

KEMAMPUAN PENALARAN BERBASIS BUKTI DALAM PEMBELAJARAN FISIKA

Supeno, Annisa Maya Kurnianingrum, Maria Ulfa Cahyani

Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37 Jember 68121
Email: supeno.fkip@unej.ac.id

Abstract: Bernalar merupakan kemampuan yang sangat diperlukan peserta didik dalam pembelajaran fisika karena berhubungan dengan hasil belajar yang dicapai. Kemampuan bernalar merupakan salah satu keterampilan penting yang diperlukan di abad ke-21 sebagai bekal dalam menghadapi tantangan global. Salah satu kemampuan penalaran yang menjadi tema penelitian terbaru adalah kemampuan bernalar berbasis bukti dengan salah satu keterampilannya dikenal sebagai *scientific explanation*. Kemampuan *scientific explanation* berupa tanggapan tertulis atau lisan terhadap pertanyaan yang mengharuskan peserta didik untuk menganalisis data dan menafsirkan data berkenaan dengan pengetahuan ilmiah. Kemampuan ini menggabungkan sejumlah keterampilan yang kompleks termasuk kemampuan untuk mengartikulasikan sebuah teori, untuk memahami jenis bukti yang dapat mendukung atau bertentangan dengan teori untuk menjelaskan fenomena yang sama. Peserta didik yang memiliki kemampuan *scientific explanation* yang baik dapat memperoleh hasil belajar yang baik. Dengan melihat pentingnya kemampuan *scientific explanation* dalam pembelajaran sains, termasuk fisika, dalam artikel diuraikan kajian tentang kemampuan *scientific explanation* dan implementasi pembelajaran yang terkait dengan kemampuan tersebut.

Keywords: *scientific, reasoning, physics instruction.*

PENDAHULUAN

Kurikulum 2013 yang diterapkan di Indonesia saat ini merupakan salah satu usaha yang dilakukan oleh pemerintah untuk menyiapkan lulusan yang memiliki berbagai keterampilan. Salah satu keterampilan yang menjadi tuntutan kurikulum adalah keterampilan bernalar. Hal ini tertuang dalam Permendikbud No. 21 Tahun 2016 tentang standar isi pendidikan dasar dan menengah. Dalam kompetensi keterampilan, peserta didik harus dapat menunjukkan keterampilan menalar, mengolah, dan menyaji secara efektif, kreatif, produktif, kritis, mandiri, kolaboratif, komunikatif, dan solutif dalam ranah konkret dan abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah, serta mampu menggunakan metode sesuai dengan kaidah keilmuan.

Secara umum, keterampilan bernalar merupakan kemampuan untuk mengajukan pertanyaan atau memberikan argumen untuk menguji pengetahuan kausal (Ates & Cataloglu, 2007). Keterampilan bernalar berkaitan dengan strategi berpikir (Perkins & Salomon 1989) yang dapat dikelompokkan dalam penalaran ilmiah dan penalaran formal (Lawson 1995). Keterampilan bernalar merupakan salah satu keterampilan penting yang diperlukan oleh peserta didik di abad ke-21 sebagai bekal dalam menghadapi tantangan global.

Berbagai faktor yang mempengaruhi hasil belajar fisika telah diteliti dalam beberapa dekade terakhir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterampilan

bernalarnya merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi hasil belajar fisika (Lawson *et al.*, 2000, 2007; Cavallo, 1996; Enyeart *et al.*, 1980; Cohen *et al.*, 1978). Dapat dikatakan bahwa keterampilan bernalar menjadi aspek penting yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran fisika. Duschl (2008) menjelaskan bahwa pembelajaran sains telah difokuskan pada apa yang perlu diketahui (*to know*) untuk melakukan (*to do*) sains tetapi dalam beberapa tahun terakhir fokus tersebut telah bergeser kepada apa yang perlu peserta didik lakukan (*to do*) untuk mempelajari sains (*to know*). Lebih lanjut, Duschl (2008) menyatakan bahwa *to do* dapat berupa proses dialogis dalam membangun pengetahuan yang mencakup perolehan dan penggunaan prinsip-prinsip dan bukti untuk membuat penjelasan dan prediksi yang merepresentasikan penalaran tentang alam.

Walaupun keterampilan bernalar merupakan keterampilan penting dalam pembelajaran fisika, namun hasil beberapa studi menunjukkan bahwa keterampilan bernalar peserta didik masih dalam kategori kurang memuaskan. Hasil studi PISA pada tahun 2012 menunjukkan bahwa peserta didik Indonesia termasuk dalam kategori memiliki pengetahuan ilmiah secara terbatas dan hanya dapat diterapkan untuk beberapa situasi umum, hanya dapat menyajikan penjelasan ilmiah jika diberikan bukti eksplisit dan jelas, serta belum memiliki kemampuan bernalar secara ilmiah dan menyusun penjelasan berdasarkan bukti dan argumen menggunakan analisis kritis (OECD, 2013). Hasil penelitian Sadler (2004) menunjukkan bahwa peserta didik seringkali kesulitan dalam mengartikulasi dan memberikan justifikasi terhadap klaim yang diusulkannya. Hasil penelitian McNeill (2011) menunjukkan bahwa siswa jarang menghubungkan argumen dengan bukti dan jarang menggunakan data untuk mendukung bukti ketika menjawab suatu pertanyaan.

Salah satu keterampilan bernalar yang saat ini banyak mendapat perhatian dari para peneliti dan pendidik adalah keterampilan berbasis bukti, yang salah satunya adalah *scientific explanation*. *Scientific explanation* merupakan salah satu tujuan utama dalam pembelajaran sains, termasuk fisika. *Scientific explanation* atau penjelasan ilmiah merupakan salah satu dari tujuan proses inkuiri yang mengarah pada pemahaman terhadap suatu fenomena alam berdasarkan pengetahuan ilmiah, mengartikulasikannya, dan meyakinkan orang lain tentang pemahaman tersebut (Sandoval & Reiser, 2004). Dalam belajar fisika, peserta didik diharapkan dapat membangun dan memberikan interpretasi berbasis bukti terhadap fenomena alam dan menunjukkan kaitan antara bukti dan penjelasan yang diberikan. *Scientific explanation* tidak hanya sekadar memberikan deskripsi terhadap fenomena alam tetapi lebih dari itu, terdapat tuntutan untuk memberikan penalaran dan menjawab pertanyaan 'mengapa' (Chang *et al.*, 2016; Berland & Reiser, 2009; Osborne & Patterson, 2011). Keterlibatan peserta didik dalam kegiatan penemuan ilmiah dan mengkonstruksi penjelasan berbasis bukti dapat mengubah pandangan peserta didik terhadap sains (McNeill *et al.*, 2006). Pengembangan kemampuan peserta didik dalam mengkonstruksi penalaran berbasis bukti merupakan tuntutan kompleks dan melibatkan proses kognitif. Agar mampu mengkonstruksi penalaran berbasis bukti, peserta didik harus memiliki pengetahuan yang baik terhadap sains, mengetahui komponen-komponen penting terhadap apa yang akan

dijelaskan, dan mengetahui bagaimana kaitan antar bagian yang akan dijelaskan (Wang, 2015).

Berbagai usaha telah dilakukan para peneliti dan pendidik dalam mengembangkan kemampuan penalaran berbasis bukti, di antaranya adalah dengan menerapkan model pembelajaran (McNeill dan Krajcik, 2008), strategi pembelajaran kolaboratif dan konstruktif (Akkus, 2007); scaffolding kognitif (Sandoval, 2003; Chin & Osborne, 2010; Wang, 2015), diagram *scientific explanation* (Lee, 2010), dan pengembangan materi pembelajaran (McNeill et al., 2006). Beberapa usaha yang telah dilakukan oleh para peneliti tersebut menunjukkan bahwa membelajarkan kemampuan penalaran berbasis bukti memerlukan usaha yang tidak mudah. Untuk itu, dalam artikel ini akan diuraikan secara mendalam tentang *scientific explanation*. Pada bagian awal dijelaskan tentang pengertian *scientific explanation* dan kaitannya dengan hasil belajar, strategi yang dapat diterapkan untuk membelajarkannya, dan bagaimana cara menilainya.

Scientific Explanation

Hempel (1970) berpendapat bahwa sains memiliki dua fungsi dasar, yaitu untuk mendeskripsikan fenomena atau kejadian alam yang menjadi objek dalam suatu penelitian ilmiah, dan untuk memahami suatu fenomena berdasarkan hukum ataupun prinsip ilmiah. Dalam konteks pembelajaran fisika, apa yang dipelajari dalam fisika merupakan apa yang terjadi di alam dan selalu berkaitan dengan peristiwa sehari-hari. Untuk itu, dalam pembelajaran fisika peserta didik diharapkan memiliki keterampilan dalam menjelaskan secara ilmiah (*scientific explanation*) terhadap fenomena atau peristiwa alam yang terjadi. Penjelasan (*explanation*) dalam sains dapat merujuk pada bagaimana atau mengapa sesuatu terjadi (McNeill & Krajick, 2008). McNeill, dkk. (2006) menyatakan bahwa penjelasan dapat dibangun untuk dua tujuan, yaitu untuk menjelaskan fenomena alam atau untuk mendukung pendapat atau keyakinan individu.

Penjelasan ilmiah merupakan salah satu dari tujuan proses inkuiri yang mengarah pada pemahaman terhadap suatu fenomena berdasarkan pengetahuan ilmiah, mengartikulasikannya, dan meyakinkan orang lain tentang pemahaman tersebut (Sandoval & Reiser, 2004). Chinn dan Brown (2000) menyatakan bahwa *scientific explanation* atau penjelasan ilmiah adalah cara untuk menjawab pertanyaan mengenai sebab atau memberi alasan terhadap terjadinya suatu fenomena secara ilmiah. Zimmerman (2000) menyatakan bahwa kemampuan dalam membuat penjelasan ilmiah adalah salah satu keterampilan yang paling penting dalam mendefinisikan berpikir ilmiah, yang merupakan gabungan sejumlah keterampilan kompleks, termasuk kemampuan untuk mengartikulasikan teori, untuk memahami bukti yang dapat mendukung atau bertentangan dengan teori, dan untuk mejustifikasi kebenaran suatu teori yang menjelaskan suatu fenomena. Menurut Kitcher (1981), terdapat dua alasan mengapa penjelasan ilmiah diperlukan, *pertama* untuk membuktikan bahwa sains merupakan ilmu pengetahuan yang berhubungan erat dengan kehidupan sehari-hari dan meningkatkan pemahaman terhadap dunia, *kedua* karena ilmu pengetahuan terus berkembang sehingga dapat dibandingkan cara berpikir ilmuwan masa lalu

dengan ilmuwan masa kini sehingga dapat memprediksi hal-hal yang akan terjadi di masa mendatang.

Scientific explanation atau penjelasan ilmiah memiliki tiga komponen utama, yaitu klaim (*claim*), bukti (*evidence*), dan penalaran (*reasoning*) (Lange, 2011; McNeill et al., 2006; Wallace, 2004).

1. *Claim* (klaim), merupakan jawaban atau penjelasan awal dari suatu pertanyaan. Klaim bisa berupa jawaban singkat seperti persetujuan, sanggahan, atau jawaban inti. Bisa juga berupa pengklasifikasian, pengelompokan, penomoran, dan sebagainya.
2. *Evidence* (bukti), merupakan contoh atau data yang dapat mendukung klaim. Contoh dan data bisa didapat dari pembelajaran, pengalaman, ataupun kejadian sehari-hari, bisa juga didapat dari suatu percobaan.
3. *Reasoning* (penalaran), merupakan penjelasan yang menghubungkan klaim dan bukti. Dalam hal ini, penalaran yang baik adalah penalaran yang banyak menyertakan pengetahuan pendukung seperti gambar, grafik, rumus matematik, dan sebagainya.

Pembelajaran yang Melibatkan *Scientific Explanation*

Aktivitas pembelajaran yang melibatkan *scientific explanation* tidak hanya membantu peserta didik dalam memperoleh pemahaman yang mendalam tentang konsep sains (Hsu et al, 2008; McNeill et al., 2006), tetapi juga dapat mengembangkan literasi sains (McNeill & Krajcik 2007). Meskipun hasil penelitian menunjukkan adanya dampak positif aktivitas *scientific explanation* dalam pembelajaran, namun banyak penelitian mengidentifikasi adanya berbagai kesulitan peserta didik dalam membangun penjelasan ilmiah (Driver et al., 1996; Wu & Hsieh, 2006), kesulitan peserta didik dalam memberikan klaim (Sadler, 2004), dan kesulitan peserta didik dalam menggunakan bukti (McNeill & Krajcik, 2007). Oleh karena itu, rancangan pembelajaran yang efektif dapat membantu peserta didik dalam mengkonstruksi penjelasan ilmiah. Untuk memfasilitasi peserta didik dalam mengkonstruksi penjelasan ilmiah, beberapa hasil penelitian menawarkan rancangan pembelajaran yang sesuai, di antaranya adalah dengan menerapkan model pembelajaran (McNeill dan Krajcik, 2008), strategi pembelajaran kolaboratif dan konstruktif (Akkus et al., 2007); *scaffolding* kognitif (Sandoval, 2003; Chin & Osborne, 2010; Wang, 2015); diagram *scientific explanation* (Lee, 2010), dan pengembangan materi pembelajaran (McNeill, et al., 2006).

Sementara itu, McNeill dan Kadjcik (2008) menyarankan penggunaan lima strategi yang dapat digunakan oleh guru untuk mendukung peserta didik dalam menulis penjelasan ilmiah, yaitu 1) membuat kerangka kerja secara eksplisit, 2) memodelkan dan mengkritisi suatu penjelasan, 3) memberikan alasan saat membuat penjelasan, 4) menghubungkan penjelasan dengan fenomena sehari-hari, serta 5) menilai dan memberikan umpan balik.

1. Membuat kerangka kerja eksplisit.

Guru dapat menjelaskan secara singkat pengertian *scientific explanation* dan komponennya, yaitu klaim, bukti dan penalaran. Klaim menjadi komponen yang lebih mudah dipahami oleh peserta didik. Bukti adalah data-data yang

diperoleh dari melakukan sesuatu dimana peserta didik harus dapat menyebutkan lebih dari satu bukti. Selain itu, bukti harus akurat dan juga relevan dengan klaim. Penalaran adalah prinsip ilmiah atau justifikasi untuk suatu jawaban. Pembahasan mengenai penalaran dapat membantu peserta didik untuk memahami apa yang perlu mereka tulis dalam penjelasan dan apa yang mendasari peserta didik dalam memilih bukti-bukti yang telah dituliskan.

2. Memodelkan dan mengkritisi suatu penjelasan.
Memodelkan dan mengkritisi suatu penjelasan dapat membantu peserta didik dalam mengetahui contoh penjelasan yang baik maupun penjelasan yang tidak baik. Guru dapat memberikan contoh penjelasan yang baik secara lisan maupun tertulis. Hal ini dapat membantu peserta didik untuk menuliskan penjelasan yang berkualitas dan menjadikan mereka lebih kritis dalam menilai tulisan mereka sendiri.
3. Memberikan alasan saat membuat penjelasan.
Terdapat dua alasan tentang konstruksi penjelasan ilmiah, yaitu ilmu pengetahuan pada dasarnya tentang menjelaskan fenomena alam dan peserta didik harus mampu meyakinkan orang lain bahwa klaim yang mereka miliki adalah benar. Untuk itu, berdiskusi tentang alasan terhadap penjelasan ilmiah dapat membantu peserta didik memahami pentingnya komponen yang terdapat dalam penjelasan ilmiah itu sendiri. Guru dapat membantu peserta didik memahami bahwa penulisan bukti dan penalaran dapat menguatkan klaim yang mereka miliki.
4. Menghubungkan penjelasan dengan fenomena sehari-hari.
Membahas kesamaan antara ilmu pengetahuan dan kehidupan sehari-hari dapat membantu peserta didik dalam memahami tujuan penjelasan ilmiah dan membangun pengetahuan berdasarkan pengalaman sehari-hari. Guru dapat memberikan contoh fenomena sains sehari-hari untuk menjelaskan bagaimana klaim, bukti, dan penalaran dapat digunakan. Peserta didik dapat mengembangkan pemahaman yang lebih baik tentang penjelasan ilmiah jika peserta didik memahami persamaan dan perbedaan antara penjelasan ilmiah dan penjelasan sehari-hari.
5. Menilai dan memberikan umpan balik.
Ketika menilai penjelasan yang diberikan oleh peserta didik, guru dapat memberikan umpan balik yang eksplisit dan menyeluruh. Guru dapat menunjukkan kelemahan atau memberikan saran mengenai penjelasan yang diberikan oleh peserta didik sehingga mereka dapat lebih mengembangkan penjasannya.

Penilaian Kemampuan *Scientific Explanation*

Keterlibatan peserta didik dalam membangun kemampuan *scientific explanation* menjadi permasalahan penting dalam penelitian dan pendidikan terbaru tentang sains (Duschl *et al.* 2007; NRC, 2012; Osborne & Dillon, 2008; Treagust & Harrison, 2000). Akibatnya, penilaian terhadap pengetahuan ilmiah dan penalaran juga menjadi permasalahan penting dalam pembelajaran sains (NRC 2007, 2012).

Pertanyaan tentang apa dan dapat digunakan mendefinisikan suatu penjelasan ilmiah merupakan langkah penting dalam mengembangkan alat penilaian untuk mengukur kemampuan *scientific explanation*. Hempel dan Oppenheim (1948) memberikan kerangka umum tentang *scientific explanation* sebagai metode dalam menjawab pertanyaan "mengapa" (atau "bagaimana") daripada hanya pertanyaan "apa." Secara umum, *explanation* terdiri dari apa yang dijelaskan, untuk apa dijelaskan, dan bagaimana cara menjelaskan. Tinjauan filosofi sains memberikan penjelasan tambahan tentang fungsi *scientific explanation*, yaitu memberikan informasi tentang penyebab (misalnya Lewis, 1986; Salmon, 1984; Scriven, 1959), menghubungkan serangkaian fakta yang beragam berdasarkan prinsip tertentu (misalnya Friedman 1974; Kitcher 1981), atau gabungan keduanya (Strevens 2004). Namun, terdapat kesepakatan umum para filsuf sains, pendidik sains, dan peneliti bahwa konsep "penyebab" sangat penting dalam proses *scientific explanation* (Kampourakis & Zygzos, 2008).

Beberapa paragraf berikut ini mendeskripsikan beberapa contoh kerangka *scientific explanation* yang dapat digunakan sebagai dasar untuk mengkonstruksi alat penilaian yang dapat digunakan untuk mengukur kemampuan *scientific explanation*. Pada kerangka yang pertama, pertanyaan yang diajukan ke peserta didik adalah tentang peristiwa tenggelam, melayang, dan terapung untuk benda yang didesain dengan berbagai bentuk. Pada kerangka kedua, pertanyaan yang diajukan ke peserta didik adalah tentang peristiwa tenggelam, melayang, dan terapung untuk suatu benda yang dimasukkan pada beberapa fluida yang memiliki massa jenis yang berbeda. Untuk setiap pertanyaan yang diajukan, peserta didik harus menjawab dengan mengajukan klaim dan harus disertai dengan beberapa bukti. Untuk setiap bukti yang diusulkan, peserta didik harus menyertakan penjelasan yang ilmiah.

Berikut ini adalah kerangka *scientific explanation* tentang peristiwa tenggelam, melayang, dan terapung untuk benda yang didesain menjadi berbagai bentuk dengan gambar diagramnya ditunjukkan pada Gambar 1.

Klaim:

Jika benda logam seperti besi atau seng (dengan berbagai desain) dimasukkan ke dalam air maka belum tentu tenggelam dalam air.

Bukti 1:

Pelot besi tenggelam saat dimasukkan ke air, tetapi kapal laut dapat mengapung.

Penjelasan untuk Bukti 1:

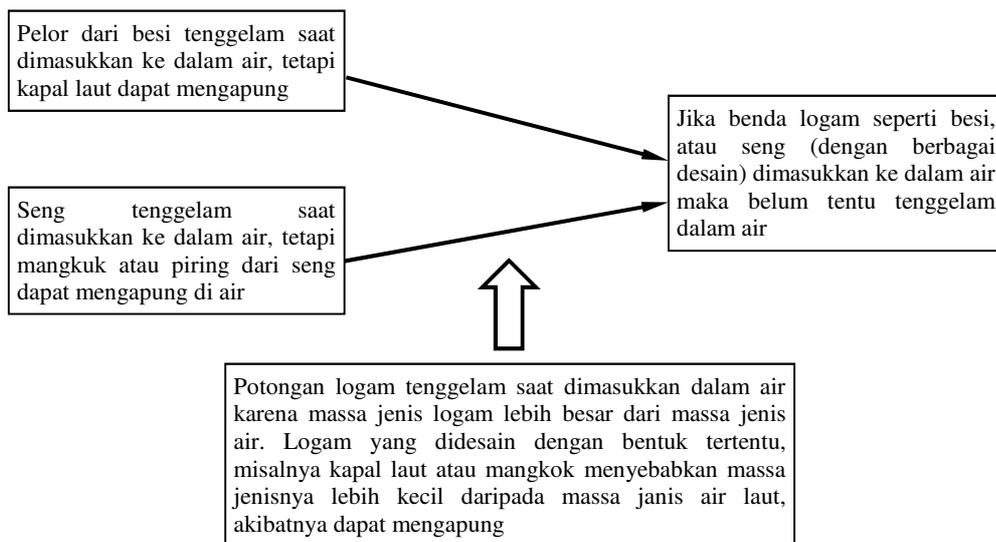
Besi tenggelam saat dimasukkan dalam air karena massa jenis besi lebih besar dari massa jenis air. Kapal laut didesain berongga agar di dalamnya dapat menampung banyak udara yang massa jenisnya lebih kecil daripada massa jenis air laut, sehingga massa jenis total dari kapal laut lebih kecil daripada massa jenis air laut dan kapal laut dapat mengapung.

Bukti 2:

Seng tenggelam saat dimasukkan ke dalam air, tetapi mangkuk atau piring seng dapat mengapung di air.

Penjelasan untuk Bukti 2:

Seng tenggelam saat dimasukkan dalam air karena massa jenis seng lebih besar dari massa jenis air. Mangkuk didesain cekung, cekungan dalam mangkuk dapat berisi udara sehingga massa jenis rerata mangkuk menjadi lebih kecil dan mangkuk dapat mengapung di permukaan air.



Gambar 1. Kerangka *scientific explanation* tentang peristiwa tenggelam, melayang, dan terapung untuk benda yang didesain dengan berbagai bentuk.

Berikut ini adalah kerangka *scientific explanation* tentang peristiwa tenggelam, melayang, dan terapung untuk suatu benda yang dimasukkan pada beberapa fluida yang memiliki massa jenis yang berbeda dengan gambar diagramnya ditunjukkan pada Gambar 2.

Klaim:

Jika suatu benda tertentu dimasukkan ke dalam zat cair yang berbeda-beda maka belum tentu tenggelam.

Bukti 1:

Telur tenggelam saat dimasukkan ke dalam air, tetapi telur dapat melayang saat pada air ditambahkan garam.

Penjelasan untuk Bukti 1:

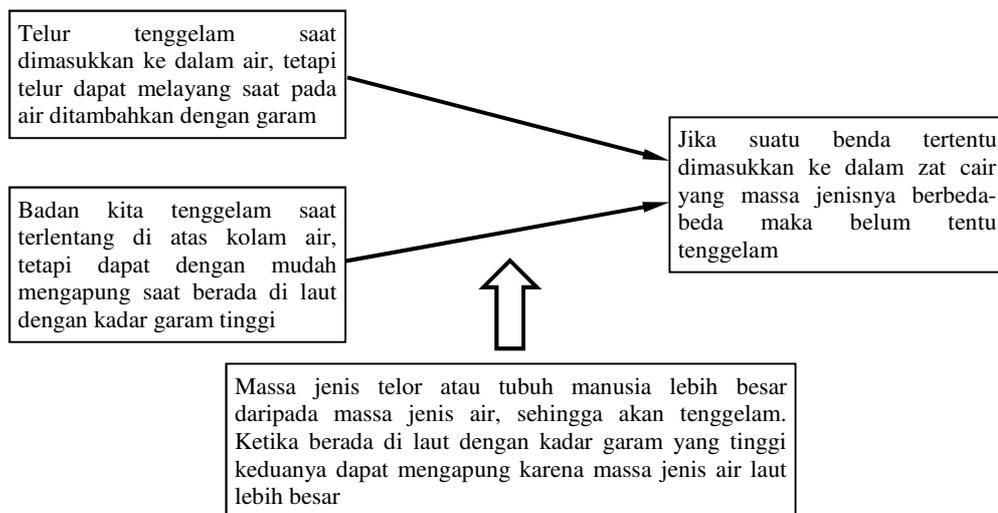
Massa jenis telur lebih besar daripada massa jenis air, sehingga telur tenggelam saat dimasukkan dalam gelas berisi air. Ketika air diberi garam sedikit demi sedikit dan diaduk, massa jenis air menjadi bertambah sehingga massa jenis air bisa sama dengan massa jenis telur, telur menjadi melayang. Dan jika ditambahi garam lagi, massa jenis air bisa lebih besar daripada massa jenis telur sehingga telur menjadi mengapung di permukaan air. Untuk itu, benda tenggelam jika $\rho_{\text{benda}} > \rho_{\text{air}}$; benda melayang jika $\rho_{\text{benda}} = \rho_{\text{air}}$; dan benda mengapung jika $\rho_{\text{benda}} < \rho_{\text{air}}$

Bukti 2:

Badan kita tenggelam saat terlentang di atas kolam air, tetapi dapat dengan mudah mengapung saat berada di pantai dengan kadar garam tinggi.

Penjelasan untuk Bukti 2:

Massa jenis tubuh manusia lebih besar daripada massa jenis air, sehingga tubuh manusia akan tenggelam. Ketika berada di pantai dengan kadar garam yang tinggi tubuh manusia dapat mengapung karena massa jenis air laut lebih besar dari massa jenis tubuh manusia. Untuk itu, benda tenggelam jika $\rho_{\text{benda}} > \rho_{\text{air}}$; benda melayang jika $\rho_{\text{benda}} = \rho_{\text{air}}$; dan benda mengapung jika $\rho_{\text{benda}} < \rho_{\text{air}}$



Gambar 2. Kerangka *scientific explanation* tentang peristiwa tenggelam, melayang, dan terapung suatu benda yang dimasukkan pada beberapa fluida yang memiliki massa jenis yang berbeda.

Berikut ini juga diuraikan beberapa contoh kerangka *scientific explanation* yang dapat digunakan sebagai dasar untuk mengkonstruksi alat penilaian yang dapat digunakan untuk mengukur kemampuan *scientific explanation* tentang optik dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Pada kerangka yang pertama, pertanyaan yang diajukan ke peserta didik adalah tentang karakteristik bayangan yang dibentuk oleh cermin datar. Pada kerangka kedua, pertanyaan yang diajukan ke peserta didik adalah tentang karakteristik bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung dan dikaitkan dengan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Untuk setiap pertanyaan yang diajukan, peserta didik harus menjawab dengan mengajukan klaim dan harus disertai dengan beberapa bukti. Untuk setiap bukti yang diusulkan, peserta didik harus menyertakan penjelasan yang ilmiah.

Berikut ini adalah kerangka *scientific explanation* tentang karakteristik bayangan yang dibentuk oleh cermin datar dengan gambar diagramnya ditunjukkan pada Gambar 3.

Klaim:

Jika suatu benda diletakkan di depan cermin datar maka bayangan yang terbentuk adalah tegak dan terbalik kiri kanannya, yaitu bagian kiri benda menjadi kanan pada bayangan dan bukan atas bawahnya.

Bukti 1:

Ketika berhias dengan cermin datar maka bayangannya tetap tegak dengan tangan kiri terlihat di kanan.

Penalaran untuk Bukti 1:

Cermin datar adalah suatu cermin yang memiliki permukaan datar dan tidak terdapat kelengkungan pada permukaannya. Dengan permukaan yang datar, sudut sinar pantul yang terbentuk sama dengan sudut sinar datang. Dikarenakan sudut yang terbentuk sama, maka bayangan yang dihasilkan sama seperti benda yang berada di depan cermin dan tidak berada pada posisi terbalik. Seperti saat kita bercermin, bayangan wajah yang ada pada cermin tetap sama dengan wajah kita yang

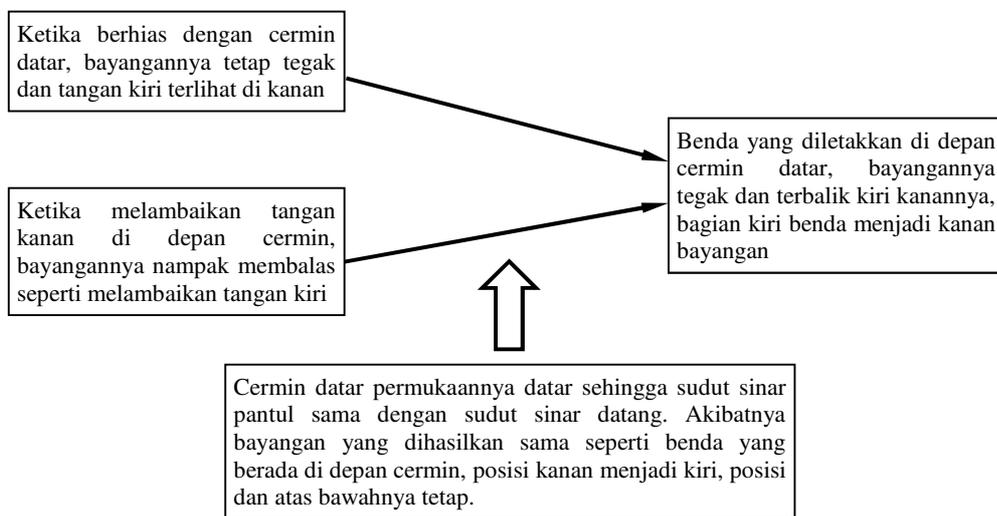
sebenarnya, dimana bagian kepala tetap berada di bagian atas, sedangkan kaki tetap ada di bawah.

Bukti 2:

Ketika melambaikan tangan kanan di depan cermin, bayangan membalas dengan nampak seperti melambaikan tangan kiri.

Penalaran untuk Bukti 2:

Cermin datar memiliki permukaan datar dan tidak terdapat kelengkungan pada permukaannya. Dengan permukaan yang datar, sudut sinar pantul yang terbentuk sama dengan sudut sinar datang. Bayangan yang terbentuk pada cermin datar selalu tegak tetapi memiliki sifat berkebalikan. Berkebalikan dalam hal kiri dan kanan, dimana bagian kiri benda menjadi bagian kanan bayangan dan sebaliknya. Hal ini disebut pembalikan sisi atau pencerminan. Karena adanya pembalikan sisi, bayangan pada cermin akan melambaikan tangan kiri saat kita melambaikan tangan kanan di depan cermin.



Gambar 3. Kerangka *scientific explanation* tentang tentang karakteristik bayangan yang dibentuk oleh cermin datar.

Berikut ini adalah kerangka *scientific explanation* tentang tentang karakteristik bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung dengan gambar diagramnya ditunjukkan pada Gambar 4.

Klaim:

Cermin yang digunakan untuk memperluas pandangan terhadap objek yang terdapat di depan cermin adalah cermin cembung.

Bukti 1:

Cermin cembung yang digunakan untuk melihat pengendara lain yang melewati tikungan jalan atau pertigaan jalan

Penalaran untuk Bukti 1:

Cermin cembung digunakan sebagai cermin di tikungan jalan dikarenakan kita dapat melihat kendaraan lain yang semula tidak terlihat menjadi terlihat di cermin. Sifat bayangan yang terbentuk pada cermin cembung selalu diperkecil meskipun jarak benda dengan cermin cembung berubah, seperti ketika mobil dari arah lain yang semakin mendekat tetap terlihat lebih kecil dari ukuran aslinya. Selain itu bayangan

yang terbentuk selalu ada di belakang cermin sehingga tidak dapat ditangkap oleh layar (bayangan semu) dan bayangan yang terbentuk tetap berada dalam posisi tegak atau tidak terbalik meskipun jarak antara benda dan cermin berubah. Karena sifat bayangan pada cermin cembung selalu diperkecil, sehingga area jangkauan yang dapat terlihat pada cermin cembung lebih luas jika dibandingkan cermin cekung.

Bukti 2:

Cermin cembung digunakan sebagai cermin pengawas di supermarket.

Penalaran untuk Bukti 2:

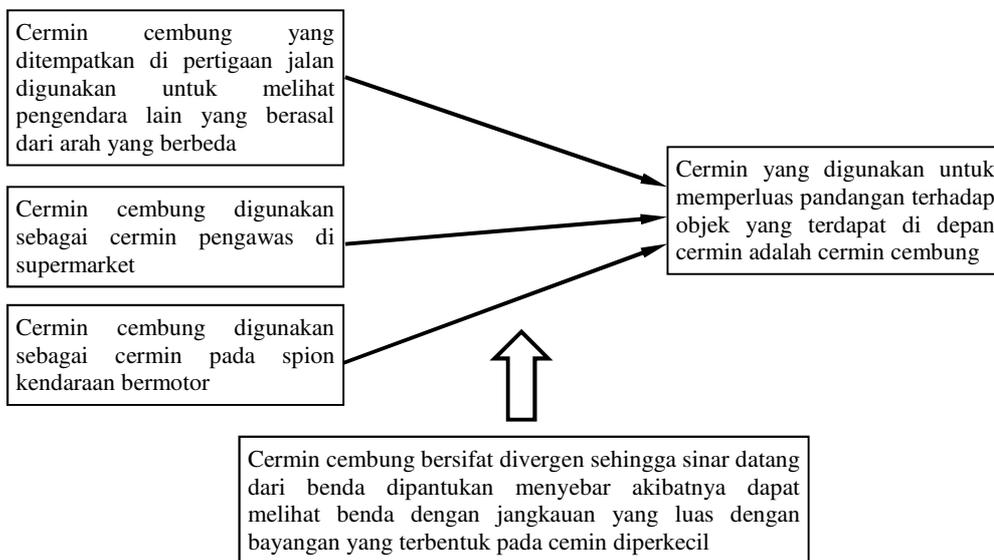
Pada supermarket atau sebuah minimarket, biasanya terdapat cermin pengawas yang dibuat dari cermin cembung. Hal ini karena cermin cembung menghasilkan bayangan yang selalu diperkecil sehingga jangkauan pandangan terhadap objek yang dapat terlihat dari cermin cembung semakin luas. Oleh karena itu, cermin cembung digunakan sebagai cermin pengawas karena dapat memperluas area pandangan.

Bukti 3:

Cermin cembung digunakan sebagai cermin pada spion kendaraan bermotor

Penalaran untuk Bukti 3:

Dengan menggunakan cermin cembung, kita dapat melihat mobil yang ada di belakang dengan jangkauan yang lebih luas. Hal ini karena bayangan yang terbentuk pada cermin cembung menyusut (diperkecil), sehingga jangkauan penglihatan di belakang kita akan menjadi lebih luas. Pada spion dengan cermin cembung, semakin dekat kendaraan lain dengan kendaraan kita, maka bayangan yang terbentuk akan semakin dekat, namun bayangan yang terbentuk tetap berada pada posisi tegak. Bayangan yang terbentuk pada cermin cembung berada di belakang layar (bayangan semu). Oleh karena itu, sifat bayangan pada cermin cembung selalu tetap.



Gambar 4. Kerangka *scientific explanation* tentang tentang karakteristik bayangan yang dibentuk oleh cermin cembung.

Kerangka yang telah diuraikan di atas dapat digunakan sebagai dasar untuk mendesain tes untuk mengukur kemampuan *scientific explanation*. Peserta didik diminta menjawab soal dengan memberikan klaim, menyertakan bukti serta memberikan penalaran untuk menghubungkan bukti dengan klaim. Untuk

menskor jawaban yang telah diberikan oleh peserta didik pada saat tes, dapat digunakan pedoman penskoran. Berikut ini adalah contoh pedoman penskoran untuk menilai kemampuan *scientific explanation* yang diadopsi dari beberapa penelitian yang telah dilakukan (Lange, 2011; McNeill et al., 2006; McNeill & Krajcik, 2008).

Tabel 1. Pedoman penskoran untuk menilai kemampuan *scientific explanation*.

Komponen	Indikator Penilaian	Level Skor
Klaim	Peserta didik tidak memberi jawaban	0
	Peserta didik memberi jawaban yang tidak benar	1
	Peserta didik memberi jawaban yang benar	2
Bukti	Peserta didik tidak memberikan bukti/ccontoh	0
	Peserta didik memberikan satu bukti/ccontoh tetapi tidak tepat	1
	Peserta didik memberikan satu bukti/ccontoh yang tepat	2
	Peserta didik memberikan lebih dari satu bukti/ccontoh yang tepat	3
Penalaran	Peserta didik tidak memberikan penjelasan untuk bukti/ccontoh	0
	Peserta didik memberikan penjelasan yang kurang tepat atau tidak dapat menghubungkan antara klaim dengan bukti	1
	Peserta didik memberikan penjelasan yang tepat hanya untuk satu bukti/ccontoh dan dapat menghubungkan antara klaim dengan bukti	2
	Peserta didik memberikan penjelasan yang tepat untuk lebih dari satu bukti/ccontoh dan dapat menghubungkan antara klaim dengan bukti	3

KESIMPULAN

Scientific explanation merupakan salah satu kemampuan bernalar yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran fisika karena terkait secara langsung dengan hasil belajar. Kemampuan ini menuntut tiga komponen utama, yaitu klaim, bukti, dan penalaran. Klaim merupakan jawaban atau penjelasan awal dari suatu pertanyaan yang bisa berupa jawaban singkat seperti persetujuan, sanggahan, atau jawaban inti, bisa juga berupa pengklasifikasian, pengelompokan, penomoran. Bukti merupakan contoh atau data yang dapat mendukung klaim yang bisa didapat dari pembelajaran, pengalaman, ataupun kejadian sehari-hari. Penalaran merupakan penjelasan yang menghubungkan klaim dan bukti, dimana penalaran yang baik adalah penalaran yang banyak menyertakan pengetahuan pendukung. Untuk mengembangkan kemampuan *scientific explanation* dapat diterapkan beberapa rancangan pembelajaran, diantaranya adalah dengan menerepakan model pembelajaran, strategi pembelajaran tertentu, *scaffolding*, dan desain sumber belajar. Penilaian terhadap kemampuan *scientific explanation* dapat dilakukan dengan mendesain alat penilaian yang didasarkan pada suatu kerangka yang mengandung komponen klaim, bukti, dan penalaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Akkus, R. Gunel, M., Hand, B. (2007). Comparing an inquiry-based approach known as the science writing heuristic to traditional science teaching practices: are there differences? *International Journal of Science Education*, 29(14), 1745-1765.
- Ates, S., & Cataloglu, E. (2007). The effects of students' reasoning abilities on conceptual understandings and problem-solving skills in introductory mechanics. *European Journal of Physics*, 28(6), 1161–1171.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26–55.
- Cavallo, A. M. L. (1996). Meaningful learning, reasoning ability, and students' understanding and problem solving of topics in genetics *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 625–56
- Chang, C. J., Liu, C. C., & Tsai, C. C. (2016). Supporting scientific explanations with drawings and narratives on tablet computers: an analysis of explanation patterns. *Asia-Pacific Education Research*, 25(1), 173–184.
- Chinn, C. A., & Brown, D. E. (2000). Learning in science: a comparison of deep and surface approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 109–138.
- Chin, C., & Osborne, J. (2010). Students' questions and discursive interaction: Their impact on argumentation during collaborative group discussions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 883–908.
- Cohen, H., Hillman, D., and Agne, R. (1978). Cognitive level and college physics achievement. *American Journal of Physics*, 46(10), 1026.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press and Lederman, N. G.
- Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. In: G.J. Kelly, A. Luke, & J. Green (Eds.), *Review of Research in Education: What Counts and Knowledge in Educational Settings: Disciplinary Knowledge, Assessment, and Curriculum* (pp. 268-291). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: learning and teaching science in grades K-8*. Washington DC: National Academies.
- Enyeart, M. A., Baker, D., and Vanharlingen, D. (1980). Correlation of inductive and deductive logical reasoning to college physics achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 17(3), 263–276.
- Friedman, M. (1974). Explanation and scientific understanding. *Journal of Philosophy*, 71(1), 5–19.
- Hempel, C., & Oppenheim, P. (1948). Studies in the logic of explanation. *Philosophy of Science*, 15(2), 135–175.
- Hempel, G. Carl. (1970). *Scientific Explanation: Essays in the Philosophy of Science*. New York: The Free Press.
- Hsu, Y. S., Wu, H. K., & Hwang, F. K. (2008). Fostering high school students' conceptual understandings about seasons: The design of a technology-

- enhanced learning environment. *Research in Science Education*, 38(2), 127–147.
- Kampourakis, K., & Zygkos, V. (2008). Students' intuitive explanations of the causes of homologies and adaptations. *Science & Education*, 17(1), 27–47.
- Kitcher, P. (1981). Explanatory unification. *Philosophy of Science*, 48(4), 507–531.
- Lange, K. (2011). Scientific Explanations Peer Feedback or Teacher Feedback. *Thesis*, Arizona State University
- Lawson, A. E. (1995). *Science Teaching and Development of Thinking*. Belmont, CL: Wadsworth.
- Lawson, A. E., Clark, B., Meldrum, E. C., Falconer, K. A., Sequist, J. M., and Kwon, Y-J. (2000). Development of scientific reasoning in college biology: do two levels of general hypothesis-testing skills exist? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(1), 81–101.
- Lawson, A. E., Banks, D. L., and Logvin, M. (2007). Self-efficacy, reasoning ability, and achievement in college biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 706–724.
- Lee, V. R. (2010). How different variants of orbit diagrams influence student explanations of the seasons. *Science Education*, 94(6), 985–1007.
- Lewis, D. (1986). Causal explanation. In D. Lewis (Ed.), *Philosophical papers* (Vol. 2, pp. 214–240). Oxford: Oxford University Press.
- McNeill, K.L., & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In M. Lovett & P. Shah (Eds.), *Thinking with data: Proceedings of the 33rd Carnegie Symposium on Cognition* (pp. 233–265). New York: Taylor & Francis.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 53–78.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R.W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153–191.
- National Research Council. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies.
- OECD. (2013). *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Mathematics, Reading and Science (Volume I)*, PISA, OECD Publishing, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264201118-en>.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: King's College.
- Osborne, J. F., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Science Education*, 95(4), 627–638.

- Perkins, D. N. and Salomon, G. (1989). Are cognitive skills context-bound? *Educational Researcher*, 18(1), 16–25.
- Permendikbud No. 21 Tahun 2016 tentang standar isi pendidikan dasar dan menengah.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536.
- Salmon, W. C. (1984). *Scientific explanation and the causal structure of the world* (pp. 79–118). Princeton: University Press.
- Sandoval, W. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5–51.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 345–372.
- Scriven, M. (1959). Explanation and prediction in evolutionary theory. *Science*, 130, 477–482.
- Strevens, M. (2004). 'Scientific explanation', in macmillan encyclopaedia of philosophy, (2nd ed.).
- Treagust, D. F., & Harrison, A. G. (2000). In search of explanatory frameworks: An analysis of Richard Feynman's lecture "Atoms in motion". *International Journal of Science Education*, 22(11), 1157–1170.
- Wallace, C. (2004). Framing new research in science literacy and language use: authenticity, multiple discourses, and the "third space". *Science Education*, 88(6), 901-914.
- Wang, C. Y. (2015). Scaffolding Middle School Students' Construction of Scientific Explanations: Comparing a cognitive versus a metacognitive evaluation approach. *International Journal of Science Education*, 37(2), 237–271.
- Wu, H. K., & Hsieh, C. E. (2006). Developing sixth graders' inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environments. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1289–1313.
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20(1), 99–149.