

Pemahaman Konsep dan Kemampuan Penyelesaian Masalah dalam Pembelajaran Fisika

Eko Sujarwanto^{1*}

¹Pendidikan Fisika, Universitas Siliwangi

*e-mail: eko.sujarwanto@unsil.ac.id

Abstrak: Hakikat Fisika mempunyai tiga lingkup yaitu sebagai produk, sebagai proses, dan sebagai sikap. Tujuan pembelajaran fisika yang berakar dari hakikat fisika memiliki implikasi bagi pelaksanaan pembelajaran fisika yaitu membantu siswa membangun pengetahuan fisika, membantu siswa membangun kemampuan penyelesaian masalah, dan mengenalkan siswa pada budaya ilmiah. Artikel ini mengkaji tentang pemahaman konsep dan penyelesaian masalah dalam konteks pembelajaran fisika. Model dan strategi pembelajaran terkait pemahaman konsep serta penyelesaian masalah juga dikaji. Artikel ini menyarankan indikator untuk mengukur kemampuan penyelesaian masalah dan strategi pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan penyelesaian masalah.

Kata kunci: pemahaman konsep, penyelesaian masalah, pembelajaran fisika

Pendahuluan

Fisika muncul dan berkembang melalui observasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, pengujian hipotesis melalui eksperimen, penarikan simpulan, dan penemuan teori/konsep (Santrock, 2011). Fisika mempunyai tiga lingkup yaitu sebagai produk, sebagai proses, dan sebagai sikap (Ryder & Leach, 1999). Fisika sebagai produk adalah kumpulan pengetahuan yang terdiri dari fakta, konsep, teori, prinsip, dan model. Fisika sebagai proses adalah keterampilan yang dimiliki oleh ilmuwan untuk menghasilkan produk sedangkan sebagai sikap adalah perilaku berdasarkan keyakinan yang dimiliki oleh ilmuwan dalam proses menghasilkan produk. Pembelajaran fisika sebaiknya memperhatikan *Nature of Science* sebagai proses, produk, dan sikap.

Sejalan dengan hakikat fisika, pembelajaran fisika hendaknya juga berlandaskan pada konstruktivisme. Inti dari konstruktivisme adalah pengetahuan tidak dapat dikirimkan atau diamati saja. Manusia harus mengonstruksi pengetahuan sebagai hasil dari proses kognitif yang melibatkan kemampuan berpikir (Gerace & Beatty, 2005). Menurut Gerace & Beatty (2005), konstruktivisme sebagai

dasar dalam pembelajaran memiliki dasar pikiran 1) pengetahuan dikonstruksi oleh siswa, 2) pengetahuan awal memiliki dampak pada pembelajaran, 3) konstruksi pengetahuan membutuhkan kegiatan yang memiliki tujuan dan usaha, 4) pemahaman awal dari sebuah konsep adalah berasal dari lingkungan kontekstual.

Pembelajaran fisika yang konstruktivis diharapkan membuat siswa terlibat aktif serta menjadi pusat kegiatan belajar dan pembelajaran dengan bantuan dari guru. Siswa dalam pembelajaran yang konstruktivis mencoba memahami pengetahuan baru dengan pengetahuan yang telah ada melalui kegiatan mental aktif (Redish, 2004). Siswa aktif membangun pengetahuan bagi siswa sendiri (Geary, 1995). Siswa mengenali, menyusun, mengembangkan kembali, dan mengubah pengetahuan awal melalui interaksi antara lingkungan, kegiatan kelas dan pengalaman, serta dengan siswa lain (Ergin, 2012). Pembelajaran yang demikian diharapkan dapat mencapai tujuan pembelajaran fisika.

Tujuan pembelajaran fisika yang berakar dari hakikat fisika memiliki implikasi bagi pelaksanaan pembelajaran fisika. Pelaksanaan pembelajaran fisika

hendaknya mampu mengakomodasi tujuan pembelajaran fisika. Yerushalmi dkk (2010) menunjukkan bahwa tujuan pembelajaran fisika adalah membantu siswa membangun pengetahuan fisika, membantu siswa membangun kemampuan penyelesaian masalah, dan mengenalkan siswa pada budaya ilmiah.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penulisan adalah kajian pustaka. Pustaka yang dikaji adalah buku dan artikel penelitian. Buku yang dikaji terkait dengan Psikologi Pendidikan, Konten Fisika, serta Pengajaran dan Pembelajaran. Artikel penelitian yang dikaji adalah artikel terkait dengan strategi penyelesaian masalah, pemahaman konsep, dan model pembelajaran.

Hasil dan Pembahasan

Pemahaman Konsep

Jamak diketahui bahwa siswa, mahasiswa, dan bahkan guru masih mengalami kesulitan memahami konsep-konsep dasar fisika (Etkina, dkk., 2017). Bahkan, bisa terjadi apa yang dipercaya bahwa seseorang telah memahami konsep suatu topik dengan benar padahal sebenarnya masih belum tepat. Misalnya, musim panas terjadi karena letak Bumi lebih dekat ke matahari, atau juga, gaya gesek pada roda mobil yang sedang berjalan adalah gaya gesek kinetis. Hal demikian adalah kesulitan konseptual. Kesulitan konseptual ini bisa disebut juga miskonsepsi, konsepsi naïf (*naïve conception*), atau konsepsi alternatif (Docktor & Mestre, 2014). Sedangkan, pemahaman konseptual adalah pemahaman konsep yang diterima dan sesuai dengan bentuk ilmiah yang sebenarnya (Docktor & Mestre, 2014).

Pemahaman konseptual dan prestasi ranah kognitif Bloom adalah hal yang berbeda. Ada yang berpendapat bahwa pemahaman konseptual sama dengan prestasi yang terkait dengan ranah kognitif dalam taksonomi Bloom. Ranah kognitif dalam taksonomi Bloom adalah bagian dari hasil belajar yang memiliki tingkat klasifi-

kasi. Tiap tingkatan dalam ranah kognitif taksonomi Bloom tersusun secara hirarkis dari tingkat yang sederhana ke tingkat yang lebih kompleks (Krathwohl, 2002). Taksonomi Bloom menggambarkan proses kognitif. Pemahaman konseptual sendiri adalah pemahaman konsep yang terkait dengan kebenaran secara ilmiah (Docktor & Mestre, 2014). Jika seseorang memiliki pemahaman yang tidak sesuai dengan kebenaran ilmiah maka dapat dikatakan mengalami miskonsepsi.

Kesulitan-kesulitan yang dialami siswa merupakan hal yang menjadi perhatian peneliti pendidikan fisika (diSessa dkk., 2004; Gupta, dkk., 2010). Penelitian-penelitian pada topik pemahaman konsep antara lain berusaha mencari jawaban timbulnya kesulitan konseptual pada siswa. Jawaban pertanyaan itu coba dijelaskan dengan teori *resource* (Hammer, 2000; diSessa & Sherin, 1998) dan teori miskonsepsi (McDermott, 1984; Clement, 1982). Kedua teori tersebut berusaha menjelaskan bagaimana terjadinya kesulitan konseptual, pembangunan konsep, dan perubahan konseptual.

Teori miskonsepsi memandang bahwa saat siswa memperoleh pengetahuan tentang alam lingkungannya, mereka membangun "*naïve theories*" tentang bagaimana mekanisme alam lingkungannya bekerja (McDermott, 1984). "*Naïve theories*" yang dibangun siswa terkadang mengandung miskonsepsi yang berlawanan dengan konsep ilmiah. Teori miskonsepsi juga berpendapat bahwa siswa membawa pengetahuan mereka sendiri saat mengikuti pelajaran yang mana guru bisa membelajarkan konsep ilmiah yang sesuai. Misalnya, siswa mengamati bahwa daun jatuh lebih lambat daripada buah yang jatuh dari pohon, dan dari kejadian ini serta bisa saja dengan pengamatan yang sejenis, siswa akan mengambil kesimpulan bahwa benda yang lebih berat akan jatuh lebih cepat daripada benda yang lebih ringan. Miskonsepsi dipandang sebagai entitas yang stabil dan digunakan untuk berlogika atau bernalar untuk peristiwa yang sama tapi berbeda konteks.

Teori miskonsepsi membagi miskonsepsi menjadi tiga kualitas. Pembagian itu berdasarkan seberapa dalam miskonsepsi itu tertanam dalam cara berpikir siswa dan kecenderungan untuk menghilangkannya. Tiga pembagian kualitas miskonsepsi adalah: (a) miskonsepsi tercampur dengan konsepsi ilmiah yang guru coba ajarkan dalam kelas, (b) miskonsepsi sangat tertanam dalam cara berpikir siswa. Kualitas miskonsepsi seperti itu bisa tertanam dengan alasan waktu dan usaha dalam menyusun konsepsi. Pembagian miskonsepsi yang terakhir adalah (c) miskonsepsi yang sulit dihilangkan.

Teori miskonsepsi memandang adanya aspek ketidakpuasan saat terjadi perubahan konseptual. Teori miskonsepsi menerima bahwa tingkat ketidakpuasan diperlukan seseorang untuk mengganti sebuah miskonsepsi dengan sebuah bentuk konsep ilmiah yang lebih tepat (Docktor & Mestre, 2014). Tingkat ketidakpuasan ini penting dalam perubahan konseptual dan bisa menunjukkan bahwa siswa juga mengalami proses berpikir ilmiah.

Teori *resource* memandang berbeda tentang konsep. *Resource* adalah satuan kecil dari keyakinan atau pemikiran yang benar berdasarkan konteks di mana pemikiran diterapkan (Hammer, 2000). Teori *resource* sama dengan teori kepingan pengetahuan, *knowledge in pieces* (diSessa & Sherin, 1998; Hammer, 1996). Teori kepingan pengetahuan memandang pengetahuan siswa terdiri atas bagian-bagian yang lebih kecil yang belum tentu disatukan dalam konsep yang lebih besar. Teori *resource* menyatakan bahwa siswa mengaktifkan satu pengetahuan/konsep untuk beberapa pengetahuan lain sebagai bentuk respon dari konteks dan bernalar dengan menggunakan satu konsep itu. *Resource* pengetahuan dapat digunakan sebagai titik awal memulai pembelajaran konsep baru (Hammer, 2000).

Ada 2 perbedaan pandangan antara teori miskonsepsi dengan teori *resource*. Pertama, teori miskonsepsi memandang bahwa miskonsepsi adalah susunan struktur kognitif yang digunakan seseorang untuk bernalar tentang situasi

(Docktor & Mestre, 2014). Hal ini berarti seseorang harus menunjukkan konsistensi dalam menggunakan miskonsepsi pada situasi yang berbeda-beda. Namun, teori *resource* mendapati bahwa sedikit perbedaan pada konteks fisika dapat menyebabkan perbedaan jawaban, bernalar, dan penjelasan yang sangat berbeda. Adanya perbedaan ini berarti pengetahuan pemula (*novice knowledge*) sangat tergantung pada konteks dan tidak konsisten seperti yang diungkapkan oleh teori miskonsepsi. Kedua, walau teori miskonsepsi menyatakan bahwa miskonsepsi dibangun sepanjang waktu berdasarkan pengalaman dan pengamatan, namun teori miskonsepsi tidak memberikan penjelasan bagaimana miskonsepsi bisa berubah menjadi konsep ilmiah yang benar.

Pemahaman konsep terkait dengan teori kognitif. Teori kognitif memandang pembentukan konsep sebagai bagian dari pemrosesan informasi. Model pemrosesan informasi menjelaskan bahwa informasi-informasi yang diperoleh oleh manusia akan tersimpan dalam *long-term memory* jika disampaikan secara bermakna (Moreno, 2010). Selanjutnya informasi-informasi tersebut akan menjadi pengetahuan. Pengetahuan dalam *long-term memory* dapat direpresentasikan melalui *schema*, *proposition*, dan *image* (Moreno, 2010). Ketiganya disebut representasi mental. Representasi mental yang dikaji di artikel ini adalah *schema* karena sama dengan teori perkembangan kognitif Piaget yang telah banyak dipelajari.

Schema adalah representasi pengetahuan sebagai jaringan informasi atau konsep yang menyediakan struktur untuk bernalar ketika mendapat informasi baru (Moreno, 2010). Struktur *schema* bervariasi tergantung pada pengalaman ketika seseorang berinteraksi dengan lingkungan. *Schema* yang terstruktur dengan baik sebagai wujud pengaturan pengetahuan (*knowledge organization*) merupakan hal penting (Goldstein, 2011). Pengaturan pengetahuan dilakukan agar *schema* yang digunakan tepat untuk mengidentifikasi dan menganalisis informasi baru. *Schema* yang terbentuk dapat digunakan sebagai

dasar atau untai pengetahuan untuk mempelajari konsep lain. *Schema* juga dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah. Implikasi dari hal ini adalah dalam pembelajaran diperlukan kegiatan atau pelatihan untuk pengorganisasian pengetahuan oleh siswa.

Metakognisi dalam Penyelesaian Masalah

Moreno (2010) mendefinisikan metakognisi sebagai kognisi seseorang tentang kognisinya, atau pengetahuan tentang pengetahuan. Metakognisi mempunyai peran dalam mengontrol seluruh proses kognitif (Moreno, 2010). Metakognisi memiliki 2 komponen yaitu, pengetahuan tentang kognisi dan kontrol tentang kognisi. Dua komponen ini saling melengkapi. Walau pengetahuan tentang pengetahuan seseorang adalah penting namun pengetahuan ini tidak akan berkembang jika seseorang belum melibatkan komponen kontrol tentang kognisi. Hal ini menuntun pada pengertian metakognisi adalah aplikasi strategis dari pengetahuan deklaratif, prosedural, dan kondisional untuk melengkapi tujuan dan menyelesaikan masalah (Schunk, 2008).

Siswa menggunakan keterampilan metakognisi untuk mengatur belajarnya perlu melakukan kegiatan yang terkait dengan perencanaan, pengaturan, dan evaluasi (Moreno, 2010). Perencanaan meliputi keputusan seberapa lama waktu yang diperlukan untuk mengerjakan tugas, strategi yang digunakan, dan sumber belajar apa yang digunakan. Pengaturan adalah proses pemeriksaan kemajuan menuju suatu tujuan. Evaluasi membutuhkan suatu penetapan acuan tentang proses dan hasil belajar.

Kontrol kognisi yang baik dapat meningkatkan proses kognitif dan belajar secara signifikan (Azevedo, 2007). Ketika keterampilan metakognisi dipraktekkan secara cukup, maka keterampilan metakognisi akan menjadi otomatis. Orang yang sudah ahli (*expert*) terlihat merencanakan, memonitor, dan mengevaluasi penyelesaian masalah mereka. Dengan kata lain, pengaturan diri dan metakognisi

secara khusus merupakan pengetahuan prosedural dari *expert problem solver*. Walau demikian, keterampilan metakognisi adalah keterampilan kognitif yang sulit dan perlu waktu untuk dikembangkan.

Setiap siswa terlibat dalam bermacam-macam strategi metakognitif untuk memperkirakan tingkat kesulitan suatu tugas. Untuk tugas mengingat, siswa berlatih menemukan lagi informasi untuk membuat keputusan tentang apakah mereka mengingat atau tidak di masa mendatang. Untuk tugas penyelesaian masalah, siswa terlibat dalam kegiatan penyelesaian masalah untuk menentukan seberapa mudah masalah itu bagi mereka agar menemukan lagi informasi yang relevan dan melengkapi proses menemukan solusi (Fakcharoenpol dkk, 2015). Banyak siswa menilai/menentukan kemampuan mereka menggunakan faktor-faktor seperti waktu yang digunakan untuk belajar, atau persepsi mereka tentang tingkat kemampuan mereka, bukan berdasarkan kemampuan mereka pada saat penyelesaian masalah, serta cenderung menggunakan pengalaman subjektif ketika memprediksi tingkat kesulitan masalah (Fakcharoenpol dkk, 2015). Hal ini perlu adanya pengaturan diri atau *self-regulatory*.

Self-regulatory adalah bagian dari keterampilan metakognisi. Proses *self-regulatory* bisa terjadi sebelum, saat, dan setelah pembelajaran atau belajar. Penelitian menunjukkan bahwa *expert* cenderung melakukan proses *self-regulatory* lebih baik dan proses ini dapat dilatih dengan menggunakan strategi metakognitif (Fakcharoenpol dkk., 2015). Kemampuan siswa belajar untuk ujian secara efektif, atau mengatur waktu selama ujian, terkait dengan regulasi metakognitif mereka (Fakcharoenpol dkk., 2015). Ketidakmampuan untuk menentukan tingkat kesulitan masalah selama ujian bisa menyebabkan beberapa siswa menghabiskan waktu untuk menyelesaikan masalah yang sulit daripada menyelesaikan masalah yang mudah lebih dulu, atau menggunakan strategi penyelesaian masalah yang tidak benar (Fakcharoenpol dkk., 2015). Salah satu

strategi metakognisi yang bisa digunakan adalah *self-explanation*. *Self-explanation* meminta peserta didik memberikan penjelasan rasional dan terstruktur. *Self-explanation* yang berkualitas berkorelasi positif dengan performa penyelesaian masalah (Fakcharoenpol dkk., 2015).

Kemampuan Penyelesaian Masalah Fisika

Sebuah masalah adalah situasi di mana seseorang mencoba untuk mencapai tujuan dan harus menemukan cara untuk mencapai tujuan tersebut (Chi & Glaser, 1985). Pengertian tersebut menunjukkan bahwa masalah memiliki keadaan awal, tujuan, dan kegiatan yang dilakukan untuk mencapai tujuan. Seseorang harus menemukan cara agar dia bisa sampai pada tujuan dari keadaan awal. Walau seseorang telah menemukan cara untuk menyelesaikan masalah, namun seseorang tidak begitu saja dapat menyelesaikan masalah. Hal ini karena cara untuk menyelesaikan masalah tidak terjadi secara spontan namun diperlukan kemampuan berpikir (Brookhart, 2010). Kemampuan berpikir tersebut adalah kemampuan penyelesaian masalah.

Kemampuan penyelesaian masalah adalah usaha seseorang untuk mencapai tujuan di mana seseorang tidak memiliki solusi biasa (Schunk, 2012). Penyelesaian masalah melibatkan pencarian cara yang layak untuk mencapai tujuan (Santrock, 2011). Menurut Chi dan Glaser (1985), kemampuan penyelesaian masalah merupakan aktivitas kognitif kompleks yang di dalamnya terdapat kegiatan mendapatkan informasi dan mengorganisasikan dalam bentuk struktur pengetahuan. Struktur pengetahuan yang terbentuk mempengaruhi bagaimana seseorang memecahkan masalah. Pengertian-pengertian tentang kemampuan penyelesaian masalah menunjukkan bahwa kemampuan penyelesaian masalah adalah kemampuan seseorang untuk menemukan solusi melalui suatu proses yang melibatkan pemerolehan dan pengorganisasian informasi.

Pada bidang fisika, penyelesaian masalah fisika berkenaan dengan konsep fisika. Faktor yang mempengaruhi penyelesaian masalah fisika adalah pengetahuan yang dimiliki oleh orang yang menyelesaikan masalah dan karakter permasalahan (Chi & Glaser, 1985). Karakter permasalahan di antaranya ditunjukkan oleh format representasi yang disajikan (Chi & Glaser, 1985, Kohl & Finkelstein, 2005; Kohl & Finkelstein, 2006; Nieminen dkk., 2010; De Cock, 2012).

Penelitian pendidikan fisika telah mempelajari kemampuan penyelesaian masalah fisika siswa dalam bidang pendidikan fisika. Siswa dalam konteks penyelesaian masalah bisa disebut sebagai *novice* sedang orang yang memiliki kemampuan tinggi dalam penyelesaian masalah fisika disebut *expert*. *Novice* dan *expert* dalam penyelesaian masalah fisika memiliki perbedaan dalam hal bagaimana siswa mengorganisasi, menggunakan pengetahuan, dan menghubungkan satu konsep dengan konsep yang lain ketika menyelesaikan masalah fisika (Chi dkk., 1981; Walsh dkk, 2007; Malone, 2008; Singh, 2008a; Singh, 2008b; Mason & Singh, 2010, Mason & Singh 2011; Shih & Singh, 2011). *Expert* dalam penyelesaian masalah fisika cenderung menggunakan argumen kualitatif berdasarkan konsep fisika yang mendasari masalah (*deep feature*), menggunakan alat bantu representasi (Chi dkk., 1981; Mason & Singh, 2010; Mason & Singh, 2011), dan melakukan evaluasi terhadap solusi yang didapat (Rosengrant dkk, 2009; Ogilvie, 2009). *Novice* dalam penyelesaian masalah fisika mengenali masalah berdasarkan penyajian masalah (*surface feature*) bukan berdasarkan konsep yang mendasari masalah (Chi dkk., 1981). *Novice* yang memiliki kemampuan rendah dalam penyelesaian masalah fisika secara langsung menggunakan rumus dan tanpa melakukan evaluasi terhadap solusi (Rosengrant dkk, 2009).

Beberapa proses penyelesaian masalah telah diajukan oleh para ahli. Proses IDEAL (Bransford & Stein dalam Schunk, 2012) menunjukkan proses penyelesaian melalui 1) mengidentifikasi

masalah (*identify*), yaitu mencari tahu apa yang tidak diketahui dan apa yang dimiliki, 2) mendefinisikan dan merepresentasikan masalah (*define*), yaitu mencoba mengkaitkan antara data yang dimiliki sehingga mampu menunjukkan masalah yang ada, 3) mencari kemungkinan strategi (*explore*), yaitu membuat rencana dan menentukan strategi untuk menyelesaikan masalah, 4) melaksanakan strategi (*act*), yaitu melakukan penyelesaian masalah dengan strategi yang telah ditentukan, dan 5) memeriksa kembali dan mengevaluasi hasil (*look*), yaitu memeriksa dan melakukan evaluasi terhadap kebenaran solusi. Polya (dalam Schunk, 2012) menyarankan proses penyelesaian melalui 1) memahami masalah, 2) merencanakan penyelesaian masalah, 3) melaksanakan rencana, 4) memeriksa kembali. Sementara Santrock (2011) mengajukan langkah penyelesaian masalah melalui 1) menemukan dan membatasi masalah, 2) membuat rencana penyelesaian masalah, 3) mengevaluasi solusi, dan 4) memikirkan dan mendefinisikan ulang masalah.

Heller dkk. (1991) mengajukan langkah penyelesaian masalah dalam pembelajaran fisika melalui lima tahap. Pertama, *visualize the problem*. Pada langkah ini, dilakukan visualisasi permasalahan dari kata-kata menjadi representasi visual, membuat daftar variabel yang diketahui dan tidak diketahui, identifikasi konsep dasar. Kedua, *describe the problem in physics description*. Pada langkah ini, representasi visual diubah menjadi deskripsi fisika dengan membuat diagram benda bebas dan memilih sistem koordinat. Ketiga, *plan the solution*, yaitu merencanakan solusi dengan cara meng-

ubah deskripsi fisika menjadi representasi matematis. Keempat, *execute the plan*, melaksanakan rencana dengan melakukan operasi matematis. Kelima, *check and evaluate*, mengevaluasi solusi yang didapatkan dengan mengecek kelengkapan jawaban, tanda, satuan dan nilai.

Young & Freedman (2012) mengajukan penyelesaian masalah fisika dengan menggunakan *I SEE*. Langkah-langkah pemecahan *I-SEE* yaitu 1) mengidentifikasi konsep yang relevan (*Identify*). Pada langkah ini, siswa menggunakan kondisi yang dinyatakan dalam masalah untuk menentukan konsep fisika yang relevan dan mengidentifikasi variabel yang dicari. 2) *Set up* masalah. Siswa pada langkah ini menentukan persamaan yang sesuai untuk memecahkan masalah, membuat sketsa yang mendeskripsikan masalah, dan memilih sistem koordinat. 3) eksekusi solusi (*Execute*). Siswa pada langkah ini menggunakan persamaan, mensubstitusi nilai yang diketahui ke persamaan, dan melakukan operasi matematis untuk menemukan solusi. 4) evaluasi (*Evaluation*) jawaban. Siswa mengecek satuan dan mengecek kesesuaian dengan konsep.

Berdasarkan definisi tentang masalah, karakter khusus masalah fisika, klasifikasi *novice-expert*, dan langkah-langkah penyelesaian masalah maka bisa disusun tahap kemampuan penyelesaian masalah Fisika. Tahap penyelesaian masalah Fisika yang diusulkan terdiri dari mengenali konsep, justifikasi, aplikasi realisasi, dan evaluasi. Tahap dan indikator kemampuan penyelesaian masalah fisika yang telah disusun ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Tahap dan Indikator Kemampuan Penyelesaian masalah Fisika

Tahap	Indikator
Mengenali Konsep	Identifikasi masalah Fisika berdasarkan konsep dasar (<i>deep feature</i>)
Justifikasi	Memberikan alasan terhadap konsep dasar yang digunakan
Aplikasi realisasi	Membuat diagram benda bebas/sketsa yang merepresentasikan permasalahan Fisika Menentukan persamaan yang tepat untuk penyelesaian masalah Mensubstitusi nilai besaran yang diketahui ke persamaan Melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan yang dipilih
Evaluasi	Mengevaluasi satuan Mengevaluasi kesesuaian dengan konsep

Pembelajaran dan Strategi terkait Pemahaman Konsep dan Penyelesaian Masalah Fisika

Ada beberapa model yang bisa digunakan untuk membelajarkan pemahaman konsep sekaligus penerapannya pada penyelesaian masalah. Model yang digunakan misalnya, *interactive engagement*, *modeling instruction*, *problem-based learning*. Strategi yang dapat digunakan dalam penyelesaian masalah adalah *conceptual-problem solving* (Docktor, dkk., 2015), IDEAL (Bransford & Stein dalam Schunk, 2012), *analysis-based problem solving* (Leonard, dkk., 2002), dan model penyelesaian masalah Heller-Keith-Anderson (1991).

Kegiatan pembelajaran *Interactive engagement* (IE) fokus pada meningkatkan pemahaman konseptual dan penyelesaian masalah melalui partisipasi aktif dan sering distimulasi dengan teknik seperti kelompok kooperatif penyelesaian masalah, memprediksi hasil dari demonstrasi kelas, masalah konseptual pendek atau “pengecekan pemahaman” yang diikuti diskusi dan *feedback*, serta skenario masalah kontekstual yang mana siswa harus merangkai (melalui diskusi dan kerja kelompok) prinsip-prinsip fisika untuk mendapatkan solusi (McDaniel, 2016). Hasil penelitian menunjukkan pembelajaran fisika yang diperkaya dengan IE menghasilkan peningkatan yang kuat pada pemahaman konseptual dibandingkan pembelajaran tradisional. Sementara itu, pembelajaran fisika yang diperkaya dengan IE ternyata tidak menghasilkan peningkatan yang kuat dibanding pembelajaran tradisional pada aspek menyelesaikan masalah kuantitatif (McDaniel dkk, 2016). Dengan kata lain, jika dilihat dari aspek hasil penyelesaian masalah kuantitatif, pembelajaran tradisional lebih efektif daripada IE.

Modeling instruction merupakan pengajaran dengan pendekatan model fisika. Model fisika dapat berupa grafik, diagram, dan persamaan matematis. Model model fisika dapat digunakan untuk

membantu siswa dalam kegiatan pembelajaran. Hal ini karena model fisika memiliki kegunaan kaitannya dengan pemahaman terhadap fenomena. Model dapat digunakan untuk mendeskripsikan, menjelaskan dan memprediksikan fenomena baru (Etkina dkk, 2006). Pusat belajar siswa dalam *Modeling Instruction* adalah konstruksi dan aplikasi model konseptual fisika (Hestenes, 1987). Model juga dapat digunakan untuk membantu dalam proses penyelesaian masalah (Malone, 2008).

Modeling Instruction memiliki dua tahap pelaksanaan yaitu *model development* dan *model deployment* (Jackson dkk., 2008). Dalam tahap *model development*, siswa memperoleh data untuk membuat sebuah model tentang fenomena fisis melalui praktikum. Data digunakan untuk menghasilkan representasi dari model (verbal, diagram, grafik, matematis). Pada tahap *model deployment*, siswa menggunakan model yang telah dibuat dalam penyelesaian masalah fisika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *modeling instruction* memberikan dampak yang baik bagi kemampuan penyelesaian masalah fisika dan juga pemahaman konsep (Malone, 2008). Kekurangan pada *modeling instruction* adalah sintaks yang terlalu panjang sehingga kepraktisan jika diterapkan di Indonesia dianggap kurang.

Problem-based learning merupakan pembelajaran berbasis masalah dengan sintaks (1) mengorientasikan siswa pada masalah, (2) mengorganisasikan siswa untuk belajar, (3) membantu penyelidikan mandiri dan kelompok, (4) membuat dan menampilkan karya, (5) menganalisis dan mengevaluasi proses penyelesaian masalah (Arends, 2009). Penelitian Strobel & Barneveld (2009) menunjukkan *Problem-based learning* efektif untuk pembelajaran kompleks, kompetensi, keterampilan, mengembangkan retensi jangka panjang terhadap pengetahuan. Model ini juga memfasilitasi keterampilan berpikir dan penyelesaian masalah, keterampilan

sosial, kebiasaan orang dewasa, dan keterampilan belajar mandiri (Arends, 2009). Kekurangan model pembelajaran ini adalah pada kegiatannya belum melatih kemampuan penyelesaian masalah secara terstruktur, terutama jika digunakan dalam pembelajaran fisika.

Strategi penyelesaian masalah yang diusulkan oleh Docktor, dkk. (2015) adalah *conceptual problem-solving*. Strategi ini adalah pengembangan dari *analysis-based problem solving* (Leonard, dkk., 2002). Strategi ini terdiri dari langkah *principle, justification, plan*. Langkah *principle* merupakan langkah di mana siswa diminta untuk menentukan konsep dasar yang mendasari masalah. Selanjutnya siswa memberikan alasan penggunaan konsep dasar yang telah disebutkan pada langkah *justification*, dan selanjutnya melakukan perencanaan untuk menyelesaikan masalah misalnya menuliskan persamaan-persamaan dan membuat diagram benda bebas. Siswa yang menggunakan strategi ini terlibat dalam diskusi dan menghasilkan solusi yang lebih berkualitas, skor tinggi pada pemahaman konsep dan penyelesaian masalah (Docktor, dkk., 2015). Kekurangan dari strategi ini adalah tidak ada langkah mengevaluasi dalam proses penyelesaian masalah.

Permasalahan fisika tidak hanya mencakup 1 konsep namun bisa mencakup lebih dari 1 konsep. Permasalahan fisika yang mengandung lebih dari 1 konsep disebut permasalahan sintesis (*synthesis problem*) (Ding, dkk, 2011). Siswa yang diberi permasalahan sintesis dan terbiasa menghadapinya akan lebih efektif dalam transfer konsep dari satu konteks ke konteks masalah lain (Ding, dkk, 2011). Penyelesaian masalah sintesis dapat menggunakan *conceptual scaffolding* (Ding, dkk, 2011), *self-explanation* dan *analogical comparison* menggunakan *worked examples* (Badeau, dkk., 2017).

Conceptual scaffolding berupa 2 pertanyaan atau lebih yang mengandung konsep yang berbeda. Konsep-konsep yang terkandung pada tiap pertanyaan itu merupakan konsep-konsep yang berguna untuk menyelesaikan masalah sintesis.

Siswa yang diberi *conceptual scaffolding* lebih efektif menyelesaikan masalah sintesis daripada siswa yang diberi petunjuk penyelesaian secara langsung (Ding, dkk., 2011). Hasil penelitian Ding dkk. (2011) juga mengungkapkan bahwa siswa yang sering berlatih menyelesaikan masalah sintesis memiliki kemampuan lebih baik dalam pengaplikasian konsep pada penyelesaian masalah.

Worked examples berisi pernyataan masalah serta rangkaian langkah solusi untuk menyelesaikan masalah tersebut. *Worked example* efektif digunakan pada siswa (*novice*) yang memiliki pengetahuan awal rendah (Van Gog, 2011; Hoogerheide, dkk, 2014). *Worked examples* biasanya bertujuan untuk pemodelan kepada siswa tentang cara penyelesaian masalah seperti ahli (*expert-like problem solving*). Siswa yang mempelajari *worked example* tidak menghabiskan waktu terlalu banyak dalam hal proses kognitif saat mempelajari strategi penyelesaian masalah tertentu (McLaren dkk., 2016, Van Gog dkk, 2011). Dengan kata lain beban kognitif (*cognitive load*) siswa lebih sedikit. Karena waktu yang dibutuhkan lebih sedikit, siswa dapat mencurahkan perhatiannya untuk mempelajari cara penyelesaian masalah. Selanjutnya, siswa dapat mengonstruksi *schema* yang kelak dapat memandu menyelesaikan masalah. *Schema* yang telah ada berguna saat bantuan (*scaffolding*) dihilangkan.

Worked example dinilai merupakan pengajaran yang pasif (McLaren dkk., 2016). *Schema* dari prosedur penyelesaian masalah seharusnya dikonstruksi oleh siswa, namun *schema* itu dibangun berdasarkan contoh, bukan hasil langkah-langkah penyelesaian masalah secara aktif. Terkait masalah keaktifan siswa, *worked example* bisa dipasangkan dengan *self-explanation*. *Worked example* yang diikuti dengan *self-explanation* menjadikan *worked example* lebih efektif (Badeau dkk., 2017).

Self-explanation adalah sebuah proses di mana siswa membuat inferensi tentang hubungan sebab akibat atau hubungan konseptual (Bisra dkk., 2018).

Dalam konteks *worked example*, *self-explanation* meminta siswa untuk memberikan penjelasan tentang rasional dan struktur *worked example* kepada mereka sendiri atau orang lain. *Self-explanation* adalah intervensi yang kuat dalam proses pembelajaran (Bisra dkk., 2018). *Self-explanation* membantu siswa mengorganisasi *schema* menjadi pengetahuan yang utuh, memfasilitasi pemahaman yang utuh terhadap konsep, dan melatih pengaksesan kembali informasi yang telah disimpan dalam memori jangka panjang (*Long-term memory*) (Tekeng, 2015). Kualitas *Self-explanation* yang baik akan berpengaruh pada kualitas penyelesaian masalah fisika (Badeau, dkk., 2017).

Analogical reasoning adalah sebuah mekanisme penggunaan apa yang telah sebelumnya dipelajari dari suatu situasi dasar pada sebuah situasi baru dan analog (Badeau, dkk., 2017). *Analogical reasoning* membutuhkan seseorang untuk mengenali kesamaan dasar suatu konsep atau masalah, melakukan pemetaan struktural, dan mengaplikasikan solusi pada target. Salah satu jenis *analogical reasoning* ialah *analogical comparison*. *Analogical comparison* meminta siswa untuk membandingkan 2 *worked examples* untuk kemudian digunakan menyelesaikan masalah sintesis. Penelitian oleh Badeau dkk. (2017) menunjukkan penggunaan *analogical comparison* disertai dengan *self-explanation* efektif meningkatkan kemampuan penyelesaian masalah sintesis.

Penutup

Pembelajaran fisika sebaiknya memperhatikan hakikat fisika sebagai proses, produk, dan sikap. Siswa mengonstruksi pengetahuan secara aktif dengan melibatkan kemampuan berpikir dalam pembelajaran. Siswa berperan aktif dalam pembelajaran konstruktivistik serta memodifikasi pengetahuan awalnya melalui interaksi dengan lingkungan. Model pembelajaran seharusnya tidak hanya menekankan pada penguasaan konsep, namun juga proses dan penyelesaian masalah fisika, karena siswa

juga akan belajar menguasai konsep dalam proses penyelesaian masalah.

Kemampuan penyelesaian masalah melibatkan aktivitas kognitif kompleks untuk mendapatkan informasi serta mengorganisasikan dalam bentuk struktur pengetahuan atau *schema*. *Schema* yang terbentuk menentukan cara bagaimana seseorang menyelesaikan permasalahan. Dalam konteks pembelajaran, sebelum siswa memperoleh dan mengorganisasi informasi dapat diawali dengan menggali *resource* pengetahuan siswa. *Resource* yang didapatkan bisa digunakan untuk langkah awal mengkaitkan pengetahuan yang telah dimiliki siswa dengan konsep yang akan dipelajari. Keterkaitan antara *resource* dengan konsep baru akan membentuk struktur pengetahuan yang utuh dan dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah terkait konsep itu walau berbeda konteks. Pengaturan struktur pengetahuan begitu penting dan kegiatan dalam pembelajaran yang diusulkan berupa tugas kategorisasi masalah.

Struktur pengetahuan siswa dapat diketahui dan dikembangkan melalui tugas kategorisasi soal berdasarkan konsep dasar masalah, *analogical comparison* dengan menggunakan *worked example*, dan permasalahan sintesis. Tugas kategorisasi soal dapat dilengkapi dengan memberikan *self-explanation* terhadap ketepatan konsep yang digunakan dalam menyelesaikan masalah. Siswa melatih kemampuan ber-nalar (*reasoning*) dan kemampuan metakognisi melalui *self-explanation* terhadap konsep yang digunakan serta proses penyelesaian masalah. Dengan demikian, model pembelajaran untuk pemahaman konsep dan menerapkan konsep dalam penyelesaian masalah fisika sebaiknya perlu memberdayakan penelusuran *resource* siswa, latihan kategorisasi soal, *self-explation*, *analogical comparison* dengan menggunakan *worked example*, dan menyelesaikan masalah sintesis serta tetap berpegang pada hakikat fisika.

DAFTAR RUJUKAN

- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach*. New York: Mc. Graw-Hill.
- Azevedo, R. (2007). Understanding the Complex Nature of self-regulatory processes in learning with computer-based learning environment: An introduction. *Metacognition and Learning*, 2:57-65.
- Badeau, R., White, D.R., Ibrahim, B., Ding, L., Heckler, A.F. (2017). What works with worked examples: Extending self-explanation and analogical comparison to synthesis problems. *Physical Review Physics Education Research* 13, 020112.
- Bisra, K., Liu, Q., Nesbit, J. C., Salimi, F., & Winne, P. H. (2018). *Inducing Self-Explanation: a Meta-Analysis. Educational Psychology Review*, 30(3):703–725.
- Brookhart, S.M. (2010). *How To Assess High-Order Thinking Skills In Your Classroom?*. Alexandria: ASCD.
- Chi, M. T. H., & Glaser, R. (1985). Problem-solving ability. Dalam R. J. Sternberg (Ed.), *Human abilities: An information-processing approach* (hlm. 227–250). New York: Freeman.
- Chi, M.T.H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5:121-152.
- Clement, J. J. (1982). Students' Preconceptions in Introductory Mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66-71.
- De Cock, M. (2012). Representation Use and Strategy Choice in Physics Problem Solving. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 8, 020117.
- Ding, L., Reay, N., Lee, A. & Bao, L. (2011). Exploring the Role of Conceptual Scaffolding in Solving Synthesis Problems. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 7, 020109.
- diSessa, A. A., Gillespie, N., & Esterly, J. (2004). Coherence vs. Fragmentation in the Development of the Concept of Force. *Cognitive Science*, 28, 843-900.
- diSessa, A.A. & Sherin, B.L. (1998). What Changes in Conceptual Change?. *International Journal of Science Education*, 20(10):1155-1191.
- Docktor, J. L. & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of Discipline-Based Education Research in Physics. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 10, 020119.
- Docktor, J. L., Mestre, J.P., & Ross, B.H. (2012). Impact of A Short Intervention on Novices' Categorization Criteria. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 8, 020102.
- Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. (2015). Conceptual Problem Solving in High School Physics. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 11, 020106.
- Etkina, E., Gregorcic, B., & Vokos, S. (2017). Organizing Physics Teacher Professional Education around Productive Habit Development: A Way to Meet Reform Challenges. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 13, 010107.
- Etkina, E., Warren, A., & Gentile, M. (2006). The Role of Models in Physics Instruction. *The Physics Teacher*. 44:34-39.
- Fakcharoenphol, W., Morphew, J.W., & Mestre, J.P. (2015). Judgment of Physics Problem Difficulty among Experts and Novice. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*.
- Geary, D. C. (1995). Reflections of evolution and culture in children's cognition: Implications for mathematical development and instruction. *American Psychologist*, 50(1), 24-37.
- Gerace, W.J. & Beatty, I.D. (2005). *Teaching vs. Learning: Changing Perspectives on Problem Solving in Physics Instruction*. Makalah disajikan 9th Common Conference of the Cyprus Physics Association and

- Greek Physics Association, Nicosia, 4 – 6 Februari 2005..
- Gupta, A., Hammer, D., & Redish, E. F. (2010). The Case for Dynamic Models of Learners' Ontologies in Physics. *Journal of Learning Science, 19*, 285-319.
- Goldstein, E. B. 2011. *Cognitive Psychology: connecting mind, research, and everyday experience* (3rd ed.). Belmont:Cengage Learning.
- Hammer, D. (2000). Student Resources for Learning Introductory Physics. *American Journal of Physics, 68* (7), 52-59.
- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1991). Teaching Problem Solving Through Cooperative Grouping. Part 1: Group Versus Individual Problem Solving. *American Journal of Physics. 60*(7): 627-636.
- Hestenes, D. (1987). Toward a Modeling Theory of Physics Instruction. *American Journal of Physics. 55*:440–454.
- Hoogerheide, V., Loyens, S. M. M., & van Gog, T. (2014). *Comparing the effects of worked examples and modeling examples on learning. Computers in Human Behavior, 41*:80–91.
- Jackson, J., Dukerich, L., & Hestenes, D. (2008). Modeling Instruction: An Effective Model for Science Education. *Science Educator 17*(1): 10-17.
- Kohl, P.B. & Finkelstein N.D. (2005). Student Representational Competence and Self-Assessment When Solving Physics Problems. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 1*, 010104.
- Kohl, P.B. & Finkelstein, N.D. (2006). Effects of Representation on Students Solving Physics Problems: A Fine-Grained Characterization. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 2*, 010106.
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview, Theory into Practice, 41:4, 212-218
- Malone, K.L. (2008). Correlations among Knowledge Structures, Force Concept Inventory, and Problem-Solving Behaviors. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 4*, 020107.
- Mason, A. & Singh, C. (2010). Surveying Graduate Student' Attitudes and Approaches to Problem Solving. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 6*, 020124.
- Mason, A. & Singh, C. (2011). Assessing Expertise in Introductory Physics Using Categorization Task. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 7*, 020110.
- McDaniel, M.A., Stoen, S.M., Frey, R.F., Markow, Z.E., Mairin Hynes, K., Zhao, J., & Cahill, M.J. (2016). Dissociative conceptual and quantitative problem-solving outcomes across interactive engagement and traditional format introductory physics. *Physical Review – Physics Education Research*.
- McDermott, L. C. (1984). Research on Conceptual Understanding in Mechanics. *Physics Today, 37*(7):24-32.
- Moreno, R. (2010). Educational Psychology. John Wiley & Sons:New Jersey.
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2010). Force Concept Inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 6*, 020109.
- Ogilvie, C. A. (2009). Changes In Students' Problem-Solving Strategies In A Course That Includes Context-Rich, Multifaceted Problems. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 5*, 020102.
- Redish, E.F. (2004). A Theoretical Framework for Physics Education Research: Modeling Student Thinking. *The Proceedings of the Enrico Fermi Summer School in Physics, Course CLVI, Italian Physical Society*.

- Rosengrant, D., Van Heuvelen, A., Etkina, E. (2009). Do Students Use and Understand Free-Body Diagrams?. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 5, 010108.
- Ryder, J. & Leach, J. (1999). University science students' experiences of investigative project work and their images of science, *International Journal of Science Education* 21: 945.
- Santrock, J.W. (2011). *Educational Psychology*. New York:McGraw-Hill.
- Schunk, D. H. (2008). *Learning theories: An educational perspective* (6th ed.). Boston, MA:Pearson Education.
- Shih, Y.L. & Singh, C. (2011). Using Isomorphic Problems to Learn Introductory Physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 7, 020104.
- Singh, C. (2008a). Assessing Student Expertise in Introductory Physics with Isomorphic Problems. I. Performance on Nonintuitive Problem Pair From Introductory. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 4, 010104.
- Singh, C. (2008b). Assessing Student Expertise in Introductory Physics with Isomorphic Problems. II. Effect of Some Potential Factors on Problem Solving and Transfer. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 4, 010105.
- Strobel, J. & Barneveld, A.V. (2009). When is PBL More Effective? A Meta-Synthesis of Meta-Analyses Comparing PBL to Conventional Classrooms. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*. 3(1):44-58.
- Tekeng, S. N. Y. (2015). Using Self-Explanation Strategy to Improve Students' Understanding of the to be learned Material. *Auladuna*. 2(2): 173-184.
- Van Gog, T., Kester, L., & Paas, F. (2011). *Effects of worked examples, example-problem, and problem-example pairs on novices' learning*. *Contemporary Educational Psychology*, 36(3), 212–218.
- Walsh, L.N., Howard R.G., & Bowe, B. (2007). Phenomenographic study of students' problem solving approaches in physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 3, 020108.
- Yerushalmi, E., Cohen, E., Heller, K. Heller, P. Henderson, C. (2010). Instructors' Reasons for Choosing Problem Features in a Calculus-based Introductory Physics Course. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 6, 020108.
- Young, H.D. & Freedman, R.A. (2012). *Sears and Zemansky's University Physics - with Modern Physics (13th ed.)*. San Francisco: Pearson education.