

INOVASI PEMBELAJARAN FISIKA BERBASIS DIMENSI BELAJAR WAHANA PENGEMBANGAN PEMAHAMAN FISIKA SECARA MENDALAM

I Wayan Santyasa

Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Undiksha

Abstrak

Belajar fisika merupakan pemaknaan mengenai tiga hal pokok, yaitu (1) hakikat konsepsi, prinsip, hukum, dan teori fisika melalui aktivitas metakognisi, (2) proses-proses ilmiah melalui aktivitas praktik, dan (3) nilai dan/atau sikap ilmiah melalui aktivitas kolaborasi, sosialisasi, dan spiritualisasi. Pemaknaan tersebut merupakan proses yang tidak sekali jadi, tetapi selalu mengalami proses penyempurnaan dan perluasan. Untuk mencapai tujuan tersebut, dimensi belajar menjadi alternatif landasan pembelajaran, yang mencakup: (1) sikap dan persepsi positif terhadap belajar, (2) perolehan dan pengintegrasian pengetahuan baru, (3) perluasan dan penyempurnaan pengetahuan, (4) penggunaan pengetahuan secara bermakna, dan (5) pembiasaan berpikir efektif dan produktif. Lima dimensi belajar tersebut merupakan wahana bagi peserta didik untuk berubah konsepsi secara optimal dalam rangka membangun pemahaman fisika secara mendalam melalui olah pikir, rasa, dan raga dalam belajar fisika yang semuanya bersumber dari dorongan hati yang paling dalam yang akhirnya bermuara pada kerendahan hati. Landasan dimensi belajar tersebut perlu dijadikan pijakan oleh para guru fisika dalam mengembangkan fasilitas belajar yang mampu mengusik hati peserta didik untuk lebih bertanggung jawab terhadap belajarnya. Sikap bertanggung jawab merupakan salah satu kompetensi yang potensial dalam membangun kompetensi-kompetensi berpikir kreatif-produktif, pengambilan keputusan, pemecahan masalah, belajar bagaimana belajar, kolaborasi, pengelolaan dan/atau pengendalian diri. Kompetensi-kompetensi tersebut mutlak diperlukan oleh peserta didik agar mampu menjadi manusia yang *adatable*, *flexible*, dan *versatil* dalam segala aspek kehidupan yang senantiasa berubah.

Kata kunci: *Inovasi; pembelajaran fisika; metakognisi; dimensi belajar; pemahaman*

1. Ilustrasi

Belajar merupakan proses perkembangan ke arah yang lebih sempurna. Perkembangan tersebut analog dengan perkembangan tumbuhan. Tumbuhan batang akan tumbuh lurus secara alamiah dalam areal yang tidak ada satu tumbuhanpun yang menggangukannya. Jika ada tumbuhan lain yang lebih besar menghalanginya, maka batang tersebut akan berkembang pula secara alamiah, walaupun harus dengan membelokkan arahnya menuju arah matahari.

Orang bisa membantu tumbuhan tersebut, misalnya dengan menggeser sedikit penghalangnya, atau jika pembelokan tumbuhan itu nabrak tumbuhan yang lain, arah belokannya digeser sedikit. Namun, agak celaka jika ada orang ingin memaksa pertumbuhannya, misalnya karena keinginannya agar bentuknya indah, agar menjadi kerdil, agar batangnya berbelok-belok, dan sebagainya. Andaikan tumbuhan itu bisa ngomong dan membilang tidak mau, maka ketika dipaksa oleh orang untuk tujuan-tujuan itu, dia akan menjerit sekeras-kerasnya. Tumbuhan itu memang mau berubah ketika dipaksa, namun karena kemauan orang. Tumbuhan itu akan berkembang

secara efektif hanya karena ada unsur kebebasan baginya untuk berkembang. Untuk memperoleh proses percepatan perkembangan tumbuhan tersebut, orang bisa memberikan bantuan dengan fasilitas unsur hara, air, atau cahaya secukupnya, bahkan mengelompokkannya agar memberikan keindahan tertentu sebagai akibat perpaduan keberagaman warna daun, bunga, dan buah.

Di samping analogi di atas, berikut disajikan pula ilustrasi lain yang mengapresiasi suatu fenomena belajar. Belajar bagaikan air sungai yang mengalir pada sebuah sungai. Air sungai mengalir secara dinamis, menggairahkan, dan penuh resiko. Mengalirnya air di sungai sebagai akibat kemiringan sungai yang membuat air itu keluar dari "zone nyaman". Zone nyaman merupakan suatu analogi tempat yang datar yang memungkinkan air sungai itu nyaman, tenang, tergenang. Walaupun tergenang, air itu tetap memiliki potensi yang luar biasa. Keluarnya air dari zone nyaman, disebabkan karena adanya kreativitas air, tidak lain adalah mengalir ke tempat yang paling rendah mengiringi kemiringan sungai, yang membuat gemerciknya air mengalir dengan penuh ketakjuban. Dinamika aliran air sungai itu juga mencirikan suasana

mengairahkan, namun penuh resiko. Resikonya, adalah tersimpannya peluang kesalahan aliran air.

Analogi fenomena belajar tersebut memiliki implikasi logis pada fenomena mengajar. Mengajar bagaikan “tukang bersih sungai”, agar air sungai dapat mengalir bebas hambatan. Tugas tukang bersih sungai adalah mengangkat sampah atau kotoran lain yang ada di sungai, mengeruk lumpur atau pasir yang ada di dasar sungai, bahkan memindahkan batu atau kayu yang ada di sungai. Semua pekerjaan tukang bersih sungai itu dapat berjalan lancar, apabila tukang bersih sungai memiliki ketulusan hati, kesetiaan, kemesraan, kesabaran, cinta, kelembutan, sukacita, improfisasi, dan pengendalian diri. Pekerjaan inilah yang menyediakan suasana aliran air yang deras secara alamiah.

Ilustrasi tersebut mengapresiasi konsepsi belajar, inovasi, dan mengajar. Belajar paling efektif terjadi dalam suasana bebas. Inovasi adalah upaya untuk memperoleh percepatan proses dan keindahan hasil belajar berbasis pada kebebasan dan keragaman. Mengajar adalah melayani agar percepatan dan keindahan itu diperoleh dalam suasana menggembirakan. *Learning can be fun, but only learners can make it so.*

2. Pemahaman Sebagai Hasil Belajar

Proses belajar sangat menentukan tingkat kehidupan peserta didik kelak setelah mereka menjalani hidup di dunia nyata. Hidup di dunia nyata memiliki obsesi: “*Hari esok harus lebih baik dari sekarang*”. Obsesi tersebut didorong oleh kebutuhan untuk keluar dari *zone nyaman*, sehingga hidupnya tidak akan menjadi korban *pesona terbatas*.

Proses belajar peserta didik dipengaruhi oleh dua faktor, pengaruh dari dalam dan dari luar dirinya. Faham konstruktivistik meyakini, bahwa dalam belajar peserta didik mampu membangun dirinya sendiri. Namun, mereka membutuhkan interaksi dengan lingkungan. Interaksi dengan lingkungan dibutuhkan untuk menemukan arah belajar yang dilakukan. Interaksi tersebut terjadi lewat dialog antara peserta didik dengan lingkungan. Prosesnya diawali dari hasil refleksi diri yang didorong dan mendorong kesadaran untuk meningkatkan pemahaman.

Pemahaman (*understanding*) merupakan tujuan yang sangat mendasar dalam belajar. Beberapa konsepsi teoretis yang melandasi pernyataan tersebut, sebagai berikut. (1) Dalam belajar, *understanding construction* menjadi lebih penting dibandingkan *memorizing fact* [1-5] (2) *Rote learning leads to inert knowledge—we know something but never apply it to real life* [6]. (3) Salah satu tujuan pendidikan adalah memfasilitasi peserta didik *to achieve understanding* yang dapat diungkapkan secara verbal, numerikal, kerangka

pikir positivistik, kerangka pikir kehidupan berkelompok, dan kerangka kontemplasi spiritual [7]. (4) *Understanding is knowledge in thoughtful action* [8]. (5) Pemahaman adalah suatu proses mental terjadinya adaptasi dan transformasi ilmu pengetahuan [9]. (6) Pemahaman merupakan landasan bagi peserta didik untuk membangun *insight* dan *wisdom* [10]. (7) Pemahaman merupakan indikator unjuk kerja yang siap direnungkan, dikritik, dan digunakan oleh orang lain [9,11]. (8) Pemahaman merupakan perangkat baku program pendidikan yang merefleksikan kompetensi [12]. (9) Pemahaman muncul dari hasil koreksi, evaluasi, dan refleksi diri sendiri [13].

Dengan demikian, pemahaman sebagai representasi hasil belajar peserta didik dalam pembelajaran menjadi sangat penting. Landasan teoretis tersebut menekankan pula pentingnya guru melakukan perubahan cara pandang dalam memfasilitasi peserta didik, dari: “mengajar adalah berceritera tentang konsep” menjadi sebuah perspektif ilmiah teoretis: “mengajar adalah mengubah lingkungan belajar dan menyiapkan rangsangan-rangsangan kepada peserta didik untuk melakukan *inquiry learning* dan memecahkan masalah-masalah kontekstual dalam rangka mengkonstruksi pemahaman” [13]. Hal ini penting, karena dalam belajar, peserta didik akan cepat lupa jika hanya dijelaskan secara lisan, mereka akan ingat jika diberikan contoh, dan akan memahami jika diberikan kesempatan mencoba [14]. Mengajar bukan berfokus pada *how to teach* tetapi hendaknya lebih berorientasi pada *how to stimulate learning* [10] dan *learning how to learn* [10, 15].

Oleh karena lingkungan merupakan salah satu fasilitas bagi peserta didik dalam belajar, maka konsepsi interaksi sosial menjadi penting untuk dipahami maknanya dalam pembelajaran. Interaksi sosial yang optimal secara konseptual didukung oleh premis: “*Students may learn more if teachers teach them less*”. Premis ini dilandasi oleh gagasan teoretis: “*Meaning making is not just an individual operation, the individual interacts with others to construct shared knowledge* [16]. Konsepsi terakhir ini mengisyaratkan, bahwa pembelajaran kolaboratif yang memberdayakan potensi dialog antar peserta didik menjadi sangat penting.

3. Konsepsi Inovasi Pembelajaran

Inovatif (*innovative*) yang berarti *new ideas or techniques*, merupakan kata sifat dari inovasi (*innovation*) yang berarti pembaharuan, juga berasal dari kata kerja *innovate* yang berarti *make change* atau *introduce new thing (ideas or techniques) in order to make progress*. Pembelajaran, merupakan terjemahan dari *learning* yang artinya belajar, atau pembelajaran. Jadi, inovasi pembelajaran adalah pembaharuan

pembelajaran yang dikemas oleh pebelajar atas dorongan gagasan barunya yang merupakan produk dari *learning how to learn* untuk melakukan langkah-langkah belajar, sehingga memperoleh kemajuan proses dan produk belajar. Inovasi pembelajaran juga mengandung arti pembaharuan pembelajaran yang dikemas oleh guru atau instruktur lainnya yang merupakan wujud gagasan atau teknik yang dipandang inovatif agar mampu memfasilitasi pebelajar untuk memperoleh kemajuan dalam proses dan produk belajar.

Berdasarkan konsepsi harfiah inovasi pembelajaran tersebut, tampak di dalamnya terkandung makna kunci yaitu pembaharuan. Gagasan pembaharuan muncul sebagai akibat seseorang merasakan adanya anomali atau krisis pada paradigma yang dianutnya dalam memecahkan masalah belajar. Oleh sebab itu, dibutuhkan paradigma baru yang diyakini mampu memecahkan masalah tersebut. Perubahan paradigma seyogyanya diakomodasi oleh semua manusia, karena manusia sebagai individu adalah makhluk kreatif. Namun, perubahan sering dianggap sebagai pengganggu kenyamanan diri, karena pada hakikatnya seseorang secara alamiah lebih mudah terjankit virus rutinitas sebagai akibat terjebak oleh Hukum I Newton. Padahal, di dalam pendidikan fisika, banyak pendidik fisika mengakui bahwa pekerjaan rutin cenderung tidak merangsang, membuat pendidikan fisika menjadi ketinggalan zaman, dan akan mengancam eksistensi negara dalam perjuangan dan persaingan hidup.

Rutinitas kinerja dapat bersumber dari beberapa faktor yang dianggap menghambat inovasi. Faktor-faktor yang dapat dikategorikan sebagai penghambat inovasi, adalah: keunggulan inovasi relatif sulit untuk dijelaskan dan dibuktikan, sering dianggap *time* dan *cost consuming*, pelaksanaan cenderung *partial*, *complexity innovation* sering menghantui orang untuk diam di jalan rutinitas, dan *simplification paradigm* dalam *innovation dissemination* berpotensi mengurangi keyakinan dan pemahaman bagi para praktisi terhadap inovasi.

Inovasi pembelajaran fisika muncul dari perubahan paradigma pembelajaran yang berawal dari hasil refleksi terhadap paradigma lama yang mengalami anomali menuju paradigma baru yang dihipotesiskan mampu memecahkan masalah. Paradigma pembelajaran yang dirasakan telah mengalami anomali, adalah (1) kecenderungan guru untuk berperan lebih sebagai transmiter, sumber pengetahuan, mahatahu, (2) belajar terikat dengan jadwal yang ketat, (3) belajar diarahkan oleh kurikulum, (4) kecenderungan fakta, isi kurikulum, dan teori sebagai basis belajar, (5) lebih mentoleransi kebiasaan latihan menghafal, (6) cenderung kompetitif, (7) kelas menjadi fokus utama, (8) komputer lebih dipandang sebagai obyek, (9) penggunaan media statis lebih

mendominasi, (10) komunikasi terbatas, (11) penilaian lebih bersifat normatif. Paradigma tersebut diduga kurang mampu memfasilitasi peserta didik untuk siap terjun di masyarakat.

Paradigma pembelajaran yang merupakan hasil gagasan baru adalah (1) peran guru lebih sebagai fasilitator, pembimbing, konsultan, dan kawan belajar, (2) jadwal fleksibel, terbuka sesuai kebutuhan, (3) belajar diarahkan oleh peserta didik sendiri, (4) berbasis masalah, proyek, dunia nyata, tindakan nyata, dan refleksi, (5) perancangan dan penyelidikan, (6) kreasi dan investigasi, (7) kolaborasi, (8) fokus masyarakat, (9) komputer sebagai alat, (10) presentasi media dinamis, (11) penilaian kinerja yang komprehensif. Paradigma pembelajaran tersebut diyakini mampu memfasilitasi peserta didik untuk siap terjun di masyarakat.

Dalam proses pembelajaran, paradigma baru pembelajaran sebagai produk inovasi seyogyanya lebih menyediakan proses untuk mengembalikan hakikat peserta didik ke fitrahnya sebagai manusia yang memiliki segenap potensi untuk mengalami *becoming process* [17]. Oleh sebab itu, apapun *fasilitas* yang dikreasi dan siapapun *fasilitator* yang akan melayanipeserta didik belajar, seyogyanya bertolak dari dan berorientasi pada apa yang menjadi tujuan belajar peserta didik. Tujuan belajar yang orisinal muncul dari dorongan hati (*mode = intrinsic motivation*). Paradigma pembelajaran yang mampu mengusik hati peserta didik untuk membangkitkan *mode* mereka hendaknya menjadi fokus pertama dalam mengembangkan fasilitas belajar. Paradigma hati tersebut akan membangkitkan sikap positif terhadap belajar. Paradigma hati merupakan cikal bakal bagipeserta didik untuk mengembangkan dimensi-dimensi belajarnya.

Marzano (1992) [18], memformulasi dimensi belajar menjadi lima tingkatan, (1) sikap dan persepsi positif terhadap belajar, (2) perolehan dan pengintegrasian pengetahuan baru, (3) perluasan dan penyempurnaan pengetahuan, (4) penggunaan pengetahuan secara bermakna, dan (5) membiasakan berpikir efektif dan produktif. Lima dimensi belajar tersebut merupakan wahana bagi peserta didik untuk mampu melakukan oleh pikir, rasa, dan raga dalam belajar yang semuanya bersumber dari dorongan hati yang paling dalam yang bermuara pada kerendahan hati untuk mengakui kebesaran Tuhan Yang Maha Esa. Model dimensi belajar tersebut perlu dijadikan pijakan para guru dalam mengembangkan fasilitas belajar yang mampu mengusik hati peserta didik untuk lebih bertanggung jawab terhadap belajarnya. Sikap bertanggung jawab merupakan salah satu kompetensi yang potensial dalam membangun kompetensi-kompetensi lainnya, seperti berpikir kreatif-produktif, pengambilan keputusan, pemecahan masalah, belajar bagaimana belajar,

kolaborasi, pengelolaan dan/atau pengendalian diri. Kompetensi-kompetensi tersebut mutlak diperlukan oleh peserta didik agar mampu menjadi manusia yang *adaptable*, *flexible*, dan *versatil* dalam segala aspek kehidupan yang senantiasa berubah.

4. Pengembangan Sikap dan Persepsi Positif terhadap Belajar

Ada dua indikator sebagai strategi pengembangan sikap dan persepsi positif terhadap belajar, yaitu: (1) lingkungan belajar yang kondusif, (2) tugas-tugas yang memiliki nilai-nilai relevansi, kejelasan, dan kebermaknaan.

Lingkungan belajar yang paling berpengaruh terhadap pengembangan sikap dan persepsi positif peserta didik adalah yang tercipta dari hubungan antara guru dan peserta didik. Bagaimana peserta didik diterima dan bagaimana strategi guru menerima dan mengembalikan peserta didik ke fitrahnya sebagai manusia sangat menentukan hubungan positif antara guru dan peserta didik. Sepuluh strategi pengembangan sikap dan persepsi positif peserta didik, adalah (1) berbicara kepada mereka, (2) tersenyum, (3) memanggil mereka dengan namanya, (4) bersahabat, (5) ramah, (6) ketertarikan yang tulus, (7) mudah memuji, (8) tenggang rasa, (9) terbuka, (10) pemberian pelayanan.

Di samping sepuluh strategi tersebut, guru perlu menunjukkan kerendahan hati dengan sering menunjukkan keteladanan menerapkan enam kata terpenting: "Bapak mengakui telah melakukan kesalahan besar". Seringlah memuji peserta didik dengan mengucapkan lima kata terpenting: "Anda telah bekerja dengan baik", tunjukkan harapan bahwa respon mereka sangat diperlukan dengan mengucapkan empat kata terpenting: "Bagaimana menurut pendapat Anda", tunjukkan keteladanan dalam setiap mengucapkan harapan dengan tiga kata terpenting: "Jika Anda berkenan", jangan lupa mencontohkan rasa ketulusan hati dalam menerima segala uluran tangan orang lain dengan mengucapkan dua kata terpenting: "Terima kasih", dan berikan keteladanan dengan sering menggunakan satu kata terpenting: "Kita" sebagai suatu penghargaan bahwa yang diajak berbicara ikut memiliki dan bertanggung jawab terhadap semua persoalan. Ketika pertanyaan guru membutuhkan respon positif, guru hendaknya menyediakan waktu tunggu secukupnya sebelum pertanyaan dialihkan pada peserta didik yang lain, berikan penghargaan terhadap respon yang ilmiah dan bangkitkan alternatif solusi terhadap respon yang kurang ilmiah, ulangi pertanyaan jika mereka relatif lambat merespon, gunakan pertanyaan dengan kaedah yang berbeda untuk mempercepat munculnya respon, dan siapkan bimbingan yang

meyakinkan peserta didik agar mereka mampu merespon pertanyaan dengan baik.

Kualifikasi tugas-tugas belajar di kelas memegang peranan penting dalam pengembangan sikap dan persepsi positif terhadap belajar. Kualifikasi tugas yang dimaksud meliputi kejelasan, relevansi, dan kebermaknaan. Kejelasan tugas mengacu pada kemudahan untuk memahami kinerja yang ditampilkan, relevansi mengacu pada keterkaitan antara tugas dengan tujuan belajar dan pengetahuan awal yang dimiliki, dan kebermaknaan mengacu pada *output* dan *outcome* yang dapat diprediksi oleh peserta didik akan mengandung manfaat dalam kehidupannya sebagai individu, anggota masyarakat, dan warga negara.

Seting pembelajaran kooperatif sangat membantu pencapaian persepsi dan sikap positif dalam belajar. Pembelajaran kooperatif terbukti sukses dalam memajukan proses pembelajaran dan meningkatkan sikap dan persepsi positif dalam aktivitas belajar. Pembelajaran kooperatif merupakan salah satu implementasi dari prinsip "*instructor-independent-instruction*" [6]. Prinsip ini sesuai dengan premis "Peserta didik bisa belajar dalam kapasitas yang lebih banyak, apabila Guru mengurangi kapasitas mengajarnya". Premis ini merupakan basis teknik pembelajaran kooperatif yang diistilahkan sebagai pendekatan "*hand-on*" dan "*mind-on*". Pembelajaran kooperatif yang dipandu oleh guru dengan menerapkan strategi-strategi yang tepat dapat memfasilitasi peserta didik membangun sikap dan persepsi positif terhadap belajar, memiliki tanggung jawab, saling ketergantungan secara positif sebagai anggota komunitas, dan memiliki pemahaman dalam berinteraksi secara sosial, dan demokratis. Pembelajaran kooperatif merupakan salah satu cara membangun karakter bangsa, karena pembelajaran kooperatif adalah sebagai ajang bagi peserta didik untuk berubah paradigmatik dari "*I alone*" atau "*I instead of you*" menjadi "*I as well as you*".

5. Strategi Perolehan dan Pengintegrasian Pengetahuan Baru

Tujuan sekolah bagi peserta didik adalah memperoleh dan mengintegrasikan pengetahuan. Marzano (1992) [18] menyatakan terdapat dua perbedaan tipe pengetahuan, yaitu pengetahuan konseptual (deklaratif) dan prosedural, yang masing-masing membutuhkan proses belajar yang berbeda dalam memperoleh dan mengintegrasikannya ke dalam pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik. Perbedaan tersebut mencerminkan apa yang seharusnya diketahui, difahami, dan dikerjakan oleh peserta didik.

Strategi pembelajaran untuk memfasilitasi peserta didik dalam pemerolehan dan pengintegrasian pengetahuan konseptual

melibatkan tiga tahapan, (1) konstruksi makna (*contracting meaning*), (2) pengorganisasian pengetahuan (*organizing knowledge*), (3) penyimpanan pengetahuan (*storing knowledge*). Mayer (1999) [3] dan Santyasa (2004a) [19] menyebut ketiga proses tersebut sebagai model *selecting, organizing, dan integrating* (Model SOI). Model SOI merupakan landasan belajar dalam *Interactive Conceptual Instruction* (ICI) dan perangkat pembelajaran bermuatan model perubahan konseptual sebagai fasilitas pemerolehan pengintegrasian pengetahuan konseptual [20-22].

Pengkonstruksian makna dalam belajar menggunakan pengetahuan awal (*prior knowledge*) sebagai basis perolehan dan pengintegrasian pengetahuan. Strategi K-W-L yang dikembangkan oleh Donna Ogle (dalam Marzano *et al.*, 1988; Santyasa, 2003) [23,24] cukup efektif untuk memfasilitasi peserta didik dalam pengkonstruksian makna.

Langkah K (*Know*) dalam strategi K-W-L dapat dilakukan dengan menggunakan pertanyaan-pertanyaan resitasi untuk merangsang peserta didik mengungkap pengetahuan awalnya. Langkah W (*Want to know*) dapat dilakukan dengan pertanyaan-pertanyaan konstruksi yang merangsang peserta didik untuk mengajukan pertanyaan-pertanyaan terkait dengan apa yang ingin diketahui. Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan, mereka ditugasi untuk membaca, melakukan *inquiry*, atau berinvestigasi. Strategi L (*have Learned*) dilakukan dengan cara menugaskan peserta didik untuk melaporkan secara visual dan auditorial informasi yang telah dipelajari.

Pengorganisasian pengetahuan konseptual adalah proses membuat representasi informasi dengan cara subyektif. Hal ini termasuk mengidentifikasi hal-hal penting dan tidak penting, kemudian membangkitkan representasi semantik atau simbolik tentang informasi tersebut. Strategi yang cukup membantu, adalah *advance organizer* menggunakan teknik bertanya sebagai pemandu awal sebelum peserta didik membaca buku, penyelidikan di lapangan, eksperimen di laboratorium, atau melakukan aktivitas lainnya.

Strategi lain untuk membantu peserta didik melakukan pengorganisasian pengetahuan konseptual, adalah representasi fisik atau simbolik (mulai dengan rumus atau formula), menggunakan pola-pola pengorganisasian (deskriptif, urutan, proses, masalah, generalisasi, konsep), dan grafik organizer.

Penyimpanan pengetahuan konseptual peserta didik dapat dibantu dengan strategi elaborasi yang melibatkan pembuatan kaitan-kaitan bervariasi antara informasi baru dengan yang lama. Elaborasi menggunakan cara mengingat gambaran mental, sensasi fisik, dan emosi yang terkait dengan informasi yang mau disimpan. Berikut disajikan

ilustrasi strategi pemerolehan dan pengintegrasian pengetahuan konseptual.

Pemerolehan dan pengintegrasian pengetahuan konseptual mengenai gaya fasif oleh meja. Banyak peserta didik sulit memahami bahwa meja mengerjakan gaya terhadap buku yang diam (*rest*) di atasnya, mereka cenderung menyatakan bahwa meja lebih menghambat buku itu dari kejatuhan daripada mengerjakan gaya. Untuk membantu pemahaman peserta didik tersebut, dapat digunakan konsep *anchoring conception* dan *bridging analogies* untuk membawa peserta didik kepada masalah target untuk dipahami secara ilmiah. Mula-mula kepada peserta didik ditawarkan peluang untuk melakukan demonstrasi dengan menekan pegas dari atas ke bawah. Setelah peserta didik melakukan demonstrasi, mereka ditanya, apa yang dirasakan tangannya? Peserta didik akan mengatakan bahwa dia merasakan ada perlawanan dari pegas terhadap tangannya. Dalam hal ini, sebagai jangkar didekati dengan meletakkan sebuah batu bata di atas triplek, kelihatan triplek melengkung; ditambahkan satu batu bata lagi, lengkungan triplek semakin bertambah, yang berarti triplek mengadakan perlawanan terhadap buku. Sifat kepegasan (*springness*) dari pegas merupakan sumber produktif—sebagai *anchoring conception* gaya fasif melalui *bridging analogies* menuju penerapannya pada kasus triplek, kayu tertindih, dan akhirnya pada kasus meja melakukan gaya terhadap buku yang diam (*rest*) di atasnya. Fungsi *anchoring conception* adalah mengaktifkan sumber-sumber produktif, dan fungsi *bridging analogies* membawa pengaktifan tersebut kembali terhadap masalah yang ada. Pertanyaan diajukan kepada peserta didik, bagaimana besarnya gaya tekan yang dilakukan buku terhadap meja dibandingkan dengan besarnya gaya yang dikerjakan meja terhadap buku? Peserta didik juga akan dengan mudah menjawab, kedua gaya itu sama besar (karena mereka mengamati buku pada meja berada pada kondisi setimbang), walaupun arahnya berlawanan.

Pemerolehan dan pengintegrasian pengetahuan konseptual mengenai benda jatuh. Dua benda A dan B (massa dan ukuran A lebih besar dari B) dijatuhkan bersamaan dari ketinggian yang sama; banyak peserta didik menyatakan bahwa B yang jatuh terlebih dahulu, karena massa dan ukurannya lebih kecil sehingga lebih mudah menembus udara; sebaliknya, banyak pula peserta didik menyatakan bahwa A jatuh terlebih dahulu, karena lebih banyak ditarik oleh bumi sebagai akibat massa dan ukurannya lebih besar. Kemudian kondisi masalah diubah, A dijatuhkan bebas dan B diberi kecepatan awal ke arah horizontal. Banyak peserta didik menyatakan bahwa A jatuh terlebih dahulu, karena lintasannya lebih pendek; sebaliknya, banyak peserta didik menyatakan bahwa B jatuh terlebih dahulu, karena ada kecepatan awal. Untuk

meremidi miskonsepsi-miskonsepsi tersebut, guru dapat menyajikan konflik melalui demonstrasi: sebuah penghapus dan potongan kecil kapur dipegang pada ketinggian yang sama. Pertanyaan diajukan kepada peserta didik, jika kedua benda ini dilepaskan bersamaan, mana yang akan terlebih dahulu jatuh di lantai? Tentunya peserta didik mengulangi miskonsepsi di atas. Selanjutnya, kedua benda itu dilepaskan bersamaan, para peserta didik mengamati bahwa ternyata kedua benda jatuh bersamaan. Realitas tersebut menggoyahkan pikiran peserta didik yang semula miskonsepsi. Peserta didik ditawarkan untuk melakukan demonstrasi sendiri dengan variasi benda yang berbeda-beda untuk membuktikan sendiri realitas yang diobservasi sebelumnya. Kemudian, pengajar menyajikan demonstrasi berkaitan dengan masalah kedua. Peserta didik juga mengamati sendiri bahwa kedua benda jatuh di lantai secara bersamaan. Pertanyaan diajukan kepada peserta didik, bagaimana percepatan kedua benda tersebut? Peserta didik akan mudah menjawab, karena mereka telah mengamati sendiri bahwa kedua benda jatuh bersamaan, yang berarti percepatan kedua benda itu sama. Realitas ini sesuai dengan teori, bahwa benda jatuh memperoleh percepatan yang sama sebesar percepatan gravitasi bumi, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ (asumsi: ketinggian terjangkau di laboratorium). Pertanyaan dilanjutkan: apakah massa dan ukuran benda berpengaruh terhadap waktu yang diperlukan oleh kedua benda selama jatuh? Tentunya mereka menjawab: “tidak”, karena mereka telah membuktikan sendiri bahwa kedua benda jatuh bersamaan. Pertanyaan dilanjutkan: dapatkah anda membuktikan secara matematik? Dalam hal ini, peserta didik dibimbing mereviu teori $h = \frac{1}{2}gt^2$ (h = ketinggian, t = waktu) agar peserta didik dapat menyatakan sendiri secara eksplisit bahwa $t = \sqrt{2h/g}$. Berdasarkan hasil reviu yang dilakukan oleh peserta didik, mereka ditanyakan kembali, apakah variabel waktu (t) bergantung kepada variabel massa (m) dan/atau ukuran (V)? Tentunya serta merta peserta didik menyatakan: “tidak”, karena variabel waktu (t) hanya bergantung kepada ketinggian (h) dan percepatan gravitasi bumi (g). Tentunya, jika salah satu benda dilepaskan dari ketinggian berbeda akan memberikan bahwa benda yang berada pada ketinggian yang lebih kecil akan jatuh terlebih dahulu. Untuk ini, peserta didik diajak lagi demonstrasi dengan massa-massa berbeda ditempatkan pada ketinggian lebih kecil secara bergantian. Sampai di sini, peserta didik membuktikan bahwa miskonsepsi mereka semula bertentangan dengan realitas dan teori ilmiah.

Pemerolehan dan pengintegrasian pengetahuan konseptual mengenai proses melihat. Banyak peserta didik menyatakan bahwa mata melihat benda karena benda ada dihadapan mata dan mata

mengeluarkan cahaya yang merambat hingga menyentuh benda. Pengembangan pengetahuan konseptual mengenai melihat suatu benda dapat didekati melalui demonstrasi sederhana menggunakan sebuah kotak yang dinding bagian dalamnya dibuat hitam hamper sempurna. Di dalam kotan yang hitam itu, diletakkan model benda dan sebuah lampu dihubungkan dengan sumber tegangan. Pada salah satu dinding kotak dibuat lubang kecil secukupnya untuk tempat pengamatan. Pertama-tama, peserta didik ditanyakan: jika di dalam kotak ini ada kucing dan tikus, dalam keadaan lampu off, manakah yang terlebih dahulu melihat, kucingnya atau tikusnya? Tentunya banyak peserta didik mengalami miskonsepsi lagi, yang menyatakan “kucing akan melihat terlebih dahulu”, karena mata kucing mengeluarkan cahaya. Untuk meremidi miskonsepsi-miskonsepsi ini, peserta didik dapat mencoba sendiri melakukan pengamatan dengan satu mata (mata yang lain dipejamkan) melalui lubang yang tersedia pada dinding kotak. Sebelum lampu dihidupkan, peserta didik ditanyakan: apakah anda dapat melihat sesuatu di dalam kotak? Tentu peserta didik akan menjawab tidak. Kemudian lampu dihidupkan, peserta didik akan mengatakan di dalam kotak terdapat model benda dan bola lampu. Peserta didik ditanyakan untuk menjelaskan proses melihat itu kembali. Model ini menantang teori peserta didik yang menyatakan “kita melihat benda karena benda ada di depan mata dan mata mengeluarkan cahaya yang menyentuh benda”, dan mereka akan mencapai pemahaman ilmiah, bahwa proses melihat dimulai dengan adanya cahaya yang diterima oleh benda dipantulkan ke mata.

Pemerolehan dan pengintegrasian pengetahuan konseptual mengenai aksi-reaksi. Terhadap masalah truk menabrak mobil (massa mobil setengah kali massa truk) yang sedang parkir, maka (1) gaya yang dilakukan truk terhadap mobil lebih besar dibandingkan yang dilakukan mobil terhadap truk, (2) hanya truk yang melakukan gaya terhadap mobil, karena mobil sedang parkir. Untuk membantu pemahaman peserta didik mengenai masalah tersebut, dapat diterapkan model pembelajaran berbasis pengetahuan awal peserta didik, yaitu *refining “raw intuitions”*, dengan pertama-tama menyertakan numerik pada masalah tersebut, misalkan truk memiliki massa 1000 kg dan mobil 500 kg, selama tumbukan truk mengalami pengurangan laju 5 m/s, berapa tambahan laju yang dialami mobil? Sebagian besar peserta didik menjawab benar, bahwa tambahan laju mobil dua kali pengurangan laju truk, walaupun dengan alasan “karena mobil bereaksi dua kali dari pada reaksi truk selama tumbukan”. Ide peserta didik tersebut merupakan *raw intuition*, yang dapat dihaluskan (*rifined*) melalui dua alternatif penjelasan pembelajaran yang mengkonfrontasikan intuisi tersebut: (1) jika

menerapkan ‘reaksi mobil dua kali reaksi truk’ untuk konsep gaya, alasan mereka *bertentangan* dengan hukum III Newton, (2) jika menerapkan melalui konsep *percepatan*, alasan mereka *konsisten* dengan hukum Newton. Hukum III Newton menyatakan bahwa “gaya aksi besar-nya sama dengan gaya reaksi”. Prinsip ini berlaku pada kasus tumbukan. Cara ini merupakan suatu penjelasan yang berbasis *sumber-sumber pengetahuan peserta didik* dan memperhatikan kesulitan-kesulitan atau fenomena yang bersesuaian dengan miskonsepsi.

Pemerolehan dan pengintegrasian pengetahuan konseptual mengenai sweater sebagai pembangkit panas. Banyak peserta didik menyatakan bahwa sweater dapat membangkitkan panas, karena badan merasakan hangat ketika mengenyakannya. Pendekatan pembelajaran dengan konfrontatif ternyata efektif meremidi miskonsepsi peserta didik ini. Guru menganjurkan agar sweater ditinggalkan di luar rumah setiap malam hari. Jika benar sweater itu dapat membangkitkan panas, maka dia akan menjadi hangat pada pagi hari berikutnya (atau paling tidak lebih hangat dari pada batu di sekitarnya, atau butiran-butiran lain yang ditutupinya). Tetapi, temperatur sweater (seperti yang diukur dengan termometer) membuktikan identik dengan entitas-entitas sekelilingnya. Realitas ini dapat menantang teori anak yang menyatakan sweater membangkitkan panas. Dalam keadaan peserta didik tertantang seperti itu, dapat disajikan diskusi untuk menawarkan peluang bagi mereka mengkonstruksi konsepsi ilmiah. Sweater ketika dikenakan akan menghalangi cukup kuat proses *kontak termal* antara badan dan lingkungan, sehingga produksi kalor oleh tubuh menjadi menumpuk, suhu badan akan naik, akibatnya badan merasakan relatif lebih hangat dibandingkan sebelumnya.

Pemerolehan dan pengintegrasian pengetahuan konseptual mengenai energi potensial. Banyak peserta didik menyatakan bahwa energi potensial hanya berkaitan dengan massa benda, percepatan gravitasi, dan kedudukannya terhadap permukaan bumi. Gagasan peserta didik yang berada pada tataran *alternative framework* tersebut dikonfrontasikan dengan tiga buah realita: pertama, sebuah benda massa m , berada pada ketinggian h di permukaan bumi, memiliki energi potensial gravitasi $E_p = mgh$; kedua, sebuah kapasitor C bermuatan listrik, memiliki energi potensial listrik $E_p = \frac{1}{2} CV^2$; ketiga, sebuah pegas dalam keadaan teregang, memiliki energi potensial pegas $E_p = \frac{1}{2} kx^2$. Realita-realita tersebut disajikan sebagai *counter examples* yang akan menimbulkan konflik dalam pikiran peserta didik. Mungkin *alternative framework* peserta didik cocok dengan realitas pertama, tetapi tidak cocok dengan realitas kedua atau ketiga. Dalam keadaan demikian,

peserta didik mengalami konflik sebagai akibat konsepsi baru yang mengalami ketidakcocokan dengan gagasannya semula. Strategi ini merupakan *scaffolding* bagi peserta didik untuk mencapai tingkat pemahaman ilmiah melalui proses akomodasi, sehingga mereka mengasosiasikan energi potensial tidak hanya berkaitan dengan massa benda, ketinggian, dan percepatan gravitasi di mana benda itu berada, tetapi juga berhubungan dengan kapasitor bermuatan dan pegas teregang.

Pemerolehan dan pengintegrasian pengetahuan konseptual mengenai *summer* bumi terasa lebih panas dibandingkan ketika *winter*. Mengenai masalah ini, banyak peserta didik menyatakan bahwa “karena bumi lebih dekat (*closer*) ke matahari. Respon peserta didik ini merupakan *raw intuition* yang mengandung sumber produktif, yaitu *closer*. Interpretasi umum yang mempertalikan respon peserta didik ini menjadi sebuah konsepsi salah, karena dengan alasan bumi berpindah mengelilingi matahari membentuk lintasan elip. Sumber *closer* digunakan oleh peserta didik menjelaskan *summer* akan tidak tepat, tetapi sumber ini akan menjadi lebih produktif apabila digunakan menjelaskan fenomena yang lain seperti intensitas cahaya, intensitas bunyi, dan intensitas bau dari sebuah sumber titik. *Closer* berkaitan dengan sumber *peningkatan intensitas cahaya*, *closer means stronger*. Sebagai sebuah pengetahuan primitif, *closer means stronger*, adalah sebuah sumber yang secara produktif dapat mengaktifkan sejumlah fenomena: lebih dekat ke bola lampu, lebih kuat intensitas cahayanya; lebih dekat ke speaker, lebih keras musiknya; lebih dekat ke sumber, lebih kuat baunya. Proposisi ini didukung oleh formulasi “intensitas cahaya berbanding terbalik dengan kuadrat jarak sumber cahaya terhadap pengamat. Sumber peserta didik berupa *closer* merupakan sebuah *p-prim* yang dinyatakan secara serta merta. Hal ini karena peserta didik tersebut sebelumnya tidak memiliki konsepsi bahwa pengaruh musimlah yang menyebabkan beberapa daratan di bumi ini ketika *summer* menjadi lebih panas, tetapi daratan-daratan seperti Australia dan Argentina tidak akan merasakan hal yang sama ketika bulan Juli. Perbedaan musim terjadi sebagai akibat sudut yang dibentuk antara sumbu rotasi bumi dan bidang translasi bumi mengelilingi matahari. Jadi beberapa daratan di dunia ini yang tidak mengenal musim panas merupakan contoh-contoh tandingan.

Upaya membantu peserta didik belajar pengetahuan prosedural dapat dilakukan melalui tiga fase, yaitu: (1) konstruksi model, (2) pembentukan model, (3) penginternalisasian model.

Fase pengkonstruksian model mengisyaratkan tiga prosedur yang harus dipahami, yaitu: (a) algoritma, (b) taktik, dan (c) strategi. Analogi dapat membantu pengkonstruksian model awal suatu algoritma, taktik, dan strategi. Guru dapat

menjelaskan langkah-langkah demonstrasi dan menuntun peserta didik untuk mengembangkan diagram alir dalam kelompok kooperatif.

Pembentukan pengetahuan prosedural sangat bergantung pada pemahaman konseptual. Pijakan, bimbingan, dan penjelasan cukup membantu peserta didik mengembangkan pemahaman pengetahuan prosedural pada tataran konseptual. Peserta didik dibimbing untuk menampilkan kinerja, guru mengidentifikasi kesalahan mereka, memberikan penjelasan secukupnya untuk menuntun peserta didik memahami kesalahannya dalam mengerjakan tugas-tugas belajar.

Penginternalisasian pengetahuan prosedural merupakan langkah akhir dalam belajar keterampilan atau proses. Penginternalisasian merupakan proses mempelajari sebuah prosedur yang dapat digunakan secara mudah, terbentuk secara otomatis, atau tanpa kontrol kesadaran. Guru dapat menyediakan waktu yang cukup bagi peserta didik untuk melakukan kerja praktik dalam pasangan, sehingga mereka mampu menampilkan kinerja terbaiknya secara proporsional.

6. Strategi Perluasan dan Penyempurnaan Pengetahuan

Pembelajaran tidak sesederhana penguasaan materi ke dalam pikiran peserta didik. Tetapi, belajar paling efektif terjadi apabila peserta didik secara kontinu mengulang-ulang informasi yang diperoleh dan melakukan perluasan dan penyempurnaan. Dalam istilah kognitif, peserta didik selalu melakukan perubahan terhadap informasi yang diperoleh dan yang telah tersimpan di memori jangka panjangnya.

Piaget merekomendasikan dua tipe dasar belajar, (1) asimilasi, yaitu informasi diintegrasikan ke pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik, (2) akomodasi, yaitu struktur pengetahuan yang telah ada diubah. Rumelhart & Norman menyebutkan tiga tipe dasar belajar, (1) *accreration*, (2) *tuning*, keduanya berurusan dengan akumulasi atau penambahan informasi yang telah dimiliki, (3) *restructuring*, yaitu pengorganisasian informasi, sehingga menghasilkan wawasan-wawasan baru (*new insight*) dan dapat digunakan dalam situasi baru.

Perluasan dan penyempurnaan pengetahuan lebih berurusan dengan akomodasi dan penstrukturan kembali pengetahuan yang telah dimiliki. Aktivitas metakognisi tersebut melibatkan pengujian secara analitik untuk menghasilkan pengalaman-pengalaman belajar sebagai berikut. (1) Membandingkan, mengidentifikasi dan mengartikulasikan persamaan dan perbedaan. (2) Mengklasifikasi, mengelompokkan berdasarkan ciri-ciri atau sifat-sifat tertentu. (3) Menginduksi,

menyimpulkan prinsip umum berdasarkan hasil observasi atau analisis hal-hal yang bersifat khusus. (4) Mendeduksi, menyimpulkan berdasarkan prinsip umum. (5) Analisis kesalahan, mengidentifikasi dan mengartikulasikan kesalahan berdasarkan refleksi diri atau berdasarkan pikiran orang lain. (6) Pengkonstruksian dukungan, membangun sistem dukungan atau bukti untuk menyatakan secara tegas. (7) Abstraksi, mengidentifikasi dan mengartikulasikan tema atau informasi yang penting-penting saja. (8) Analisis perspektif, mengidentifikasi dan mengartikulasikan perspektif seseorang terkait dengan isu di masyarakat.

Dua strategi untuk membangkitkan perluasan dan penyempurnaan pengetahuan, adalah: (1) strategi bertanya, (2) strategi mengarahkan aktivitas. Namun, dari dua strategi tersebut, strategi dengan menugaskan peserta didik untuk mengkonstruksi sendiri pertanyaan berikut jawabannya akan lebih bermanfaat dalam proses perluasan dan penyempurnaan pengetahuan.

Strategi bertanya memiliki tiga fungsi, yaitu: (1) membangkitkan berpikir ilmiah, (2) mengembangkan budaya akademik, (3) pertanyaan-pertanyaan terbuka dapat mengembangkan berpikir analitik.

Contoh-contoh pertanyaan untuk membangkitkan kompetensi perluasan dan penyempurnaan pengetahuan, adalah sebagai berikut. (1) Pertanyaan untuk membangkitkan kemampuan membandingkan: Apa perbedaan dan persamaan antara gerakan apel yang jatuh dengan gerakan sepeda motor di jalan raya? (2) Pertanyaan untuk mengembangkan kemampuan mengklasifikasi: Bagaimana mengelompokkan zat berdasarkan wujudnya? (3) Pertanyaan untuk membangkitkan kemampuan induksi: Berdasarkan fakta tersebut, apa yang dapat disimpulkan? (4) Pertanyaan untuk mengembangkan kemampuan deduksi: Berdasarkan kesimpulan bahwa kuadrat periode ayunan bandul berbanding lurus dengan panjang tali dan berbanding terbalik dengan percepatan gravitasi, apa yang dapat diprediksi? Jika pada tekanan 1 atm air dipanaskan hingga 100°C , apa yang akan terjadi? (5) Pertanyaan untuk mengembangkan kemampuan menganalisis kesalahan: Sejauh mana ketepatan pengukuran percepatan gravitasi bumi dapat dibuktikan? (6) Pertanyaan untuk mengembangkan kemampuan mengkonstruksi dukungan: Argumen apa yang dapat mendukung kuantisasi energi yang diungkapkan oleh Planck? Asumsi apa yang mendasari asas perpadanan momentum sudut Bohr? (7) Pertanyaan untuk mengembangkan kemampuan abstraksi: apa yang dapat dijelaskan dari eksperimen Compton? (8) Pertanyaan untuk membangkitkan kemampuan analisis perspektif: Berdasarkan pandangan kuantum, bahwa partikel berenergi lebih kecil dari potensial penghalang

akan berpeluang dipantulkan dan ditransmisikan. Mengapa?

Strategi mengarahkan aktivitas dapat didesain oleh guru dalam bentuk panduan belajar yang memiliki langkah-langkah heuristik praktis dan mudah dikerjakan. Misalnya, menggunakan teks dan LKS fisika model perubahan konseptual [17]. Langkah-langkah tersebut hendaknya menyelipkan materi pelajaran secara eksplisit. Tujuannya, adalah membantu peserta didik memperdalam pengetahuan fisika, membantu peserta didik lebih banyak mengerjakan tugas-tugas yang melibatkan informasi konseptual (deklaratif) dan prosedural tentang materi fisika, membantu peserta didik untuk mempercepat transfer keterampilan dalam melakukan perluasan dan penyempurnaan pengetahuan fisika yang telah dikonstruksinya, dan akhirnya memahami nilai atau kebermanfaatannya fisika untuk hidup dan kehidupan kini dan di masa yang akan datang.

7. Strategi Penggunaan Pengetahuan Secara Bermakna

Pada umumnya, pengkonstruksian pengetahuan terjadi karena didorong oleh keinginan untuk menggunakan pengetahuan tersebut secara bermakna. Penggunaan pengetahuan secara bermakna meliputi: (1) Pengambilan keputusan, (2) investigasi, (3) penelitian eksperimen, (4) pemecahan masalah, dan (5) invensi.

Pengambilan keputusan (*desision making*) sangat penting dalam kehidupan, karena setiap hari manusia harus melakukannya. Oleh sebab itu, dalam pembelajaran, peserta didik seyogyanya difasilitasi untuk berlatih dalam pengambilan keputusan. Pertanyaan-pertanyaan contoh yang dapat membangkitkan kemampuan pengambilan keputusan, adalah: (1) Apa cara terbaik untuk melakukan pengukuran terhadap besarnya percepatan gravitasi bumi di permukaan bumi? (2) Mana di antara metode pengukuran koefisien gesekan yang paling presisi?

Investigasi (*investigation*) memiliki tiga tipe dasar [18], yaitu: (1) *definitional investigation*, (2) *historical investigation*, dan (3) *projective investigation*.

Definitional investigation, dapat dikembangkan dengan pertanyaan-pertanyaan yang menuntut jawaban menyebutkan definisi konsep. Tipe investigasi ini hendaknya lebih diarahkan pada konsep-konsep yang penting yang nantinya dapat mendasari pemahaman. Misalnya, apa yang dimaksud dengan kelembaman? Bagaimana sifat-sifat gas ideal?

Historical investigation, dapat dikembangkan dengan pertanyaan-pertanyaan yang jawabannya menuntut kemampuan mengidentifikasi. Tipe investigasi ini merupakan dasar untuk memahami fenomena yang lampau. Misalnya, mengapa teori

Releigh-Jean gagal menjelaskan intensitas radiasi benda hitam? Mengapa muncul teori kuantum? Bagaimana efek foto listrik dapat menjelaskan teori kuantum? Fakta empiris yang bagaimana yang dapat mengajak peserta didik menerapkan pengetahuan bahwa "foton memiliki momentum?" *Projective investigation*, dapat dikembangkan dengan pertanyaan-pertanyaan yang menuntut jawaban pada level kemampuan memprediksi. Tipe investigasi ini lebih banyak berurusan dengan perumusan hipotesis. Misalnya, Apabila logam dipanaskan, maka akan memuai. Kompetensi peserta didik yang dikembangkan tidak sekadar menghafal hipotesis tersebut, tetapi yang lebih penting adalah peserta didik mampu menjelaskan, mengapa demikian? Tentunya, untuk mampu menjelaskan, peserta didik perlu melakukan investigasi.

Ketiga tipe investigasi tersebut melibatkan tiga aktivitas ilmiah yang hirarkhis, yaitu: (1) mengidentifikasi konsep, kejadian masa lampau, hipotesis, (2) mengidentifikasi kontradiksi yang menuntut solusi, dan (3) solusi kontradiksi yang telah teridentifikasi.

Apabila ketiga unsur investigasi tersebut dilakukan oleh peserta didik, maka mereka akan mampu melakukan perubahan paradigma. Perubahan paradigma tersebut dilakukan untuk mampu menggunakan pengetahuan secara bermakna dalam proses investigasi.

Penelitian eksperimen (*experimental inquiry*) melibatkan aktivitas-aktivitas observasi, analisis, prediksi, pengujian, dan evaluasi. Sebagai contoh, berikut disajikan dua ilustrasi yang mampu memfasilitasi peserta didik menggunakan pengetahuan secara bermakna melalui aktivitas penelitian eksperimen.

Pertama, peserta didik mengamati air dalam panci dangkal yang semalam menguap. Peserta didik dianjurkan menganalisis fenomena tersebut dan menjelaskan mengapa terjadi? Selanjutnya, mereka akan membuat ramalan, apa yang akan terjadi pada kondisi tertentu? Untuk menguji ramalan tersebut, peserta didik dianjurkan melakukan eksperimen.

Kedua, seorang peserta didik berada dalam lift, pada saat lift dipercepat ke atas, dia merasakan beratnya bertambah, sebaliknya ketika lift dipercepat ke bawah, dia merasakan beratnya berkurang. Apakah berat badan bisa berubah-ubah sedemikian rupa? Bagaimana peserta didik menjelaskan fenomena tersebut? Peserta didik dianjurkan untuk membuat ramalan tentang sebuah obyek pada situasi tertentu beratnya berubah-ubah, dan diarahkan untuk merancang dan melakukan eksperimen untuk menguji ramalan tersebut. Hasil pengujian hendaknya dideskripsikan, apakah sesuai atau tidak dengan ramalan sebelumnya. Peserta didik diharapkan melakukan diskusi kelompok dan

terakhir diskusi kelas tentang deskripsi yang telah diformulasikan.

Pemecahan masalah dapat dikembangkan dengan model pertanyaan: Bagaimana saya dapat mengatasi hambatan ini? Bagaimana saya dapat mencapai tujuan dalam kondisi seperti ini? Intinya, kompetensi pemecahan masalah, adalah suatu proses untuk mencapai tujuan yang dihadapi oleh hambatan atau dibatasi oleh kondisi tertentu. Untuk mencapai tujuan tersebut, peserta didik dilatih menggunakan keterampilan berpikir yang meliputi tingkatan-tingkatan berpikir *retention, basic, critical, dan creative* [25]. Semakin tinggi tingkatan berpikir seseorang, semakin besar peluangnya untuk memiliki kemampuan pemecahan masalah.

Proses pemecahan masalah mencakup empat tahapan, (1) menspesifikasi tujuan, (2) mengidentifikasi hambatan, (3) mengidentifikasi cara-cara alternatif untuk mencapai tujuan, dan (4) melakukan seleksi satu alternatif sekaligus menguji cobakannya.

Invensi adalah proses menciptakan produk. Pertanyaan-pertanyaan yang dapat memandu peserta didik mengembangkan kompetensi invensi, adalah: Apa yang Anda dapat ciptakan? Apa cara baru yang Anda bisa gunakan? Apa cara yang lebih baik untuk mengatasi masalah tersebut?

Proses invensi lebih menekankan menciptakan hal-hal baru. Invensi lebih berorientasi pada produk. Oleh sebab itu, kriteria spesifik sangat dibutuhkan. Peserta didik sebagai calon inventor secara bebas dapat merubah kriteria tersebut sesuai dengan kebutuhannya. Invensi melibatkan: konsepsi, pengembangan, dan penyempurnaan produk. *Project-based learning* sangat potensial untuk memfasilitasi peserta didik mengembangkan kemampuan invensi [17].

Untuk mengembangkan kemampuan peserta didik menggunakan pengetahuan secara bermakna, guru dapat merancang tugas-tugas bermakna. Tugas-tugas bermakna mengandung dua pengertian. Pertama, peserta didik mengontrol sendiri pembelajarannya berdasarkan tugas-tugas tersebut. Maksudnya, peserta didik mengidentifikasi pertanyaan dan menjawab, guru dan peserta didik mendiskusikan isu yang termuat dalam pertanyaan, peserta didik mengkonstruksi tugas-tugas secara tepat. Kedua, peserta didik mengontrol sendiri hasil belajarnya. Maksudnya, peserta didik menulis laporan terkait dengan tugas-tugas yang telah dikonstruksi, melaporkan secara lisan, melakukan diskusi panel dan debat ilmiah, mengevaluasi dan merefleksi laporannya untuk diperbaiki dan dilengkapi

Ada lima langkah alternatif dalam mengemas tugas-tugas bermakna, yaitu: (1) guru memperkenalkan proses kepada peserta didik dengan mendeskripsikan dan mendemonstrasikan langkah-langkah dalam proses tersebut, menjelaskan kapan proses tersebut digunakan,

memberi nama proses tersebut, (2) peserta didik mencoba sendiri melakukan demonstrasi atau eksperimen, (3) peserta didik diajak berdiskusi dalam kelompok kooperatif, (4) peserta didik bisa merubah strategi belajarnya berdasarkan hasil refleksi atau diskusi kelompok mereka, (5) peserta didik mencoba proses yang dimodifikasi dan merefleksi kembali hasil-hasilnya. Apabila proses-proses tersebut tidak menghasilkan kinerja yang bermakna, maka guru hendaknya segera memberikan panduan khusus dengan tugas-tugas yang lebih terstruktur.

8. Strategi Pembiasaan Berpikir Efektif dan Produktif

Peserta didik tidak bisa belajar fisika hanya untuk sekadar mengetahui, bahkan jika mereka bisa sekalipun, mereka segera lupa, karena pada umumnya peserta didik mudah melupakan konsep-konsep fisika yang mereka tidak pernah gunakan dalam hidupnya. Memperoleh pengetahuan fisika sangat penting, tetapi tidak akan menjadi lebih penting dalam proses pendidikan. Yang terpenting, adalah membantu peserta didik mengembangkan pembiasaan berpikir yang membantu mereka belajar sendiri tentang konsep-konsep, prinsip-prinsip, hukum, teori, dan nilai yang dibutuhkan dalam kehidupannya sekarang dan yang akan datang. Proses ini diistilahkan pembiasaan berpikir produktif (*productive habits of mind*).

Pembiasaan berpikir produktif mencakup: pengaturan diri (*self regulation*), berpikir kritis (*critical thinking*), dan berpikir kreatif (*creative thinking*) [24].

Ciri-ciri kompetensi pengaturan diri, adalah: kesadaran diri, suka berencana, paham terhadap sumber-sumber yang dibutuhkan, sensitif terhadap balikan, sanggup mengevaluasi keefektifan tindakan sendiri.

Ciri-ciri kompetensi berpikir kritis, adalah: cermat dan teliti, suka mengklarifikasi, terbuka, emosi stabil, segera mengambil langkah-langkah ketika situasi membutuhkan, suka menuntut, menghargai perasaan dan pendapat orang lain.

Ciri-ciri kompetensi berpikir kreatif, adalah: ulet mengerjakan tugas-tugas, menyadari keterbatasan pengetahuan dan kemampuan dirinya, memiliki standar pribadi untuk dicapai dalam belajar, membangkitkan cara-cara baru untuk mencapai standar.

Pembiasaan berpikir produktif sangat bersinergi dengan sikap dan persepsi positif terhadap belajar yang sama-sama berpengaruh positif terhadap perolehan dan pengintegrasian pengetahuan, perluasan pengetahuan, dan penggunaan pengetahuan secara bermakna. Tanpa berpikir produktif atau sikap dan persepsi positif terhadap belajar, maka *ivent* belajar akan terjadi dalam kuantitas dan kualitas yang amat terbatas.

Oleh sebab itu, pengembangan pembiasaan berpikir produktif atau sikap dan persepsi positif terhadap belajar hendaknya menjadi perhatian utama bagi para Guru dalam rangka mengakomodasi pengembangan dimensi belajarlainnya.

Dalam pembelajaran fisika, pembiasaan berpikir produktif dapat dikembangkan dengan cara memperkenalkan kepada peserta didik tentang ciri-ciri pembiasaan berpikir produktif. Hal ini penting, karena kompetensi tersebut tidak segera dapat diamati pada orang lain. Guru dapat menggunakan pendekatan historis, yaitu mendiskusikan riwayat hidup tokoh-tokoh positif yang terkenal di bidang fisika. Hal-hal yang diperkenalkan adalah berkaitan dengan nilai dan budaya tokoh tersebut yang dipuji oleh masyarakat setempat. Setelah Guru memperkenalkan tokoh-tokoh tersebut, peserta didik dipersilahkan mengembangkan daftar tentang karakter-karakter yang bermanfaat bagi dirinya, misalnya perencana, jujur, kerja keras tanpa pamrih, cermat dan teliti, sensitif, dan lain-lain. Selanjutnya, Guru menyediakan kesempatan kepada peserta didik untuk menjelaskan contoh tokoh masyarakat yang mereka kenal dan mereka kagumi yang memiliki pembiasaan berpikir produktif.

Penggunaan penguatan secara tepat juga membantu proses pengembangan pembiasaan berpikir produktif peserta didik. Pujian yang tidak berlebihan kepada peserta didik yang telah menunjukkan upaya-upaya pengaturan diri yang efektif dalam pencarian sumber-sumber belajar akan mampu mengimbas peserta didik lainnya dalam proses pengembangan pembiasaan berpikir produktif. Demikian pula, strategi merespon secara positif pada peserta didik yang berhasil melakukan upaya-upaya akademik yang baik, berpikir kritis, kreatif dan cermat, akan sangat positif pengaruhnya dalam pengembangan pembiasaan berpikir produktif.

Dalam pembelajaran formal, Guru bisa menggunakan asesmen otentik, khususnya terhadap aktivitas-aktivitas penggunaan pengetahuan secara bermakna [26,27]. Cara tersebut sangat membantu peserta didik mengembangkan pembiasaan berpikir produktif. Hasil-hasil asesmen otentik tersebut hendaknya dibahas di depan kelas sebelum mengakhiri pembelajaran.

Pengaturan diri sebagai salah satu kompetensi pembiasaan berpikir produktif dapat diperkuat dengan cara membantu peserta didik dalam pencapaian tujuan-tujuan pribadinya. Rasionalnya, peserta didik paling termotivasi apabila mereka berada pada posisi mengejar tujuan-tujuan pribadinya, dan ketika itu pula dia memiliki pembiasaan berpikir produktif. Oleh sebab itu, peserta didik hendaknya didorong untuk menata tujuan-tujuan yang secara real “dapat dicapai sendiri” dan diyakinkan bahwa tujuannya tersebut sangat bermanfaat bagi pengembangan pribadinya

kelak. Bimbingan kepada peserta didik dalam pengembangan pembiasaan berpikir seyogyanya tidak hanya seputar dimensi-dimensi duniawi, tetapi yang lebih penting, adalah yang berkaitan dengan nilai yang mendorong aktivitas spiritual secara positif.

Kompetensi berpikir kritis dan kreatif sebagai aspek pembiasaan berpikir produktif dapat diperkuat dengan pemberdayaan masalah-masalah akademik. Masalah akademik memiliki tipe-tipe terstruktur. Masalah akademik memiliki tiga karakteristik yang potensial memperkuat pembiasaan berpikir kritis dan produktif. (1) Secara inheren melibatkan. Rasionalnya, bahwa pikiran manusia sangat peka terhadap pertanyaan. Pertanyaan-pertanyaan akademik secara kognitif umumnya tidak lengkap, sehingga secara alamiah dapat memotivasi peserta didik, bahkan bagi mereka yang tidak suka sekalipun akan terdorong untuk mencoba. (2) Mudah dimasukkan dalam kurikulum. Penggunaan masalah-masalah akademik dalam pembelajaran, seperti “papan buletin intraktif” dapat mengembangkan proses berpikir dalam pencapaian standar belajar. Proses pemecahan masalah dapat digunakan sebagai aktivitas-aktivitas kelas untuk meningkatkan kemampuan berpikir dan pemahaman peserta didik tentang konsep-konsep yang dipelajari. (3) Secara kognitif menantang. Pemecahan masalah-masalah akademik adalah aktivitas kognitif yang paling kompleks. Proses pemecahan masalah, menuntut peserta didik menggunakan strategi-stragi: pengembangan hipotesis, *trial and error*, menuntut tindakan-tindakan siklikal, dan membutuhkan hipotesis-hipotesis alternatif. Jadi, proses pemecahan masalah memberi peluang kepada peserta didik untuk berlatih berpikir kritis dan kreatif.

9. Penutup

Berdasarkan deskripsi konseptual inovasi pembelajaran fisika berbasis dimensi belajar yang telah diuraikan di atas, dapat ditarik 3 (tiga) simpulan sebagai berikut.

Pertama, belajar fisika merupakan proses yang menantang, seseorang dikatakan belajar apabila dia mampu keluar dari zone nyaman sebagai akibat dorongan hati untuk melakukan olah pikir, rasa, dan raga dalam rangka mengembangkan pemahaman fisika secara mendalam.

Kedua, proses belajar tidaklah sekali jadi, tetapi merupakan proses berkelanjutan yang diwarnai oleh perubahan konsepsi sebagai akibat hasil interaksi dengan lingkungan belajar. Perubahan konsepsi tumbuh sejak peserta didik termotivasi untuk membuat komitmen berubah sikap dan perspektif dari negatif dan rigid menjadi positif dan fleksibel, melakukan upaya-upaya metakognisi yang membuat dirinya tertantang

untuk mengintegrasikan pengetahuan baru ke pengetahuan yang telah dimiliki, melakukan perluasan dan penyempurnaan pengetahuan yang telah dikonstruksi, menggunakan pengetahuan secara bermakna, dan melakukan pembiasaan berpikir produktif. Perubahan-perubahan konsepsi tersebut didorong oleh pemahaman dan digunakan untuk mengkonstruksi pemahaman baru dalam rangka mengembangkan wawasan dan meraih kearifan. Kompetensi-kompetensi tersebut sangat penting untuk menunjang kebutuhan hidup bagi peserta didik sebagai individu dan masyarakat, dan kebutuhan pengembangan spiritualnya.

Ketiga, untuk mencapai proses dan hasil perubahan konsepsi tersebut, pembelajaran fisika seyogyanya secara intensif dirancang, dikembangkan, diterapkan, dikelola, dan dievaluasi berbasis dimensi belajar dengan berorientasi pada pengakomodasian perubahan konseptual peserta didik, baik yang menyangkut aspek-aspek duniawi, maupun yang menyangkut dimensi-dimensi spiritual. Oleh sebab itu, Guru dan Calon Guru Fisika hendaknya memiliki pemahaman, wawasan, dan kearifan terhadap *content knowledge* (konsep dan prinsip fisika, hubungan antar konsep, dan cara memperolehnya), *pedagogical knowledge* (perkembangan otak, sains kognitif, pembelajaran kolaboratif, diskusi kelas, pengelolaan kelas, aturan-aturan sekolah), dan *pedagogical content knowledge* (kurikulum fisika, kesulitan peserta didik, strategi-strategi pembelajaran yang efektif terutama untuk konsep-konsep tertentu, dan metoda asesmen) yang di dalamnya secara eksplisit memuat pendidikan nilai.

Daftar Acuan

- [1]. Brooks, J. G., & Brooks, M. G. 1993. *In search of understanding: The case for constructivist classrooms*. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- [2]. Jonassen, D. H. 1999. Designing constructivist learning environments. Dalam Reigeluth, C. M. (Ed.): *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory*, volume II. 215-239. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publisher.
- [3]. Mayer, R. E. 1999. Designing instruction for constructivist learning. Dalam Reigeluth, C. M. (Ed.): *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory*, volume II. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publisher.
- [4]. Morrison, D., & Collins, A. 1996. Epistemic fluency and constructivist learning environments. Rich environments for active learning in the higher education classroom. Dalam Wilson, B. G. (Ed.): *Constructivist learning environment: Case studies in instructional design*. 107-119. New Jersey: Educational Technology Publications Englewood Cliffs.
- [5]. Riesbeck, C. K. 1996. Case-base teaching and constructivism: Carpenters and tools. Dalam Wilson, B. G. (Ed.): *Constructivist learning environment: Case studies in instructional design*. 49-61. New Jersey: Educational Technology Publications Englewood Cliffs.
- [6]. Heinich, R., Molenda, M., Russell, J. D., & Smaldino, S. E. 2002. *Instructional media and technology for learning, 7th edition*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- [7]. Gardner, H. 1999(a). *The discipline mind: What all students should understand*. New York: Simon & Schuster Inc.
- [8]. Perkin, D. N., & Unger, C. 1999. Teaching and learning for understanding. Dalam Reigeluth, C. M. (Ed.): *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory*, volume II. 91-114. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publisher.
- [9]. Gardner, H. 1999(b). *Intelligence reframed: Multiple intelligences for the 21st century*. New York: Basic Books.
- [10]. Longworth, N. 1999. *Making lifelong learning work: learning cities for a learning century*. London: Kogan page imited.
- [11]. Willis, J. 2000. The maturing of constructivist instruction design: Some basic principles that can guide practice. *Educational Technology*, 40(1). 5-16.
- [12]. Yulaelawaty, E. 2002. Karakteristik pembelajaran MIPA berdasarkan Kurikulum Berbasis Kompetensi. *Makalah*. Disajikan pada seminar pembelajaran MIPA di FPMIPA IKIP Negeri Singaraja, 21 Desember 2002.
- [13]. Wenning, C. J. 2006. A framework for teaching the nature of science. *Journal of Physics Teacher Education Online*. 3(3). 3-10. Available at: <http://www.phy.ilstu.edu/jpteo>
- [14]. Steinbach, R. 2002. *Successful lifelong learning*. Alih bahasa: Kumala Insiwi Suryo. Jakarta: PPM.
- [15]. Novak, J. D., & Gowin, D. B. 1985. *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- [16]. Costa, A. L., (Ed.). 1999. *Teaching for intelligence*. Arlington Heights, Illinois: Skylight Training and Publishing, Inc.
- [17]. Santyasa, I W. 2005. Pembelajaran inovatif: Model kooperatif dan basis proyek. *Makalah*. Disajikan dalam seminar di Jurusan Pendidikan Kesejahteraan Keluarga Fakultas Pendidikan Teknologi Kejuruan IKIP Negeri Singaraja, Tanggal 17 Desember 2005, di Singaraja
- [18]. Marzano, R. J. 1992. *A different kind of classroom: teaching with dimensions of learning*. Alexandria: The Association for Supervision and Curriculum Development.
- [19]. Santyasa, I W. 2004(a). Desain pembelajaran berbasis model SOI. *Makalah*. Disajikan dalam seminar tentang "Pengembangan rancangan penelitian perbaikan PBM Jurusan Teknologi Pendidikan IKIP Negeri Singaraja", pada tanggal 8 April 2004, di Singaraja.
- [20]. Santyasa, I W., Suardana, I K., Tanthris, N. K., Suarti, N. K., & Paryawati, N. P. A. 2008. Penerapan model ICI untuk perbaikan miskonsepsi, pemahaman konsep, dan kemampuan pemecahan masalah siswa kelas X SMAN I Singaraja. *Jurnal IKA*. 6(2).

- [21]. Santyasa, I W. 2009. Interaksi model perubahan konseptual dan investigasi kelompok dalam pencapaian pemahaman konsep dan kemampuan pemecahan masalah fisika bagi siswa SMA. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*. 3(1).
- [22]. Santyasa, I W., Marhaeni, A. A. I. N., & Suastra, I W. 2011. Validasi perangkat pembelajaran sains bermuatan peta konsep dan model perubahan konseptual. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*. 5(1).
- [23]. Marzano, R.J., Brandt, R.S., Hughes, C.S., Jones, B.F., Presseisen, B.Z., Rankin, S.C., & Suhor, C. 1988. *Dimensions of thinking: A framework for curriculum and instruction*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.
- [24]. Santyasa, I W. 2003. Pembelajaran berbasis keterampilan berpikir sebagai alternatif implementasi KBK. *Makalah*. Disajikan dalam Seminar Nasional Teknologi Pembelajaran, 22-23 Agustus 2003, Di Hotel Inna Garuda Yogyakarta.
- [25]. Santyasa, I W. 2004(b). Model problem solving dan reasoning sebagai alternatif pembelajaran inovatif. *Makalah*. Disajikan dalam Konvensi Nasional Pendidikan Indonesia (Konaspi) V pada tanggal 5-9 Oktober 2004, di Hotel Sang Rila Surabaya.
- [26]. Hillis, P. 2005. *Assessing investigative skill in history: A case study from Scotland*. <http://www.historycooperative.org/journals/ht/38.3/hillis.html>
- [27]. Suit, J. P. 2006. Assessing investigative skill development in inquiry-based and traditional college science laboratory courses. <http://www.findarticles.com/p/articles/miqa3667/is200410/ain9423300/print>
- [28]. Abern, A. J. & Rindell. 1999. Applying inquiry-based and cooperative group learning strategies to promote critical thinking: training students' mind & improving their intellect to become informed members of society. *Journal of College Science Teaching*. 28(3). 203-207.
- [29]. Arends, R. I. 1998. *Learning to teach*. Singapore: McGraw-Hill book Company.
- [30]. Arends, R. I. 1997. *Classroom instruction and management*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- [31]. Arends, R. I., Wenitzky, N. E., & Tannenboum, M. D. 2001. *Exploring teaching: An introduction to education*. New York: McGraw-Hill Companies.
- [32]. Aufschnaiter, C. V., & Rogge, C. 2010. Misconceptions or missing conceptions? *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Educatio*. 6(1). 3-18. 1305-8223. Diakses pada tanggal 25 Agustus 2011 dari http://www.ejmste.com/v6n1/EURASIA_v6n1_Aufschneider.pdf.
- [33]. Bennett, B., Bennett, C. R., & Stevahn, L. 1991. *Cooperative learning: Where heart meets mind*. Washington City: Professional Development Associates, Bothell.
- [34]. Cooper, J. L., Robinson, P., & Miyazaki, Y. 1999. Promoting core skills through cooperative learning. Dunne, A. (Ed.): *The learning society*. 140-148. London: Kogan Page Limited.
- [35]. Dole, J. A. & Sinatra, G. M. 1998. Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist*, 33(2/3), 109-128.
- [36]. Gardner, H. 1991. *The unschooled mind: How children think and how schools should teach*. New York: Basic Books.
- [37]. Gönen, S. 2008. A study of student teachers' misconceptions and scientifically acceptable conceptions about mass and gravity. *Journal of Science Education and Technology*. 17. 70-81.
- [38]. Hill, S., & Hill, T. 1993. *The collaborative classroom: A guide to co-operative learning*. Malvem Rood Australia: Eleanor Curtain Publishing.
- [39]. Jacobs, G. M., Lee, G. S., & Ball, J. 1996. *Learning Cooperative Learning via Cooperative Learning: A Sourcebook of Lesson Plans for Teacher Education on Cooperative Learning*. Singapore: SEAMEO Regional Language Center.
- [40]. Krause, S., Kelly, J., Tasooji, A., Corkins, J., Baker, D., Purzer, S. 2010. Effect of pedagogy on conceptual change in an introductory materials science course. *International Journal Engineering Education*. 26(4). 869-879. Diakses pada tanggal 25 Agustus 2011 dari <http://www.jacquelynkelly.com/files/IJEE10PED.pdf>.
- [41]. Krulik, S., & Rudnick, J. A. 1996. *The new sourcebook for teaching reasoning and problem solving in Junior and Senior High School*. Boston: Allyn and Bacon.
- [42]. Kurnaz, M. A. 2008. Using different conceptual change methods embedded within the 5E model: a sample teaching for heat and temperature. *Journal of Physics Teacher Education Online*. 5(1). 3-10.
- [43]. Lewis, A. & Smith, D. 1993. Defining higher order thinking. Dalam Donmoyer, R. & Merryfield, M. M. (Eds): *Theory into practice: Teaching for higher order thinking*. 32(3). 131-137.
- [44]. Lundgren, L. 1994. *Cooperative learning in the science classroom*. New York: McGraw-Hill.
- [45]. Marzano, R. J. 1993. How classroom teachers approach the teaching of thinking. Dalam Donmoyer, R., & Merryfield, M. M (Eds.): *Theory into practice: Teaching for higher order thinking*. 32(3). 154-160.
- [46]. Nelson, L. M. 1999. Collaborative problem solving. Dalam Reigeluth, C. M.(Ed.): *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory*, volume II. 241-292. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- [47]. Qin, Z., Johnson, D. W., & Johnson, R. T. 1995. Cooperative versus competitive efforts and problem solving. *Review of Educational Research*. 65(2). 129-143.
- [48]. Schamel, D., & Ayres, M. P. 1992. The mind-on approach: Student creativity and personal involvement in the undergraduate science laboratory. *Journal of Collage Science Teaching*, 21. 226-229.
- [49]. Simon, H. A. 1996. *The science of the artificial*. Third edition. London: The MIT Press.
- [50]. Slavin, R. E. 1995. *Cooperative learning*. Second edition. Boston: Allyn and Bacon.
- [51]. Zhou, G. 2010. Conceptual change in science: A process of argumentation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. 6(2). 101-110. Diakses pada tanggal 25 Agustus 2011 dari http://www.ejmste.com/v6n2/EURASIA_v6n2.pdf.