

# Pengembangan Modul Pembelajaran Mandiri Berbasiskan Perubahan Konseptual Radikal

**A. Halim**

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Syiah Kuala, NAD  
Korespondensi: Kopelma Darussalam, Banda Aceh 23111. Email: bdlhalim@yahoo.com

**Subahan T. Meerah dan Lilia Halim**

Department of Methodology and Education Practice, Education Faculty, Nasional University of Malaysia

**Abstract:** This articles is intended to discuss the research results on the module of the self-learning (MPM) based on the radical conceptual change. Developing and validating the module has been supervised by two professors from Education Faculty, National University of Malaysia, Malaysia. The developed model of module are based on three module theories, namely Donnelly, Mager, and Moon. The content and form of the developed module was validated by physicists and the education physicists from Syiah Kuala University, Indonesia. The pilot test for the readable level and the effectiveness of the developed module contents were conducted on university students. The results shows that 83% of the experts stated that the developed module contents are in a good agreement with the curriculum and the description of quantum physics course. The results of descriptive analysis figure out that about 91% of the students understand the developed module contents and 81% of the experimental group students underwent change in theirs perception on quantum concepts. While inference analysis exhibit that there is significant difference in the test results between the control group and the experimental group students ( $t = 6.219$ ;  $p = 0.05$ ).

**Keywords:** self-learning module, a radical conceptual change

**Abstrak:** Artikel ini membahas hasil penelitian pengembangan modul pembelajaran mandiri (MPM) yang didasarkan pada perubahan konsep secara radikal (*the radical conceptual change*). Pengembangan dan validitasi modul dibimbing oleh dua professor dari fakultas pendidikan, Universitas Kebangsaan Malaysia (UKM). Model modul yang dikembangkan didasarkan pada teori yang dikemukakan oleh Donnelly, Mager, dan Moon. Isi dan bentuk modul yang telah dikembangkan divaliditasikan oleh pakar fisika dan pakar pendidikan fisika dari Universitas Syiah Kuala. Ujicoba tingkat keterbacaan dan keefektifan isi modul dilakukan pada mahasiswa program studi fisika dan pendidikan fisika, Universitas Syiah Kuala. Hasil validitasi menunjukkan bahwa 83% pakar mengatakan isi modul sudah sesuai dengan kurikulum dan deskripsi mata kuliah Fisika Kuantum. Hasil analisis secara deskriptif menunjukkan 91% mahasiswa memahami isi modul dan sekitar 81% mahasiswa kelompok eksperimen mengalami perubahan persepsi tentang konsep-konsep kuantum. Di samping itu, hasil analisis statistik inferensi menunjukkan adanya perbedaan hasil tes yang signifikan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen ( $t = 6.219$ ;  $p = 0.05$ ).

**Kata kunci:** modul pembelajaran mandiri, perubahan konseptual radikal

Miskonsepsi merupakan satu permasalahan atau *gap* yang sangat menghambat dalam pelaksanaan proses pengajaran dan pembelajaran. Dalam bidang sains, studi miskonsepsi, telah dilakukan sejak tahun 80-an. Berbagai istilah telah digunakan oleh pakar terkait

dengan pengertian miskonsepsi, di antaranya disebut dengan “pemahaman konsep awal” (preconceived notions), “kenyakinan tidak saintifik” (nonscientific beliefs), “salah pemahaman konseptual” (conceptual misunderstandings), “salah konsep bahasa daerah”,

dan “salah konsep berdasarkan fakta” (*factual misconceptions*) (Committee on Undergraduate Science Education 1997; Marshall 2003). Penyebab salah konsep dalam bidang sains lebih diakibatkan oleh ketidaksesuaian antara pemahaman awal siswa dengan penjelasan ilmiah dalam kelas sains (Committee on Undergraduate Science Education 1997). Dosen dan guru tanpa sadar, mereka sering meneruskan salah konsep melalui pengajaran dan orang tua murid menularkan miskonsepsi melalui idea atau konsep yang bertentangan dengan konsep ilmiah (Marshall, 2003).

Miskonsepsi yang sering ditemui dalam mata kuliah Fisika Modern adalah konsep dualisme gelombang-partikel dan model atom (Ireson, 2001), grafik energi potensial kuantum (Redish, 1997), penerobosan kuantum (Wittemann, 1998), dan model kehilangan energi pada penerobosan kuantum (Wittemann, 2005). Miskonsepsi dalam mata kuliah ini lebih diakibatkan oleh tumpang-tindih (*Overlapping*) dan percampuran (*mix-up*) antara konsep kuantum dengan konsep mekanika klasik (Kalkanis et.al, 2002), fenomena kuantum bersifat abstrak, dan ketidakjelasan pada konsep mekanika klasik (Robinett, 1997; Redish, 1997; Steinberg, 1999; Ireson, 1999; Olsen, 2002; Millar, 1999).

Terkait dengan cara mengatasi miskonsepsi, pakar pendidikan dan pembelajaran telah menggunakan berbagai jenis istilah. Di antaranya istilah pertarungan (*to combat*) dan mengobati (*to antidote*) miskonsepsi telah digunakan oleh Styer (1996), mengatasi (*overcome*) miskonsepsi telah digunakan oleh Brown (1989), Stepans (1996), Fast (1997), Binghamton University (1998), Slota (1999), dan Quijas (2007), penghapusan (*Eradicating*) miskonsepsi digunakan dalam kajian Podolner (2000), dan mencegah (*to prevent*) miskonsepsi telah digunakan oleh Marshall (2003). Pelaksanaan PBM untuk mengatasi miskonsepsi melalui Model Perubahan Konseptual (*the Conceptual Change Model*) telah banyak digunakan oleh pakar Pendidikan dan Pembelajaran (Hewson, 1992; O’Leary, 1997; Stepans, 1996; Slotta, 1999; Podolner, 2000; Suping, 2003; Jonassen, 2005; Fardanesh, 2006).

Strategi pengajaran dan pembelajaran dengan menggunakan teks bacaan untuk menghasilkan perubahan konseptual bertahap (*the gradual conceptual change*) telah dilaksanakan oleh Alparslan et al. (2003) dalam bidang pendidikan biologi dan oleh Cakir et al. (2002) dalam bidang

pendidikan kimia. Hasil kajian kedua peneliti tersebut menunjukkan terjadi perbedaan pemahaman yang signifikan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen (menggunakan teks bacaan) ( $P < 0.05$ ). Strategi pembelajaran yang menghasilkan perubahan konseptual secara radikal (*the radical conceptual change*) telah dilakukan oleh Kalkanis et.al (2002). Tujuan kajian penelitian Kalkanis adalah untuk mengatasi miskonsepsi yang berbentuk hambatan epistemologi (*epistemological obstacles*) memahami konsep kuantum dan diakibatkan oleh tumpang-tindih (*overlapping*) dan bercampur (*mix-up*) antara konsep klasik dan konsep kuantum. Kalkanis menggunakan pendekatan pembelajaran yang didasarkan konsep-konsep yang beriringan secara langsung (*direct juxtaposition*) antara konsep klasik dan kuantum. Hasil kajiannya didapati beberapa konsep kuantum (model atom, konsep elektron, dan lain-lain) dipahami oleh dosen dan mahasiswa dalam konteks klasik. Melalui penjelasan sejarah lahirnya dan batasan-batasan konsep klasik dan kuantum, Kalkanis dan koleganya berhasil merubah pandangan mereka tentang konsep-konsep tersebut. Dalam penelitian sekarang ini akan dicoba- padukan konsep-konsep yang beriringan tersebut kedalam satu teks bacaan yang disebut dengan modul pembelajaran mandiri (MPM). Agar terjadi pembelajaran yang menghasilkan perubahan konseptual radikal (*the radical conceptual change*), strategi pengembangan modul didasarkan pada pandangan Posner et.al (1982).

## METODE

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk pengembangan Modul Pembelajaran Mandiri (MPM). Pengembangan modul dilakukan melalui empat tahapan, yaitu pemilihan topik modul, penentuan format dan isi, pengesahan format dan isi, dan uji efektivitas penggunaan modul. Secara ringkas model pengembangan modul ditunjukkan dalam Diagram 1.

### Pemilihan Topik (Subjudul) Modul

Pemilihan topik yang akan menjadi subjudul modul didasarkan pada dua sumber, yaitu hasil Tes Diagnostik Fisika Kuantum (TDFK) dan hasil penelitian terdahulu dalam bidang yang sama. Hasil tes dengan instrumen TDFK didapati topik-topik yang sukar dan salah dipahami oleh mahasiswa, di

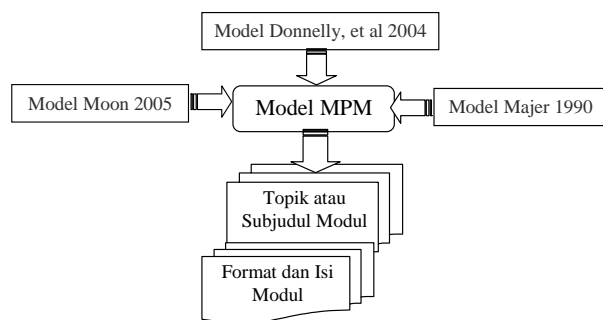


Diagram 1. Model Pengembangan MPM

antaranya; Solusi Persamaan Schrodinger, grafik energi potensial kuantum, dan penggunaan matematika yang sangat sulit (Halim, 2008). Sedangkan kajian terhadap hasil penelitian terdahulu didapat topik yang sulit dan salah dipahami, yaitu fungsi gelombang (Styer, 1996), grafik energi potensial kauntum (Redish, 1997), efek penerobosan kuantum (Wittemann, 2001), dualisme gelombang-partikel dan model atom (Ireson, 2001), konsep elektron dan cahaya (Olsen, 2002), model kehilangan energi pada efek penerobosan kuantum (Wittemaan, 2005), dan konsep dualisme gelombang partikel (Wuttiptom et al, 2006).

Didasarkan pada kedua sumber tersebut, pemilihan topik untuk pengembangan modul pembelajaran mandiri (MPM) mencakup (i) konsep cahaya, (ii) model atom, (iii) konsep dualisme gelombang-partikel, (iv) fungsi gelombang, dan (v) grafik potensial kuantum. Berdasarkan kelima topik tersebut dikembangkan lima MPM dengan topik yang berbeda untuk mata kuliah Fisika Modern dan Kuantum. Untuk memudahkan penguraian penjelasan konsep dan juga pemahaman isi modul, sebagian konsep-konsep tersebut dikaitkan dengan konsep klasik (Kalkanis et al 2002).

### Format dan Isi Modul

Format modul didasarkan pada tiga model pengembangan modul yang menjadi rujukan utama dalam penelitian ini, yaitu model Majer (1990), model Donnelly et al (2004), dan model Moon (3005) seperti dalam diagram 1. Model modul yang dikembangkan memiliki dua komponen utama, yaitu tujuan pengembangan modul dan tujuan pelaksanaan pembelajaran (tujuan PBM) mata kuliah Fisika Modern dan Kuantum. Kedua tujuan tersebut termuat dan dipadukan menjadi isi modul. Di samping itu, untuk menghasilkan perubahan konseptual secara radikal pengembangan isi modul didasarkan pada

teori Posner et al (1982), yaitu (i) memunculkan rasa ketidakpuasan (*dissatisfaction*), (ii) konsep baru mudah dipahami (*intelligible*), (iii) Konsep baru lebih logis (*plausible*), (iv) konsep harus nampak lebih baik dan berguna (*fruitful*).

### Pengesahan Format dan Isi

Pengesahan isi (*Content validity*) modul MPM dilakukan pada 6 orang pakar Pendidikan Fisika dan Ilmu Fisika dan pada 21 mahasiswa Program studi Pendidikan Fisika. Pemilihan jumlah pakar didasarkan pada pandangan Wiersma dan Jurs (1990), yaitu jumlah pakar tidak perlu banyak yang penting mereka ahli dalam bidangnya. Identitas pakar pengesahan modul ditunjukkan dalam Tabel 1. Setelah dosen dan mahasiswa membaca isi modul MPM kepada mereka dimintai pandangan atau respon terhadap format dan isi modul. Instrumen pengesahan modul (*response instrument*) berbentuk kuestioner skala Likert lima angka dengan 20 item pertanyaan untuk dosen dan 17 item untuk mahasiswa.

Tabel 1. Identitas Pakar (dosen) Pengesahan Modul

No	Nama	Tamatan	Jurusan
1	Prof. Dr. T. Subahan Meerah	The University of Manchester, UK	Science Education (Physics), UKM
2	Prof. Dr. Lilia Halim	Leid University, UK	Science Education (Physics), UKM
3	Drs. Evendi, M.Pd	Master UNM	Pend. Fisika UNSYIAH
4	Dr. Adi Rahwanto	Kobe University	Fisika, UNSYIAH
5	Dr. Mursal	ITB	Fisika, UNSYIAH
6	Irwandi, M.Si	Master ITB	Fisika, UNSYIAH

### Uji Efektivitas Penggunaan Modul

Uji efektivitas penggunaan modul dilakukan melalui metode eksperimen. Kelas kontrol, menggunakan buku paket Fisika Modern, terdiri dari 18 mahasiswa program studi Pendidikan Fisika dan kelas eksperimen, menggunakan MPM-1: Dualisme gelombang-partikel, terdiri dari 21 mahasiswa dari program studi yang sama. Terkait dengan jumlah sampel yang dipilih digunakan panduan Roscoe 1975 (dalam Uma Sekaran (1992) yang mengatakan bahwa;

- (i) Sebaiknya ukuran sampel antara 30 s/d 500 elemen,
- (ii) Jika sampel dipecah lagi ke dalam subsampel (laki/perempuan, SD?SLTP/SMU, dsb), jumlah minimum subsampel harus 30
- (iii) Pada penelitian multivariate (termasuk analisis regresi multivariate) ukuran sampel harus beberapa kali lebih besar (10 kali) dari jumlah

variable yang akan dianalisis.

- (iv) Untuk penelitian eksperimen yang sederhana, dengan pengendalian yang ketat, ukuran sampel bisa antara 10 s/d 20 elemen

Pelaksanaan eksperimen dimulai dengan ujian pretes, kegiatan kuliah (mahasiswa diarahkan untuk membaca teks secara mandiri), dan pelaksanaan postes. Pelaksanaan pretes dan postes menggunakan Ujian Diagnostik Fisika Kuantum (UDFK) (Halim 2008). Hasil postes dianalisis dengan statistik inferensi uji-t pada taraf signifikan 5%. Keputusan hasil uji hipotesis nol menggambarkan keefektifan penggunaan modul MPM untuk mengatasi miskonsepsi berdasarkan perubahan konseptual secara radikal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perpanduan model Majer (1994), model Donelly et al (2002), dan model Moon (2005) menghasilkan model Modul Pembelajaran Mandiri (MPM), seperti ditunjukkan dalam Diagram 2.

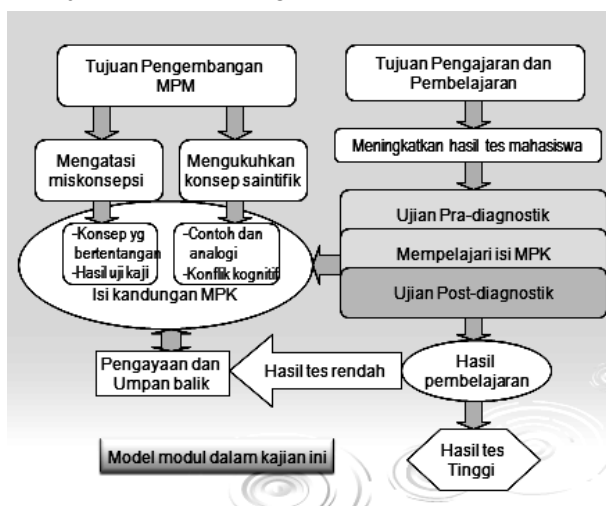


Diagram 2. Model MPM

Modul MPM yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki karakteristik khusus, yaitu untuk menangani atau memulihkan kesalahpahaman mahasiswa memahami konsep-konsep kuantum melalui metode Perubahan Konseptual Radikal (*the radical conceptual change*). Untuk merealisasi tujuan tersebut, setiap konsep yang dibahas dalam modul MPM dipadukan dengan konsep-konsep yang keliru dipahami dan juga konsep-konsep yang bertentangan dengan pemahaman mahasiswa selama ini, sehingga diharapkan dalam pemikiran mahasiswa terjadi kompleks kognitif dan ini

merupakan tahap awal berlakunya perubahan konseptual radikal (Kalkanis et al, 2002).

Hasil pengesahan modul oleh pakar dan oleh mahasiswa menunjukkan bahwa sekitar 83% dosen dan 91% mahasiswa mengatakan isi, format, dan konsep modul sudah sesuai dengan kurikulum dan deskripsi mata kuliah Fisika Modern. Keefektifan penggunaan modul ditandai oleh 81% mahasiswa berubah pandangan atau persepsi terhadap konsep-konsep kuantum setelah membaca isi modul. Hasil postes dengan menggunakan Ujian Diagnostik Fisika Kuantum (UDFK) menunjukkan terjadi perbedaan yang signifikan ( $t = 6.219$ ;  $n = 39$ ;  $p = 0.05$ ) antara kelas kontrol ( $M = 13.61$ ;  $SD = 8.712$ ) dan kelas eksperimen ( $M = 30.00$ ;  $SD = 7.746$ ) yang menggunakan modul MPM. Untuk memastikan keabsahan dan keakuratan data eksperimen penggunaan modul, setelah selesai kegiatan kuliah dan postes, dilanjutkan dengan wawancara. Hasil wawancara menunjukkan bahwa pandangan mahasiswa terhadap pemahaman beberapa konsep kuantum telah berubah terutama menyangkut dengan model atom dan konsep tentang elektron. Proses ini sama seperti yang telah dilakukan oleh Kalkanis et al (2002) dalam fisika kuantum, Alparslan et al. (2003) dalam bidang biologi, dan Cakir et al. (2002) dalam bidang kimia.

Penggabungan beberapa konsep klasik dengan konsep kuantum ternyata sangat efektif untuk membentuk kompleks kognitif dalam pemikiran mahasiswa. Kenyataan ini dibuktikan dari hasil wawancara dengan peserta tes. Bahkan di antara mereka mempertanyakan “bagaimana dengan pemahaman model atom yang kami pahami selama ini, sejak dari Sekolah Menengah?”. Ungkapan ini merupakan bentuk manifestasi dari kompleks kognitif antara pemahaman yang keliru dengan pemahaman saintifik, yang sedang bekerja dalam pemikiran mahasiswa. Ini juga menunjukkan satu bukti bahwa mahasiswa selama ini memahami konsep-konsep kuantum dalam konteks klasik, sesuai dengan teori tumpang-tindih (*overlapping*) dan percampuran (*mix-up*) konsep yang dikemukakan oleh Kalkanis et al (2002).

Penjelasan model atom dari segi epistemologi ternyata juga sangat efektif untuk membentuk konflik kognitif, mengubah persepsi mahasiswa, dan mengatasi miskonsepsi. Kenyataan ini dibuktikan oleh 87% mahasiswa memberi respon “setuju” terhadap pernyataan: “Setelah membaca teks MPM saya menyadari pemahaman model atom selama ini

tidak sesuai dengan pemahaman saintifik (kuantum)". Respons tersebut juga membuktikan bahwa kesalahpahaman tentang konsep atom yang dipahami mahasiswa diakibatkan oleh hambatan epistemologi (*epistemological obstacles*) untuk memperoleh pemahaman konsep atom dalam konteks kuantum (Kalkanis et al, 2002).

## SIMPULAN

Pemulihan miskonsepsi yang bersifat lestari (*permanent*) diperlukan pendekatan atau strategi pembelajaran yang dapat menghasilkan perubahan konseptual (*the conceptual change*). Untuk jenis miskonsepsi yang bersifat mendasar dan menyeluruh (contoh teori kuantum dalam fisika dan teori Darwin dalam biologi) perlu pendekatan pembelajaran yang dapat menghasilkan perubahan konseptual secara radikal (*the radical conceptual change*). Mengatasi miskonsepsi yang berbentuk halangan epistemologi, seperti pemahaman model atom, ternyata sangat efektif dengan menggunakan teks bacaan yang memuat sejarah perkembangan dan kelemahan setiap model atom.

Dalam penelitian ini telah dikembangkan lima Modul Pembelajaran Mandiri (MPM), yaitu; MPM-1: konsep cahaya, MPM-2: model atom, MPM-3: dualisme gelombang-partikel, MPM-4: fungsi gelombang, dan MPM-5: grafik energi potensial kuantum. Kelima modul tersebut disatukan dalam satu Modul Pembelajaran Mandiri Fisika Modern (MPMFM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan modul tersebut sangat efektif untuk mengubah pemahaman mahasiswa dan sekaligus mengatasi miskonsepsi dalam mata kuliah Fisika Modern dan Kuantum.

## DAFTAR RUJUKAN

- Alparslan C., Tekkaya C., dan Geban O., 2003. Using the conceptual change instruction to improve learning, *Journal of Biological Education*, **37** (3).
- Binghamton University, 1998. How to overcome misconceptions, (atas talian) <http://ecomisconceptions.binghamton.edu/binghamton.html> (8 Ogos 2007)
- Brown, D. & Clement, J. 1989. Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Factors influencing understanding in a teaching experiment. *Instructional Science*, **18**, 237-261.
- Cakir, O.S., Uzuntiryaki, E., and Geban, O., 2002. Contribution of Conceptual Change Texts and Concept Mapping to Students' Understanding of Acids and Bases. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA. April 6-10.
- Chi, M. 1992. Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. Dalam Giere, R. (Ed.) *Cognitive models of science: Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Minneapolis, MN: U.M.P., pp. 129-186.
- Chi, M. T. H., & Roscoe, R. D. 2002. The processes and challenges of conceptual change. Dalam M. Limon & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 3 – 27). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Committee on Undergraduate Science Education. 1997. *Misconceptions as Barriers to Understanding Science*. National Academy Press.
- Davis J., 2001. Conceptual change., In M.Orey (Ed.), *Emerging perspectives on learning, teaching, and technology*. (atas talian) <http://www.coe.uga.edu/epltt/conceptualchange.htm> (13 April 2007).
- Donnelly R., dan Fitzmaurice M., 2005. Designing modules for learning., (atas talian) <http://www.aishe.org/reading/2005-1/> (23 Januari 2007)
- Fardanesh H., 2006. An Application of Conceptual Change Approaches to Cultural Issues Among High School Students, (atas talian) <http://www.culturalsavvy.com/culture.htm> (4 Ogos 2007)
- Halim, A., 2006. *Hasil kajian rintis*, Kajian awal Thesis Ph.D. Fakultas Pendidikan, UKM.
- Hasweh P., 1986. Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, **8**(3), 229-249.
- Ireson G., 1999. On the quantum thinking of physics undergraduates. *Proceeding of second international conference of the ESERA*, Kiel, Germany, pp 77-79.
- Jonassen D., Strobel J., dan Gottdenker C., 2005. Model Building for Conceptual Change., *Interactive Learning Environments*, **13**, No.1-2, pp.15-37.
- Kalkanis G., Hadzidaki P., dan Stavrou D., 2003. An Instructional Model for a Radical Conceptual Change Towards Quantum Mechanics Concepts. *Journal of Learning*. 18 Januari, Wiley Periodicals. Inc
- Marshall H.A., 2003. *Countering Astronomy Misconceptions in High School Students*, In partial fulfillment of SCE 5305 University of Texas at Dallas April 28

- Millar R., 1999. Discussant of the symposium: Teaching and learning the particle model. *Proceedings of second international conference of the ESERA*, Kiel, Germany.
- Moon, J., 2005b. *Linking Levels, Learning Outcomes and Assessment Criteria.*, dalam Moon J., 2002. A Handbook of Programme and Module Development,., Routledge Falmer, London.
- Moon, J., 2005a. *Examples of Learning Outcomes and Assessment Criteria*; dalam Moon J., 2002. A Handbook of Programme and Module Development,., Routledge Falmer,
- O'Leary M., 1997. Changing Students' Misconceptions About Sound Through a Conceptual Change Model. (atas talian) <http://www.op97.k12.il.us/schools/longfellows/lrexford/base/essay.htm>
- Olsen, R.V, 2002. Introducing quantum mechanics in the upper secondary school: a study in Norway, *Int. J. Sci. Educ.*, **24**, 6, 565–574.
- Podolner A.S. 2000. Eradicating physics misconceptions using the Conceptual Change Method, Department of Education Kalamazoo College Kalamazoo, Michigan
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. 1982. Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Public misconceptions of science, (tanpa tarikh). (atas talian) <http://www.stormwind.com/common/responsibility.html> (4 Ogos 2007)
- Quijas P.C.G., and Aguilar L.M.Ar., 2007. Overcoming misconceptions in quantum mechanics with the time evolution operator *Eur. J. Phys.* **28**, 147–159
- Redish, E.F, Bao, L., & Jolly, P. 1997. Student difficulties with energy in quantum mechanics, *AAPT meeting*, Phoenix, January, 1997.
- Sekaran, Uma., *Research Methods for Business: A Skill-building Approach*, second edition. New York: John Wiley and Sons, 1992.
- Slotta J.D., and Chi M.T.H., 1999. How physics novices can overcome robust misconceptions through ontology training, (atas talian) <http://kie.berkeley.edu/people/slotta> (2 Ogos 2007).
- Steinberg, R., Wittmann, M.C., Bao, L., and Redish, E.F. 1999. The Influence of student understanding of classical physics when learning quantum mechanics, *NARST Annual Meetingi*, March.
- Steinberg, R.J. 1998. Abilities are forms of developing expertise. *Educational Researcher*, 27(3), 11-20.
- Styer, D.F. 1996. Common Misconceptions Regarding Quantum Mechanics, *Am. J. of Phys.* **64**, pp. 31 – 34
- Styer, D.F., 1994., The motion of wavepackets through their expectation values and uncertainties,” *American Journal of Physics* 58, 742{744. 1990; C.C. Yan, Soliton like solutions of the Schrodinger equation for simple harmonic oscillator,” *American Journal of Physics* 62, 147-151.
- Subahan Mohd. Meerah T., 1997. Strategi-strategi pengajaran untuk meningkatkan prestasi dalam sains., *Prosiding Seminar Kebangsaan Pendidikan; Sains & Matematik*, m.s. 1-12., Fakulti Pendidikan, UKM.
- Unal R., and Zollman D., 1997. Students' Description of an Atom: A Phenomenographic Analysis, Department of Physics Kansas State University
- Vosniadou, S. 2002. On the Nature of Naïve Physics. Dalam M. Limon, & L. Mason, (Eds.). *Reconsidering Conceptual Change. Issues in theory and practice*, 61-76. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Wittman M.C., 1998. Evaluating student model building in quantum physics, *Slide of the research result of the National Science Foundation and the Department of Education Fund for improvement of Post-Secondary Education*, University of Maine.
- Wittmann M.C, Morgan, J.T, and Bao, L., 2005. Addressing student models of energy loss in quantum tunneling, *Eur. J. Phys.* 26, 939–950
- Wutiprom S., Sharma M.D., Johnston I.D, Chitaree R., Soankwan C., 2006. Preliminary results from a New Quantum Mechanics Conceptual Survey; *Australian Institute of Physics 17th National Congress 2006 – Brisbane*, 3-8 December.
- Zollman D.A., Rebello N.S., Hogg K., 2002. Quantum mechanics for everyone: Hands-on activities integrated with technology., *Am. J. Phys.* 70 (3), March