



Analisis Kesalahan Mahasiswa dalam Menyelesaikan Soal Representasi Visual pada Materi Optika Geometri

Mujib Ubaidillah¹

¹Prodi Tadris Biologi, FITK IAIN Syekh Nurjati Cirebon, Indonesia

Korespondensi. E-mail: mujib@syekhnurjati.ac.id

Abstrak

Optika geometri merupakan salah satu disiplin ilmu yang mempelajari perambatan sinar. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kesalahan mahasiswa dalam melakukan representasi visual pada penyelesaian soal optika geometri. Metode penelitian menggunakan *ex post facto*. Subjek penelitian mahasiswa tadris biologi berjumlah 146 yang telah mendapatkan materi optika geometri pada tingkat sekolah menengah atas. Instrumen soal representasi visual terdiri dari 8 soal tes kinerja. Hasil penelitian menunjukkan kesalahan representasi visual yang dilakukan mahasiswa disebabkan oleh 1) mahasiswa tidak memahami konsep pembiasan dan pemantulan sinar pada lensa, 2) mahasiswa tidak menguasai konsep tentang sinar istimewa pada diagram pembentukan bayangan lensa dan alat optik, 3) mahasiswa tidak memahami hukum snellius dalam memecahkan persoalan pemantulan sempurna, perambatan sinar dari medium yang lebih rapat ke medium yang kurang rapat, perambatan sinar dari medium kurang rapat ke medium lebih rapat 4) mahasiswa tidak membedakan simbol dalam melakukan representasi visual.

Kata Kunci: *Representasi visual, optika geometri, hukum snellius*

Analysis of Student Errors in Completing Visual Representation Problems in Geometry Optical Materials

Abstract

Geometric optics is one of the disciplines that study beam propagation. The aim of this research is to find out the errors of students in making visual representations in solving geometry optics. The research method uses ex post facto. The research subjects were 146 students who have obtained geometric optics at the high school level. The instrument for visual representation questions consists of 8 questions about performance tests. The results showed that the errors of visual representation made by students were caused by 1) students did not understand the concept of refraction and reflection of the lens, 2) students did not master the concept of special light in the lens shaping and optical devices, 3) students did not understand the snellius law in solving the problem of perfect reflection, the propagation of light from a more dense medium to a less dense medium, the propagation of light from a less dense medium to a more dense medium 4) students do not distinguish symbols in performing visual representations.

Keywords: *Visual representation, geometric optics, snellius law*

PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang bertujuan untuk mempelajari dan memberi pemahaman kuantitatif terhadap berbagai gejala atau proses alam dan sifat zat serta penerapannya (Wospakrik & Hendrajaya, 1993). Ilmuwan fisika melakukan pendekatan dalam menjelaskan fenomena alam tersebut. Pendekatan yang dilakukan oleh fisikawan tersebut bertujuan agar fenomena alam tersebut dapat dipahami dengan mudah. Pendekatan dalam memahami fenomena alam tersebut dilakukan dengan representasi.

Representasi adalah berbagai cara mengomunikasikan ide ilmiah, seperti kata-kata dalam penjelasan lisan atau tertulis, gambar, diagram, grafik, simulasi komputer, dan persamaan matematika (Rosengrant et al. 2007; Tsui & Treagust 2013). Representasi merupakan bentuk yang dapat menggambarkan, mewakili atau melambangkan sesuatu objek (Goldin, 2002). Representasi merupakan jembatan untuk menjelaskan fenomena alam melalui simbol, visual, dan persamaan matematis. Mahasiswa mempunyai cara untuk melakukan representasi terkait persoalan fisika. Kemampuan representasi mahasiswa yang beragam menunjukkan penguasaan konsep yang matang. Penguasaan konsep merupakan bagian yang sangat penting yang harus dimiliki oleh peserta didik ketika mempelajari fisika dan untuk memecahkan masalah-masalah fisika (Murtono, Setiawan & Rusdiana, 2004).

Setiap representasi memiliki fitur dan makna sendiri sehingga dapat digunakan untuk tujuan ilmiah dan pendidikan tertentu. Sebagai contoh, diagram cocok untuk menyajikan dan menjelaskan model konseptual sedangkan grafik membuatnya mudah untuk menunjukkan hubungan matematis antara variabel yang berbeda (Chittleborough & Treagust 2008). Abdurahman, et al (2011) menyatakan bahwa representasi visual dapat bersifat statik (gambar, grafik, tabel, atau

diagram) dan bersifat dinamik (animasi dan gejala kuantum).

Ilmuwan menggunakan representasi visual untuk memahami dan mengkomunikasikan data dan fenomena sains. Begitu juga dengan pengajar sains yang sering menggunakan representasi visual ketika mengajarkan konsep fisika (LaDue, N., D. et. al, 2015). Fisika dapat dikuasai dengan bekal pemahaman dan kemampuan cara representasi. Cara melakukan representasi yang berbeda-beda untuk konsep yang sedang dipelajari. Gunel et al. (2006) menyatakan bahwa ketidakmampuan menggunakan representasi menjadi hambatan siswa dalam memahami konsep fisika.

Mata kuliah fisika dasar merupakan mata kuliah keahlian Jurusan Tadris Biologi. Matakuliah tersebut merupakan mata kuliah dasar yang harus dikuasai oleh mahasiswa jurusan Tadris Biologi. Walaupun mahasiswa Tadris Biologi tidak dipersiapkan menjadi guru fisika, namun keilmuan fisika diperlukan dalam pembelajaran biologi. Sejalan dengan pendapat Bauerle et al (2009) bahwa biologi, kimia dan fisika mempunyai keterkaitan yang kuat.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kemampuan mahasiswa dalam memahami konsep yang dominan adalah kemampuan matematis. Begitu juga dalam kegiatan pembelajaran, penguasaan konsep secara verbal, gambar dan grafik kurang diperhatikan (Setyani, et al, 2016). Sesuai pendapat Handhika et al. (2015), bahwa persepsi siswa berpengaruh kepada konsepsi yang dimiliki. Mahasiswa masih mengalami paham konsep sebagian bahasa matematis dan fisika. Persepsi pada bahasa matematika lebih dominan dan menyebabkan salah konsep. Ainsworth (1999) menyatakan bahwa untuk mengembangkan penguasaan kemampuan konsep dan metode ilmiah diperlukan kemampuan multi representasi.

Semakin berkembangnya penelitian yang berfokus pada tuntutan representasi untuk

mengembangkan pemahaman dan perubahan konsep siswa, menunjukkan bahwa siswa perlu mengembangkan dan memahami representasi untuk meningkatkan pemahaman mereka terhadap konsep-konsep ilmiah dasar (Botzer & Reiner 2005; Hubber et al. 2010; Plötzner & Spada 1998)(Treagust, Duit, & Fischer, 2017).

Representasi visual mempunyai peranan yang sangat penting dalam mengkomunikasikan konsep sains (Amettler & Pinto, 2002). Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa mayoritas siswa adalah pelajar visual, dan sebagai hasilnya, menggunakan representasi visual adalah cara yang efektif untuk membantu pembelajaran siswa (Gil- Garcia & Villegas, 2003). Pembelajaran visual dapat membantu perkembangan dalam menghasilkan pengetahuan siswa bukan didapatkan dari penjelasan verbal semata (Patrick, Carter, & Wiebe, 2005). Peranan representasi gambar dalam fisika mempunyai andil yang sangat besar. Hukum-hukum fisika tidak berarti jika tidak direpresentasikan dalam bentuk gambar. Peserta didik yang menguasai konsep dengan benar, mereka dapat menuangkan ke dalam representasi lain.

Optika geometri merupakan salah satu ilmu dari fisika. Optik adalah salah satu topik yang paling menantang dalam pengantar fisika (Mzoughi et al. 2007). Banyak penelitian telah mengidentifikasi konsepsi alternatif siswa tentang cahaya dan sifat-sifatnya (Chu & Treagust 2014; Fetherstonhaugh & Treagust 1992; Shapiro 1994). Siswa biasanya memegang konsepsi alternatif "melihat" (persepsi cahaya) (Andersson dan Kärqvist 1983) dan gambar (Galili 1996; Galili et al. 2006).

Representasi visual dalam pembelajaran fisika mempunyai peranan yang sangat kuat dalam menggambarkan konsep ilmu pengetahuan. Sifat abstrak dari prinsip ilmu fisika, misalnya pembiasan cahaya, representasi grafis dapat menjadi penjelas tentang konsep pembiasan melalui contoh visual (Coleman, et. al., 2010). Dalam materi

pembiasan cahaya dan pembentukan bayangan oleh lensa, peranan representasi gambar mempunyai posisi yang sangat penting bagi mahasiswa. Peran tersebut yaitu memberi gambaran secara visual terkait hukum pembiasan cahaya oleh lensa.

Mahasiswa yang dapat melakukan representasi visual dengan benar, maka dapat dikatakan peserta didik tersebut menguasai konsep. Waldrup et al. (2010) menunjukkan bahwa representasi yang dihasilkan siswa dapat mendorong pembelajaran konseptual siswa, dan fitur pengajaran apa yang menawarkan dukungan efektif untuk ini. Galili (1996) menyatakan bahwa untuk membantu siswa belajar konsep optik lebih baik, perlu untuk menilai kemampuan siswa dalam menggunakan diagram sinar dan representasi lainnya dan menyusun cara yang lebih baik untuk mendorong integrasi berbagai representasi dalam pembelajaran mereka.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kesalahan mahasiswa biologi dalam menyelesaikan soal representasi visual optika geometri. Hasil kinerja mahasiswa tersebut kemudian dianalisis untuk mendapatkan bentuk kesalahan yang dilakukan mahasiswa. Kesalahan-kesalahan yang dilakukan mahasiswa dalam melakukan representasi visual dapat memberikan informasi bagi guru/dosen dalam menentukan strategi, model pembelajaran.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Metode Penelitian ini menggunakan *ex post facto*. Penelitian *ex post facto* merupakan penelitian empiris yang dilakukan secara sistematis, tidak dilakukan kontrol terhadap variable-variabel bebas karena manifestasinya sudah terjadi atau variable-variabel tersebut secara inheren tidak dapat dimanipulasi (Kerlinger, 2003). Penelitian *ex post facto* merupakan kegiatan penelitian yang dilakukan untuk mengungkap peristiwa yang telah terjadi, kemudian dirunut ke belakang untuk

mengetahui faktor-faktor yang menjadi sebab peristiwa tersebut (Sugiyono, 2003).

Data penelitian diambil dari mahasiswa Tadris Biologi semester 1 sebanyak 146 mahasiswa. Sumber data yang digunakan merupakan mahasiswa baru yang telah memperoleh mata pelajaran fisika pada tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA). Instrumen penelitian berupa lembar tes kinerja. Tes Kinerja digunakan untuk mengetahui

kemampuan representasi visual mahasiswa terkait pemahaman konsep pembiasan cahaya pada lensa dan pembentukan bayangan pada lensa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

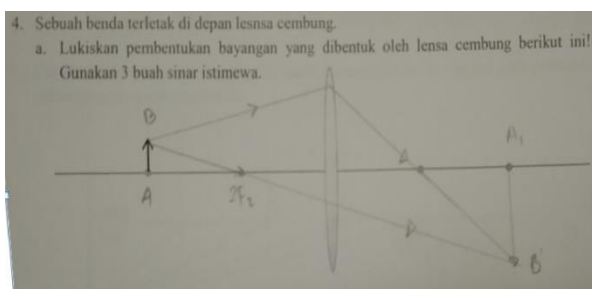
Kegiatan penelitian didapatkan profile kesalahan mahasiswa dalam melakukan representasi visual pada soal optika geometri.

Tabel 1. Profile Persentase Kesalahan Representasi Visual Mahasiswa

No	Kinerja Mahasiswa	Persentase Kesalahan
1	Diagram berkas sinar pada Lensa Bikonveks	10%
2	Diagram berkas sinar pada Lensa Bikonkaf	8%
3	Diagram pembentukan bayangan pada lensa Bikonveks	75%
4	Diagram pembentukan bayangan pada lensa Bikonkaf	88%
5	Diagram sinar pada Pemantulan Sempurna	80%
6	Pembiasan cahaya pada medium berbeda	64%
7	Diagram pembentukan bayangan pada Teleskop	92%
8	Diagram pembentukan bayangan pada Mikroskop	98%

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis jawaban mahasiswa dalam menyelesaikan soal optika geometri. Analisis didasarkan pada gambar sinar-sinar bias maupun pantul. Beberapa kesalahan yang dilakukan mahasiswa terkait pemecahan masalah optika geometri.

- a. Diagram berkas sinar pada Lensa Bikonveks

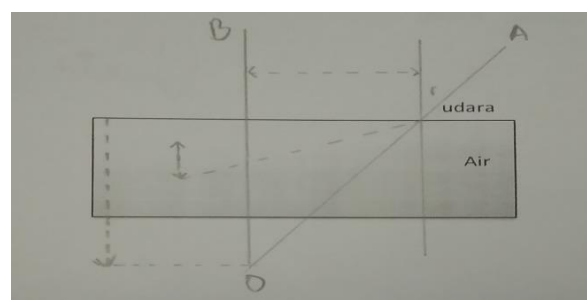


Gambar 1. Diagram berkas sinar pada lensa bikonveks

Gambar 1. Sinar-sinar yang digambarkan tidak tepat, sinar datang menuju titik fokus tapi diteruskan. Secara keilmuan sinar datang yang melewati titik fokus akan dibiaskan sejajar sumbu utama. Sinar datang

sejajar sumbu utama dibiaskan melalui titik fokus. Sinar yang datang melalui pusat kelengkungan lensa dibiaskan lurus.

- b. Pembiasan cahaya pada medium berbeda

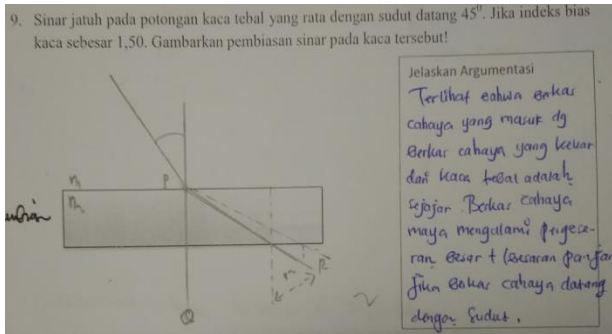


Gambar 2. Pembiasan cahaya pada medium berbeda

Kesalahan berdasar gambar 2 garis normal, sinar datang, dan sinar bias tidak dibedakan. Kesalahan membuat garis normal dapat menyebabkan salah penafsiran dan tidak bisa membedakan antara sinar datang dan sinar bias. Gambar sinar yang merambat dari medium air ke medium udara tidak diberi

tanda panah, sehingga membingungkan pembaca. Sesuai dengan hukum pembiasan, jika sinar datang dari medium rapat ke medium kurang rapat, maka sinar dibiaskan menjauhi garis normal (Giancoli, D. C., 2014).

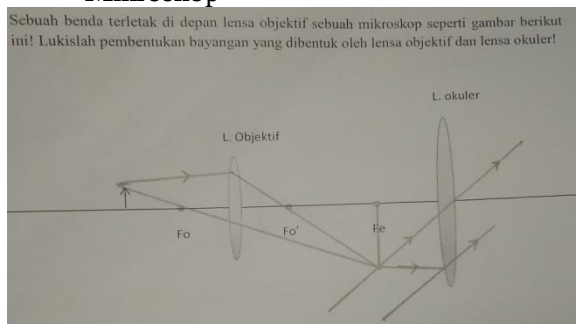
c. Pembiasan cahaya pada medium berbeda



Gambar 3. Pembiasan cahaya pada medium berbeda

Gambar 3 pembuatan garis normal dan sinar datang tidak dibedakan. Sesuai dengan kaidah garis normal dibuat dengan garis putus-putus. Sehingga dapat membedakan antara sinar datang, bias dan garis normal. Sinar datang tidak diberi tanda panah, sehingga tidak bisa membedakan dari mana sinar itu berasal. Jika sinar datang dari medium kurang rapat ke medium lebih rapat, maka sinar akan dibiaskan mendekati garis normal. Sesuai dengan persamaan hukum Snellius besarnya sudut sinar yang dibiaskan bisa ditentukan (Giancoli, D. C., 2014).

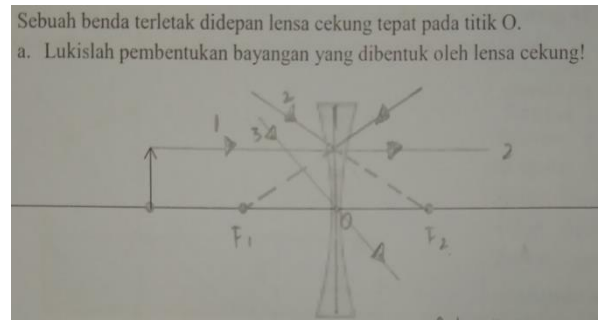
d. Diagram pembentukan bayangan pada Mikroskop



Gambar 4. Diagram pembentukan bayangan pada Mikroskop

Kesalahan (1) gambar sinar datang melewati titik fokus tidak dibiaskan sejajar sumbu utama. Sesuai dengan hukum pembiasan sinar pada lensa bikonveks bahwa sinar yang datang melewati titik fokus maka akan dibiaskan sejajar sumbu utama (Giancoli, D. C., 2014). Kesalahan (2) sinar yang datang sejajar sumbu utama digambarkan miring, sehingga mempengaruhi pembiasan sinar yang melewati titik fokus. Kesalahan (3) bayangan yang dibentuk oleh lensa objektif tidak digambarkan garis putus-putus. Kesalahan (4) bayangan yang dibentuk oleh lensa okuler belum digambarkan. Kesalahan dalam menggambarkan sinar-sinar istimewa dapat mengakibatkan kesalahan pada langkah selanjutnya.

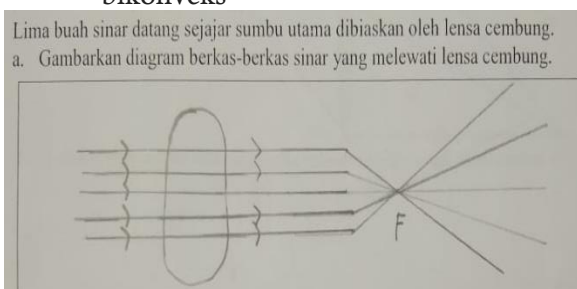
e. Pembentukan bayangan pada lensa bikonkaf



Gambar 5. Pembentukan bayangan pada lensa bikonkaf

Kesalahan pada gambar tersebut yaitu sinar datang yang melewati pusat lensa (garis nomor 3) tidak digambarkan berasal dari ujung benda. Kesalahan (2) sinar datang sejajar sumbu utama (sinar 1) diteruskan oleh lensa (sinar 2). Secara kaidah sinar yang datang sejajar sumbu utama (sinar 1) dibiaskan seolah-olah berasal dari titik fokus. Kesalahan (3) sinar datang menuju titik fokus (lihat panah). Kesalahan (4) sinar 2 pada F_2 seharusnya berasal dari sinar yang datang dari Objek. Kesalahan membuat diagram sinar istimewa pada lensa bikonkaf menyebabkan kesalahan dalam melukiskan bayangan benda.

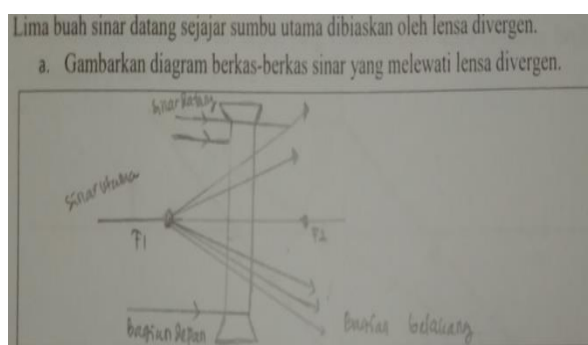
- f. Diagram pembentukan bayangan pada bikonveks



Gambar 6. Diagram pembentukan bayangan pada bikonveks

Gambar 6. menunjukkan bahwa kesalahan yang dilakukan yaitu sinar datang yang melewati lensa bikonveks tidak langsung dibiaskan, melainkan diteruskan. Ketika sinar-sinar melewati lensa bikonveks maka sinar-sinar dibiaskan menuju titik fokus. Lensa bikonveks berfungsi memfokuskan sinar (konvergen).

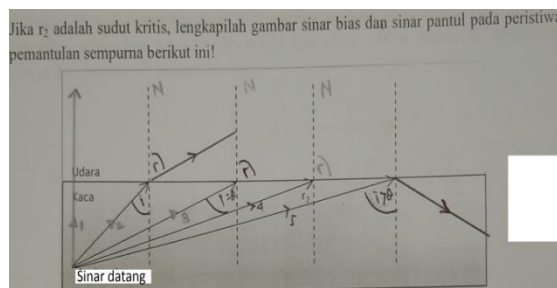
- g. Diagram berkas sinar pada Lensa Bikonkaf



Gambar 7. Diagram berkas sinar pada Lensa Bikonkaf

Kesalahan (1) yang dilakukan yaitu menggambarkan sinar yang datang namun tidak digambarkan pembiasan sinar dengan tepat. Antara sinar datang dan sinar yang dibiaskan tidak ada hubungannya. Dalam kaidah pembiasan cahaya pada lensa cekung sinar yang datang sejajar sumbu utama akan dibiaskan oleh lensa bikonkaf seolah-olah berasal dari titik fokus. Sinar datang dan sinar bias mempunyai keterkaitan.

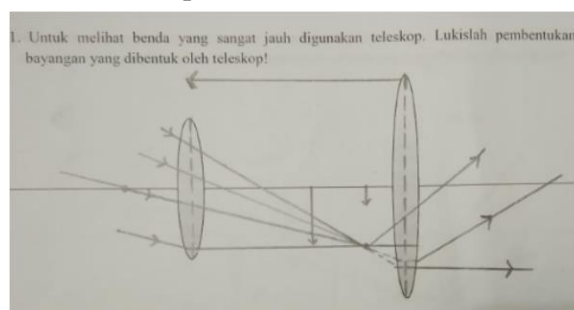
- h. Diagram sinar pada Pemantulan Sempurna



Gambar 8. Diagram sinar pada pemantulan sempurna

Dari gambar yang dilengkapi mahasiswa menunjukkan bahwa sinar pertama terjadi pembiasan, sinar ke dua dengan sudut datang, sinar bias tidak digambar. Sinar ke tiga tidak dibuatkan sinar yang dibiaskan (pemantulan sempurna), namun pada sinar ke 4 pemantulan sempurna sesuai hukum Snellius tidak diterapkan.

- i. Diagram pembentukan bayangan pada teleskop



Gambar 9. Diagram pembentukan bayangan pada teleskop

Gambar 9. tidak mencantumkan keterangan letak lensa objektif dan lensa okuler. Terdapat kesalahan pada sinar datang yang melewati lensa pertama (lihat sinar dengan tanda panah) yaitu sinar tidak dibiaskan melainkan diteruskan. Kesalahan pembiasan sinar pada lensa pertama menyebabkan kesalahan dalam pembentukan bayangan yang dihasilkan oleh lensa pertama. Kesalahan diagram pembiasan sinar pada

lensa pertama menyebabkan kesalahan pembentukan bayangan oleh lensa ke dua.

Rendahnya kemampuan representasi visual mahasiswa menjadi tugas bagi pendidik untuk mencari strategi, metode, model dan penggunaan bahan ajar yang dapat dalam rangka menguatkan konsep optika geometri. Salah satu elemen kunci dalam mempelajari optika geometri adalah menggambar diagram sinar, penggunaan yang dianggap sebagai representasi utama untuk komunikasi dalam optik (Ronen et al. 1993).

Hasil studi para ahli menunjukkan bahwa representasi visual merupakan alat fundamental untuk mendukung penalaran dan pemecahan masalah para ahli Ericsson & Smith, 1991; Knorr-Cetina & Amann, 1990; Kozma, Chin, Russell, & Marx, 2000; Lynch, 1995; Lynch & Woolgar, 1990; Roth, Bowen, & McGinn, 1999). Schank (1994) mengidentifikasi penggunaan representasi visual sebagai salah satu dari tujuh keterampilan penting dari ahli biologi profesional. Lemahnya kemampuan representasi visual disebabkan oleh kelemahan siswa dalam menguasai konsep optika geometri. Penelitian telah menunjukkan bahwa siswa tidak siap menerima representasi dan berjuang dengan menggambar dan menafsirkan diagram sinar (Galili 1996).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan terdapat banyak kesalahan yang dilakukan mahasiswa dalam melakukan representasi visual terkait optika geometri. Kesalahan-kesalahan representasi yang dilakukan menunjukkan bahwa penguasaan konsep tentang optika geometri masih rendah. Penguasaan konsep hukum snellius tentang pembiasan dan pemantulan cahaya masih rendah. Kesalahan mahasiswa dalam melakukan representasi visual menentukan bagaimana tindakan guru mengatasi permasalahan dalam pembelajaran optika geometri.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrahman, Liliari, Rusli, A & Waldrip B. (2011). Implementasi Pembelajaran Berbasis Multiple Representasi Untuk

Peningkatan Penguasaan Konsep Fisika Kuantum. *Cakrawala Pendidikan*, 30(1), 30-45.

Ainsworth, S. (1999). The Function of Multiple Representation. *Computers and Education*, 33, 131-152.

Amettler, J., & Pinto, R. (2002). Students' reading of innovative images of energy at secondary school level. *International Journal of Science Education*, 24 (3), 285-312.

Botzer, G., & Reiner, M. (2005). Imagery in physics learning – From physicists' practice to naive students' understanding. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education* (pp. 147–168). Dordrecht: Springer.

Chittleborough, G., & Treagust, D. (2008). Correct interpretation of chemical diagrams requires transforming from one level of representation to another. *Research in Science Education*, 38(4), 463–482.

Chu, H.E., & Treagust, D. F. (2014). Secondary Students' Stable and Unstable Optics Conceptions Using Contextualised Questions. *Journal of Science Education and Technology*, 23, 238–251. DOI: 10.1007/s10956-013-9472-6.

Ericsson, K. A., & Smith, J. (1991). *Toward a general theory of expertise*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Fetherstonhaugh, T., & Treagust, D. F. (1992). Students' understanding of light and its properties: Teaching to engender conceptual change. *Science Education*, 76(6), 653–672.

Galili, I. (1996) Students' conceptual Change in Geometrical Optics. *International Journal of Science Education*, 18(7), 847-868, DOI: 10.1080/0950069960180709.

Galili, I., Bendall, S., & Goldberg, F. (2006). The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 271–301.

Giancoli, D.C. (2014). *Physics for Scientists & Engineers With Modern Physics*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Gil-Garcia, A. & Villegas, J. (2003). Engaging minds, enhancing comprehension, and constructing knowledge through visual

- representations. *Paper presented at the Conference.*
- Goldin, G.A. (2002). Representation in Mathematical Learning and Problem Solving. Dalam L.D. English (Ed). Handbook of International Research in Mathematical Education (IRME). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gunel, M., Hand, B., & Gunduz, S. (2006). Comparing Student Understanding of Quantum Physics When Embedding Multimodal Representations into Two Different Writing Formats: Presentation Format Versus Summary Report Format. www.interscience.wiley.com. Diunduh 15 Oktober 2007. on Word Association for Case Method Research and Application, Bordeaux, France.
- Handhika, J., Cari, Soeparmi, dan Sunarno, W. (2015a). "Student Conception and Perception of Newton's Law." *Proceedings of International Seminar on Mathematics, Science, and Computer Science Education (MSCEIS 2015):* 070005
- Hubber, P., Tytler, R., & Haslam, F. (2010). Teaching and learning about force with a representational focus: Pedagogy and teacher change. *Research in Science Education, 40*(1), 5–28.
- LaDue, N., D. Libarkin, Julie C. Thomas, & Stephen R. (2015). Visual representations on high school biology, chemistry, earth science, and physics assessments. *Journal of Science Education and Technology, 24*(6): 818-834. DOI: 10.1007/s10956-015-9566-4.
- Kerlinger, F., N. (2003) Asas-asas penelitian behavioral. Terj. Landung R. Simatupang, Editor H.J. Koesoemanto. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Knorr-Cetina, K. D., & Amann, K. (1990). Image dissection in natural scientific inquiry. *Science, Technology, and Human Values, 15*, 259–283. DOI:10.1177/016224399001500301
- Kozma, R., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *Journal of the Learning Sciences, 9*, 105–143. DOI:10.1207/s15327809jls0902_1
- Lynch, M. (1995). Laboratory space and the technological complex: An investigation of topical contextures. In S. L. Star (Ed.), *Ecologies of knowledge: Work and politics in science and technology* (pp. 226–256). Albany, NY: State University of New York Press.
- Lynch, M., & Woolgar, S. (Eds.). (1990). *Representation in scientific practice*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Murtono, Setiawan, A., & Rusdiana, D. (2004). Fungsi Representasi dalam Mengakses Penguasaan Konsep Fisika Mahasiswa. *Jurnal Riset Dan Kependidikan Fisika, 1*(2), 80–84.
- Mzoughi, T., Herring, S. D., Foley, J. T., Morris, M. J., & Gilbert, P. J. (2007). WebTOP: A 3D interactive system for teaching and learning optics. *Computers & Education, 49*(1), 110–129.
- Patrick, M. D., Carter, G., & Wiebe, E. N. (2005). Visual representations of DNA replication: Middle grades students' perceptions and interpretations. *Journal of Science Education And Technology, 14*, 353–365.
- Plötzner, R., & Spada, H. (1998). Inhalt, Struktur und Anwendung von Physikwissen: Eine psychologische Perspektive [Content, structure and application of physics knowledge: A psychological perspective]. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4*(2), 81–100.
- Ronen, M., Eylon, B.-S., Rivlin, O., & Ganiel, U. (1993). Designing and using an open graphic interface for instruction in geometrical optics. *Computers & Education, 20*(4), 299–309.
- Rosengrant, D., Etkina, E., & Van Heuvelen, A. (2007). An overview of recent research on multiple representations. *Physics Education Research Conference, 883*, 149–152.
- Roth, W., Bowen, J. M., & McGinn, M. K. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of Research in Science Teaching, 36*, 977–1019. DOI:10.1002/(SICI)1098-2736(199911)36:9<977::AID-TEA37.3.CO;2-V.
- Schank, R. C. (1994). Goal-based scenarios: A radical look at education. *Journal of the Learning Sciences, 3*, 429–453. DOI:10.1207/s15327809jls0304_5.

- Setyani, N. D., Handhika, J., & Cari. (2016). Analisis Kesalahan Mahasiswa Dalam Menyelesaikan Soal Multirepresentasi Pada Materi Kinematika Dan Dinamika. *Prosiding Makalah Seminar Nasional Pendidikan Fisika II 2016, Madiun, 28 Mei 2016*, 121–127.
- Shapiro, B. (1994). What children bring to light: A constructivist perspective on children's learning in science. New York: Teachers College Press.
- Sugiyono. (2009). Metode Penelitian Kualitatif dan R & D. Bandung: Alfabeta.
- Tsui, C.-Y., & Treagust, D. F. (2013). Introduction to multiple representations: Their importance in biology and biological education. In D. F. Treagust & C.-Y. Tsui (Eds.), *Multiple representations in biological education* (pp. 3–18). Dordrecht: Springer.
- Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J. (2010). Using Multi-Modal Representations to Improve Learning in Junior Secondary Science. *Res. Science Education*, 40, 65-80.
- Wospakrik, H. J. & Hendrajaya, L. (1993). *Dasar-dasar Matematika untuk Fisika*. Jakarta : Ditjen Dikti Depdikbud RI Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan Pendidikan Tinggi.