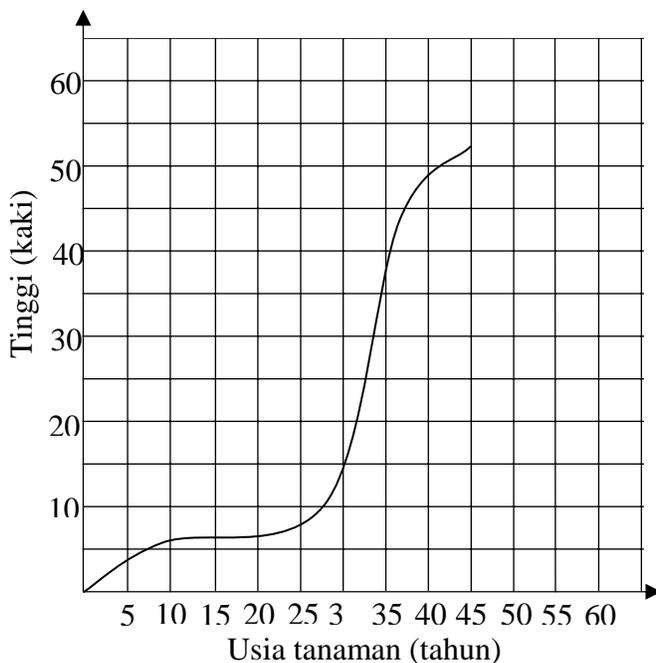


Gambar 2.  
Piktograf untuk tabel 2.

## Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA

Grafik lingkaran, kadang-kadang disebut grafik *pie*, yang berguna untuk membandingkan antara bagian-bagian dengan keseluruhan. Jika seseorang merencanakan anggaran, maka pendapatan dalam satu bulan akan menjadi “keseluruhan”, dan persentase yang dialokasikan untuk perumahan, pakaian, makanan, hiburan akan menjadi ”bagian.”

Grafik garis menunjukkan hubungan antara dua variabel kontinu. Di dalam Gambar 11, tingginya suatu pohon yang tumbuh berhubungan dengan usia nya. Tinggi dan usia keduanya adalah variabel berkesinambungan karena apapun satuan-satuan yang digunakan untuk mengukurnya, nilai-nilai diantaranya mudah untuk dibayangkan.



Gambar 3.  
Pertumbuhan Pohon hutan hujan

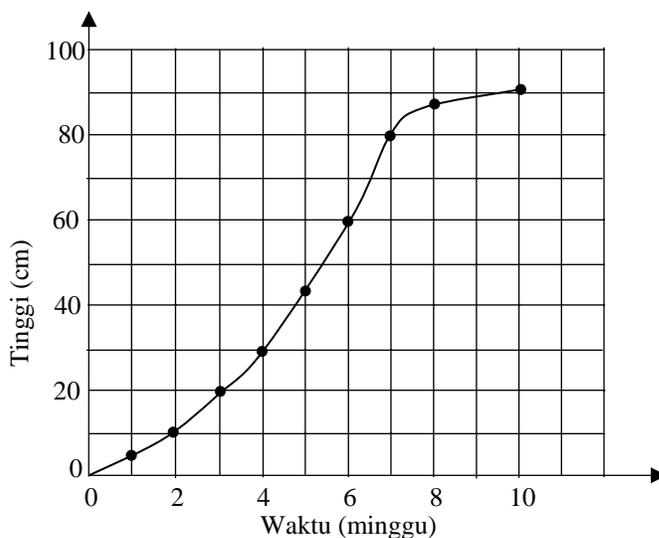
Rezba et al. (2007: 192) mengemukakan bahwa terdapat tiga tahap dalam membuat grafik garis, yakni: (1) memberikan label ”x” dan ”y” pada kedua sumbu kedua sumbu, (2) menentukan

## Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA

skala interval untuk setiap sumbu, dan (3) memplot pasangan data sebagai sebuah titik pada grafik.

10) *Describing relationships between variables* (mendeskripsikan hubungan antarvariabel)

Grafik merupakan alat komunikasi, dan grafik merupakan alat yang sangat bermanfaat dalam sains yang paling mudah diterima oleh anak sekolah dasar (Howe & Jones, 1993: 143).



Gambar 4.  
Grafik pertumbuhan tanaman

Gambar 4 menunjukkan bahwa tanaman bertambah tinggi 5 cm selama minggu pertama dan kedua. Selanjutnya, laju pertumbuhannya meningkat. Peningkatan laju pertumbuhan ditunjukkan dengan kurva grafik semakin tajam. Laju pertambahan yang sekitar 1,5 cm tiap minggu tetap terjaga untuk beberapa minggu (sebagaimana ditunjukkan oleh garis yang lurus) kemudian lajunya menurun. Garis lurus menunjukkan bahwa laju pertumbuhan konstan sedangkan garis yang membentuk kurva naik atau turun menunjukkan bahwa laju pertumbuhan tanaman naik atau turun. Selama dua minggu terakhir, tanaman tetap tumbuh tetapi dengan laju yang menurun. Kurva ini berhubungan dengan cara beberapa tanaman tumbuh. Pada awalnya, tanaman disibukkan dengan aktivitas membangun sistem akar agar dapat mencapai tinggi maksimal.

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

Selanjutnya laju pertumbuhan meningkat, untuk beberapa saat laju pertumbuhannya tunak, dan akhirnya mulai menurun saat mencapai tinggi maksimal yang normal (Howe & Jones, 1993: 143).

### 11) *Acquiring and processing your own data* (mengambil dan memproses data)

Rezba et al. (1995: 193–194; 2007: 242–251) mengemukakan bahwa beberapa hal yang harus diperhatikan ketika siswa mengambil dan memproses data, adalah keterampilan mengukur, melengkapi grafik dengan judul, dan melakukan investigasi secara cermat.

Judul grafik merupakan aspek yang sangat penting karena judul berperan mengkomunikasikan tujuan grafik. Membuat judul grafik tidaklah sukar. Judul sebuah grafik dapat berbentuk sebagai berikut: *Pengaruh dari (variabel bebas) terhadap (variabel terikat)* atau dalam bentuk pertanyaan, misalnya *Bagaimanakah (variabel bebas) mempengaruhi (variabel terikat)*.

Contoh aktivitas untuk keterampilan proses ini adalah menyelidiki pengaruh jumlah bahan yang dilarutkan dalam air terhadap suhu air. Kita membutuhkan: 4 buah gelas beker (100 mL), sebuah silinder, sebuah sendok pengukur, sebuah pemanas (*hot plate*), sebuah termometer, sebuah *stopwatch*, dan gula.

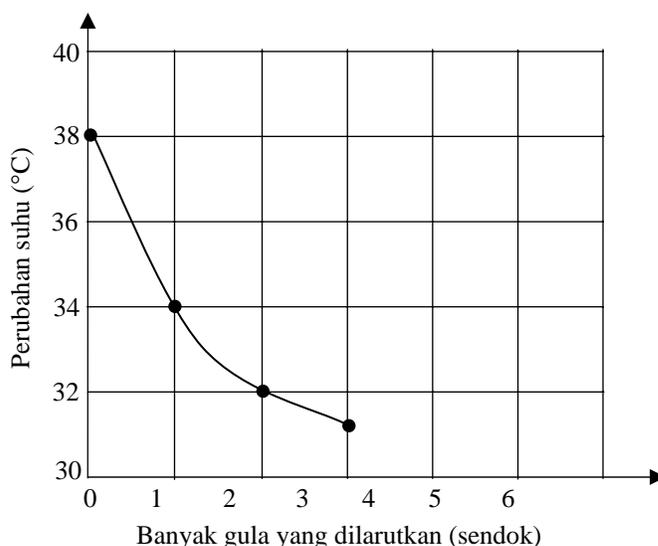
Jika variabel yang dipilih untuk melakukan penyelidikan adalah *jumlah bahan terlarut*, maka seseorang dapat membuat prediksi: Jika jumlah bahan terlarut semakin banyak, maka waktu yang diperlukan untuk perubahan suhu semakin besar.

Labeli gelas beker dengan angka 0, 1, 2, dan 3. Masukkan 50 mL air ke dalam masing-masing gelas beker. Larutkan sesendok gula ke dalam gelas 1 dan 2 sendok gula ke dalam gelas 2, dan 3 sendok ke dalam gelas 3. Gelas 0 tidak perlu diberi gula. Panaskan setiap gelas beker selama 3 menit. Contoh hasil percobaan dapat dicermati pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.  
Pengaruh jumlah gula yang dilarutkan terhadap perubahan suhu

Jumlah gula (sendok)	Perubahan suhu (°C)
0	38
1	35
2	32
3	31

Berdasarkan tabel tersebut, dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 5.  
Grafik pengaruh banyak gula yang dilarutkan terhadap perubahan suhu

Grafik pada gambar 5 menunjukkan bahwa saat sejumlah gula ditambahkan, suhu menurun.

#### 12) *Constructing hypotheses* (mengajukan hipotesis)

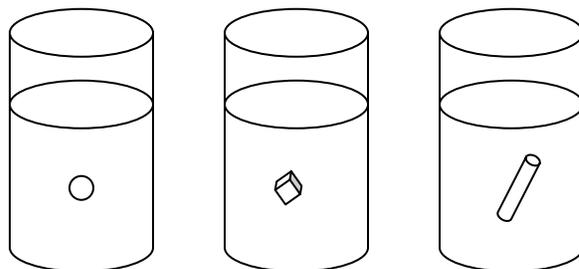
Sebuah eksperimen biasanya berawal dari sebuah masalah yang harus dipecahkan, sebuah pertanyaan yang harus dijawab, atau sebuah keputusan yang harus dibuat. Dengan mengubah salah satu faktor dalam sebuah penyelidikan secara sengaja, maka hasilnya faktor yang lain akan berubah. Sebelum penyelidikan dan eksperimen dilakukan, sebuah hipotesis seringkali dinyatakan. Hipotesis adalah prediksi tentang hubungan-hubungan antara variabel-variabel.

## Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA

Hipotesis menyediakan petunjuk ketika peneliti hendak mengambil data dalam penelitian (Rezba et al., 2007: 267–268).

Aktivitas di bawah ini bisa kita ambil sebagai contoh:

Berapa cepat sebuah benda jatuh melewati sebuah cairan?



Gambar 6.  
Berbagai wadah dengan benda yang berbeda

Selanjutnya, Rezba et al. (2007: 268–270) mengemukakan bahwa untuk menentukan hipotesis, maka seseorang harus mengidentifikasi variabel-variabel yang mempengaruhi laju benda yang jatuh. Pertama, tinjau variabel-variabel yang berhubungan dengan benda, kemudian tinjau variabel-variabel yang berhubungan dengan lingkungan benda. Misalnya, dicoba juga benda-benda tersebut dijatuhkan di dalam cairan yang berbeda. Variabel-variabel itu misalnya volume benda, bentuk benda, berat benda, dan kerapatan benda. Adapun variabel yang berhubungan dengan lingkungan (cairannya) misalnya suhu cairan, jumlah cairan, ukuran wadah, dan bentuk wadah.

Jika variabel yang relevan telah ditentukan, maka hipotesis yang dapat diuji (*testable hypotheses*) dapat dinyatakan. Istilah "hipotesis yang dapat diuji" digunakan karena istilah ini mengindikasikan salah satu fungsi dari sebuah hipotesis. Sebuah hipotesis harus mengarahkan peneliti pada desain penyelidikan untuk mengujinya. Untuk membuat sebuah hipotesis, seseorang harus menunjukkan tentang apa yang terjadi pada variabel terikat jika variabel bebas diubah. Prediksi ini dapat didasarkan pada fakta, pendapat atau sumber apapun yang dimiliki.

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

Sebagai contoh, untuk membuat sebuah hipotesis yang terkait dengan sebuah permasalahan, *Apakah yang mempengaruhi kelajuan mobil?* Seseorang dapat memilih variabel *ukuran ban* untuk diuji. Hipotesis yang dikemukakan berdasarkan variabel tersebut adalah *jika ukuran ban membesar, maka kelajuan mobil menurun.*

### 13) *Defining variables operationally* (mendefinisikan variabel secara operasional)

Selama melakukan eksperimen, peneliti melakukan pengukuran terhadap variabel-variabel. Namun, sebelum melakukan pengukuran, peneliti harus memutuskan bagaimana mengukur setiap variabel.

Dengan men-spesifikasi prosedur yang digunakan untuk mengukur variabel, maka seseorang telah definisi operasional. Mendefinisikan variabel secara operasional maknanya menentukan cara untuk mengukur variabel tersebut. Dengan demikian, sebuah definisi operasional menyatakan apa yang diamati dan bagaimana mengukurnya.

Peneliti yang berbeda dapat menggunakan definisi operasional yang berbeda untuk variabel yang sama. Sebagai contoh, anggap sebuah penyelidikan dilakukan untuk menguji pengaruh vitamin E pada ketahanan tubuh seseorang. Variabel "ketahanan tubuh seseorang" dapat difenisikan dengan berbagai cara:

- a. lama seseorang dapat terjaga
- b. jarak yang dapat ditempu seseorang dengan berlari tanpa henti

Masing-masing definisi di atas adalah definisi operasional dari variabel yang sama (Rezba et al., 2007: 281–282).

### 14) *Designing investigations* (mendesain penyelidikan)

Keterampilan membuat desain penyelidikan hanya akan dibatasi oleh imajinasi peneliti. Meskipun demikian, tidak berarti bahwa desain penyelidikan tersebut harus rumit. Sebaliknya,

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

semakin sederhana desain penyelidikan yang dibuat, maka peneliti akan lebih dapat diharapkan untuk memperoleh data yang berguna.

Sebuah penyelidikan dapat didefinisikan sebagai suatu susunan kondisi-kondisi yang terencana untuk menghasilkan data yang akan mendukung ataupun tidak mendukung hipotesis. Penyelidikan menjadi semakin terarah dan dapat dilakukan jika variabel bebas dan variabel terikat dinyatakan secara jelas dalam hipotesis.

Anggap seorang peneliti ingin menguji hipotesis: *semakin luas permukaan zat cair yang bersentuhan dengan udara, maka penguapan terjadi lebih cepat*. Desain penyelidikan yang mungkin dibuat adalah sebagai berikut:

Tuangkan 100 mL air yang berada dalam suhu ruang ke dalam loyang alumunium dengan luas 5, 6, 7, 8, dan 9 cm<sup>2</sup>. Biarkan loyang-loyang tersebut dalam ruang terbuka. Setelah dua jam, ukurlah volume masing-masing air. Perhatikan bahwa desain tersebut berisi definisi operasional bagi variabel bebas dan terikat, yakni membiarkan air dalam ukuran loyang yang berbeda ukurannya sebagai variabel bebas dan mengukur volume air sebelum dan setelah selang waktu tertentu sebagai variabel terikat (Rezba et al., 1995: 243–244; 2007: 291).

### 15) *Experimenting* (melakukan eksperimen)

Rezba et al. (2007: 303–310) mengemukakan bahwa melakukan eksperimen merupakan aktivitas yang menggunakan seluruh keterampilan proses sains yang telah dipaparkan sebelumnya. Sebuah eksperimen bisa diawali dari sebuah pertanyaan. Dari sinilah langkah-langkah untuk menjawab pertanyaan yang mencakup mengidentifikasi variabel, memformulasikan hipotesis, mengidentifikasi faktor-faktor yang harus dijaga tetap konstan, membuat definisi operasional, mendesain sebuah penyelidikan, melakukan percobaan ulang, mengumpulkan data, dan menginterpretasi data.

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

Bagian yang tidak terpisahkan dari melakukan eksperimen adalah membuat laporan. Laporan hasil eksperimen dapat mencakup hal-hal sebagai berikut:

- a) Pernyataan dari pertanyaan atau permasalahan yang diselidiki.
- b) Pernyataan atas hipotesis yang akan diuji.
- c) Deskripsi tertulis dari desain penyelidikan yang akan digunakan untuk menguji hipotesis.

Termasuk mendeskripsikan bagaimana variabel-variabel yang digunakan didefinisikan secara operasional, faktor-faktor yang harus dijaga konstan)

- d) Pelaporan data dalam tabel termasuk pengulangan percobaan.
- e) Membuat grafik dari data.
- f) Sebuah pernyataan yang menunjukkan hubungan yang teramati di antara variabel-variabel.
- g) Perbandingan temuan peneliti dengan hipotesis untuk melihat apakah hipotesis tersebut didukung atau ditolak berdasarkan penyelidikan

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Collette, A. T. & Chiappetta, E. L. (1994). *Science instruction in the middle and secondary schools*. New York: Macmillan.
- Carin, A. W. (1993). *Teaching science through discovery-7<sup>ed</sup>*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Abruscato, J & DeRosa, D. A. (2010). *Teaching children science-a discovery approach-7<sup>ed</sup>*. Boston: Allyn & Bacon.
- Chiappetta, E. L & Koballa, T. R., Jr. (2010). *Science instruction in the middle and secondary schools*. Boston: Allyn & Bacon.
- Bell, R. L. (2008). *Teaching the nature of science through process skills-activities for grades 3–8*. Boston: Pearson.
- Martin, R. et al. (2005). *Teaching science for all children-inquiry methods for constructing understanding*. Boston: Pearson.

## *Perangkat Perkuliahan Pengembangan Pendidikan IPA*

- Olrich, D. C., et al. (2007). *Teaching strategies-a guide to effective instruction-8<sup>th</sup> ed.* New York: Houghton Mifflin.
- Moyer, R. H., Hackett, J. K. & Everett, S. A. (2007). *Teaching science as Investigations-modeling inquiry through learning cycle lessons.* New Jersey: Pearson Education Inc.
- Haladyna, T. M. (1997). *Writing test items to evaluate higher order thinking.* Needham Heights: Allyn & Bacon.
- Rezba, R. J. et al. (1995). *Learning and assessing science process skills.* Iowa: Kendall/Hunt.
- Rezba, R. J. et al. (2007). *Learning and assessing science process skills.* Iowa: Kendall/Hunt.
- Hackett, J. K. et al. (2008). *Science-A closer look.* New York. Macmillan/Mcgraw-Hill.
- Howe, A. C & Jones, L. (1993). *Engaging children in science.* New York: Macmillan Publishing Company.
- Sharp, J., Peacock, G., Johnsey, R., et al. (2009). *Primary science-teaching theory and practice (4<sup>th</sup> ed).* British: Learning Matters.