Tahun V, Nomor 2, November, 2014 ISSN: 2087-538X

J-TEQIP SMP

Jurnal Peningkatan Kualitas Guru Sekolah Menengah Pertama

J-TEQIP	Tahun V	No.2	Hlm.307-402	Malang November 2014

Diterbitkan oleh Universitas Negeri Malang
Disponsori oleh P.T PERTAMINA (Persero)

The Learning University

PERTAMINA

ISSN: 2087-538X

J-TEQIP

Jurnal Peningkatan Kualitas Guru

Terbit dua kali setahun pada bulan Mei dan November, ISSN 2087-538X, berisi tulisan ilmiah tentang gagasan konseptual dalam bidang pembelajaran di Sekolah, hasil penelitian, kajian pustaka, analisis dan aplikasi teori, dan resensi buku.

KETUA PENYUNTING
Erry Hidayanto

WAKIL KETUA PENYUNTING
Munzil

PENYUNTING PELAKSANA
Kusubakti Andajani
Dwi Sulistyorini
Aman Santoso
Suharyadi

PENYUNTING AHLI
Sutopo (Universitas Negeri Malang)
Subanji (Universitas Negeri Malang)
Karkono (Universitas Negeri Malang)
Eddy Sutadji (Universitas Negeri Malang)
Anang Santoso (Universitas Negeri Malang)
Gatot Muhsetyo (Universitas Negeri Malang)
Fatchur Rohman (Universitas Negeri Malang)
Johannes Ananta Prayogo (Universitas Negeri Malang)

PELAKSANA TATA USAHA
Mimin Nurbintarti
Purwanto

Alamat Penyunting dan Tata Usaha: Lembaga Pengembangan Pendidikan dan Pembelajaran (LP3) Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang 65145, Telepon (0341) 587944. ***J-TEQIP*** diterbitkan oleh Lembaga Pengembangan Pendidikan dan Pembelajaran (LP3) Universitas Negeri Malang

Penyunting menerima sumbangan tulisan yang belum pernah diterbitkan dalam media cetak lain. Naskah diketik dengan spasi rangkap pada kertas HVS A4, panjang 10-20 halaman sebanyak 2 eksemplar (lebih lanjut baca Petunjuk bagi Penulis pada sampul dalam belakang). Naskah yang masuk dievaluasi oleh Penyunting Ahli. Penyunting dapat melakukan perubahan pada tulisan yang dimuat untuk keseragaman format, istilah tanpa mengubah maksud dan isinya.

Jurnal ini diterbitkan atas kerjasama antara PT. Pertamina (Persero) dan Universitas Negeri Malang. **Pembina**: Suparno (Rektor). **Penanggungjawab**: Isnandar (Koordinator Kerjasama)

ISSN: 2087-538X
Tahun V, Nomor 2, November 2014
Halaman 307 s.d 402

J-TEQIP
Jurnal Peningkatan Kualitas Guru

DAFTAR ISI

- TEQIP Sebagai Wahana Mewujudkan Pembelajaran Bermakna dan Membangun Karakter Bangsa
  Subanji (307-318)

- Penerapan Metode Eksperimen untuk Meningkatkan Prestasi Belajar IPA Siswa Kelas VIII SMP Negeri 6 Sanggau
  Ninuk Susari (319-322)

- Penggunaan Pendekatan Pragmatik dalam Upaya Meningkatkan Keterampilan Berbicara pada Siswa Kelas VII SMP Negeri Satap 6
  Yuli Fitriani (323-331)

- Meningkatkan Kemampuan Menulis Kreatif Puisi dengan Media Kartu Gambar melalui Teknik Akrostik Siswa Kelas VII B SMP Negeri 5 Sanggau
  Tauhidah (332-340)

- Kekongruenan dengan *Geomertry Ekspresionsions* Siswa Kelas IX B SMPN 4 Muaro Jambi Tahun 2014/2015
  Vanny Vierry Sinaga (341-355)

- Miskonsepsi pada Optika Geometri dan Remidiasinya
  Sutopo (356-368)

- Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif STAD dan Media Manipulatif dalam Pembelajaran Luas Permukaan Bangun Ruang Sisi Lengkung di Kelas IXE SMP Negeri 1 Sanggau
  Anita Windarini (369-377)

- Pengembangan Media Big Book untuk Pembelajaran Narrative Text Bahasa Inggris di SMP
  Ervina (378-388)

- Pertanyaan Kritis dalam Cerita Anak untuk Mewujudkan Membaca yang Bermakna
  Kusubakti Andajani (389-402)

KATA PENGANTAR

J-TEQIP merupakan jurnal ilmiah yang dilahirkan dari kegiatan *Teachers Quality Improvement Program (TEQIP)* yang merupakan kerjasama PT. Pertamina (Persero) dengan Universitas Negeri Malang. Jurnal ini digunakan untuk mewadahi karya-karya inovasi guru dalam melaksanakan pembelajaran dan sebagai sarana komunikasi ilmiah guru antar Provinsi di Indonesia.

J-TEQIP edisi November 2014 ini menyajikan artikel yang terdiri dari kajian teori dan hasil penelitian di bidang Matematika, Sains, Bahasa Indonesia, dan Bahasa Inggris. Sebagai jurnal peningkatan kualitas guru, J-TEQIP senantiasa berusaha tetap menampilkan artikel-artikel di bidang pembelajaran. Untuk itu, sumbangan tulisan di bidang tersebut sangat diharapkan dari pembaca sekalian. Untuk artikel yang belum termuat pada edisi ini, semoga pada kesempatan lain artikel tersebut dapat ditampilkan.

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada: (1) PT. Pertamina (Persero) yang telah mensponsori terbitnya J-TEQIP ini, (2) Universitas Negeri Malang yang telah memfasilitasi terbitnya jurnal peningkatan kualitas guru ini, dan (3) para penulis yang telah menyumbangkan tulisan/artikelnya.

Demikian informasi dari Dewan Penyunting, semoga tulisan yang disajikan dapat bermanfaat bagi pembaca.

Dewan Penyunting

PETUNJUK BAGI PENULIS

1. Naskah yang dikirim belum diterbitkan dalam jurnal atau media cetak lain, diketik dengan spasi rangkap pada kertas A4, 12 font Times New Roman, 12—20 halaman, dan diserahkan dalam bentuk cetakan sebanyak 2 eksemplar dan atau dalam bentuk soft file. Naskah diketik dengan menggunakan pengolah kata *Microsoft Word.* Naskah dapat dikirim melalui email: semnasteqip@gmail.com
2. Artikel yang dimuat dalam jurnal ini meliputi tulisan penelitian, gagasan konseptual, kajian dan aplikasi teori, tinjauan konseptual, dan resensi buku. Artikel hasil penelitian lebih diutamakan daripada nonpenelitian.
3. Naskah yang ditulis berbentuk esai, disertai judul subbab (*heading*) masing-masing bagian, kecuali bagian pendahuluan yang disajikan tanpa judul subbab. Peringkat judul subbab dinyatakan dengan huruf yang berbeda. Judul dan subjudul dicetak tebal (*bold*) dan bukan dengan angka, seperti ketentuan berikut:
   Peringkat 1 (huruf kapital rata dengan tepi kiri)
   Peringkat 2 (huruf kapital-kecil rata dengan tepi kiri)
   Peringkat 3 (huruf kapital-kecil, cetak miring, rata dengan tepi kiri).
4. Artikel hasil penelitian terdiri atas (a) judul (maksimal 15 kata), (b) nama penulis (tanpa gelar akademik) disertai dengan alamat surel (e-mail), nama dan alamat institusi, (c) abstrak (50—100 kata), (d) kata kunci (3—5 kata), (e) pendahuluan (tanpa judul subbab) yang berisi latar belakang dan tujuan penelitian, (e) metode penelitian, (f) hasil dan pembahasan didukung rujukan yang relevan dan mutakhir, (g) penutup (simpulan dan saran), (h) daftar rujukan.
5. Artikel gagasan konseptual terdiri atas (a) judul (maksimal 15 kata), (b) nama pengarang (tanpa gelar akademik) disertai dengan alamat surel (e-mail), nama dan alamat institusi, (c) abstrak (50—75 kata, (d) kata kunci (3—5 kata), (e) pendahuluan (tanpa judul subbab) berisi alasan pentingnya topik bahasan dan ruang lingkup tulisan, (f) pembahasan sesuai dengan ruang lingkup tulisan, (g) simpulan, dan (j) daftar rujukan.
6. Daftar rujukan hanya berisi daftar pustaka yang dikutip dalam tulisan. Daftar rujukan disajikan mengikuti tatacara seperti contoh berikut dan diurutkan secara alfabetis dan kronologis.

   Muhsetyo, G. 2013. Implementasi *Compatible Numbers* untuk Meningkatkan Kemampuan Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Penjumlahan Bilangan Bulat. *J-TEQIP: Jurnal Peningkatan Kualittas Guru,* IV(1) Mei: 1—10

   Sa'dijah, C. 2007. Sikap Kritis dan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Perempuan dengan Menggunakan Pembelajaran Matematika Konstruktivisme. *Jurnal MIPA* 36 (2), Juli: *133 – 146*

   Suwignyo, H. & Santoso, A. 2013. *Pendalaman Materi Bahasa Indonesia Sekolah Dasar*. Malang: Penerbit Universitas Negeri Malang

7. Tatacara penyajian kutipan rujukan, tabel, dan gambar mengikuti ketentuan yang disarikan dari *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah* (Universitas Negeri Malang, 2010), dapat diunduh di laman: http://www.teqip.com. Naskah diketik dengan memperhatikan aturan penggunaan tanda baca dan ejaan yang dimuat dalam *Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia yang Disempurnakan* (Depdikbud, 2009).

MISKONSEPSI PADA OPTIKA GEOMETRI DAN REMIDIASINYA

Sutopo
Juruan Fisika FMIPA UM
sutopo.fisika@um.ac.id

Abstrak.Melalui studi longitudinal selama tiga tahun terakhir dengan subjek penelitian mencakup mahasiswa S1 dan S2 Pendidikan Fisika serta sejumlah guru Fisika SMP/SMA ditemukan sejumlah miskonsepsi pada optika geometri. Peper ini menyajikan sejumlah miskonsepsi yang secara teoritis dapat dicegah atau diremidiasi sejak pendidikan dasar dan menengah.Miskonsepsi yang dimaksud berkaitan dengan (1) peranan sinar istimewa dalam pembentukan bayangan, (2) sifat bayangan nyata, dan (3) bayangan maya yang dihasilkan cermin datar. Pengalaman sukses meremidiasi miskonsepsi tersebut beserta implikasinya pada pembejaran optika geometri di sekolah juga disajikan.

Abstract*. Throughout three years longitudinal study involving undergraduate and graduate students of physics education program as well as some experienced physics teachers, there were strong evidences that most respondents held many misconceptions on the topic of geometrical optics. This paper describes some misconceptions that should be prevented or remidiated during elementary and secondary schooling. Those misconceptions deal with (1) the role of primary rays, (2) properties of a real image, and (3) properties of virtual image produced by plan mirror. Good practices in remediating the misconceptions and its implication on teaching geometrical optics in school are also described.*

Kata-kata Kunci: optika geometri, miskonsepsi

Salah satu aspek penting dari tujuan pembelajaran IPA di sekolah adalah agar siswa memahami bahan kajian (konsep, prinsip, hukum, teori) secara bermakna sehingga mampu menerapkannya untuk menjelaskan fenomena alam dan/atau teknologi yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.Meskipun dewasa ini tujuan pembelajaran IPA sudah dikembangkan hingga mencakup aspek-aspek lain seperti sikap dan kecakapan berfikir ilmiah, penguasaan bahan kajian tetap menjadi perhatian utama para pendidik IPA. Hal ini disebabkan karena tanpa pemahaman bahan kajian yang baik, sangat sulit mengembangkan sikap dan kecakapan berfikir ilmiahsiswa.

Dalam konteks membantu siswa menguasai bahan kajian IPA, teori belajar konstruktivis mengingatkan para pendidik bahwa siswa datang ke kelas tidaklah dengan kepala kosong,tanpa pengetahuan apapun terkait bahan kajian yang akan dipelajari. Selain itu, teori belajar konstruktivis juga mengingatkan bahwa pengetahuan baru tidak dapat ditransferkan begitu saja dari guru ke siswa.Kalaupun siswa mampu mengungkapkan kembali pengetahuan baru yang ditransferkan guru, sangat mungkin ungkapan kata-kata siswa hanya bersifat hafalan secara tekstual semata, tanpa pemahaman yang bermakna.Untuk memahami pengetahuan baru secara bermakna, siswa harus memproses

sendiri secara mental pengetahuan tersebut sedemikian rupa bisa bertaut secara sinergis dengan pengetahuan yang sudah dimiliki. Tanpa proses aktif secara mental, tidaklah mungkin siswa bisa memahami pengetahuan baru tersebut secara bermakna.

Mengingat bahan kajian IPA adalah tentang alam sekitar, maka sebelum mempelajari suatu topik IPA secara formal di kelas, sangat mungkin siswa sudah memilikipengetahuan sendiri tentang topik itu, sebagai hasil interaksinya dengan alam. Pengetahuan awal siswa tersebut bisa sesuai tetapi juga bisa tidak sesuai dengan pengetahuan IPA sebagaimana dimaksud para ilmuwan. Dalam literatur, prakonsepsi siswa yang salah biasa disebut miskonsepsi (Hammer, 1996, Hasan et al. 1999, Allen & Coole, 2012) meskipun beberapa peneliti lebih suka menggunakan istilah lain seperti prakonsepsi (Clement, 1982), konsepsi common sense (Halloun & Hestenes, 1985), konsepsi intuitif (Heller & Finley, 1992), dan konsepsi alternatif (Dykstra, Boyle, & Monarch, 1992; Potgieter *et al*, 2010).

Sejak beberapa dasawarsa terakhir, banyak pendidik dan peneliti pendidikan IPA yang menaruh perhatian besar pada miskonsepsi siswa. Hal ini didasari oleh keyakinan bahwa miskonsepsi sangat menghambat perkembangan siswa dalam belajar IPA (Van Heuvelen, 1991; Hammer, 1996; Caleon & Subramaniam, 2010). Selain itu, pengetahuan tentang miskonsepsi siswa merupakan input penting bagi guru dalam merancang pembelajaran yang efektif (Fazio et al., 2008). Karena itu, banyak ahli berpendapat bahwa wawasan guru tentang miskonsepsi siswa merupakan salah satu unsur penting dari kompetensi guru dalam ranah *pedagogical content knowledge* (Etkina, 2010, Loughran & Nilsson, 2012).

Sebagian besar penelitian miskonsepsi difokuskan untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa di berbagai cabang IPA. Sebagian lainnya diarahkan untuk mengembangkan instrumen dan teknik mengenali miskonsepsi (Allen & Coole, 2012, Potgieter et al, 2010, Caleon & Subramaniam, 2010), atau untuk mengembangkan strategi mengatasi miskonsepsi (Lee et al., 2003; Duit & Treagust, 2003; Parker, 2006; Merhar, Planinsic, & Cepic, 2009; Leinonen, Asikainen, & Hirvonen, 2013). Dari aspek jenis, penelitian miskonsepsi sudah cukup memadai. Namun, dari aspek jenis topik yang dikaji, sebagian besar penelitian miskonsepsi terfokus pada topic gaya dan gerak. Masih sedikit penelitian miskonsepsi dalam bidang optika, khususnya optika geometri.

Optika geometri merupakan cabang IPA yang mempelajari perilaku cahaya melalui pendekatan sinar dengan menerapkan prinsip-prinsip geometri. Dalam optika geometri, cahaya direpresentasikan sebagai sinar, yaitu garis-garis lurus yang digambar mengikuti arah perambatan cahaya. Objek kajiannya berkaitan dengan peristiwa perambatan, pemantulan, dan pembiasan cahaya. Pemahaman yang baik tentang perambatan cahaya dan bagaimana cahaya berinteraksi dengan objek-objek lain sangat diperlukan dalam memahami fenomena sehari-hari yang berkaitan dengan cahaya dan berbagai tekhnologi yang dikembangkan berdasarkan prinsip-prinsip pemantulan dan pembiasan cahaya. Beberapa pendidik mengklaim bahwa pengetahuan tentang cahaya dan interaksinya dengan benda lain sangat diperlukan dalam mempelajari cabang-cabang sains lainnya (Goldberg & McDermott, 1986, 1987). Namun demikian, konsep-konsep dasar optika geometri ternyata cukup sulit dipahami siswa, bahkan oleh mahasiswa di tingkat perguruan tinggi. Karena itu, di-

perlukan perencanaan yang cermat dalam pembelajaran optika geometri.

Penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa mengalami kesulitan yang serius tentang konsekuensi dari sifat cahaya yang merambat lurus dalam suatu medium kemudian memantul dan/atau membias jika menjumpai medium lain (Goldberg & McDermott, 1986,1987; Wosilait, Heron, Shaffer, & McDermott, 1998).Beberapa temuan para peneliti tersebut disarikan sebagai berikut. Sebagian besar siswa tidak mampu menjelaskan terjadinya bayangan pada kamera lubang jarum (*pinhole camera*), bahkan jarang ada siswa yang mampu memprediksi apa yang akan terjadi pada layar yang ditempatkan di belakang lubang kecil yang dihadapkan padasuatu benda. Terkait dengan pembentukan bayangan pada cermin datar, sebagian besar siswa mengalami kesulitan mengkaitkan prinsip-prinsip optika geometri dengan terjadinya bayangan tersebut. Sebagian besar siswa juga berpendapat bahwa posisi bayangan pada cermin datar bergantung pada posisi pengamat. Terkait dengan pembentukan bayangan pada lensa positif dan cermin cekung, sebagian besar siswa mengalami kesulitan mentransfer diagram pembentukan bayangan menjadi set up percobaan real yang melibatkan penyusunan letak benda, lensa/cermin, dan layar. Daftar kesulitan tersebut juga sering penulis jumpai pada mahasiswa tahun pertama, bahkan juga pada sejumlah guru yang telah memiliki pengalaman mengajar cukup lama.

Pengalaman penulis berinteraksi dengan mahasiswa, khususnya mahasiswa calon guru Fisika, menunjukkan banyak mahasiswa yang mengalami miskonsepsi terkait topik-topik fisika yang justru sudah dipelajari sejak sekolah dasar.Topik-topik pada gaya dan gerak serta cahaya dan penglihatan merupakan topik yang paling banyak terjadi miskonsepsi. Pada topik gerak dan gaya, minskonsepsi yang paling umum dan paling sulit diremidiasi adalah tentang konsep percepatan. Miskonsepsi tersebut adalah (1) percepatan negatif selalu dipikirkan memperlambat gerak sedangkan percepatan positif selalu mempercepat gerak, (2) percepatan sebanding dengan kecepatan, semakin cepat gerak benda semakin besar percepatannya, dan sebaliknya (Sutopo, *et al.*, 2012; Sutopo & Waldrip, 2014).Terkait topik cahaya dan penglihatan, penulis juga menemukan banyak miskonsepsi, baik pada mahasiswa maupun guru. Beberapa miskonsepsi tersebut akan dipaparkan lebih rinci dalam artikel ini.

Miskonsepsi yang dipaparkan pada artikel ini merupakan miskonsepsi yang terutama disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan factual responden yang mestinya dapat diperoleh ketika di jenjang pendidikan dasar dan menengah. Strategi untuk menyembuhkan miskonsepsi juga dipaparkan. Dengan demikian, diharapkan tulisan ini dapat memberikan inspirasi bagi para pembaca, khususnya para guru IPA, dalam merancang pembelajaran optika geometri.

METODE

Miskonsepsi yang dipaparkan pada tulisan ini diperoleh melalui serangkaian studi longitudinal (Creswell, 2012: 379) dengan pendekatan kualitatif yang dilakukan selama tiga tahun, mulai tahun 2012 s.d 2014. Responden terdiri atas mahasiswa S1 Pendidikan Fisika UM peserta matakuliah Fisika Dasar dan Kapita Selekta Fisika Sekolah, mahasiswa S2 Pendidikan Fisika, dan guru peserta PLPG Rayon UM.

Data diperoleh melalui observasi selama kegiatan diskusi dalam rangka memecahkan soal-soal konseptual sebagaimana disajikan pada bagian berikutnya, Hasil dan Pembahasan.Kegiatan remidiasi

yang disajikan di setiap paparan miskonsepsi merupakan rekonstruksi dari pengalaman sukses (*good practices*) selama pembelajaran.Validasi temuan dilakukan melalui teknik *member checking* (Creswell, 2012: 259) yang dilakukan secara informal selama pembelajaran.

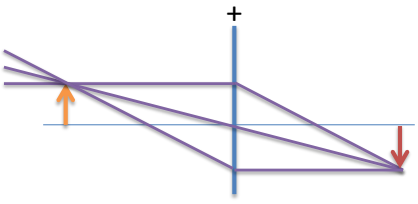
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut disajikan beberapa miskonsepsi terkait topik optika geometri beserta kegiatan remidiasi yang telah dilakukan. Sebagaimana telah disinggung, tidak semua miskonsepsi yang ditemukan selama tiga tahun studi longitudinal tersebut diuraikan di sini. Hanya miskonsepsi yang secara teoretis dapat dihindari sejak di jenjang pendidikan dasar dan menengah saja yang dipaparkan. Beberapa miskonsepsi tersebut dipaparkan ke dalam tiga bagian, yaitu (1) miskonsepsi terkait peranan sinar-sinar istimewa dalam pembentukan bayangan, (2) miskonsepsi terkait konsep bayangan nyata, dan (3) miskonsepsi terkait bayangan yang dihasilkan cermin datar (cermin rias).

Miskonsepsi Terkait Peranan Sinar Istimewa dalam Pembentukan Bayangan

Jarang ditemukan responden yang mengalami kesulitan berarti dalam melukis pembentukan bayangan pada lensa maupun cermin,khususnya pada pembentukan bayangan nyata oleh lensa positif atau oleh cermin cekung. Pada umumnya responden menggunakan dua atau tiga sinar istimewa untuk menyelesaikan tugas tersebut. Namun demikian, jika kepada mereka diajukan beberapa pertanyaan lanjutan, segera tampak bahwa pengetahuan mereka sebenarnya masih sebatas pengetahuan prosedural, itupun masih jauh dari lengkap. Berdasarkan argumentasi yang mereka ajukan dalam mendukung setiap pendapatnya, tampak bahwa mereka belum memiliki pemahaman yang bermakna tentang prinsip-prinsip optika geometri yang mereka gunakan. Beberapa indikasi tentang itu antara lainditunjukkan oleh bukti-bukti berikut.

Dalam melukis pembentukan bayangan, sebagian besar responden menggambar sinar datang tidak berpangkal di titik benda, melainkan mulai dari belakang benda seperti dicontohkan pada Gambar 1.Ini menunjukkan bahwa mereka tidak memahami benar apa yang dilakukannya tersebut. Jika ditanya dari mana asal sinar cahaya yang menuju lensa tersebut, umumnya mereka menjawab “dari benda”. Jika ditanya lebih lanjut mengapa sinar datang tidak digambar berpangkal di titik benda, jawaban yang sering muncul adalah “karena bendanya bukan sumber cahaya, dan sinar yang digambar tersebut merupakan sinar yang dipantulkan oleh benda”. Mereka baru menyadari kesalahannya ketika dikejar dengan pertanyaan “jika benar demikian, mengapa sinar tersebut tidak berbelok ketika mengenai benda?” Ketidaktepatan lain yang sering dijumpai adalah sinar-sinar bias digambarkan berhenti di titik bayangan seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Ketidaktepatan dalam melukiskan sinar-sinar tersebut dapat diperbaiki dengan meminta responden menggambarkan sinar-sinar datang jika bendanya merupakan sumber cahaya, misalnya lilin yang menyala.

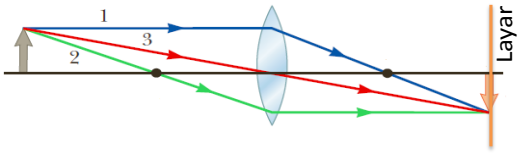


Gambar 1. Diagram Pembentukan Bayangan yang Sering Ditunjukkan Responden

Sebagian besar responden berpikir bahwa bayangan hanya dihasilkan oleh sinar-sinar istimewa saja. Sinar-sinar lainnya dipikirkan tidak berkontribusi dalam

pembentukan bayangan, bahkan tidak bisa menghasilkan bayangan. Artinya, jika dua dari tiga sinar istimewa tersebut dihalangi menembus lensa, maka tidak mungkin terbentuk bayangan. Model mental atau pola pikir tersebut terungkap ketika responden diminta menjawabpertanyaan konseptual seperti pada Gambar 2. Sebagian besar responden memilih jawaban A dan sebagian lainnya memilih B atau C. Sangat jarang responden yang memilih jawaban yang benar (D).

Sebatang lilin yang menyala ditempatkan di depan lensa positif sehingga pada layar yang ditempatkan di belakang lensa terbentuk bayangan nyala lilin yang tajam dan terbalik. Jika lebih dari separoh bagian bawah lensa kemudian ditutup dengan karton sehingga sinar 2 dan 3 tidak dapat masuk ke lensa, apa yang teramati di layar?



A. Tidak lagi terdapat bayangan nyala lilin, hanya terdapat telau cahaya yang bentuknya tidak bisa dikaitkan dengan nyala lilin.
B. Masih terdapat bayangan nyala lilin, tetapi hanya bagian ujung saja yang tampak.
C. Masih terdapat bayangan nyala lilin, tetapi ujung bawahnya terpotong.
D. Masih terdapat bayangan nyala lilin secara lengkap, tetapi lebih redup daripada sebelum lensa ditutup.

Gambar 2.Pertanyaan Konseptual Untuk Mengungkap PemahamanResponden Tentang Pembentukan Bayangan Nyata

Pada umumnya responden juga mengalami kesulitan ketika diminta menggambarkan arah sinar bias dari sinar-sinar yang tidak termasuk sinar istimewa, meskipun sinar tersebut dibuat dari benda yang bayangannya sudah diberikan. Sebagai contoh, jika pada diagram di Gambar 2 ditambahkan sebarang sinar ke-4, mereka tidak dapatmenggambarkan sinar biasnya. Hal ini menunjukkan bahwa pengetahuan respondenterkaitfenomena pembentukan bayangan masih belum lengkap.

Miskonsepsi tentang pembentukan bayangan tersebut biasanya dapat diremidiasi dengan menghadirkan fenomena nyata. Fenomena tersebut mudah sekali direalisasikan melalui percobaan sederhana sebagai berikut. Mula-mula hasilkan bayangan nyata dari lilin dan tangkap bayangan itu dengan layar. Kemudian tutuplah sebagian besar lensa dengan karton/ kertas tebal dan minta siswa mengamati apa yang terjadi pada layar. Untuk memberikan kesan yang lebih mendalam, mula-mula tutuplah sebagian kecil tepi lensa kemudian secara bertahap perluaslah bagian lensa yang ditutup tersebut. Dengan percobaan itu, responden dapat mengamati sendiri bahwa pada layar tetap terjadi bayangan yang utuh tetapi lebih redup dibandingkan dengan sebelum lensa ditutup; semakin banyak bagian lensa yang ditutup semakin redup bayangan yang dihasilkan.

Setelah mengamati sendiri bahwa bayangan tetap terbentuk meskipun sebagian besar lensa ditutup, responden diminta menjelaskan apa peran sinar istimewa dalam pembentukan bayangan. Melalui pertanyaan-pertanyaan penuntun, responden dapat mengkonstruksi pemahaman baru yang lebih baik sebagai berikut.(1) Dalam pelukisan bayangan, peran sinar istimewa hanyalah untuk membantu men-

duga di mana letak bayangan yang dihasilkan lensa. (2) Bayangan dibentuk oleh semua sinar dari benda yang mengenai lensa, tidak hanya oleh tiga sinar istimewa saja. Konsekuensinya, selama masih ada sinar yang mengenai lensa, maka bayangan tetap terbentuk. (3) Jika letak bayangan sudah diketahui, maka semua sinar akan dibiaskan menuju titik bayangan tersebut. Dengan prinsip-prinsip baru yang telah dibangun tersebut, pada umumnya responden mampu menjelaskan mengapa bayangan tetap terjadi meskipun sebagian besar permukaan lensa ditutup. Selain itu, responden dengan percaya diri mampu menunjukkan arah sinar bias dari sinar-sinar yang tidak termasuk sinar istimewa.

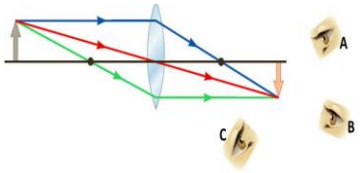
Miskonsepsi Terkait Sifat-Sifat Bayangan Nyata

Pada umumnya siswa yang sudah mempelajari optika mampu mendeskripsikan perbedaan antara bayangan nyata dan bayangan maya.Sebagian besar responden pada penelitian ini sudah memiliki pemahaman yang benar bahwa bayangan yang dihasilkan cermin rias dan kaca spion termasuk bayangan maya, sedangkan bayangan yang dapat ditangkap dengan layar, baik yang dihasilkan oleh lensa maupun cermin, termasuk bayangan nyata.Namun demikian, ada sebagian responden yang berpandangan sebaliknya. Bagi responden kelompok ini, bayangan yang dihasilkan cermin rias adalah nyata sebab bayangan tersebut secara nyata dapat dilihat keberadaannya. Sebaliknya, bayangan oleh lensa positif adalah bayangan maya sebab untuk melihatnya harus digunakan layar; tanpa bantuan layar bayangan tersebut tidak terlihat.

Konsepsi bahwa bayangan nyata dapat ditangkap dengan layar adalah konsepsi yang benar. Namun demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden yang sudah memiliki pemahaman benar tersebut juga memiliki pemahaman yang salah tentang sifat bayangan nyata, yaitu hanya dapat diamati dengan bantuan layar. Miskonsepsi seperti itu banyak terjadi pada mahasiswa S1 dan S2, bahkan di kalangan para guru fisika yang sudah memiliki pengalaman mengajar yang cukup lama.

Cara yang biasa penulis gunakan untuk mengungkap miskonsepsi tersebut adalah dengan mengajukan pertanyaan konseptualseperti pada Gambar 3.

Seorang siswa ingin mengamati bayangan nyata dari lilin yang ditempatkan di depan lensa positif. Secara teoretis, sifat dan letak bayangan tersebut dapat diduga dengan menggunakan diagram sinar seperti pada gambar.



Tanpa menggunakan layar, siswa tadi ingin mengamati bayangan lilin dengan cara menempatkan matanya di tiga posisi A, B, dan C seperti di gambar. Cara mana yang akan berhasil?

(A) Cara A (B) Cara B (C) Cara C (D) Semuanya bisa berhasil

(E) Tidak satupun yang akan berhasil, sebab bayangan nyata hanya dapat dilihat dengan bantuan layar.

Gambar 3. Pertanyaan Konseptual Tentang Sifat Bayangan Nyata

Dalam berbagai kesempatan mengajukan pertanyaan tersebut ke berbagai kelompok responden, penulis selalu mendapati bahwa hampir semua responden memilih jawaban E. Alasan yang paling sering muncul adalah bayangan nyata hanya dapat dilihat dengan bantuan layar. Sebagian lainnya beralasan karena hanya bayangan maya yang dapat dilihat langsung oleh mata. Ada juga responden yang memilih D dengan argumen bahwa "bayangan nyata meneruskan cahaya dari lensa ke segala arah sehingga bayangan itu dapat diamati dari berbagai posisi, baik dengan bantuanatau tanpa bantuan layar; fungsi layar hanyalah untuk lebih memperjelas saja". Hanya sebagian kecil responden yang memilih jawaban benar B. Itupun dengan alasan yang seringkali kurang tepat, misalnya "mata tidak membedakan bayangan nyata dan maya sehingga kedua jenis bayangan itu dapat diamati tanpa atau dengan bantuan layar", atau alasan lain yang bersifat taulotogik (berputar-putar), misalnya, "bayangan nyata memang dapat ditangkap oleh layar, namun bukan berarti tidak dapat dilihat tanpa bantuan layar".

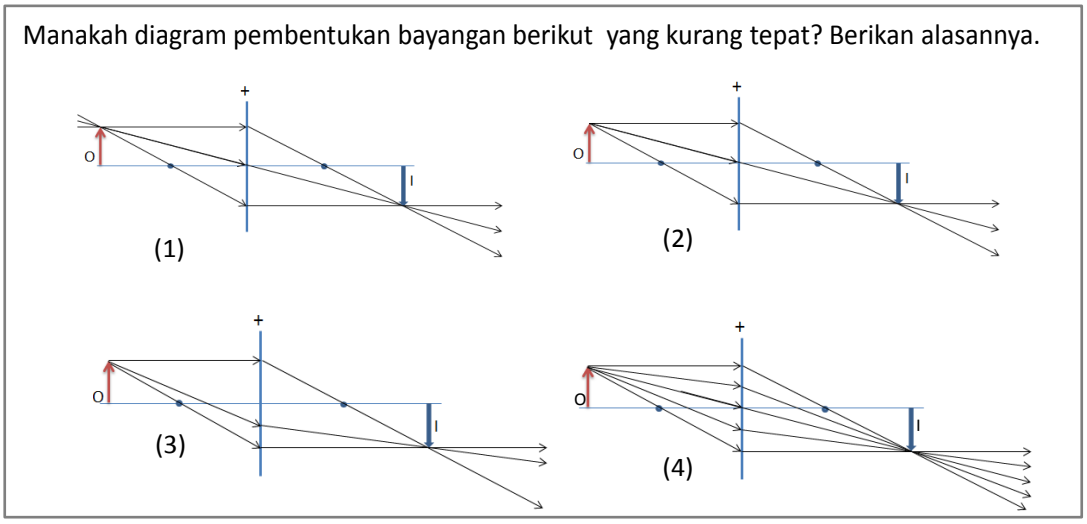
Miskonsepsi tersebut dapat diremidiasi dengan cara memfasilitasi responden agar dapat menguji sendiri kebenaran jawabannya melalui percobaan. Percobaan yang dimaksud adalah sebagai berikut. Pertama, lilin yang sudah dinyalakan ditempatkan di depan lensa positif pada jarak yang lebih jauh dari jarak fokusnya. Selanjutnya, dengan mengatur posisi layar dapat ditemukan bayangan nyata, terbalik, dan paling tajam.Kedua, responden diminta berjongkok di belakang layar sambil mengarahkan pandangannya ke posisi bayangan tadi. Setelah itu, layar disingkirkan dan peserta dipandu agar dapat melihatsendiri bayangan lilin tadi. Dengan mengamati telau cahaya yang jatuh di wajah pengamat, pengamat dapat dipandu mengarahkan posisinya hingga berhasil menemukan bayangan tadi. Kuncinya adalah: mata pengamat harus terkena berkas cahaya dari lilin. Dengan cara itu, responden yakin bahwa bayangan tersebut dapat ditangkap dengan mata tanpa bantuan layar.

Eksplorasi fenomena dikembangkan dengan meminta responden menggeser posisinya mendekati lensa secara perlahan sambil tetap mengamati bayangan tersebut. Responden diminta mendeskripsikan hasil pengamatannya ketika posisinya tepat di posisi layar sebelum disingkirkan, juga ketika posisinya lebih dekat lagi ke lensa. Melalui eksplorasi ini responden menemukan pengetahuan-pengetahuan faktual baru sebagai berikut. (1) Ketika mata tepat di posisi bayangan atau sangat dekat dengan posisi bayangan maka bayangan itu justru tidak kelihatan jelas (tampak sangat besar sehingga tidak jelas batas tepinya). (2) Ketika mata lebih dekat lagi ke lensa, maka yang didapati adalah nyala lilin yang tampak tegak dan lebih besar, tidak terbalik seperti yang didapatkan ketika mata jauh dari lensa.

Pengetahuan-pengetahuan faktual yang telah dieksplorasi melalui percobaan tersebut selanjutnya digunakan sebagai bahan diskusi untuk memperkuat pemahaman responden tentang prinsip melihat. Pertama, untuk dapat melihat suatu benda harus ada cahaya dari benda tersebut yang mengenai mata, baik langsung maupun tidak langsung.Jika dalam perjalanannya sampai ke mata,cahaya dari sisi benda yang berbeda mengalami persilangan, seperti yang teramati ketika mata jauh dari lensa, maka benda kelihatan terbalik. Sebaliknya, jika dalam perjalannya tadi kedua sinar tersebut tidak mengalami persilangan, seperti yang teramati ketika mata sangat dekat ke lensa, maka benda kelihatan tegak seperti aslinya. Kedua, jika benda sangat dekat dengan mata, seperti

yang ditemukan ketika posisi mata sangat dekat dengan posisi bayangan, maka benda tersebut tidak terlihat dengan jelas. Pengetahuan faktual terakhir tersebut digunakan untuk memperkuat pemahaman responden tentang konsep titik dekat penglihatan (*punctum proximum*).

Untuk memperkuat pemahaman responden tentang prinsip-prinsip optika geometri pada pembentukan bayangan, responden diminta menerapkan pengetahuannya untuk menilai benar-tidaknya suatu diagram pembentukan bayangan sebagaimana disajikan pada Gambar 4. Pertanyaan tersebut terbukti mampu meningkatkan pemahaman responden tentang pembentukan bayangan.



Gambar 4. Pertanyaan Konseptual Tentang Pembentukan Bayangan Pada Lensa Positif

Ada hal menarik yang terungkap pada penelitian ini. Meskipun mahasiswa sudah membuktikan sendiri bahwa bayangan nyata dapat dilihat tanpa bantuan layar, sebagian mahasiswa belum mampu menerapkan prinsip tersebut pada situasi lain. Ketika dihadapkan pada pertanyaan berikut, sebagian mahasiswa tidak mampu menjawabnya dengan baik.

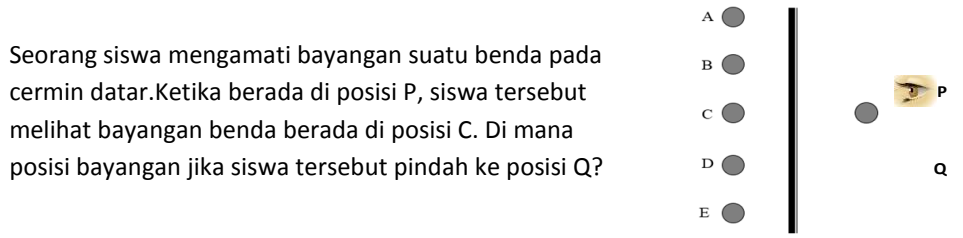
> *Seorang mahasiswa melakukan percobaan lensa positif di ruang yang cukup terang. Mula-mula ia menempatkan lilin yang menyala di depan lensa dan ia mendapati adanya bayangan tajam yang tertangkap pada layar. Kemudian, ia mematikan lilin itu dan mendapati bahwa di layar tidak lagi terjadi bayangan. Apakah berarti lensa positif tidak dapat membentuk bayangan dari batang lilin tersebut?Jika ya (tidak terjadi bayangan) jelaskan mengapa. Jika tidak (tetap terjadi bayangan) jelaskan bagaimana cara mengamatinya.*

Ada mahasiswa yang berpendapat bahwa bayangan tetap terjadi, namun bersifat maya sehingga tidak lagi tampak di layar. Ini menunjukkan bahwa mahasiswa tersebut masih belum mampu meremidiasi miskonsepsinya bahwa bayangan nyata harus tampak di layar. Mahasiswa tersebut juga tidak menggunakan prinsip optika geometri dalam argumentasinya. Ketika ditanya apakah posisi pangkal lilin berubah mendekati lensa sehingga bayangannya menjadi maya, mahasiswa tersebut dengan tegas menjawab tidak. Ketika diminta melukiskan bayangannya, dengan lancar dapat menemukan bahwa bayangannya bersifat nyata dan dalam posisi yang sama dengan saat nyala lilin belum dimatikan. Selanjutnya, ketika diminta menjelaskan cara mengamati bayangan

tersebut, mahasiswa tadi baru menyadari bahwa bayangan itu dapat diamati langsung dari posisi di belakang layar, setelah layar dibuang.

Miskonsepsi Terkait Sifat Bayangan Maya Pada cermin Rias

Sebagian besar mahasiswa berpendapat bahwa posisi bayangan yang dihasilkan cermin rias (cermin datar) bergantung pada posisi pengamat.Hal serupajuga terjadi pada responden guru. Berdasarkan fenomena tersebut dapatlah diduga bahwa sebagian besar siswa SMP-SMA juga memiliki miskonsepsi seperti itu.Pertanyaan konseptual yang biasa penulis gunakan untuk mengungkap miskonsepsi tersebut disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pertanyaan Konseptual Tentang Bayangan Maya pada Cermin Datar

Jawaban responden pada umumnya mengumpul pada pilihan B, C, dan D. Sebagian besar memilih jawaban C (kunci), namun banyak juga yang memilih jawaban B atau D. Responden yang memilih jawaban D pada umumnya beralasan bahwa bayangan pada cermin selalu mengikuti pengamat sehingga selalu tampak di depan pengamat. Sementara itu, responden yang memilih jawaban B beralasan bahwa mata biasa melihat secara lurus.

Miskonsepsi tersebut biasanya dapat diremidiasi dengan meminta responden melalukan pengamatan yang cermat dilanjutkan dengan tugas membuat diagram pembentukan bayangan berdasarkan hukum pemantulan cahaya, yaitu besarnya sudut pantul selalu sama dengan besarnya sudut datang. Remidiasi melalui pengamatan terbukti efektif menyadarkan responden akan miskonsepsinya. Namun demikian, ketika diminta membuat diagram pembentukan bayangannya, pada umumnya mereka mengalami kesulitan.Kesulitan yang sering muncul adalah dalam memilih/ menentukan sinar datang. Ketika bantuan telah diberikan, kesulitan lain yang muncul adalah dalam menentukan letak bayangan karena sinar-sinar pantul yang digunakan tidak berpotongan. Fakta menunjukkan bahwa siswa yang mengalami kesulitan melukis bayangan cenderung memiliki miskonsepsi yang kokoh dan sulit diremidiasi.

Penyebab Timbulnya miskonsepsi

Berdasarkan hasil interaksi dengan para responden yang mengalami miskonsepsi sebagaimana yang telah dipaparkan, ditemukan beberapa penyebab terjadinya miskonsepsi tersebut.Pertama, keterbatasan pengetahuan faktual tentang fenomena terkait. Miskonsepsi seperti (1) bayangan nyata hanya dapat dilihat dengan bantuan layar, (2) bayangan yang dihasilkan lensa akan hilang/rusak jika sebagian besar permukaan lensa ditutup, dan (3) posisi bayangan pada cermin datar bergantung pada posisi pengamat, muncul akibat keterbatasan pengetahuan faktual tersebut.

Kedua, pengalaman sukses menerapkan pengetahuan prosedural meskipun

tidak disertai dengan pemahaman yang baik tentang konsep yang mendasari prosedur tersebut. Sebagaimana telah diuraikan, sebagian besar responden dapat melukiskandan mendeskripsikan sifat-sifat bayangan yang dihasilkan lensa dengan menggunakan sifat-sifat tiga sinar istimewa. Dalam menyelesaikan tugas-tugas terkait dengan pembentukan bayangan, proses berfikir responden terfokus pada upaya menentukan sinar mana dari ketiga sinar istimewa tersebut yang cocok dengan persoalan yang dipecahkan.Begitu sinar-sinar yang diperlukan telah berhasil ditemukan, maka tugas berikutnya dapat diselesaikan dengan mudah.Pengalaman sukses dengan frekuensi yang cukup tinggi tersebut telah mengantarkan siswa pada suatu prinsip bahwa untuk melukis bayangan pada lensa harus digunakan minimal dua dari tiga sinar istimewa tersebut. Prinsip tersebut pada gilirannya berubah menjadikonsepsi bahwa bayangan padalensa merupakan hasil perpotongan sinar bias, atau perpanjangannya, dari sinar-sinar istimewa.Konsepsi itulah yang melahirkan miskonsepsi "tidak akan terbentuk bayangan jika sebagian besar permukaan lensa ditutup".

Ketiga, kesalahan menginterpretasikan informasi diperkuat dengan kecenderungan berfikir implikasi yang tidak tepat. Munculnya miskonsepsi "bayangan nyata hanya dapat dilihat dengan bantuan layar" juga didukung oleh faktor ini.Informasi asli yang diterima kemudian dihafalkan adalah "bayangan nyata dapat ditangkap layar, sedangkan bayangan maya tidak dapat ditangkap layar". Selanjutnya, atribut "dapat ditangkap layar" tersebut secara operasional bergeser menjadi "karena dapat ditangkap layar, maka untuk mengamati bayangan nyata dapat dilakukan dengan menggunakan layar". Definisi operasional tersebut pada perjalanannya berubah menjadi miskonsepsi "bayangan nyata hanya dapat dilihat dengan bantuan layar" karena untuk mengamati bayangan nyata diperlukan bantuan layar.

Keempat, memperoleh pengetahuan yang salah. Sebagian besar mahasiswa yang mengalami miskonsepsi menyatakan bahwa pengetahuan yang mereka peroleh di sekolah memang seperti itu. Artinya, miskonsepsi itu terwariskan dari guru. Banyak penelitian yang menunjukkan bahwa guru merupakan salah satu penyebab munculnya miskonsepsi (Ogan-Bekiroglu, 2007).

KESIMPULAN DAN SARAN

Telah terjadi beberapa miskonsepsi pada sebagian besar mahasiswa dan guru terkait prinsip-prinsip optika geometri. Beberapa miskonspi tersebut berkaitan dengan (1) peranan sinar-sinar istimewa dalam pembentukan bayangan, (2) konsep bayangan nyata, dan (3) bayangan yang dihasilkan cermin datar (cermin rias). Semua miskonsepsi yang ditemukan pada studi ini terkait dengan topik yang sudah dipelajari sejak di jenjang pendidikan dasar.Sebagian besar miskonsepsi timbul akibat keterbatasan pengetahuan faktual dan pengetahuan konseptual yang dimiliki responden.

Mengingat miskonsepsi tersebut dapat dicegah atau diremidiasi sejak dini, maka untuk mencegah terjadinya miskonsepsi tersebut pada siswa lain, berikut dikemukakan beberapa hal pokok yang perlu diupayakan dalam pembejaran optika geometri di jenjang pendidikan dasar dan menengah.

Pertama, perlunya memfasilitasi siswa untuk mengeksplorasi sebanyak mungkin pengetahuan faktual. Peran utama guru dalam hal ini adalah memfasilitasi siswa, baik dalam wujud penyediaan peralatan maupun dalam bentuk pemberian arahan, pertanyaan, atau tantangan. Fenomena-

fenomena yang dipaparkan pada tulisan ini semuanya dapat dieksplorasi di semua jenjang pendidikan, bahkan sejak di sekolah dasar. Jika siswa telah memiliki sejumlah pengetahuan faktual tentang hal-hal yang telah diuraikan di tulisan ini, kecil kemungkinanterjadi berbagai miskonsepsi sebagaimana yang telah diungkapkan.

Kedua, selain memberikan fasilitas, penting bagi guru untuk mengecek atau memverifikasi kevalidan data atau fakta yang dikemukakan siswa. Memastikan kevalidan fakta merupakan kunci dalam kerja ilmiah, sebab hanya dengan data yang validlah kebenaran suatu teori dapat diuji. Juga hanya berdasarkan data yang valid para ilmuwan mengembangkan teori. Kevalidan suatu fakta dapat diuji dengan melakukan pengamatan ulang atau mempersilakan siswa lain menguji kebenarannya dengan prosedur yang sama.

Ketiga, aspek kebahasaan juga merupakan hal penting yang perlu diperhatikan guru.Banyak istilah dalam IPA yang tidak sepenuhnya semakna dengan penggunaan sehari-hari. Sebagai contoh, kata maya dan nyata pada frase "bayangan nyata" dan "bayangan maya" memiliki makna yang sedikit berbeda dengan makna umum sehari-hari. Sebagaimana telah disinggung, ada siswa yang berpendapat bahwa bayangan nyata adalah bayangan yang dapat diindra secara langsung, sedangkan bayangan maya adalah bayangan yang tidak langsung dapat dilihat.Oleh karena pemahaman kebahasaan seperti itu, siswa tersebut bersikeras menyatakan bahwa bayangan yang dihasilkan cermin rias termasuk bayangan nyata, sedangkan bayangan yang harus diamati dengan menggunakan bantuan layar adalah bayangan maya. Contoh lain terkait dengan topik optika adalah kata "normal", yang muncul pada frase "garis normal" dalam hukum pembiasan cahaya. Penulis pernah menjumpai siswa yang memaknai kata normal tersebut sebagai "yang seharusnya" atau "lawan dari tidak wajar". Dia memaknai garis normal pada pembiasan cahaya sebagai garis lurus yang dibuat dengan memperpanjang sinar datang, karena sinar itulah yang "seharusnya" ada jika cahaya tidak dibiaskan. Tidak tertutup kemungkinan bahwa di antara siswa kita juga ada yang berpikiran seperti itu.Selain dapat menyebabkan miskonsepsi (Parker, 2006) miskomunikasi akibat ketidaksamaan makna suatu kata juga sering berkontribusi pada ketidakvalidan dalam mendeskripsikan suatu fakta.Oleh karena itu, aspek kebahasaan merupakan aspek yang sangat penting diperhatikan guru.

DAFTAR RUJUKAN

Allen, M. & Coole, H. (2012). *Experimenter Confirmation Bias and the Correction of Science Misconceptions.* Journal of Science Teacher Education, 23, 387–405.

Caleon, I. & Subramaniam, R. (2010). *Development and Application of a Three-Tier Diagnostic Test to Assess Secondary Students' Understanding of Waves*. International Journal of Science Education, 32, 939–961.

Clement, J. (1982). *Strudents' preconceptions in introductory mecahnics.* American Journal of Physics, 50, 66-71.

Creswell, J.W. (2012). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* 4th ed. Boston, MA: Pearson Education, Inc.

Duit, R., & Treagust, D. (2003). *Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning*. International Journal of Science Education, 25, 671–688.

Dykstra, D. I. Jr., Boyle, C. F., & Monarch, I. A. (1992). *Studying conceptual change in learning physics*. Science Education, 76, 615–652.

Etkina, E. (2010). *Pedagogical content knowledge and preparation of hight school physics teachers.* Physical Review Special Topic-Physics Education Research.6, 020110.

Fazio, C., Guastella, I; Sperandeo-Mineo, R.M. & Tarantino, G. (2008). *Modelling mechanical wave propagation: guidelines and experimentation of a teaching-learning sequence*. International Journal of Science Education, 30, 1491–1530.

Goldberg, F. & McDermott, L. (1986). *Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror.* The Physics Teacher, 472–480.

Goldberg, F. & McDermott, L. (1987). *An investigation of student under-standing of the real image formed by a converging lens or concave mirror.* American Journal of Physics, 55, 108–119.

Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). *The initial knowledge state of college physics students.* American Journal of Physics, 55, 1043-1055.

Hammer, D. (1996). *More than misconceptions: Multiple perspec-tives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research.* American Journal of Physics,64, 1316–1325.

Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. L. (1999). *Misconceptions and the certainty of response index (CRI).* Physics Education, 34,294–299.

Heller, P., & Finley, F. (1992). *Variable uses of alternative conceptions: A case study in current electricity.* Journal of Research in Science Teaching, 29,259–275.

Lee, G. et al. (2003). *Development of an Instrument for Measuring Cognitive Conflict in Secondary-Level Science Classes*. Journal of Research In Science Teaching, 40, 585–603.

Leinonen,R.,Asikainen, M.A., & Hirvonen, P.E. (2013). *Overcoming students' misconceptions concerning thermal physics with the aid of hints and peer interaction during a lecture course*. Physical Review Special Topics - Physics Education Research9, 020112.

Merhar, V.K., Planinsic, G, & Cepic, M. (2009). *Sketching graphs: An efficient way of probing students' conceptions*.European Journal of Physics, 30 (2009) 163–175.

Nilsson, P. & Loughran, J. (2012). *Exploring the development of pre-service science elementary teachers' pedagogical content knowledge*. Journal of Science Teacher Education, 23, 699–721.

Ogan-Bekiroglu, F. (2007). *Effects of model-based teaching on pre-service physics teachers' conceptions of the moon, moon phases, and other lunar phenomena*. International Journal of Science Education, 29, 555–593.

Parker, J. (2006). *Exploring the impact of varying degrees of cognitive conflict in the generation of both subject and pedagogical knowledge as primary trainee teachers learn about shadow formation.* International Journal of Science Education, 28, 1545 –1577.

Parker, J. (2006). *Exploring the impact of varying degrees of cognitive conflict in the generation of both subject and pedagogical knowledge as primary trainee teachers learn about shadow formation.* International journal of Science Education, 28, 545–1577.

Potgieter, M. , Esther,M. , Estelle, G., & Elsie, V. (2010). *Confidence versus performance as an indicator of the presence of alternative conceptions and inadequate problem-solving skills in mechanics.International* Journal of Science Education, 32, 1407 –1429.

Sutopo & Waldrip, B. (2014). *Impact of a representational approach on students' reasoning and conceptual understaning in leraning mechanics*. International Journal of Science and Mathematics Education, 12, 741–765.

Sutopo, Liliasari, Waldrip, B., & Rusdiana, D. (2012). *Impact of a represent-tational approach on the improve-ment of students' understaning of acceleration*. Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, 8, 161-173.

Van Heuvelen, A. (1991). *Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional stra-tegies*. American Journal of Physics.59, 891–897.

Wosilait, K., Heron, P., Shaffer , P. & McDermott, L. (1998). *Development and assessment of a research-based tutorial on light and shadow*. American Journal of Physics, 66, 906-913.