

IDENTIFIKASI MODEL MENTAL MAHASISWA PADA MATERI ATOM BERELEKTRON TUNGGAL

Dian Wahid Hermawan^{1✉}, Agus Yulianto², Sulhadi²

¹Prodi Pendidikan Fisika, Program Pascasarjana, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

²Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Oktober 2016

Disetujui Oktober 2016

Dipublikasikan

November 2016

Keywords:

Conceptual Models, Mentals

Model, Quantum Physics.

Abstrak

Sebagian besar mahasiswa fisika memiliki pandangan fisika klasik dalam mempelajari fisika kuantum. Pembelajaran pemodelan pada penelitian ini dilaksanakan untuk mengidentifikasi perubahan model mental mahasiswa dalam mempelajari model konseptual kuantum. Model mental adalah gambaran yang tercipta dalam pikiran tentang suatu fenomena alam. Model konseptual adalah gambaran dari fenomena alam yang sesuai dengan pandangan para ilmuwan. Analisis kualitatif yang digunakan pada penelitian ini adalah *grounded theory*. Hasil dari analisis tersebut didapatkan pandangan (model mental) mahasiswa tentang konsep fisika kuantum adalah model kuantum, *intermediate* dan mekanika klasik. Mahasiswa mengalami perubahan daerah dimensi pemahaman dari mekanika klasik menjadi model mental kuantum. Akurasi dari identifikasi model mental mahasiswa dapat ditingkatkan dengan membuat gambar interpretasi secara berulang. Gambar tersebut dapat diperkuat dengan hasil observasi dan wawancara.

Abstract

Most of physics students hold classical physics perspective when they learn quantum physics. Modeling instruction is implemented to identify mental models changing in learning quantum conceptual models. Mental model is an image created in the mind of a natural phenomenon. The conceptual models are a description of natural phenomena in appropriate with the scientist's perspective. Qualitative analysis used in this research is grounded theory. The results of identification student model mental is categorized as quantum, intermediate and classical mechanics. Students have experienced changing of dimensional understanding area from classical mechanics into a quantum perspective. The accuracy of mental model identification can be improved by making the interpretation image repeatedly. The images can be legitimated by observations and interviews.

© 2016 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Kampus Unnes Bendan Ngisor, Semarang, 50233

E-mail: dinwahid12@gmail.com

p-ISSN 2252-6412

e-ISSN 2502-4523

PENDAHULUAN

Beberapa teori dalam mekanika kuantum identik dengan mekanika klasik dalam memodelkan gejala mikroskopik. Konsep dalam fisika kuantum adalah berhubungan dengan gejala-gejala mikroskopik. Contohnya, potensial efektif dari gerak melingkar planet (Fowles & Cassiday, 2005) digunakan untuk memodelkan potensial efektif elektron (Alonso & Finn, 1978). Pemodelan fisika kuantum memerlukan suatu pendekatan yang bisa membedakan dengan pemodelan fisika klasik dan dapat melatih kemampuan pemodelan mahasiswa.

Proses perkembangan ilmu fisika mengalami loncatan dari konsep mekanika klasik menjadi mekanika relativistik (Kural & Kucakulah, 2010). Perbedaan cara pandang tersebut mendorong terbentuknya konsep yang baru atau terbentuknya konsep turunan dari konsep mekanika klasik (Nersessian, 1992).

Kekomplekan gejala-gejala alam yang dipelajari disederhanakan dalam suatu model konseptual. Konsep-konsep fisika merupakan penjelasan-penjelasan dari kejadian-kejadian di alam yang disusun berdasarkan gambaran yang ada di pikiran. Pandangan, gambaran di pikiran atau gambar perumpamaan tersebut dikonstruksi sebagai model mental.

Model mental adalah gambaran yang tercipta dalam pikiran tentang suatu fenomena alam atau pencitraan dari suatu obyek (Ornek, 2008). Citra obyek tersebut dapat berupa konsep dan persepsi spasial (Hestenes, 2006). Brunye & Taylor (2008) menyebutnya sebagai memori spasial yang berkembang ketika mempelajari gambar dimensional yang baru.

Model juga bisa berupa representasi tiga dimensi dari objek atau bentuk tiruan dari sebuah benda (Edward-Leis, 2012). Dalam fisika, model bisa berupa bentuk tiruan yang ideal dari suatu fenomena alam. Representasi tersebut dibentuk otak untuk tujuan menyederhanakan fenomena alam menjadi model konseptual seperti model benda dan model interaksinya (Etkitna *et al.*, 2005). Contoh representasi gambar yang kurang tepat adalah model entitas atau partikel yang mempunyai massa untuk menjelaskan proses perambatan bunyi (Hrepic *et al.*, 2010).

Beberapa penggolongan model mental pebelajar tentang fisika kuantum dilakukan oleh Bailly & Finkelstein (2007) menjadi: realistik, kuantum dan agnostik. Ireson (2000) menggolongkan menjadi beberapa kluster-kluster, yaitu: entitas, mekanika, kuantum dan konflik berfikir. Sedangkan Model mental pebelajar untuk mempelajari konsep efek Compton teridentifikasi sebagai model partikel-gelombang, model cahaya dan model partikel (Gercek & Oszan, 2015).

Pebelajar yang mampu membangun model mental yang tepat adalah mereka yang memiliki kemampuan mekanika yang kuat dan kemampuan membuat prediksi dari sistem fisika (Silva, 2006). Epistemologi modern ilmu fisika berdasarkan teori perkembangan model adalah bagaimana menyusun, menjelaskan, mereduksi, dan mengidealkan suatu model serta dapat melakukan eksperimen berdasarkan model tersebut sehingga dapat memprediksi munculnya konsep fisika yang baru (Halloun, 1996).

Belajar fisika adalah belajar mengkonstruksi sendiri (inkuiri), menginterpretasi dan memodifikasi ide berdasarkan pengalaman belajar (Kucakulah & Kural, 2010; Wiyanto, 2008). Model mental dapat berupa representasi yang dinamis dan generatif, yang dapat dimanipulasi oleh mental, untuk mencari penjelasan sebab dari fenomena fisika (Vosniadou, 1994; Greca & Freire, 2003). Gambaran atau interpretasi internal tersebut bersifat dinamis sehingga digunakan memanipulasi pikiran untuk menjelaskan, memahami dan memprediksi suatu fenomena alam (Vosniadou, 1994; Greca & Moreira, 2000).

Interaksi secara terus-menerus antara pikiran dengan alam akan menghasilkan pemahaman melalui proses interpretasi internal (Edward-Leis, 2012). Interpretasi internal dapat berupa representasi yang terbentuk di dalam pikiran ataupun analogi individu selama melakukan kegiatan kognitif (Silva, 2006).

Beberapa fenomena kuantum merupakan konsep yang berlawanan dengan intuisi berfikir sehari-hari dan penalaran dalam mekanika sehingga perlu pemahaman teori kuantum dengan menggunakan interpretasi non klasikal (Ireson, 2000). Wittman *et al.* (2002) menemukan bahwa sebagian besar dari mahasiswa tidak bisa menjelaskan secara mikroskopik perilaku

makroskopik dari suatu fenomena alam. Membelajarkan fisika kuantum pada tingkat mahasiswa harus dapat mengetahui konstruksi model mental yang mereka lakukan (Ireson, 2000).

Model konseptual adalah gambaran dari fenomena alam yang sesuai dengan pandangan para ilmuwan dan bisa berupa model matematis, pengetahuan analogi, grafik dan gambar obyek fisika tertentu (Ornek, 2008). Sederhana atau kompleksnya suatu model tergantung dari model mental pebelajar. Pengajar dapat membantu memvisualisasikan kekomplekan dari suatu fenomena alam dengan membantu pemahaman pebelajar terhadap model konseptual (Shepardson, 2007).

Penerapan pembelajaran pemodelan fisika kuantum untuk mengubah model mental mahasiswa. Perubahan tersebut digunakan untuk mengidentifikasi model mental mahasiswa dalam mempelajari fisika kuantum. hal ini dikarenakan miskonsepsi pada mekanika kuantum terjadi pada pandangan dasar (*world views*), yaitu berupa pemahaman salah pada konsep yang telah dipelajari sebelumnya (Singh *et al.*, 2006)

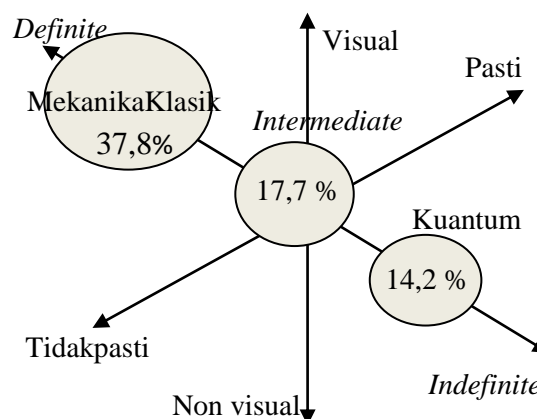
METODE PENELITIAN

Sampel pada penelitian ini berjumlah 30 orang yang terdiri dari mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Negeri Semarang yang sedang menempuh mata kuliah fisika kuantum. Pengambilan data dilakukan dengan tes sebelum dan sesudah proses pembelajaran pemodelan. Sedangkan wawancara dilakukan sesudah proses pembelajaran.

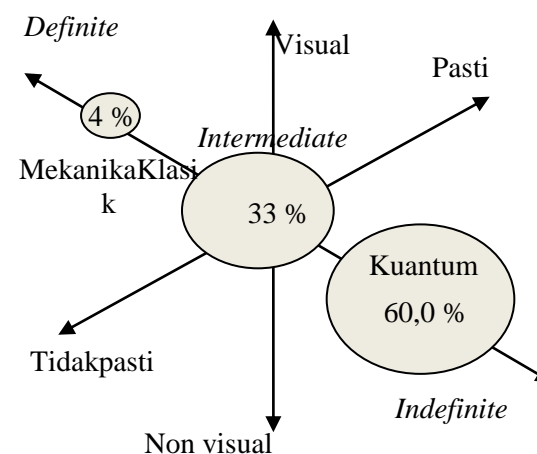
Analisis data yang digunakan adalah *grounded theory* yang terdiri dari *open coding*, *axial coding* dan *selective coding* (Strauss & Corbin, 1990). *Grounded theory* adalah metodologi riset untuk menemukan teori/hipotesis pada area yang substansial (Hernandez, 2009). Pengumpulan data awal dilakukan dengan mencatat kejadian faktual atau aktifitas responden melalui hasil jawaban pretes dan postes. Data temuan tersebut akan diperkuat dengan analisis perbandingan tetap dengan hasil penelitian orang lain dan wawancara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model mental responden dalam belajar fisika kuantum dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori inti yaitu model kuantum, mekanika klasik dan *intermediate*. Model mental mahasiswa tersebut dapat disajikan dalam peta konseptual (*conceptual map*) seperti pada gambar 1 dan 2. Peta konseptual tersebut menggambarkan dimensi-dimensi tertentu-tidak tertentu (*definite-indefinite*), pasti-tidak pasti dan visual-non visual. Model mental mekanika klasik berada pada dimensi visual, pasti dan tertentu (*definite*), model mental kuantum berada pada dimensi non visual, tidak pasti dan tidak tertentu (*indefinite*). menunjukkan daerah.



Gambar 1. PetaKonseptual Model Mental pada Saat Pretes (30,2 % responden tidak menjawab soal) (Mashhadi & Woolnough, 1997).



Gambar 2. PetaKonseptual Model Mental Pada Saat Postes (3,7 % responden tidak menjawab soal) (Mashhadi & Woolnough, 1997).

Model kuantum muncul dikarenakan beberapa jawaban responden yang sesuai dengan konsep fisika kuantum. Salah satu jawaban responden tersebut adalah mengenai sifat tiap elektron yang dapat diketahui dengan deretan himpunan bilangan kuantum n , l , m_l , dan m_s . Misalnya, elektron yang memiliki himpunan bilangan kuantum 1, 0, 0, dan $+1/2$, berarti elektron tersebut pada tingkat energi $n=1$, bentuk orbital bulat dan tidak mempunyai arah orientasi ($l=0$ dan $m_l=0$) dan mempunyai analogi putaran searah jarum jam ($m_s = +1/2$). Teori responden mempunyai model mental ini diperkuat dengan hasil petikan wawancara sebagai berikut:

Interviewer : Jika $l=0$ adalah orbital s, terus bentuknya gimana?

Responden : **Bulat**

Interviewer : Jika $l=1$, bentuk orbitalnya gimana?

Responden : **Kayak angka delapan**

Interviewer : Berarti bilangan kuantum ini menunjukkan apa?

Responden : **Bentuk orbital**

Interviewer : Bilangan bilangan m_l menunjukkan apa?

Responden : **Jumlah orbital**

Konsep bilangan kuantum spin bernilai $1/2$ berasal dari tingkat *degeneracy* spektrum hidrogen pada orbital s yang terpecah menjadi dua. Teori model mental ini diperkuat dengan hasil petikan wawancara sebagai berikut:

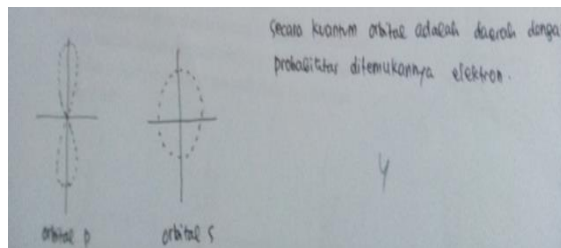
Interviewer : Jika $l=0$ maka tidak pecah, jika $l=1$ pecah jadi 3, hal ini berarti pecahnya berdasarkan apa?

Responden : Bilangan m_l

Interviewer : Kenapa bilangan momen magnetik tidak bisa dijelaskan untuk percobaan Stern Gerlach?

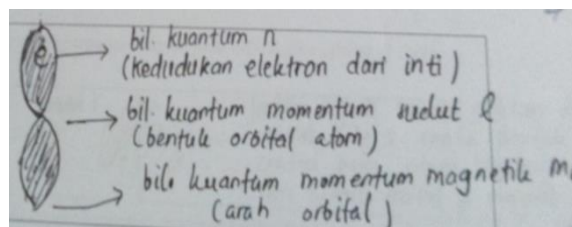
Responden : Ketika menggunakan $m_l=0$ maka spektrum tidak terpecah,

Model kuantum pada konsep orbital menyebutkan orbital sebagai daerah dengan probabilitas tertinggi ditemukan elektron seperti pada jawaban responden pada Gambar 3.



Gambar 3. Foto Contoh Interpretasi Kuantum dari Jawaban Responden Mengenai Orbital Sebagai Daerah Probabilitas.

Bukti jawaban lain yang sesuai dengan model kuantum adalah gambar interpretasi dari bilangan kuantum n yang menunjukkan tingkat energi elektron, bilangan kuantum l yang menunjukkan bentuk daerah tersebut dan bilangan kuantum m_l yang menunjukkan arah orientasi dari bentuk orbital seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Foto Contoh Interpretasi Kuantum dari Jawaban Responden Mengenai Bilangan Kuantum n , l dan m_l .

Hasil pengkategorian tersebut diperkuat dengan petikan wawancara dengan responden sebagai berikut:

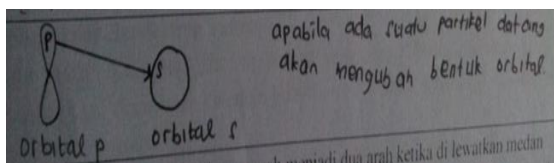
Interviewer : Jika $l=0$ maka jumlah $m_l=1$, jika nilai $l=1$ berarti m_l berjumlah 3 dan orbitalnya ada tiga, bentuknya gimana saja?

Responden : Ke arah sumbu x , y dan z

Interviewer : Berarti m_l menunjukkan apa?

Responden : **Arah orbital atau arah orientasinya**

Model kuantum untuk konsep transisi elektron menyebutkan bahwa transisi elektron adalah perubahan bentuk orbital, misalnya dari orbital p ke orbital s seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Foto Contoh Interpretasi Kuantum dari Jawaban Responden Mengenai Transisi Elektron

Konsep transisi elektron dalam model kuantum memenuhi aturan seleksi yaitu berpindah dari orbital satu ke orbital lain yang mempunyai selisih bilangan kuantum momentum sudut sebesar +1 atau -1. Adapun bukti petikan wawancara dengan responden mengenai model ini adalah sebagai berikut:

- Interviewer : Apabayangkan anda tentang transisi?
 Responden : Perpindahan
 Interviewer : Boleh tidak berpindah dari 3p ke 2s?
 Responden : Boleh
 Interviewer : Jika berpindah dari 3p ke 2p?
 Responden : Tidak boleh
 Interviewer : Jika berpindah dari 4d ke 3s
 Responden : Karena selisihnya tidak satu
 Interviewer : Dari $l = 1$ ke $l = 0$, bayangannya kayak apa?
 Responden : Berubah bentuk darilongjong seperti angka delapan ke bulat

Analisis perbandingan tetap pada kategori inti model kuantum menghasilkan label energi potensial efektif. Model mental energi potensial efektif tidak didapatkan dalam proses kategorisasi, akan tetapi model mental tersebut digunakan untuk memperdalam makna dari kategori inti kuantum. model matematis untuk energi potensial efektif adalah sebagai berikut:

$$E_{p,eff} = V(r) + \frac{\hbar^2 l(l+1)}{2mr^2}$$

Dimana $V(r)$ adalah energi potensial dari gaya Coulomb dan potensial sentrifugal yang menunjukkan model kuantum dari energi potensial elektron.

Model *intermediate* muncul dikarenakan responden memodelkan potensial elektron tanpa melibatkan bilangan kuantum. konsep yang digunakan adalah elektron dibatasi oleh energi potensial listrik dari gaya Coulomb. Energi potensial yang sesuai dengan kuantum adalah energi potensial efektif yang mengandung

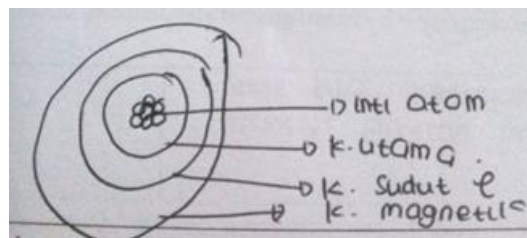
momentum sudut L seperti yang dibahas pada kategori kuantum. Teori atau hipotesis adanya model mental ini diperkuat melalui petikan wawancara responden sebagai berikut:

- Interviewer : Dari penurunan rumus, energi potensial elektron sama dengan apa?
 Responden : Jika energi potensial elektron sama dengan energi potensial listrik.
 Interviewer : Adakah menggunakan gaya sentripetal untuk menurunkan rumusnya?
 Responden : Tidak.

Model mekanika klasik untuk konsep elektron adalah energi potensial elektron muncul akibat elektron mengelilingi inti sehingga mendapat gaya sentripetal berupa gaya listrik. Adapun bukti petikan wawancara dengan responden adalah sebagai berikut:

- Interviewer : Gaya yang terjadi antar muatan itu termasuk gaya apa?
 Responden : Gaya muatan.
 Interviewer : Energi potensial listrik menurunkannya itu pakai gaya sentripetal nggak ya?
 Responden : Iya, gaya listrik sama dengan gaya sentripetal.

Model mental mekanika klasik pada konsep orbital adalah dengan menganggap orbital sebagai lintasan elektron dalam mengelilingi inti atom seperti pada Gambar 6.

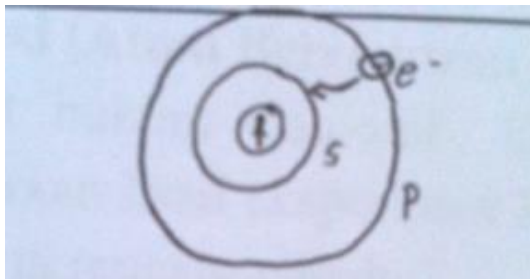


Gambar 6. Foto Contoh Interpretasi Mekanika Klasik dari Jawaban Responden Mengenai Orbital

Responden menggambarkan orbital sebagai lintasan elektron baik dalam model atom Bohr maupun kuantum seperti pada petikan wawancara dibawah ini:

- Interviewer : Apa yang anda bayangkan tentang bilangan kuantum sudut l ?
- Responden : Ada l yang dinamakan panjang
- Interviewer : Jika l itu bilangan kuantum momentum sudut, apa hubungan antara bilangan l dengan orbital?
- Responden : Orbital itu kotak yang di isi elektron.
- Interviewer : Orbital itu berupa apa?
- Responden : Orbital adalah lintasan pada atom Bohr.

Model mekanika klasik untuk konsep transisi elektron menyebutkan transisi elektron adalah perpindahan elektron dari lintasan tertentu ke lintasan yang lain seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Foto Contoh Interpretasi Mekanik klasik dari Jawaban Responden Mengenai Transisi Elektron

Adapun petikan wawancara dengan responden tentang transisi elektron tersebut adalah sebagai berikut:

- Interviewer : Bayangan anda tentang transisi elektron, transisi itu apa?
- Responden : Perpindahan
- Interviewer : Berdasarkan bentuk orbital bayangan anda tentang proses transisi itu gimana?
- Responden : Elektron berpindah lintasan.

SIMPULAN

Gambaran yang tercipta di pikiran responden dalam belajar konsep atom hidrogen pada mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Negeri Semarang adalah terbagi menjadi tiga, yaitu pandangan kuantum, *intermediate* dan mekanika klasik. Mahasiswa mengalami perubahan daerah dimensi pemahan dari

mekanika klasik pada saat pretes menjadi daerah model mental kuantum pada saat postes.

Beberapa model mental kuantum mahasiswa adalah elektron memiliki energi potensial efektif, orbital adalah daerah dengan probabilitas terbesar ditemukan elektron dan transisi elektron adalah perubahan bentuk orbital. Beberapa model mekanika klasik mahasiswa adalah: elektron memiliki energi potensial dari mekanika klasik, orbital adalah lintasan elektron mengelilingi inti dan transisi adalah perpindahan lintasan elektron. Sedangkan model mental *intermediate* adalah elektron memiliki energi potensial listrik dan orbital sebagai lintasan elektron.

Hasil temuan ketiga model mental tersebut identik dengan Model mental tentang atom menurut Mashhadi (1995), yaitu model mekanika, probabilitas, bergerak acak, pulasan awan muatan dan tidak dapat divisualkan. Model kuantum identik dengan probabilitas dan bergerak acak. Model mekanika klasik identik dengan mekanika. Sedangkan model *intermediate* identik dengan pulasan awan elektron.

Akurasi identifikasi model mental mahasiswa dapat ditingkatkan dengan melatih mahasiswa untuk membuat gambar interpretasi secara berulang. Hasil tersebut diperkuat dengan wawancara. Selanjutnya, pemodelan konsep fisika harus dilakukan dengan memisahkan secara jelas antara konsep kuantum dengan konsep mekanika klasik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, M., & Finn, E. J. 1978. "Fundamental University Physics Volume III". USA: Addison-Wesley Publishing Company Inc.
- Baily, C., & Finkelstein, N. D. 2007. "Teaching and understanding of quantum interpretations in modern physics courses". Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 6(1).
- Brunye', T. T., & Taylor, H. A. 2008. "Working Memory In Developing And Applying Mental Models From Spatial Descriptions". Journal of Memory and Language. 58(3), 701-729.
- Strauss A. & Corbin J. 1990. "Grounded Theory Research: Procedures, Canons, and Evaluative Criteria". Qualitative Sociology. 13(1), 3-14.
- Edward-Leis, C. 2012. "Challenging Learning Journeys In The Classroom: Using Mental Model Theory

- To Inform How Pupils Think When They Are Generating Solutions". Linköping Electronic Conference Proceedings. 73(18), 153-162.
- Etkitna, E., Warren, A., & Gentile, M. 2005. "The Role Model In Physics Instruction". The Physics Teacher Journal. 44(1), 34-39.
- Fowles G. R., & Cassiday G. L. 2005. "Analytical Mechanics Seventh Edition". USA: Thomson Brooks/Cole.
- Gerçek, C., & Oszan, O. 2015. "Students' Mental Models of Light to Explain the Compton Effect". Procedia - Social and Behavioral Sciences. 191 (1), 2195 – 2197.
- Greca, I. M., & Freire JR, O. 2003. "Does an Emphasis on the Concept of Quantum States Enhance Students' Understanding of Quantum Mechanics?". Journal of Science & Education. 12(1), 541–557.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. 2000. "Mental Models, Conceptual Models, and Modeling". International Journal of Science Education. 22(1), 1-11.
- Halloun, J. 1996. "Schematic Modeling for Meaningful Learning of Physics". Journal of Research in Science Teaching. 33(9), 1019-1041.
- Hernandez, C. A. 2009. "Theoretical Coding in Grounded Theory Methodology". The Grounded Theory Review. 8 (3): 51-60.
- Hestenes, D. 2006. "Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction". Proceedings of the 2006 GIREP conference. Modelling in Physics and Physics Education
- Hrepic, Z., Zollman, D. & Rebello, S. 2010, "Identifying Students' Models of Sound Propagation". Physic Journal Rev. ST Phys. Educ. Res. 6(2), 020114.
- Ireson, G. 2000. "The Quantum Understanding Of Pre-University Physics Students, Physics Education". 35(1), 15-21.
- Mashhadi, A. 1995. "Advanced level Physics students' conceptions of Quantum Physics". American Journal of Physics. 48(1), 1-15.
- Mashhadi, A., & Woolnough, B. 1997. "Dualistic Thinking Underlying Students' Understanding of Quantum Physics". Paper presented at the Annual International Conference on Thinking (7th, Singapore, June 1-6, 1997). ERIC Number: ED414204.
- Nersessien, N. J. 1992. "How do scientists think? Capturing The Dynamics Of Conceptual Change In Science". Cognitive Model of Science. 15(1), 3-44.
- Ornek, F. 2008. "Model in Science Education: Applications of Models In Learning And Teaching Science". International Journal of environmental & Science Education. 3(2), 35-45.
- Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M. & Harbor, J. 2007. "Students' Mental Models of the Environment", Journal Of Research In Science Teaching. 44(2), 327–348.
- Silva, C. C., 2006. "The Role of Models and Analogies in the Electromagnetic Theory: A Historical Case Study". Journal of Science & Education. 16(7), 835-848.
- Singh, C., Belloni, M., & Christian, W. 2006. "Improving Students' Understanding Of Quantum Mechanics". Journal of American Institute of Physics. 59(8), 43-49,
- Vosniadou, S. 1994. "Capturing And Modeling The Process Of Conceptual Change". Journal of learning and Instruction. 4(1), 45-49.
- Wittman, M. C., Steinberg, R. N. & Redish, E. F. 2002. "Investigating Student Understanding Of Quantum Physics: Spontaneous Models Of Conductivity". American Journal of Physics. 70(1), 218-226.
- Wiyanto. 2008. *Menyiapkan Guru Sains Mengembangkan Kompetensi Laboratorium*. Semarang: Unnes Press.