

## Identifikasi model mental mahasiswa pada konsep atom berektron tunggal

Dian Wahid Hermawan<sup>✉</sup>, Agus Yulianto

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

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima  
9 Nopember 2016

Disetujui  
15 Desember 2016

Dipublikasikan  
19 Desember 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. 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.

### 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 model is a description of natural phenomena in appropriate with the scientists 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.*

© 2017 Universitas Negeri Semarang

<sup>✉</sup> Alamat korespondensi:  
Kampus Unnes Bendan Ngisor, Semarang, 50233  
E-mail: [dinwahid12@gmail.com](mailto:dinwahid12@gmail.com)

## 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. Perbedaan cara pandang tersebut mendorong terbentuknya konsep yang baru atau terbentuknya konsep turunan dari konsep mekanika klasik (Nersessien, 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 dkk, 2005). Contoh representasi gambar yang kurang tepat adalah model entitas atau partikel yang mempunyai massa

untuk menjelaskan proses perambatan bunyi (Hrepic dkk, 2010).

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

Pembelajar 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, menginterpretasi dan memodifikasi ide berdasarkan pengalaman belajar. 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 dkk (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 dkk, 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 dkk, 2006)

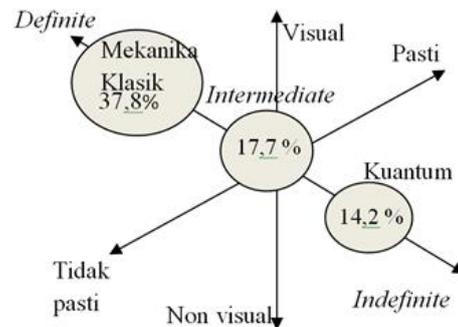
**METODE**

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.

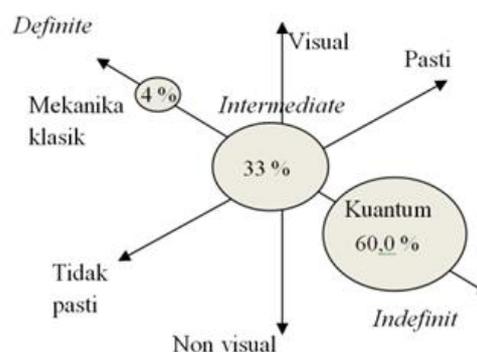
Analisis data yang digunakan adalah *grounded theory* yang terdiri dari *open coding*, *axial coding* dan *selective coding* (Straus & Corbin, 1990). *Grounded theory* adalah metodologi riset untuk menemukan teori/hipotesis pada area yang substansial (Hernandez, 2009). Pengumpulan data awal dilakukan dengan mencatat kejadian faktual atau aktifitas mahasiswa 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 mahasiswa 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 Gambar 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. Peta Konseptual Model Mental pada saat *Pretest* (30,2 % mahasiswa tidak menjawab soal) (Mashhadi, 1997).



Gambar 2. Peta Konseptual Model Mental pada saat *Post Test* (3,7 % mahasiswa tidak menjawab soal) (Mashhadi, 1997).

Model kuantum muncul dikarenakan beberapa jawaban mahasiswa yang sesuai dengan konsep fisika kuantum. Salah satu jawaban mahasiswa 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 tentang mahasiswa 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  $m_l$

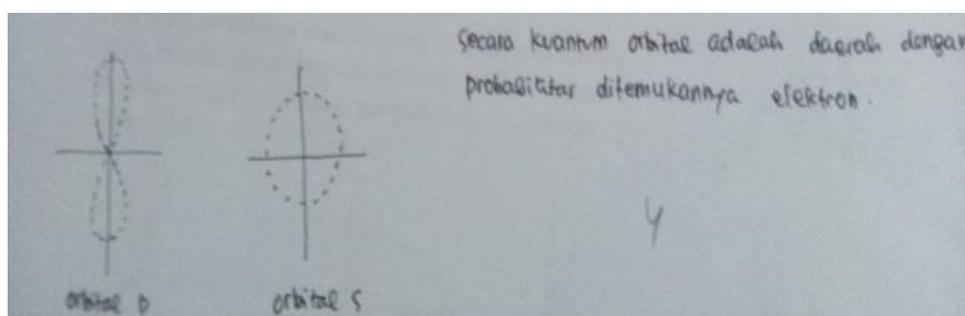
menunjukkan apa?

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,

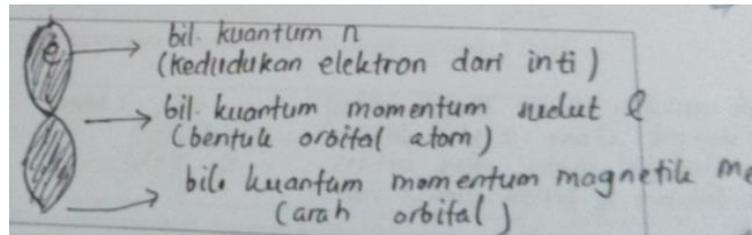
Model kuantum pada konsep orbital menyebutkan orbital sebagai daerah dengan probabilitas tertinggi ditemukan elektron seperti pada jawaban mahasiswa pada Gambar 3.



Gambar 3. Interpretasi Kuantum dari Jawaban Mahasiswa 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.



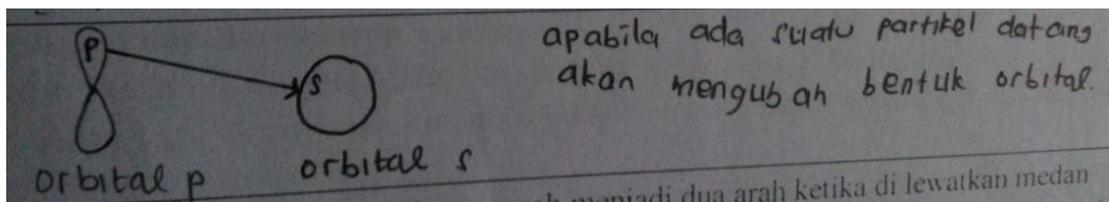
Gambar 4. Interpretasi Kuantum dari Jawaban Mahasiswa Mengenai Bilangan Kuantum  $n$ ,  $l$  dan  $m_l$ .

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. Interpretasi Kuantum dari Jawaban Mahasiswa 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 : Bayangan 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 dari lonjong 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:

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

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

Model *intermediate* muncul dikarenakan mahasiswa 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 dengan 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 ngak 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.

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

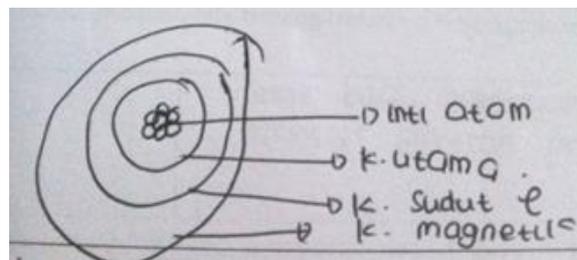
Interviewer : Jika  $l$  itu bilangan kuantum momentum sudut, apa

hubungan antara bilangan  $l$  dengan orbital?

Responden : Orbital itu kotak yang di isi elektron.

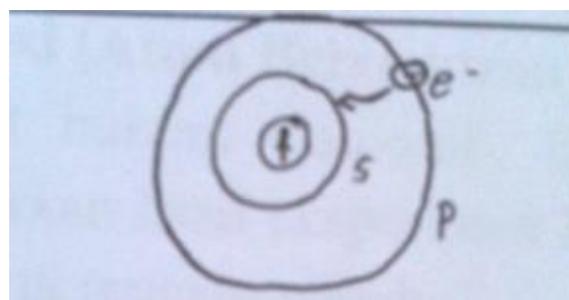
Interviewer : Orbital itu berupa apa?

Responden : Orbital adalah lintasan pada atom Bohr.



Gambar 6. Interpretasi Mekanika Klasik dari Jawaban Responden Mengenai Orbital

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. Interpretasi Mekanika klasik dari Jawaban Mahasiswa 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 dipikirkan 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 pemahaman 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 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. Model kuantum identik dengan probabilitas dan bergerak acak. Model mekanika klasik identik dengan mekanika. Sedangkan model *intermediate* identik dengan pulasan awan elektron.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih yang pertama kali ditujukan kepada Dr. Suharto Linuwih, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang, yang telah mengijinkan melaksanakan penelitian di Program Studi Pendidikan Fisika. Ucapan terimakasih selanjutnya ditujukan kepada Dr. Ngurah Made Darma Putra, M.Si dan Drs. Mosik M.S selaku dosen pengampu mata kuliah Fisika Kuantum yang telah membimbing selama proses penelitian.

## 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) hal. 701-729.
- 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) hal. 153-162.
- Etkitna, E., Warren, A. dan Gentile, M. 2005. The Role Model In Physics Instruction. *The Physics Teacher Journal* 44(1) hal. 34-39.
- Fowles G. R., & Cassiday G. L. 2005. *Analytical Mechanics Seventh Edition*. USA: Thomson Brooks/Cole.
- Gercek, C. & Oszan, O. 2015. Students' Mental Models of Light to Explain the Compton Effect. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 191 (1) hal. 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) hal. 541-557.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. 2000. Mental Models, Conceptual Models, and Modeling. *International Journal of Science Education* 22(1) hal. 1-11.
- Halloun, J. 1996. Schematic Modeling for Meaningful Learning of Physics. *Journal of Research in Science Teaching* 33(9) hal. 1019-1041.
- Hernandez, C. A. 2009. Theoretical Coding in Grounded Theory Methodology. *The Grounded Theory Review* 8 (3) hal. 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. dan Rebello, S. 2010, Identifying Students' Models of Sound Propagation. *Physic Journal Rev. ST Phys. Educ. Res.* 6(2) hal. 020114.
- Ireson, G. 2000. The Quantum Understanding of Pre-University Physics Students, *Physics Education* 35(1) hal. 15-21.
- Mashhadi, A. 1995. Advanced level Physics students' conceptions of Quantum Physics. *American Journal of Physics* 48(1) hal. 1-15.
- Mashhadi, A., & Woolnough, B. 1997. *Dualistic Thinking Underlying Student's 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) hal 3-44.
- Ornek, F. 2008. Model in Science Education: Applications of Models In Learning And Teaching Science. *International Juornal of envinronmental & Science Education* 3(2) hal. 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) hal. 327-348.
- Silva, C., 2006. The Role of Models and Analogies in the Electromagnetic Theory: A Historical Case Study. *Journal of Science & Education* 16(7) hal. 835-848.
- Singh, C., Belloni, M., dan Christian, W., 2006. Improving Students' Understanding of Quantum Mechanics. *Journal of American Institute of Physics* 59(8) hal. 43-49.
- Strauss, A. & Corbin, J., 1990. Grounded Theory Research: Procedures, Canons, and Evaluative Criteria. *Qualitative Sociology* 13(1) hal. 3-14.
- Vosniadou, S. 1994. Capturing And Modeling The Process of Conceptual Change. *Jurnal of learning and Instruction* 4(1) hal. 45-49.
- Wittman, M. C., Steinberg, R. N. dan Redish, E. F., 2002. Investigating Student Understanding of Quantum Physics: Spontaneous Models of Conductivity. *American Journal of Physics* 70(1) hal. 218-226.