

# MODEL MENTAL MAHASISWA DALAM MEMAHAMI PEMBIASAN CAHAYA DAN KAITANNYA DENGAN KEMAMPUAN MEMPREDIKSI

Kartini Herlina<sup>1</sup>, Mohamad Nur<sup>2</sup>, Wahono Widodo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa S3 Pendidikan Sains - PPs Unesa

<sup>2</sup> Dosen PPs Unesa

<sup>3</sup> Dosen PPs Unesa

Email korespondensi : [kkartini.herlina@gmail.com](mailto:kkartini.herlina@gmail.com)

Model mental adalah suatu representasi pengetahuan tentang obyek atau sistem. Representasi ini terbentuk melalui pengajaran dan pengalaman. Model mental akan menunjukkan kemampuan seseorang untuk memprediksi penyelesaian suatu masalah. Namun demikian belum diketahui seberapa jauh mahasiswa mampu menggunakan model mental mereka untuk memprediksi suatu fenomena fisika. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sekelompok mahasiswa yang terdiri dari 16 orang dan mempelajari model mental mereka dalam memahami Pembiasan Cahaya. Salah satu metodenya adalah melakukan serangkaian wawancara semiterstruktur. Selanjutnya penelitian inipun melaporkan hubungan model mental mahasiswa dan kemampuan mereka dalam memprediksi fenomena pembiasan cahaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa membuat model mental yang ternyata sangat variatif tentang Pembiasan Cahaya. Lebih dari 50% model mental mahasiswa ternyata memiliki cacat atau kelemahan karena tidak sesuai dengan teori ilmiah. Selain itu, beberapa mahasiswa berusaha untuk meneapkan model mental mereka untuk membuat prediksi pada tahap awal wawancara. Beberapa mahasiswa belum memahami hakikat sinar datang. Hubungan antara model mental dan prediksi menjadi makin kompleks seiring dengan berlanjutnya proses penyelesaian masalah.

**Kata kunci :** Model mental

## I. PENDAHULUAN

Pembiasan cahaya merupakan suatu topik yang sebenarnya sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari, akan tetapi mahasiswa terkadang tidak dapat meng-hubungkan fenomena tersebut ke dalam pembelajaran. Meskipun mereka hafal hukum-hukum dan formulasi terkait Pembiasan cahaya, tapi tidak dapat memaknai hukum dan formulasi tersebut saat mereka diminta untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan berbagai fenomena Pembiasan cahaya.

Tujuan utama pendidikan fisika adalah membantu mahasiswa membangun model mental yang sesuai secara ilmiah. Untuk mencapai tujuan ini, hal yang menjadi prioritas adalah menyelidiki model mental mereka dalam rangka untuk mengajar mereka seperti yang disarankan para konstruktivis. Belajar Sains (khususnya Fisika) adalah untuk mengkonstruksi, merevisi, dan melakukan justifikasi model mental yang dibangun sendiri, tidak hanya mengadaptasi model yang dipaksakan oleh orang lain dan diterima begitu saja (Lehrer, 2009). Dengan mengetahui model mental mereka maka para pengajar dapat menentukan strategi apa yang dapat diterapkan untuk megajarkan konsep Pembiasan Cahaya, sehingga pembelajaran tersebut akan lebih bermakna. Belajar bermakna adalah belajar dengan pemahaman, untuk mencapai belajar bermakna dimulai dengan membangun model mental atau representasi pengetahuan yang benar (Michael, Joel A.;2004)

Model mental adalah representasi internal objek, ide atau proses yang dihasilkan individu selama proses kognitif. Manusia menggunakan model mental ini untuk bernalar, menjelaskan, memprediksi fenomena dan/atau menghasilkan model yang diekspresikan

(Borges and Gilbert, 1999; Buckey and Boutler, 2000; Greca and Moreira, 2000; Horison and Treagust, 2000). Model mental memungkinkan seseorang untuk memprediksi bagaimana suatu sistem bekerja atau memprediksi bagaimana permasalahan akan diselesaikan (Johnson-Laird, 1983; Norman, 1983). Prediksi berfungsi untuk membedakan model mental dari struktur kognitif lainnya yang tidak memperhitungkan situasi baru yang dihadapi seseorang (Halford, 1993; Schwamb dalam Edwards-Leis, 2010). Semakin akurat dan lengkap model mental, kemampuan memprediksi untuk mengembangkan dan memandu skenario yang mungkin cocok untuk situasi yang dihadapi juga semakin kuat. Johnson-Laird (2006) melaporkan bahwa kesalahan dalam memprediksi terletak pada ketidakmampuan seseorang untuk meninjau semua alternatif solusi. Meskipun prediksi diklaim sebagai suatu fungsi utama dari model mental tetapi masih belum jelas sejauh mana mahasiswa dapat menjalankan model mental mereka untuk membuat prediksi suatu fenomena.

Model mental mencerminkan struktur fenomena di lingkungan saat seseorang dihadapkan pada suatu situasi, peristiwa, tugas, permasalahan, prosedur, atau konsep (Halford ;1993). Menurutnya, jika seseorang benar atau salah memahami fenomena maka orang tersebut akan memiliki model mental benar atau salah juga. Dengan kata lain, seseorang menyimpan model mental, yaitu representasi dari fenomena yang benar atau salah mereka pahami selanjutnya mereka akan mempertahankan model mental tersebut.

## II. METODE PENELITIAN

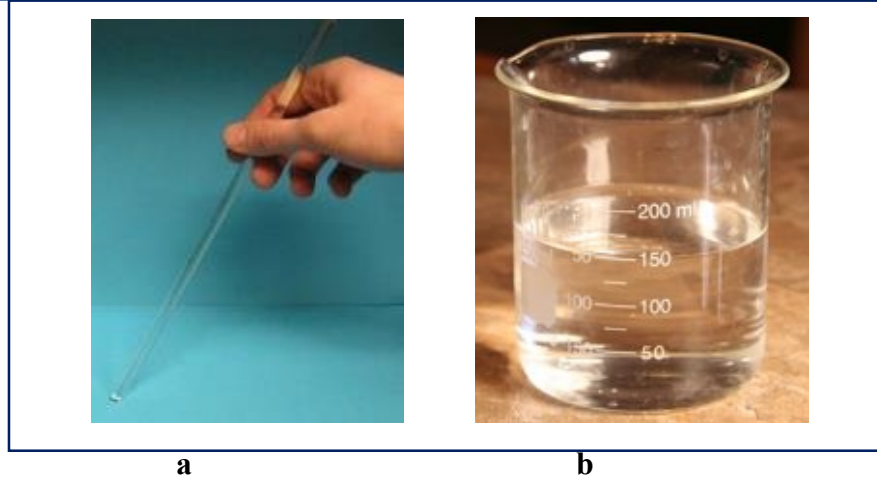
Penelitian ini di inspirasi dari penelitian Guo-Li, Chiou (2013). Menggunakan metode penelitian kualitatif untuk menyelidiki model mental Pembiasan cahaya dan prediksi. Wawancara semiterstruktur dan pertanyaan wawancara generatif dirancang untuk menyelidiki model mental mahasiswa dengan meminta mereka untuk memprediksi dan menjelaskan fenomena terkait Pembiasan cahaya.

Partisipan adalah 16 orang mahasiswa Pendidikan Fisika yang terdiri dari 12 orang perempuan dan 4 orang. Seluruh partisipan sudah lulus mata kuliah Gelombang yang merupakan syarat untuk menempuh matakuliah Optika.

Data dikumpulkan melalui tiga protokol wawancara semiterstruktur yang dirancang untuk memperoleh model mental Pembiasan cahaya. Protokol wawancara pertama bertujuan untuk mengetahui pemahaman mereka tentang Pembiasan cahaya serta beberapa konsep dalam Gelombang cahaya. Tanggapan mahasiswa pada *interview* ini untuk memberikan landasan serta kerangka acuan dalam menginterpretasikan model mental mereka.

Dalam protokol wawancara kedua, di ajukan *interview-about event* yang dirancang untuk menyelidiki prediksi dan model mental mahasiswa tentang Pembiasan cahaya melalui kejadian berikut.

Bila batang kaca pada gambar (a) diletakkan dalam beaker glass berisi air (gambar b). Menurut prediksi Anda, bagian mana pada batang kaca yang akan mengalami efek pembiasan cahaya? Buatlah sketsa keadaan batang kaca di dalam beaker glass berisi air untuk menunjukkan prediksi Anda.



Gambar 1.(a). Batang kaca pyrex, dan (b) beaker glass berisi air

Interview ke 3 diberikan untuk menyelidiki refleksi mahasiswa atas respons mahasiswa pada interview (1) dan (2).

### III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Penelitian

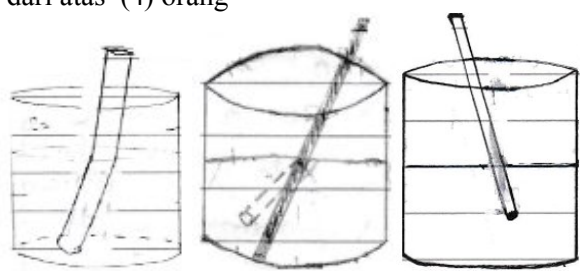
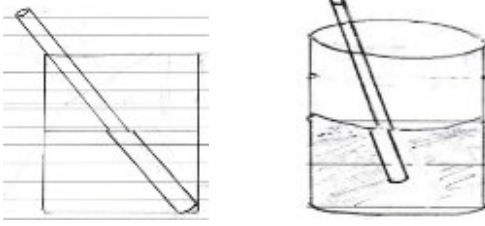
##### 3.1.1 Model mental

Interview (1) digunakan untuk menggali model mental mahasiswa, selanjutnya dikelompokkan pola model mental mahasiswa tentang pembiasan cahaya. Protokol yang digunakan, antara lain: (a) Jelaskan pemahaman Anda tentang Pembiasan cahaya, (b) jelaskan mekanisme yang mendasari terjadinya Pembiasan cahaya (c) berikan beberapa contoh fenomena yang terkait dengan Pembiasan cahaya (d) jelaskan pemahaman Anda tentang perambatan cahaya.

##### 3.1.2 Prediksi

Tabel 1. Prediksi dan sketsa keadaan batang dalam beaker glass

Prediksi mahasiswa	Jumlah mahasiswa	Beberapa sketsa keadaan batang kaca dalam beaker glass berisi air
Di perbatasan udara-air	10	Dilihat dari perbatasan udara-air (6 orang) 

		Dilihat dari atas (4) orang 
Di perbatasan udara-air dan di dalam air	5	

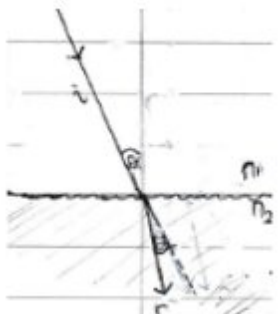
Setelah mahasiswa membuat prediksi dan membuat sketsa keadaan batang kaca di dalam beaker glass, interview dilanjutkan dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan berikut.

**P** : Jelaskan proses terjadinya pembiasan cahaya dalam keadaan ini.

**M1** : Pembiasan cahaya terjadi di perbatasan udara-air. Sinar datang dari udara masuk ke dalam air, karena sinar datang dari udara yang indeks biasnya ( $n_u$ ) = 1 masuk ke air yang indeks biasnya ( $n_a$ ) = 1,33. Sesuai dengan hukum Snellius untuk pembiasan cahaya, sinar datang dari medium renggang menuju medium rapat maka cahaya akan dibelokkan mendekati normal.

**P** : Gambarkan diagram sinar sesuai dengan sketsa keadaan batang kaca yang telah Anda buat.

**M1** :



**i** : sinar datang ; **r** : sinar bias  
**n<sub>1</sub>** : indeks bias udara  
**n<sub>2</sub>** : indeks bias air

**P** : Berdasarkan sketsa keadaan batang dan diagram sinar yang Anda buat, jelaskan hubungan pembelokan cahaya di perbatasan udara-air dengan patahan batang kaca di perbatasan udara-air.

**M1** : Seperti yang sudah saya jelaskan sebelumnya, patahan batang kaca identik dengan patahan sinar karena diasumsikan sinar datang dari udara menuju air. Maka patahan batang kaca mendekati garis normal

**P** : Jelaskan mengapa Anda beranggapan bahwa sinar datang dari udara menuju air

**M1** : Sebagian batang kaca berada di atas permukaan air (di udara), sinar datang pertama kali akan mengenai batang kaca selanjutnya masuk ke

air.

Jumlah mahasiswa yang jawabannya cenderung sama dengan M1 adalah **5 orang**

Pertanyaan serupa pada kelompok yang memprediksi bahwa efek pembiasan terjadi di batas udara-air, ada perbedaan pemahaman tentang sinar datang pada yang dijelaskan oleh kelompok ini.

**M2** : *Batang terlihat patah di perbatasan udara-air, bisa mendekati dan bisa menjauhi garis normal. Sinar datang pada situasi ini bergantung dari mana kita melihat batang tersebut.*

*Jika batang diamati tepat di perbatasan udara air, maka dalam hal ini sinar datang dari udara menuju air. Akibatnya batang akan terlihat patah lebih dekat ke arah dinding bejana. Hal ini menunjukkan bahwa cahaya dibelokkan mendekati garis normal.*

*Jika batang diamati dari atas, berarti kita mengamati batang yang berada dalam air. Dalam keadaan ini sinar datang dari air menuju udara. Akibatnya patahan batang kaca akan terlihat lebih dekat dengan mata pengamat. Dengan demikian sinar dibelokkan menjauhi garis normal.*

Jumlah mahasiswa yang jawabannya cenderung sama dengan M2 adalah **3 orang**

Hasil *Interview* pada Mahasiswa yang memprediksi efek pembiasan pada batang kaca terjadi di perbatasan udara-air dan di dalam air.

**M3** : *Efek pembiasan pada batang kaca terjadi pada batas udara-air dan di dalam air. Di batas udara-air, patahan bisa mendekati dinding gelas (mundur dari posisi asli) bisa jua menjauhi dinding gelas (maju dari posisi asli), bergantung dari mana kita mengamati batang kaca.*

*Patahan batang kaca mendekati dinding gelas menunjukkan bahwa sinar datang dibiaskan mendekati garis normal dan sebaliknya, patahan menjauhi dinding gelas menunjukkan bahwa sinar dibiaskan menjauhi garis normal*

*Di dalam air batang kaca akan mengalami efek pembiasan, tampak dari ukurannya. Batang kaca terlihat lebih besar dibandingkan ukurannya di atas permukaan air. Perbesaran ini disebabkan karena air bersifat seperti lensa cembung yang bisa memperbesar bayangan benda.*

Jumlah mahasiswa yang jawabannya cenderung sama dengan M3 adalah **2 orang**

Hasil *Interview* pada Mahasiswa yang memprediksi efek pembiasan pada batang kaca terjadi di perbatasan udara-air dan di dalam air dengan pemahaman yang agak berbeda, sebagai berikut.

**M4** : *Perbesaran batang kaca diasumsikan memenuhi persamaan yang diturunkan dari  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$ , maka ukuran benda di dalam air = 4/3kali ukuran benda di udara. Bila di lihat dari atas permukaan air maka ukuran batang kaca akan terlihat  $\frac{3}{4}$  kali ukuran sebenarnya.*

Jumlah mahasiswa yang jawabannya cenderung sama dengan M3 adalah **2 orang**

*Interview* ke 3 diberikan untuk merefleksikan jawaban/penjelasan mahasiswa yang telah diberikan pada *interview* 1 dan 2. Mahasiswa masih diberi kesempatan untuk mengubah penjelasan ataupun sketsa dari proses pembiasan cahaya. Pertanyaan terakhir yang diajukan dalam *interview* ke 3 ini adalah “apakah Anda yakin atas jawaban yang telah Anda berikan?”

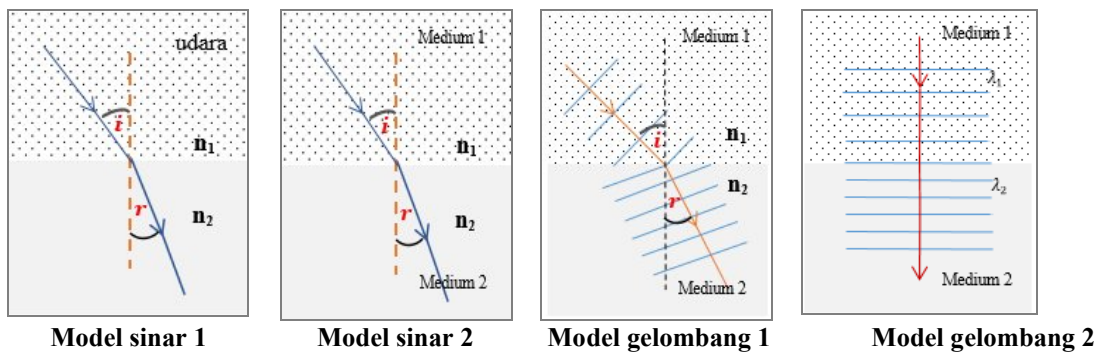
Hanya 1 orang mahasiswa yang mengubah prediksinya. Mahasiswa ini sebelumnya memprediksi bahwa efek pembiasan tidak terjadi pada batang kaca yang dicelupkan dalam bejana berisi air. Berdasarkan wawancara lanjutan, mahasiswa ini terkategori memprediksi efek pembiasan terjadi di perbatasan udara-air.

Berdasarkan konsistensi jawaban/penjelasan mahasiswa pada *interview* 1 dan 2 serta keyakinan pada penjelasan mereka atas prediksi yang diberikan, maka diklasifikasikan 4 pola model mental mahasiswa tentang pembiasan cahaya. Pemberian nama model mental untuk masing-masing pola didasarkan atas kecenderungan jawaban/penjelasan mahasiswa selanjutnya diklasifikasikan dengan teori-teori tentang pembiasan Cahaya. Ke empat model mental tersebut adalah a) model sinar 1, b) model sinar 2, c) model gelombang 1, dan d) model gelombang 2.

Tabel 2. Model mental mahasiswa tentang Pembiasan Cahaya

Model Mental	Penjelasan	frek
1	<p><b><u>Model Sinar 1</u></b>  <i>Pembiasan cahaya adalah pembelokan cahaya di perbatasan dua medium yang berbeda. Pembelokan ini disebabkan cahaya masuk dari medium udara (renggang) ke medium lainnya yang lebih rapat dari kerapatan udara. Cahaya yang dibelokkan akan mendekati garis normal.</i></p> <p><i>Pada model ini medium udara selalu dianggap sebagai tempat asal sinar datang</i></p>	6
2	<p><b><u>Model Sinar 2</u></b>  <i>Cahaya dipandang sebagai suatu sinar. Pembiasan adalah pembelokan arah sinar di perbatasan dua medium yang berbeda indeks biasnya. Pembelokan cahaya ini disebabkan oleh terjadinya perubahan laju cahaya dalam suatu medium karena indeks bias medium yang dilalui cahaya berbeda. Laju cahaya dalam suatu medium ditentukan oleh persamaan</i></p> $n(\text{medium}) = \frac{c}{v}$ <p><i>Semakin rapat medium yang dilalui cahaya maka semakin kecil laju cahaya dalam medium tersebut. Dengan demikian cahaya akan dibelokkan mendekati garis normal.</i></p> <p><i>Pada model ini medium 1 dan 2 ditentukan berdasarkan “dari mana obyek diamati”</i></p>	4
3	<p><b><u>Model Gelombang 1</u></b>  <i>Cahaya diasumsikan sebagai aliran gelombang transversal, setiap front gelombangnya bergerak dari satu medium ke medium berikutnya.</i></p> <p><i>Pembiasan cahaya adalah berubahnya laju cahaya saat cahaya memasuki</i></p>	3

	<p>medium transparan yang berbeda kerapatan optiknya. Perubahan laju cahaya ditentukan melalui persamaan :</p> $n(\text{medium}) = \frac{c}{v}$ <p>Akibat perubahan laju cahaya dalam medium tersebut maka di batas dua medium itu cahaya akan membelok mendekati/menjauhi garis normal bergantung kerapatan medium yang dilaluinya.</p>	
4	<p><b><u>Model Gelombang 2</u></b>  Pembiasan cahaya adalah perubahan laju dan panjang gelombang saat cahaya bergerak dari medium transparan ke medium transparan lainnya yang kerapatan optiknya berbeda. Perubahan cahaya bisa cepat bisa juga pelan bergantung kerapatan optik medium yang dilaluinya. Bila cahaya masuk pada sudut tertentu maka arah rambat cahaya akan membelok</p> <p>Cahaya ditinjau sebagai aliran gelombang transversal memancar keluar dari sumber. setiap front gelombang bergerak dari satu medium ke medium berikutnya, front gelombang tidak menumpuk di perbatasan antara dua media. Untuk setiap interval waktu tertentu jumlah gelombang yang sampai tiba di batas permukaan medium sama dengan jumlah gelombang yang meninggalkan batas (frekuensi cahaya tetap), laju dan panjang gelombang berubah.</p>	3



Gambar 2. Model mental tentang Pembiasan Cahaya

### 3.1.3 Hubungan model mental dengan kemampuan memprediksi

Model mental sangat berkontribusi pada kemampuan prediksi. Berdasarkan *interview*, mahasiswa dengan pola model mental gelombang 2 dapat dengan detail memprediksi dan menjelaskan prediksi mereka dengan baik. Pada mahasiswa dengan pola model sinar 1 dan model sinar 2, memberikan penjelasan tentang prediksi mereka dengan sangat sederhana dan hanya sebatas apa yang di lihat. Banyak terkandung pemahaman yang tidak sesuai dengan konsep-konsep yang sebenarnya. Kelompok mahasiswa dengan model gelombang 1 sebenarnya sudah hampir mendekati pemahaman sesuai pemahaman ilmiah akan tetapi belum detail menjelaskan prediksi mereka.

Semakin lengkap model mental yang dimiliki seseorang maka kemampuan memprediksinya cenderung lebih baik.



### 3.2 Pembahasan

Selama menginterview mahasiswa terindikasi bahwa umumnya mahasiswa menganggap bahwa pembelokan cahaya di perbatasan dua medium yang berbeda kerapatan optiknya tersebut adalah indikator utama dalam memahami pembiasan. Hal ini dianut oleh mahasiswa dengan model mental type model sinar 1 dan model sinar 2. Bila cahaya tidak berbelok maka mereka mengatakan *tidak terjadi pembiasan cahaya*. Tampaknya mereka tidak memahami persamaan:

$$n_{medium} = \frac{c}{v}$$

Berdasarkan persamaan tersebut akan diperoleh bahwa laju cahaya dalam medium akan berubah, bisa cepat atau

bergantung kerapatan optik medium yang dilaluinya, demikian juga panjang gelombang cahaya. ***Akibat berubahnya laju cahaya, maka arah perambatan cahaya akan berubah/membelok bila cahaya tersebut merambat dalam suatu medium dengan sudut tertentu.***

Hal lain yang dipahami mahasiswa dengan type model sinar 1 yaitu, menganggap bahwa sinar datang (*incident ray*) selalu berasal dari benda yang memancarkan cahaya. Mereka menganggap bahwa sinar selalu datang dari udara dan tidak memahami bahwa suatu benda dapat dilihat dengan dua cara, yaitu (a) benda dapat menjadi sumber cahaya, seperti bola lampu, dll. dalam hal ini kita melihat cahaya yang dipancarkan langsung dari sumbernya, (b) benda terlihat dari cahaya yang dipantulkan oleh benda itu. Dengan memahami ke dua hal ini maka mahasiswa tidak akan salah menentukan dari mana sinar berasal, sehingga hukum-hukum pembiasan dapat diterapkan dengan benar.

Untuk menjelaskan hubungan yang kompleks antara model mental dan prediksi, setidaknya ada beberapa aspek yang perlu dibahas. Pertama mengacu pada level apa model mental dianalisis. Aspek kedua, sejauh mana pernyataan proposisional terlibat dalam membuat prediksi. Jika proposisi diambil secara langsung dari memori jangka panjang untuk membuat prediksi, maka akan sangat sulit untuk mengungkap hubungan antara model mental dan prediksi. Aspek ke tiga, apakah model mental dan proposisi digunakan secara benar. Dalam arti luas, prediksi mahasiswa tidak bisa diramalkan jika model mental dioperasikan dengan cara sembarangan.

## IV. SIMPULAN, SARAN, DAN REKOMENDASI

### 4.1 Simpulan

Teramati 4 tren model mental mahasiswa tentang pembiasan cahaya, yaitu (i) model sinar 1, (ii) model sinar 2, (3) model gelombang 1, dan (4) model gelombang 2. Model gelombang 2 adalah model yang hampir mendekati model scientific. Salah satu konsep yang muncul dalam model (i), (ii), dan (iii) adalah keyakinan mahasiswa bahwa indikator utama pembiasan cahaya adalah adanya *pembelokan cahaya di perbatasan 2 medium*. Berdasarkan hasil dan pembahasan diketahui bahwa lebih dari 50% mahasiswa memiliki model mental yang cacat atau tidak sesuai dengan teori ilmiah. Semakin lengkap model mental seseorang, semakin baik kemampuan memprediksinya. Hubungan antara model mental dan prediksi menjadi semakin kompleks seiring dengan berlanjutnya proses penyelesaian masalah.



## 4.2 Saran

Berdasarkan temuan penelitian ini disarankan kepada pengajar, ketika mengajarkan Pembiasan cahaya terlebih dahulu memberikan membimbingan mahasiswa mengamati fenomena yang berkaitan dengan peristiwa Pembiasan cahaya, Bagaimana cahaya ditinjau sebagai gelombang, dan bagaimana pula cahaya ditinjau sebagai partikel. Kemudian, pengajar dapat memperkenalkan mekanisme yang mendasari terjadinya Pembiasan cahaya bukan hanya mengandalkan pada ilustrasi buku untuk membuat penjelasan.

## 4.3 Rekomendasi

Penelitian lanjutan disarankan untuk merekrut sejumlah besar mahasiswa untuk memeriksa apakah empat model mental yang ditemukan dalam penelitian ini dimiliki oleh mahasiswa atau bahkan mungkin model mental yang muncul akan lebih banyak. Penelitian selanjutnya dapat menyelidiki apakah mahasiswa dapat menyesuaikan model mental mereka dengan mengamati hasil percobaan yang sebenarnya setelah mereka melakukan ramalan. Selain itu, hubungan yang kompleks antara model mental, prediksi, dan penjelasan layak dieksplorasi lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Borges, A.T., and John K. Gilbert. 1999. "Mental Models of Electricity". *International Journal of Science Education*, 21, p. 95 – 117.
- Buckley, Barbara C., and Carolyn J. Boulter, 2000, "Investigating the Role of Representations and Expressed Models in Building Mental Models." In Gilbert and Carolyn J. Boulter (Eds), *Developing Models in Science Education*, Kluwer academic Publishers p.119-135.
- Edwards-Leis, Christine Elizabeth, 2010. "Mental models of teaching, learning, and assessment : a longitudinal study". PhD thesis, James Cook University.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. 2000. "Mental models, conceptual models, and modelling." *International Journal of Science Education*, 22, 1-11.
- Guo-Li, Chiou 2013. " Reappraising the relationships between physics students' mental models and predictions: An example of heat convection." *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*
- Halford, G. S. (1993). *Children's understanding: The development of mental models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Harrison, A.G. and Treagust, D. F. 2000. "Learning about Atoms, Molecules, and Chemical Bonds: A Case Study of Multiple-Model Use in Grade 11 Chemistry." *Science Education*, 84: 352-581.
- Johnson-Laird, P.N. 1983. *Mental Models - Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P. N. (2006). *How we reason*. New York: Oxford University Press.
- Lehrer, R. (2009). Designing to develop disciplinary dispositions: Modeling natural systems. *American Psychologist*, 64, 759-771.
- Michael, Joel A. 2004. "Mental Models and Meaningful Learning." *Journal of Veterinary Medical Education (JVME)* 31(1), Association of American Veterinary Medical Colleges
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner, & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 7-14). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Assoc.