



## PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM REFRAKTOMETER UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN PEMAHAMAN KONSEP SISWA

D. R. Prasetyo , N. Hindarto, Masturi

Prodi Pendidikan IPA, Program Pascasarjana, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima Oktober 2015  
Disetujui Oktober 2015  
Dipublikasikan  
November 2015

*Keywords:*

*Concepts Understanding,  
Critical Thinking Skills,  
Experiment Tools  
Refractometer*

### Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan alat praktikum yang layak untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konsep siswa. Penelitian ini dilakukan dua tahap yaitu tahap pengembangan produk dan tahap uji coba produk. Subjek penelitian ini adalah siswa kelas X MIA 5. Validitas produk merupakan hasil validasi dari dua dosen fisika dan satu guru senior. Data keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konsep diperoleh melalui tes keterampilan berpikir kritis dan tes pemahaman konsep. Hasil menunjukkan bahwa alat praktikum yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran. Nilai rata-rata keterampilan berpikir kritis sebesar 65 dan 79 dengan ketuntasan klasikal 36 % dan 87 % berturut-turut setelah menggunakan alat A dan B. Nilai rata-rata siswa yang paham konsep I, II, dan III berturut-turut 54, 46, dan 33 setelah menggunakan alat A, sedangkan 80, 73, dan 56 setelah menggunakan alat B. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konsep siswa meningkat setelah menggunakan alat B.

### Abstract

The purpose of this work is to find experimental tools feasible used in learning to increase critical thinking skills and understanding of concepts' students. This work was conducted in two phases: phase of product development and product trials. The subject class of the work is X MIA 5. The validity of the product is the result of the validation of two professors of physics and one senior teacher. The data of critical thinking skills and understanding concept students is obtained through the test of critical thinking skills and test understanding of concepts. The results showed that the experiment tools developed is feasible to be used in learning. The average values of critical thinking skills are 65 and 79 with completeness classical 36% and 87% respectively after using tool A and B. The average values of understand the concept of I, II and III respectively 54, 46 and 33 after using the tool A, while 80, 73 and 56 after using the tool B. From the analysis it can be concluded that the critical thinking skills and understanding concept of student can enhance after using the tool B.

© 2015 Universitas Negeri Semarang

 Alamat korespondensi:  
Kampus Unnes Bendan Ngisor, Semarang, 50233  
E-mail: [dodyslash89@gmail.com](mailto:dodyslash89@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Belum ada alat praktikum yang dapat membuktikan konsep pembiasan pada zat cair, membuat pembelajaran masih terpusat pada guru. Hal ini membuat siswa akan mengalami kesulitan dalam memahami konsep tersebut. Kesulitan siswa yang pernah ditemukan saat memahami konsep pembiasan di antaranya: 1) siswa tidak dapat menentukan letak bayangan sebuah objek yang berada di dalam air dengan menggunakan prinsip pembiasan (Keawkhong *et al.*, 2008; 2010), 2) siswa tidak dapat menggambarkan perjalanan sinar dari medium yang berbeda (Fytas *et al.*, 2013), dan 3) siswa menganggap bayangan benda yang berada pada medium rapat menjauh ketika dilihat dari medium renggang dan sinar datang menuju lensa cembung dipantulkan menjauh dari lensa dan diteruskan (Aydin, 2012). Ada beberapa metode pembelajaran yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu: simulasi komputer (Kroothkaew & Srisawasdi, 2013; Srisawasdi & Kroothkaew, 2014), percobaan/eksperimen (Suparno, 2013a), dan teks perubahan konsep (Aydin, 2012). Dari beberapa metode tersebut, kegiatan praktikum yang dapat membuat siswa menemukan fakta-fakta nyata hasil dari interaksi dengan alat laboratorium sehingga siswa dapat memahami suatu konsep menjadi lebih baik (Galvao, 2011). Melalui kegiatan praktikum, keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konsep siswa dapat berkembang melalui serangkaian proses pengamatan atau tindakan (Anggareni *et al.*, 2013; Hartati, 2009). Tanpa adanya kegiatan praktikum, keterampilan siswa dalam menerapkan konsep ke dalam permasalahan, menjelaskan permasalahan, menyusun hipotesis dan argumen, serta membuat kesimpulan masih rendah. Keadaan siswa seperti ini ditemukan di SMA N 2 Pati. Oleh karena faktor-faktor tersebut merupakan bagian dari keterampilan berpikir kritis, maka dapat dikatakan bahwa keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konsep siswa masih sangat rendah. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan dan mengaplikasikan alat refraktometer zat cair yang layak digunakan

untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konsep siswa.

## METODE PENELITIAN

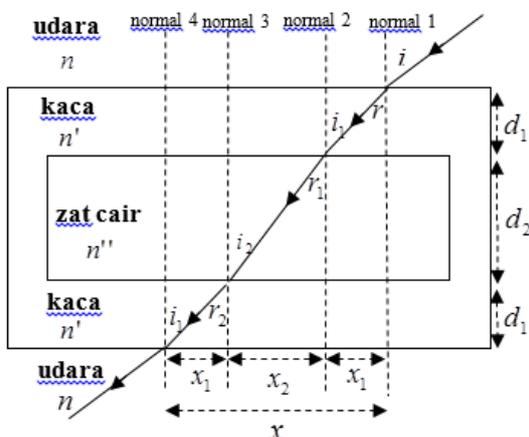
Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian pengembangan alat praktikum. Teknik pengambilan sampel menggunakan teknik *Random Sampling*. SubJek penelitian ini adalah siswa kelas X MIA 5 SMA N 2 Pati pada semester genap tahun pelajaran 2014/2015 dengan jumlah 39 siswa. Rencana pengembangan alat praktikum refraktometer terdiri dari dua tahap sebagai berikut. *Tahap pertama*, observasi alat praktikum dilakukan untuk mengetahui alat praktikum pembiasan yang sudah ada di sekolah. Alat praktikum yang ditemukan adalah kaca plan paralel. Dengan alat ini, siswa dapat menentukan indeks bias kaca ( $n'$ ) menggunakan Persamaan 1. Pada praktikum ini, siswa dapat memahami konsep pembiasan pada zat padat. Namun, untuk alat praktikum pembiasan zat cair belum ada, sehingga perlu dianalisis dan didesain pengembangan alat tersebut. Analisis perjalanan sinar didasarkan pada hukum Snellius tentang pembiasan dan ditunjukkan Gambar 1. Desain pengembangan alat praktikum dapat dilihat pada Gambar 2. Zat cair yang akan ditentukan indeks biasnya adalah air dan minyak goreng. Persamaan yang digunakan untuk menentukan indeks bias kaca dan zat cair mengacu pada Gambar 2a dan pemodelan matematis berdasarkan hukum Snellius. *Langkah pertama*, penentuan indeks bias kaca dengan cara mengkondisikan wadah kaca dalam keadaan kosong dan menggunakan Persamaan 2. *Langkah kedua*, penentuan indeks bias zat cair dengan cara mengkondisikan wadah kaca diisi zat cair (misalnya air) dan menggunakan Persamaan 3.

$$n \sin i = n' \sin r \dots\dots\dots (1).$$

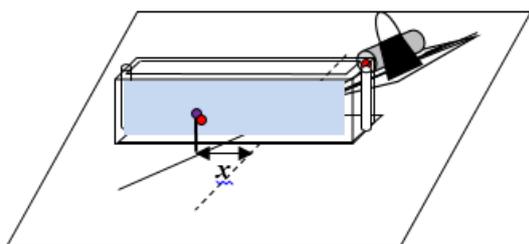
$$n' = \left( \frac{\sqrt{x_1^2 + d_1^2}}{x_1} \right) n \sin i \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{dengan } n'' = \left( \frac{\sqrt{x_2^2 + d_2^2}}{x_2} \right) n \sin i \dots\dots\dots (3)$$

$$x_1 = \frac{x - (d_2 \tan i)}{2}, \quad x_2 = x - 2x_1$$



Gambar 1. Analisis perjalanan sinar



Gambar 2. Desain pengembangan alat Praktikum

Keterangan:

$n$  = indeks bias udara,  $n'$  = indeks bias kaca,  $n''$  = indeks bias zat cair,  $d_1$  = tebal kaca,  $d_2$  = tebal zat cair,  $i$  = sudut datang (udara- kaca),  $i_1$  = sudut datang ( kaca-zat cair),  $i_2$  = sudut datang (zat cair -kaca),  $r$  = sudut bias ( udara-kaca),  $r_1$  = sudut bias (kaca-zat cair),  $r_2$  = sudut bias (zat cair-kaca),  $x$  = jarak normal 1 ke normal 4,  $x_1$  = jarak normal 1 ke normal 2,  $x_2$  = jarak normal 2 ke normal 3.

Seperangkat alat refraktometer ini terdiri dari dari wadah kaca dengan ukuran dalam 4,4 cm x 5 cm x 15 cm memiliki ketebalan kaca 10 mm (pada bagian yang akan ditembakkan laser), laser ( $\lambda = 650$  nm), stereofoam, busur, penggaris, penyearah sinar, dan jarum pentul.

Pengembangan alat yang dilakukan terdiri dari dua alat yaitu alat A dan B. Alat A menggunakan jarum pentul sebagai sinar datang (Gambar 3) dan dikembangkan berdasarkan hasil penelitian Keawkhong *et al.* (2010). Mereka menemukan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menjelaskan posisi bayangan benda di dalam air. Alat B menggunakan laser sebagai sinar datang (Gambar 4) dan dikembangkan berdasarkan hasil penelitian Keawkhong *et al.* (2008). Mereka menemukan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menjelaskan posisi bayangan dari lampu yang menyala di dalam air.



Gambar 3. Penggunaan Alat refraktometer dengan jarum pentul sebagai sinar datang (Alat A)



Gambar 4. Penggunaan alat refraktometer dengan laser sebagai sinar datang (Alat B)

Setelah alat praktikum selesai dibuat beserta lembar kerja siswa, kemudian divalidasi oleh 2 orang dosen fisika dan 1 guru fisika senior berdasarkan pedoman pembuatan alat peraga fisika (Direktorat Pembinaan SMA, 2011). Tahap kedua, merupakan tahap penerapan alat praktikum ke dalam pembelajaran. Sampel kelas yang diambil

adalah X MIA 5 berjumlah 39 siswa di SMA N 2 Pati tahun pelajaran 2014/2015 melalui teknik *Random Sampling*. Uji coba produk ini menggunakan desain eksperimen *before-after* dan ditunjukkan Gambar 5 (Sugiyono, 2013).



**Gambar 5.** Desain eksperimen (*before-after*)

Keterangan:

- $O_1$  = nilai keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konsep setelah menggunakan alat A
- $O_2$  = nilai keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konsep setelah menggunakan alat B
- X = mengganti sumber sinar datang dari jarum pentul menjadi laser.

Teknik pengumpulan data yang digunakan berupa tes uraian yang terintegrasi di dalam lembar kerja siswa (keterampilan berpikir kritis) dan tes *multiple choice* tingkat tiga (pemahaman konsep). Indikator tes keterampilan berpikir kritis mengacu pada Stogbaugh (2013), Sarjono (2008), Redhana *et al.* (2008), Samsudi *et al.* (2011), dan Indrawati *et al.* (2014) sebagai berikut: 1) menguji data melalui kegiatan praktikum, 2) menghubungkan hasil data yang diperoleh dengan hasil percobaan lain, 3) mempertimbangkan berbagai interpretasi, 4) menemukan sesuatu untuk dipercayai, 5) menerapkan konsep ke dalam permasalahan, 6) menjelaskan permasalahan yang dihadapi, 7) menyusun hipotesis dan argumen, dan 8) membuat kesimpulan. Tes *multiple choice* tingkat tiga diadaptasi dari Kutluay (2005), Pesman (2005), dan Caleon & Subramaniam (2010). Tes ini terdiri dari tiga bagian yaitu: pilihan jawaban soal (*Tier 1*), pilihan alasan (*Tier 2*), dan tingkat keyakinan (*Tier 3*). Item soal yang disusun didasarkan dari hasil studi literatur. Kriteria siswa yang paham konsep, mengalami miskonsepsi, dan yang tidak paham konsep sebagai berikut: 1) Paham konsep I, jika jawaban benar dan miskonsepsi I, jika jawaban salah. 2) Paham konsep II, jika

jawaban dan alasan benar dan miskonsepsi II, jika salah satu di antara jawaban atau alasan benar atau keduanya salah. 3) Paham konsep III, jika jika jawaban dan alasan benar serta yakin, miskonsepsi III jika salah satu antara jawaban atau alasan benar atau keduanya salah serta yakin, dan tidak paham konsep, jika siswa tidak yakin pada jawaban dan alasannya.

Pembelajaran dikatakan efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konsep siswa jika memenuhi persyaratan sebagai berikut. 1) Terjadi peningkatan pencapaian keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konsep siswa dari menggunakan alat A ke alat B (Indrawati *et al.*, 2014; Redhana *et al.*, 2008; Samsudin *et al.*, 2014). 2) Ketuntasan klasikal setelah menggunakan alat B lebih tinggi dari pada menggunakan alat A. Ketuntasan klasikal yang ditetapkan yaitu: a) Siswa memperoleh nilai sekurang-kurangnya 75 dan b) sekurang-kurangnya 80% dari jumlah siswa yang ada di kelas tersebut. Pengolahan data kuantitatif digunakan program *SPSS for Windows v. 16*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengembangan alat praktikum dapat dilihat pada Gambar 4. Uji kelayakan alat praktikum dilakukan oleh validator yang kompeten dibidangnya yaitu dua dosen fisika (Dr. Khumaedi, M.Si. dan Dr. Suharto Linuwih), dan satu guru fisika senior (Drs. Sukirawati). Konversi nilai terhadap kategori ditunjukkan Tabel 1. Hasil uji kelayakan ditunjukkan pada Tabel 2. Setiap pengujian memberikan penilaian sesuai dengan aspek yang dinilai dalam skala empat.

**Tabel 1.** Hasil Konversi Jumlah Skor Total Menjadi Skala Empat

Skor	Kategori
$30 \leq S_{tot} \leq 36$	A (Sangat Baik)
$23 \leq S_{tot} \leq 29$	B (Baik)
$16 \leq S_{tot} \leq 22$	C (Cukup Baik)
$9 \leq S_{tot} \leq 15$	D (Tidak Baik)

**Tabel 2.** Hasil Uji Kelayakan Alat Praktikum Refraktometer Zat Cair

Aspek kelayakan	Validator		
	1	2	3
Keterkaitan dengan bahan ajar	4	4	4
Nilai pendidikan	4	3	4
Ketahanan alat ukur	3	4	3
Ketepatan alat ukur	4	4	3
Ketelitian alat ukur	4	4	3
Efisiensi penggunaan alat	4	4	3
Keamanan bagi siswa	3	4	4
Estetika	4	3	4
Ketersediaan bahan baku	4	4	4
Jumlah Skor Total	34	34	32

Dari Tabel 1 dan 2 menunjukkan ketiga validator memberikan penilaian sangat baik terhadap alat praktikum yang dikembangkan. Namun, ada beberapa saran yang diberikan oleh validator, yaitu: 1) penyearah sinar dibuat lebih praktis lagi, 2) diperlukan tabel indeks bias, dan 3) perlu dibuatkan tempat penyimpanan alat praktikum. Berdasarkan saran-saran tersebut, alat penyearah sinar yang lebih praktis dari sebelumnya dan tempat alat praktikum ditunjukkan Gambar 6 dan 7. Tabel indeks bias yang disusun merupakan hasil perhitungan menggunakan Persamaan 2 dan 3. Untuk mengetahui alat praktikum valid, perlu dilakukan kalibrasi terhadap bahan kaca standar yaitu 1,4644. Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran indeks bias bahan dengan indeks bias bahan yang diketahui.

**Gambar 6.** Penyearah sinar**Gambar 7.** Wadah alat praktikum refraktometer zat cair

Dari hasil pengukuran diperoleh indeks bias rata-rata sebesar 1,571. Hal ini berarti perbedaan hasil pengukuran dan indeks bias bahan 0,107. Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan hasil pengukuran dari alat yang dikembangkan terhadap alat laboratorium. Namun, perbedaan itu masih menunjukkan perbedaan yang wajar sehingga alat praktikum ini dapat dikatakan memiliki validitas tinggi. Nilai rata-rata, ketuntasan, hasil uji normalitas, dan uji beda keterampilan berpikir kritis setelah uji coba alat praktikum ditampilkan pada Tabel 3. Selain itu, persentase skor keterampilan berpikir kritis dicapai terhadap skor maksimal ditampilkan pada Tabel 4

Pada Tabel 4, peningkatan tajam keterampilan berpikir kritis didominasi oleh indikator 5. Faktor utama yang mempengaruhi peningkatan pada indikator 5 adalah pengetahuan siswa tentang garis normal pada sisi lengkung dan hasil praktikum. Garis normal pada kasus ini merupakan garis hubung antara pusat lingkaran dan pertemuan sinar pada sisi lingkaran. Peningkatan pada indikator ini dapat dipahami, karena pembelajaran alat A dan alat B sama dan tidak dalam satu waktu, sehingga ada tenggang waktu untuk siswa dalam memperbaiki konsep pembiasan di luar jam pelajaran.

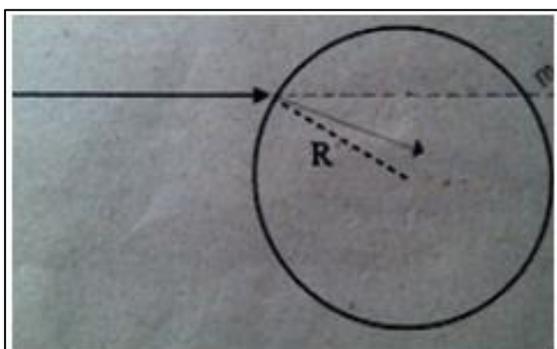
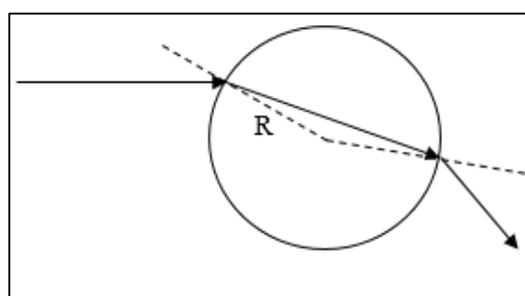
**Tabel 3.** Data Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

Pembelajaran	Keterampilan Berpikir Kritis			
	Rata-rata	Distribusi	Ketuntasan	Perbedaan
Alat A	65	32,667 (normal)	36%	Berbeda
Alat B	79	17,128 (tidak normal)	87%	signifikan

**Tabel 4.** Persentase Pencapaian Keterampilan Berpikir Kritis

Aspek Keterampilan Berpikir Kritis	Pembelajaran		Peningkatan
	Alat A	Alat B	
Menguji data-data melalui kegiatan praktikum	83 %	98%	15%
Menghubungkan hasil data yang diperoleh dengan hasil percobaan yang lain	87%	98%	12%
Mempertimbangkan berbagai intepretasi	76%	97%	21%
Menemukan sesuatu untuk diputuskan/dipercayai	79%	86%	7 %
Menerapkan konsep-konsep ke dalam permasalahan	53%	76%	22 %
Menjelaskan permasalahan yang dihadapi	29%	43%	14 %
Menyusun hipotesis dan argument	76%	84%	9 %
Membuat kesimpulan	76%	85%	8 %

Meskipun demikian, masih ditemukan siswa yang menggambarkan sinar berjalan lurus tanpa dibiaskan. Hasil yang sama juga ditemukan oleh Suparno (2013a) dan Fyttas *et al.* (2013), siswa beranggapan bahwa cahaya selalu berjalan lurus ketika melewati benda yang transparan tanpa ada perubahan arah. Hal ini menunjukkan siswa belum mampu mengaplikasikan konsep secara benar pada kondisi yang baru. Selain itu, ditemukan satu siswa yang menggambarkan secara benar pada pembelajaran alat B. Ia menggambarkan perjalanan sinar dengan dua kali pembiasan seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Perjalanan sinar pada permukaan lengkung yang banyak digambarkan oleh siswa ditunjukkan di Gambar 8.

**Gambar 8.** Perjalanan sinar pada permukaan lengkung yang digambarkan siswa.**Gambar 9.** Perjalanan sinar pada permukaan lengkung secara benar

Rata-rata, ketuntasan, distribusi data pemahaman konsep setelah menggunakan alat praktikum, ditampilkan pada Tabel 5. Jumlah siswa yang paham konsep, mengalami miskonsepsi, dan tidak paham konsep di setiap soal ditampilkan pada Tabel 6.

Keterangan Tabel 6: PK 1 = siswa yang paham konsep I, PK 2 = siswa yang paham konsep II, dan PK 3 = siswa yang paham konsep III, MS 1 = siswa yang miskonsepsi I, MS 2 = siswa yang miskonsepsi II, MS 3 = siswa yang miskonsepsi III, dan TP = siswa yang tidak paham konsep.

Peningkatan pemahaman konsep siswa ditunjukkan dengan meningkatnya jumlah siswa yang paham konsep. Hal ini juga berarti berkurangnya siswa yang miskonsepsi pada pembelajaran menggunakan alat B.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Pemahaman Konsep Siswa setelah Menggunakan Alat Praktikum

Pembelajar an	PK 1			PK 2			PK 3		
	Rata- rata	Ketunta san	Distrib usi	Rata- rata	Ketunt asan	Distrib usi	Rata- rata	Ketunta san	Distrib usi
Alat A	54	9%	4,84 (n)	46	5%	15,9 (n)	33	0%	20,2 (n)
Alat B	80	82%	45,5(tn)	73	62%	44,8(tn)	56	33%	38,2(tn)

Keterangan: n: normal, tn: tidak normal

**Tabel 6.** Persentase Kenaikan/Penurunan Jumlah Siswa yang Paham Konsep, Miskonsepsi, dan Tidak Paham Konsep

No. Soal	PK 1	PK 2	PK 3	MS 1	MS 2	MS 3	TP
1	0%	5%	10%	0%	-5%	-5%	-5%
2	5%	5%	5%	-5%	-5%	-5%	0%
3	-23%	-8%	-8%	23%	8%	23%	-15%
4	26%	28%	26%	-26%	-28%	-5%	-21%
5	5%	5%	10%	-5%	-5%	-5%	-5%
6	31%	31%	31%	-31%	-31%	-3%	-28%
7	33%	33%	33%	-33%	-33%	-13%	-21%
8	31%	33%	31%	-31%	-33%	-8%	-23%
9	8%	10%	26%	-8%	-10%	-8%	-18%
10	38%	31%	26%	-38%	-31%	-8%	-18%
11	54%	44%	41%	-54%	-44%	-8%	-33%
12	41%	36%	10%	-41%	-36%	5%	-15%
13	38%	36%	3%	-38%	-36%	3%	-5%
14	21%	46%	36%	-21%	-46%	-13%	-23%
15	23%	26%	38%	-23%	-26%	-15%	-23%
16	23%	23%	21%	-23%	-23%	3%	-23%
17	0%	0%	0%	0%	0%	3%	-3%

Peningkatan jumlah siswa yang paham konsep tertinggi adalah pada soal no. 11. Hal ini didukung dari peningkatan keterampilan berpikir kritis pada indikator 5 yaitu: menerapkan konsep ke dalam permasalahan. Hal ini beralasan bahwa siswa telah mampu menentukan besar dan posisi garis normal dan siswa telah memahami konsep pembiasan yang terjadi dari medium rapat (prisma) ke medium renggang (udara). Dengan demikian, siswa dapat memahami dengan baik solusi dari soal no. 11.

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa rata-rata siswa yang paham konsep I lebih tinggi daripada siswa yang paham konsep II dan III. Hal ini

menunjukkan bahwa siswa cenderung mampu memberikan jawaban dengan benar, tetapi tidak mampu menjelaskan alasan yang tepat serta meyakinkannya. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Kutluay (2005) dan Pesman (2005). Kontras dengan apa yang ditemukan dari hasil pemahaman konsep no. 3 yaitu terjadi penurunan pemahaman konsep dan peningkatan miskonsepsi. Hal ini beralasan bahwa 1) pada kegiatan praktikum alat B, siswa menemukan fakta terjadinya pergeseran pada sinar laser saat melewati akuarium dan 2) meskipun siswa menemukan pergeseran pada praktikum alat A, mereka belum memahami arah sinar datang. Dari fakta tersebut, siswa meyakini bahwa sinar

laser memiliki kecepatan besar saat melewati medium rapat. Kebanyakan dari mereka juga beranggapan jika cahaya memasuki medium yang memiliki indeks bias besar, maka cepat rambat gelombang dan panjang gelombang juga besar. Pola pikir siswa seperti ini telah menjelaskan bahwa bahwa cahaya (sinar laser) terang berjalan lebih cepat daripada cahaya yang kurang terang (Suparno, 2013a; Fyttas *et al.*, 2013). Dari hasil penelitian ini, beberapa miskonsepsi yang dialami siswa ditemukan, baik setelah pembelajaran menggunakan alat A maupun alat B yaitu: 1) Jika medium memiliki indeks bias besar, maka panjang gelombang dan cepat rambat gelombang yang memasukinya juga besar. 2) Jika cahaya berjalan dari medium renggang ke medium rapat, maka sinar bias menjauhi garis normal. 3) Jika ada sinar datang dari udara menuju air, ada yang beranggapan pembiasan terjadi di dalam air. Ada pula yang beranggapan terjadi pemantulan di permukaan air. 4) Sinar akan berjalan lurus tanpa berbelok ketika melewati medium yang transparan. 5) Sinar yang masuk pada setetes air berbentuk bulat, tidak ada yang mengalami pembiasan tetapi semua sinar diteruskan. 6) Pemantulan sempurna dapat terjadi jika sinar datang dari medium rapat ke medium renggang.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dipaparkan dapat disimpulkan bahwa: (1) alat praktikum yang dikembangkan layak digunakan di dalam pembelajaran, (2) alat praktikum refraktometer efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. (3) alat praktikum refraktometer efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa. Disarankan bagi guru, untuk membahas konsep perambatan cahaya dan pembentukan bayangan terlebih dahulu sebelum membahas konsep pembiasan. Hal ini karena pada indikator 6, yaitu menjelaskan permasalahan yang dihadapi belum menunjukkan peningkatan yang signifikan dan terjadi peningkatan miskonsepsi setelah menggunakan alat B, yaitu pada soal no. 3.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Kimia FMIPA UNNES, atas izin yang diberikan sehingga penulis dapat menggunakan sarana prasarana dengan baik. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada Huda, Endah, dan Dian (Teknisi Laboratorium Kimia, FMIPA UNNES) atas bantuan penggunaan alat praktikum sehingga penulis dapat melakukan eksperimen dengan lancar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggareni, N.W., Ristiati, N.P., & Widiyanti, N.L.P.M. 2013. Implementasi strategi pembelajaran inkuiri terhadap kemampuan berpikir kritis dan pemahaman konsep IPA siswa SMP". *e-journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha Program Studi IPA*, 3: 1-11.
- Aydin, S. 2012. Remediation of misconception about geometric optics using conceptual change text. *J. Educ. Res. Behav. Sci.*, 1(1): 1-12.
- Caleon, I. S. & Subramaniam, R. 2010. Do students know what they know and what they don't know? Using a four tier diagnostic test to assess the nature of students' alternaive conception. *J. Res. Sci. Educ.*, 40: 313-337.
- Direktorat Pembinaan SMA. 2011. *Pedoman Pembuatan Alat Peraga Fisika untuk SMA*. Jakarta: Kemdikbud.
- Fyttas, G., Komis, V., & Ravanis, K. 2013. Ninth grade students' mental representations of light: Didactic implications". *J. Revista Mexicana de Fisica E.*, 59: 133-139.
- Galvao, M.P. 2011. Computer simulation vs. demonstration in Introductory Physics Lecture. *Int. J. Appl. Sci. Technol.*, 1(6): 247-249.
- Hartati, 2009. Pengembangan Alat Peraga Gaya Gesek di SMA untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Tesis*. Semarang: Program Pascasarjana Unnes.
- Indrawati, W., Suyatno, & Rahayu, Y. S. 2014. Implementasi model *Learning Cycle 7E* pada pembelajaran Kimia dengan materi pokok kelarutan dan hasil kali kelarutan untuk meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. 32-39.

- Keawkhong, K., Emarat, N., Arayathanitkul, K., Soankwan, C., & Chitaree, R. 2008. Students' misunderstanding in using a ray diagram in light refraction. *Thai J. Physics*. 3: 175-176.
- Keawkhong, K., Mazzaloni, A., Emarat, N., & Arayathanitkul, K. 2010. Thai high school students' misconception about and models of light refraction through a planar surface. *Physics Educ.* 45(1): 97-106.
- Kroothkaew, S. & Srisawasdi, N. 2013. Teaching how light can be refracted using simulation-based inquiry with a dual-situated learning model. *Proc. Soc. Behav. Sci.*, 93: 2023-2027.
- Kutluay, Y. 2005. Diagnosing of Eleventh Grade Students' Misconception about Geometric Optic by a Three Tier Test. *A Thesis*. Turkey: Middle East Technical University.
- Olufunke, B.T. 2012. Effect of availability and utilization of physics laboratory equipment on students' academic achievement in senior secondary school physics. *World J. Educ.* 2(5): 1-7.
- Pesman, H. 2005. Development of a Three-Tier Test to Assess Ninth Grade Students' Misconceptions about Simple Electric Circuits". *Thesis*. Turkey: Middle East Technical University.
- Redhana, I. W. & Liliasari. 2008. Program pembelajaran keterampilan berpikir kritis pada topik Laju Reaksi untuk Siswa SMA". *J. Forum Kependidikan*, 27(2): 103-112.
- Samsudi, A. & Liliawati, W. 2011. Efektivitas pembelajaran Fisika dengan Menggunakan media animasi komputer terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, 85-91.
- Sarjono, 2008. Peningkatan Keterampilan Berfikir Kritis dengan Pembelajaran Berbasis Inkuiri Terbimbing Pokok Bahasan Hukum II Newton dan Gerak Jatuh Bebas. *Tesis*. Semarang: Program Pascasarjana Unnes.
- Srisawasdi, N & Kroothkeaw, S. 2014. Supporting students' conceptual development of light refraction by simulation-based open inquiry with dual-situated learning model". *J. Comput. Educ.* 1(1): 49-79.
- Stogbaugh, R. 2013. *Assessing Critical Thinking in Middle and High Schools Meeting the Common Core*. Ar Eye On Education Book.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suparno, P. 2013a. *Miskonsepsi & Perubahan Konsep dalam Pendidikan Fisika*. Jakarta: PT Grasindo Anggota Ikapi.
- \_\_\_\_\_. 2013b. *Metodologi Pembelajaran Fisika Konstruktivistik dan Menyenangkan*. Yogyakarta: Penerbit Universitas Sanata Dharma.