

FENOMENOGRAFI KONSEP CAHAYA DALAM OPTIK GEOMETRI UNTUK MAHASISWA CALON GURU FISIKA

Murtono¹

Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Sainstek

UIN Sunan Kalijaga

Jl. Marsda Adisucipto No. 1 Yogyakarta

email : hasnamur@yahoo.co.id

Abstrak

Telah dilakukan pengukuran terhadap kemampuan mahasiswa calon guru fisika dalam memahami konsep cahaya. Beberapa konsep yang lain adalah konsep warna benda, konsep melihat oleh mata, dan konsep peranan cahaya dalam alat-alat optik. Selain itu dilakukan sebuah soal singkat tentang pemantulan pada cermin dua cermin datar yang saling tegak lurus. Tujuan dari penelitian ini untuk mengeksplorasi pemahaman mahasiswa tentang konsep-konsep tersebut sesuai dengan model mental yang dibangun oleh mahasiswa. Penelitian dilakukan dengan memberikan soal terbuka terhadap 46 mahasiswa Pendidikan Fisika yang telah menempuh mata kuliah Fisika Dasar II dan mata kuliah Optik. Hasil menunjukkan bahwa terdapat beberapa pemahaman konsep yang berbeda-beda diantara responden sesuai dengan interaksi dinamis antara penguasaan konseptual dan kemampuan membangun model mental individu. Hal ini juga tergantung dari pengalaman individu dalam berpikir dan komunikasi selama belajarnya.

Kata kunci : fenomenografi, cahaya, calon guru.

I. PENDAHULUAN

Pendidikan fisika memiliki peranan dan potensi yang besar dalam menyiapkan sumber daya manusia yang berkualitas untuk menghadapi era industrialisasi dan globalisasi. Kualitas hidup manusia ditentukan seberapa besar produk-produk ilmu pengetahuan yang dikuasai dan dimanfaatkan dalam kehidupannya.

UIN sebagai lembaga pendidikan tinggi telah menyiapkan sumber daya manusia (SDM) untuk membangun peradaban bangsa Indonesia, salah satu dari SDM itu adalah calon tenaga pengajar atau calon guru. Reformasi kurikulum pendidikan calon guru juga dilakukan untuk menjawab tantangan dan tuntutan masyarakat. Kemampuan menyediakan guru profesional sebagaimana dituangkan dalam Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru (Peraturan Menteri

Pendidikan Nasional Republik Indonesia nomor 16 tahun 2007) sekarang ini menjadi hal yang sangat penting. Dalam kiprahnya sebagai lembaga yang mengemban tugas utama pencetak guru, diharapkan tidak saja mampu memenuhi standar yang telah ditetapkan tetapi juga fleksibel terhadap pesatnya perkembangan dan dinamika kebutuhan masyarakat di era globalisasi dan informasi. Kemampuan melihat persoalan dari berbagai sudut pandang secara mendasar harus menjadi landasan dalam menentukan kebijakan pendidikan. Seringkali pemecahan masalah pendidikan hanya didasarkan pada penyelidikan yang bersifat permukaan dan sekedar mengikuti *trend* populer, sehingga kurang menggali akar permasalahan yang sesungguhnya.

Guru harus memahami apa yang sedang terjadi pada siswa dan apa yang dilakukan agar yang diharapkan terjadi. Redish

(2003) menyatakan bahwa guru bukan memberikan informasi sebanyak-banyaknya ke dalam kantong ingatan siswa, melainkan memberikan informasi baru tentang apa yang dibutuhkan agar dapat menafsirkan informasi itu. Dalam konteks pembekalan calon guru, para perancang kurikulum hendaknya memulai dengan memahami apa yang sedang terjadi pada mahasiswa calon guru, agar dapat memberikan sesuai apa yang dibutuhkan untuk menjadi seorang guru di masa mendatang. Bertolak dari persoalan umum dalam bidang pendidikan tersebut, akan di lakukan kajian tentang fenomena representasi internal mahasiswa calon guru fisika dalam memahami konsep-konsep cahaya dalam materi optik geometri. Calon guru fisika yang berasal dari institusi PTAIN harus mampu mengajarkan materi-materi kealaman yang berbasis fenomena alam. Studi fenomenologi dalam pembelajaran dapat membantu menjelaskan keadaan kognisi siswa sebagai bagian dari *outcome* pembelajaran, dan memberikan masukan bagi penyusunan kurikulum yang lebih efektif serta perbaikan pembelajaran. Materi Optik Geometri merupakan materi fisika yang berlandaskan cahaya dalam penjelasannya. Sesuai kurikulum nasional, materi perkuliahan tersebut merupakan matakuliah inti yang juga sama diberikan kepada mahasiswa prodi fisika non kependidikan.

Sebagai calon guru fisika di sekolah menengah harus memiliki kemampuan mentransformasikan materi bayangan yang dibentuk oleh sebuah alat optik yang abstrak itu ke dalam bahasa yang dapat dicerna oleh siswa sekolah menengah. Selain itu sebagai mahasiswa UIN harus

mampu mengintegrasikan Islam dengan Sains yang merupakan inti (*core*) dari keilmuan yang disampaikan kepada peserta didik. Hal ini sesuai dengan peran guru sebagai agen yang harus mampu memahami perkembangan ilmu melalui eksplanasi ilmiah dan menyampaikan kepada siswa atau masyarakat melalui eksplanasi pedagogis. Melihat peran strategis yang diemban oleh calon guru fisika ini, maka layak menjadi perhatian secara khusus, hal-hal terkait dengan pembekalan mahasiswa calon guru. Hal mendasar yang perlu dikaji adalah bagaimana cara mahasiswa mengasimilasi komponen-komponen pengetahuan mengenai optik geometri itu menjadi struktur yang koheren, sehingga mampu digunakan memecahkan masalah.

Tuminaro (2003) menyatakan bahwa kesukaran yang dialami mahasiswa dalam pemecahan masalah menggunakan matematika di dalam fisika, dapat berasal dari kurangnya pengetahuan matematika yang dibutuhkan mahasiswa untuk pemecahan masalah atau mahasiswa telah memiliki pengetahuan matematika yang relevan tetapi tidak selalu dapat menggunakannya secara tepat. Oleh karena itu dibutuhkan strategi pembelajaran yang dapat membantu mahasiswa menggunakan sumber yang dimiliki. Sejauh ini belum ada penelitian yang mengkaji pola berpikir mahasiswa calon guru fisika dalam memahami fenomena cahaya yang diintegrasikan dengan materi optik geometri. Tumarino, *et.al* (2003) mengungkap kesulitan yang dihadapi mahasiswa dalam menggunakan matematika di perkuliahan Fisika Dasar. Bing (2008) menelaah penggunaan matematika tingkat lanjut di dalam

perkuliahan fisika. Tinjauan penelitian dari perspektif fenomenografi khususnya dalam pendidikan sains, sejauh pengetahuan penulis belum banyak dikembangkan. Kajian fenomenografi yang diterapkan dalam perkuliahan pengayaan pada mahasiswa calon guru fisika sama sekali masih baru. Kajian fenomenografi dalam penelitian ini dieksplorasi berdasarkan tiga aspek yang menyangkut apa yang diakses, bagaimana cara mengakses pengetahuan, dan bagaimana mengukur kualitas pengetahuan dalam konteks pembekalan konseptual bagi calon guru. Analisis fenomenologi dapat memberikan gambaran tentang pola berpikir mahasiswa dalam memahami dan menerapkan suatu konsep secara alami, dan kendalanya. Informasi ini akan menjadi pijakan yang berharga dalam perbaikan pembelajaran maupun pengembangan kurikulum pembekalan calon guru fisika.

II. DESKRIPSI TEORI

Fenomenografi adalah salah satu bentuk spesifik dari penelitian kualitatif yang merupakan sebuah tradisi penelitian yang dikembangkan oleh Ference Marton dan koleganya pada awal Tahun 1970. Menurut Marton (dalam Ludanyi dan Toth, 2007) fenomenografi adalah “..... *a research approach for describing qualitatively the different ways in which people experience, conceptualize, perceive, and understand various aspect of, and phenomena in, the world around them*”. Sedangkan Huggard dan Stamouli (2007) mendefinisikan fenomenografi sebagai “*research project reveals the qualitatively different ways in which phenomena can be experienced,*

understood or perceived by a student cohort”. Berdasarkan penjabaran tadi, fenomenografi dapat diartikan suatu metode untuk mengetahui pemahaman masing-masing individu dalam memahami dan mengkonseptualisasikan berbagai aspek terhadap suatu fenomena yang ada disekeliling mereka. Konseptualisasi fenomena merupakan salah satu karakteristik dari fenomenografi. Pendekatan dalam fenomenografi merupakan pendekatan empiris yang bertujuan untuk mengidentifikasi cara-cara berbeda secara kualitatif (atau variasi dalam cara) orang mengalami, mengkonseptualisasikan, mempersepsi, dan memahami beragam fenomena. Dengan kata lain, fenomenografi adalah studi empiris yang membedakan cara orang mengalami, mempersepsi, memaknai, memahami, mengkonseptualisasi beragam fenomena dan aspek-aspek di sekitar mereka. Kata mengalami, mempersepsi, dan seterusnya dapat dipertukarkan. Tujuan umum kajian fenomenografi adalah mengembangkan secara kualitatif sebuah pemahaman terhadap cara-cara berbeda dalam berpikir, mengkonseptualisasikan fenomena (Marton, 1986; Uljens, 1996). Cara-cara berbeda dalam berpikir tentang fenomena sering disebut sebagai kategori deskripsi (*category of description*). Kategori deskripsi adalah interpretasi peneliti terhadap konsepsi-konsepsi individu. Dalam hal (Redish, 2004). Konseptualisasi fenomena merupakan salah satu karakteristik dari fenomenografi. Selain itu fenomenografi juga memiliki beberapa karakteristik yang menjadi ciri utama dari metode ini. Misalnya saja mendeskripsikan berbabagai pandangan yang berbeda dalam memaknai suatu

fenomena, cara-cara manusia dalam memahami dan memaknai fenomena. Disamping itu Abrahamsson (2005:367) menyatakan fenomenografi memiliki kekhususan dalam memandang bagaimana hubungan antara suatu fenomena dengan pemahaman dasar masing-masing individu dalam memahami dunia di sekitar mereka. Menurut Stamouli dan Huggard (2007:181) pemahaman individu dalam penelitian fenomenografi akan memunculkan kategori deskripsi, yang selanjutnya kategori deskripsi ini disusun secara hierarkis berdasarkan tingkat kebenaran pemahaman mereka.

Optika geometris atau optika sinar menjabarkan perambatan cahaya sebagai vektor yang disebut sinar. Sinar adalah sebuah abstraksi atau "instrumen" yang digunakan untuk menentukan arah perambatan cahaya. Sinar sebuah cahaya akan tegak lurus dengan muka gelombang cahaya tersebut, dan kolinear terhadap vektor gelombang. (Wikipedia, 2014) . Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik menjadi sumber berjalannya kehidupan di bumi bahkan di seluruh jagat raya ini. Tanpa ada cahaya kehidupan juga tidak ada, karena cahaya merupakan syarat/diperlukan dalam proses fotosintesis tumbuhan. Jika tidak ada fotosintesis maka tumbuhan akan mati, jika tumbuhan mati maka hewan dan manusia juga mati. Cahaya dapat digunakan untuk melihat, belajar, mengembangkan ilmu pengetahuan, menggunakan peralatan-peralatan, dapat mengukur jarak antar benda-benda angkasa, mengukur kedalaman laut, bahkan dapat mengintip benda angkasa yang tersembunyi di jagat raya yang sangat luas ini. Dengan cahaya dapat

melihat isi perut manusia, bayi dalam kandungan, kondisi otak yang ada di kepala, patahnya tulang, struktur atom benda padat, bahkan benda yang berukuran mikroskopis seperti sel, bakteri, dan benda-benda mikro lainnya. Untuk keperluan komunikasi menggunakan sinyal cahaya melalui serat optik dapat dikirimkan beribu bahkan berjuta-juta informasi dengan kecepatan yang sangat tinggi sehingga setiap detik dapat diterima berita di seluruh dunia. Dengan serat optik orang juga dapat berkomunikasi dengan melihat langsung pada jarak yang sangat jauh (Murtono, 2009).

Cahaya merupakan faktor mutlak dalam pembelajaran optik geometri. Dalam materi tersebut cahaya diperlukan sebagai sarana untuk membentuk bayangan yang dibentuk semua alat-alat optik seperti mata, lensa, lup, mikroskop, teleskop dan alat optik lainnya. Semua alat optik ini tidak akan berfungsi jika tidak ada cahaya sebagai sarana pembentukan bayangan. Mata dalam melihat diperlukan cahaya dengan proses bahwa cahaya dipantulkan oleh benda yang sedang dilihat ke mata. Oleh lensa mata, bayangan benda difokuskan ke retina, dan oleh retina diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian disalurkan ke otak manusia, baru sadar bahwa seseorang melihat benda.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dikembangkan dari paradigma kualitatif yang berusaha mencari makna atau hakekat dibalik fenomena yang terjadi. Perumusan masalah bertolak dari bagaimana mahasiswa calon guru fisika membentuk konsep cahaya. Studi literatur sebagai pendahuluan dilakukan untuk membentuk

kerangka berpikir, sebelum dilaksanakan observasi di lapangan. Pengumpulan data dilakukan melalui pertimbangan agar didapatkan sampling kaya informasi. Pemilihan sampling dilakukan berdasarkan sampling teoretik dan berorientasi tujuan (*purposive sampling*). Pengertian sampling dalam penelitian kualitatif disini bukan dimaksudkan untuk keperluan generalisasi. Responden dalam penelitian ini adalah mahasiswa calon guru fisika yang telah mengambil mata kuliah Fisika Dasar II, terdiri dari 46 mahasiswa. Pengambilan data dilakukan dengan memberikan tes terbuka, diharapkan dengan tes terbuka itu responden dapat menuangkan pemahaman konsep cahaya dalam optik geometri secara bebas, sehingga pemahaman konsep mahasiswa dapat digali secara mendalam. Skenario kontekstual yang dibahas yang dibahas dalam penelitian ini adalah : konsep cahaya menurut sains, benda-benda dialam yang kelihatan berwarna-warni, mata melihat membutuhkan cahaya dalam proses melihatnya, dan peranan cahaya dalam alat-alat optik.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Proses *problem solving* dibagi dalam dua tahap: representasi soal dan penyelesaian soal. Pada tahap representasi, *problem solver* perlu mentransformasikan deskripsi soal ke representasi mental internal (model mental) dalam dua langkah: penerjemahan soal (*problem translation*) dan integrasi soal (*problem integration*). Berpikir berdasarkan sebuah model mental adalah interaksi dinamis antara penguasaan konseptual dan kemampuan membangun model mental individu.

Ketika menyusun sebuah model mental, seseorang menghasilkan sebuah gambar atau diagram dua dimensi atau bentuk representasi eksternal lainnya berdasarkan pada pengetahuannya yang ada. Jadi, akurasi dan tingkatan rincian untuk ciri-ciri spasial/statik dari sebuah model mental merefleksikan persepsi atau pemahaman individu terhadap prinsip, representasi atau sebuah model. Saat model mental dikonstruksi dan digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah atau soal, individu perlu mengidentifikasi konteks soal itu, memilih proposisi yang tepat untuk diterapkan dan mengetahui bagaimana proposisi tersebut berperan pada model itu, kemudian mengatur model itu sesuai dengan yang diduga sebagai jawaban potensial. Mekanisme kausal/dinamis dalam suatu model mental yang dihasilkan serta daya prediksi dan inferensi untuk mekanisme ini menyatakan ciri lain dari interaksi antara level pengetahuan konten dan kemampuan membangun model mental individu. Contoh ketika seseorang ditanya tentang konsep cahaya, yang dilakukan adalah mengaktualisasikan interaksi cahaya terhadap materi. Sehingga yang muncul adalah pemantulan, pembiasan, interferensi, dan lain sebagainya.

a. Konsep cahaya

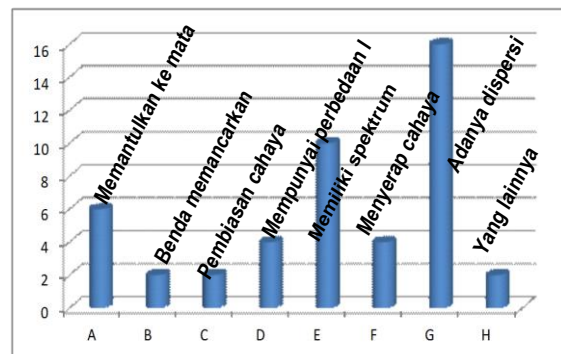
Ada beberapa jawaban yang berbeda tentang konsep cahaya sesuai dengan model mental yang dibangun oleh responden. Sebanyak 52% responden mengungkapkan konsep cahaya sebagai konsep dualisme. Cahaya memiliki sifat kembar (dualisme), pada kondisi tertentu cahaya dapat memiliki sifat partikel dan pada kondisi tertentu juga cahaya dapat memiliki sifat gelombang. Sebuah cahaya hanya dapat memiliki satu sifat, artinya

walaupun cahaya bersifat dualisme tidak berarti cahaya bisa memiliki sifat keduanya secara bersamaan. Jika dalam suatu kondisi tertentu cahaya berupa partikel maka cahaya tersebut tidak akan memiliki sifat dualismenya sebagai gelombang, cahaya memang memiliki kedua sifat tersebut tetapi kedua sifat tersebut tidak akan bisa muncul secara bersamaan. 26% menjawab bahwa cahaya sebagai gelombang dengan segala karakteristik sebuah gelombang, yaitu dipantulkan, dibiaskan, berinterferensi dan didifraksikan. Selanjutnya 9% menjawab bahwa cahaya adalah merupakan sinar tampak yang dapat dilihat oleh mata.

b. Konsep warna

Warna adalah spektrum tertentu yang terdapat di dalam suatu cahaya sempurna (berwarna putih). Identitas suatu warna ditentukan panjang gelombang cahaya tersebut. Panjang gelombang warna yang masih bisa ditangkap mata manusia berkisar antara 380-780 nanometer (wikipedia, 2015). Warna yang dilihat oleh mata adalah merupakan kesan akibat pantulan cahaya yang mengenai suatu benda. Warna adalah sebuah sensasi yang dihasilkan ketika suatu energi cahaya mengenai suatu benda, dimana cahaya tersebut akan di refleksikan atau ditransmisikan secara langsung oleh benda yang terkena cahaya tadi dan cahayayang di refleksikan atau di transmisikan tersebut yang akan dilihat oleh mata. Ketika tidak ada cahaya, maka semua benda berwarna hitam kelam, dan tidak terlihat oleh mata. Sebagai contoh ketika kita melihat warna hijau karena komponen daun itu menyerap warna lain selain warna hijau, dan menolak/memantulkan warna hijau. Warna bukan milik suatu benda

melainkan akibat adanya pemantulan dan pentransmisian cahaya oleh benda tersebut. Jadi, daun yang dianggap berwarna hijau justru sebenarnya punya warna apa saja selain hijau, seperti merah, kuning, biru, begitu juga untuk benda-benda lainnya. Terdapat berbagai macam pemahamn tentang warna oleh responden yang dapat ditampilkan dalam tabel berikut. Diantara pemahaman itu bahwa benda mempunyai warna karena: cahaya memantulkan ke mata, memancarkan cahaya, cahaya mengalami pembiasan, cahaya mempunyai perbedaan panjang gelombang, benda memiliki spektrum, benda menyerap cahaya, cahaya mengalami dispersi, dan adaa beberapa pendapat lainnya. Variasi pemahaman konsep tentang warna benda dapat dilihat pada Gambar 1.



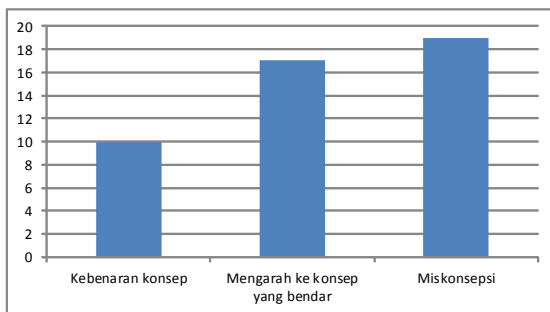
Gb. 1 Pemahaman Konsep warna benda

Adanya dispersi memiliki kontribusi paling besar dalam pemahaman konsep warna responden. Dispersi merupakan peruraian cahaya polikromatis (cahaya berwarna putih) menjadi cahaya monokromatis (cahaya berwarna-warni) karena melalui medium yang mempunyai indeks bias (kerapatan) yang berbeda-beda. Konsep warna benda tidak ada hubungannya dengan dispersi, warna benda merupakan warna cahaya yang dipantulkan oleh benda ke mata.

c. Proses melihat

Mata bisa melihat benda karena adanya cahaya yang dipantulkan benda tersebut ke mata, jika tidak ada cahaya yang dipantulkan oleh benda, maka mata tidak bisa melihat benda tersebut. Cahaya yang dipantulkan oleh benda di tangkap oleh mata, menembus kornea dan diteruskan melalui pupil. Intensitas cahaya yang telah diatur oleh pupil diteruskan menembus lensa mata. Daya akomodasi pada lensa mata mengatur cahaya supaya jatuh tepat di bintik kuning. Pada bintik kuning, cahaya diterima oleh sel kerucut dan sel batang, kemudian disampaikan ke otak. Cahaya yang disampaikan ke otak akan diterjemahkan oleh otak sehingga kita bisa mengetahui apa yang kita lihat.

Jawaban responden dikategorisasi ke dalam tiga kategori. Pertama, kategori jawaban yang benar sesuai dengan konsep melihat. Kedua jawaban responden dikategorikan sebagai jawaban yang mengarah kepada kebenaran konsep. Kategori ketiga adalah jawaban yang salah yang membuat konsep melihat tidak dapat dijelaskan sama sekali. Contoh jawaban yang salah adalah bahwa benda memancarkan cahaya ke mata, bukan benda memantulkan cahaya untuk membentuk bayangan di mata (dalam hal ini retina). Sebaran ketiga kategori tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



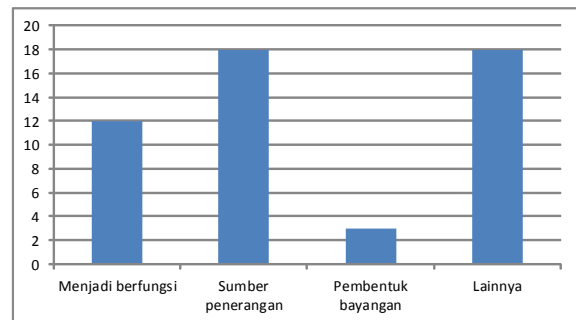
Gb. 2 Sebaran kategori pemahaman konsep melihat

Jika dilihat dari sebaran pemahaman monsep melihat pada responden, sebagian

besar mengalami miskonsepsi, kemudian mengarah kepada kebenaran monsep dan yang paling kecil adalah kebenaran konsep.

d. Peranan cahaya dalam alat-alat optik

Alat Optik adalah alat yang memanfaatkan sifat cahaya, hukum pemantulan, dan hukum pembiasan cahaya untuk membentuk bayangan suatu benda. Alat Optik merupakan alat yang berupa prisma, lensa dan cermin sebagai bagian utamanya. Dengan kata lain alat optik bekerja berdasarkan hukum-hukum pemantulan dan pembiasan cahaya. Konsep peran cahaya dalam alat optik terdiri dari beberapa pemahaman yaitu, alat optik akan berfungsi jika ada cahaya, sebagai sumber penerangan dalam alat-alat optik, sebagai pembentuk bayangan, dan yang lainnya yang tidak mengarah kepada kebenaran konsep. Variasi dari pemahaman konsep peranan cahaya dalam alat optik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Variasi pemahaman konsep peran cahaya dalam alat optik

pemahaman konsep yang tidak mengarah kepada kebenaran konsep memiliki jumlah yang paling besar, yang artinya banyak responden yang mengalami miskonsepsi tentang peranan cahaya dalam alat-alat optik. Sedangkan pemahaman yang paling tepat yaitu sebagai pembentuk bayangan mempunyai nilai yang paling sedikit.

V. KESIMPULAN

Terdapat beberapa pemahaman konsep yang berbeda-beda terhadap konsep cahaya dan implikasinya. Pemahaman ini sangat bervariasi sesuai dengan model mental yaitu interaksi antara level kemampuan konten dengan kemampuan membangun model mental. Kemampuan membangun model mental adalah kemampuan untuk mengkonstruksi representasi internal yang tergambar pada representasi eksternal yang tergambar berdasarkan interaksi dengan fenomena yang digambarkan dalam soal. Selain itu kemampuan menjawab soal juga dipengaruhi oleh pengalaman responden terhadap fenomena alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrahamsson. 2005. Making Sense of the Challenge of Smoking Cessation during Pregnancy: a Phenomenographic Approach. *Health Education Research*, 2 (3): 367-378
- Bing, T.J., Redish, E.F. (2007). "The Cognitive Blending of Mathematics and Physics Knowledge". Proceedings of the Physics Education Research Conference, Syracuse, NY, August 2006, AIP Conf. Proc. 883, 26-29.
- Arends, R.I. (2008). *Learning to Teach*. Buku Satu. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Hodges, R.A. (2003). "Physicists Epistemologies of Quantum Mechanics". AAPT Summer Meeting. Madison. Wisconsin.
- Larsson, J., Holmstrom, I. 2007. Phenomenographic or Phenomenological Analysis: Does it Matter? Examples from a Study on Anaesthesiologists' work. *International Journal of Qualitative on Studies on Health and Well-being*, (2): 55-64.
- Rahayu, S. 2000. Menggali Konsepsi Siswa tentang Sains dengan Pendekatan Fenomenografi. *Jurnal Pendidikan MIPA dan Pembelajarannya*, 29 (1): 115-133.
- Stamouli, I. & Huggard, M. 2007. Phenomenography as A Tool for Understanding Our Student. *International Symposium for Engineering Education*, 181-186.
- Sugiyono, (2006). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Tumirano, J. (2004). *A Cognitive Framework for Analyzing and Describing Introductory Students' Use and Understanding of Mathematics in Physics* Unpublished doctor's desertation, Maryland University, College Park.