

Pembelajaran Fisika Modern Berorientasi Kemampuan Berpikir Generik bagi Calon Guru

Hartono

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang

Korespondensi: Gedung H Lantai 1, Kampus Sekaren, Jl. Raya Gunung Pati, Semarang 50229.

Email: hartonno@yahoo.com

Abstract: This article reports a study on the theory of special relativity and quantum phenomena to make the learning of the material more meaningful for prospective teachers. The instructional program focused on developing generic thinking skills and content mastery. The study used *one-group pre-test post-test design*. The subjects of the study were prospective teachers of Physics who were, at the time of the research, taking the Modern Physics course in a teacher training institution. The results of the study showed that the students (prospective teachers) whose GPA were of high and medium levels made a significant improvement in the five generic thinking skills, while those whose GPA were of low level made a significant improvement in four of the five skills. The skill where the latter group of students did not significantly progress was designing mathematical modeling. In addition, all the students demonstrated a significant increase in the content mastery of Modern Physics. It is suggested that the Modern Physics instruction which is oriented toward developing generic thinking skills be implemented more widely.

Keywords: generic thinking skills, modern physics

Abstrak: Penelitian ini mengembangkan program pembelajaran teori relativitas khusus dan gejala kuantum agar lebih bermakna bagi calon guru. Fokus dalam program pembelajaran ini adalah pengembangan kemampuan berpikir generik dan penguasaan materi. Metode yang digunakan adalah *one-group pretest-posttest design*, dengan subjek penelitian mahasiswa calon guru fisika yang sedang mengambil mata kuliah Fisika Modern pada sebuah LPTK. Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan yang signifikan pada lima kemampuan berpikir generik pada kelompok mahasiswa yang memiliki Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) tinggi dan sedang, serta empat kemampuan berpikir generik pada kelompok mahasiswa yang memiliki IPK rendah. Satu-satunya kemampuan generik yang tidak meningkat secara signifikan adalah kemampuan membuat pemodelan matematik. Terjadi peningkatan yang signifikan penguasaan materi fisika modern pada semua kelompok mahasiswa. Disarankan terjadi perluasan implementasi pembelajaran fisika yang berorientasi kepada pengembangan kemampuan generik, termasuk cakupan ragam kemampuannya.

Kata kunci: kemampuan berpikir generik, fisika modern

Dunia fisika pada abad keduapuluh ditandai oleh perubahan cara pandang tentang fenomena fisis, yaitu dengan muncul dan berkembangnya fisika modern. Perkembangan mekanika kuantum dan teori relativitas didasarkan pada paradigma baru dalam fisika karena memperkenalkan asumsi dan gambaran baru tentang fenomena fisis, yang memungkinkan munculnya alternatif cara berpikir baru untuk memahami alam. Perkembangan fisika modern

dimulai pada tahun 1900 ketika Planck menyampaikan teori tentang kuantisasi energi dalam radiasi benda hitam. Menurut Planck, dinding rongga benda hitam berfungsi sebagai osilator yang dapat menyerap dan memancarkan energi hanya dalam jumlah diskret. Pada tahun 1905 Einstein mendukung kuantisasi energi dengan menyarankan bahwa radiasi elektromagnetik dipancarkan dalam bentuk paket-paket energi, yang sekarang disebut foton. Dengan

pemikiran baru ini Einstein dapat menjelaskan peristiwa efek foto listrik yang tidak dapat dijelaskan oleh teori elektromagnetik klasik. Selanjutnya Einstein menjelaskan tentang energi yang diperlukan elektron untuk lepas dari permukaan logam, yang sekarang disebut fungsi kerja, ϕ . Energi kinetik maksimum elektron yang lepas dari permukaan logam sebesar:

Kuantisasi energi radiasi kemudian digunakan oleh Bohr untuk memperbaiki penjelasan tentang konsep atom yang dikemukakan oleh Rutherford. Pada tahun 1913 Bohr menyampaikan gagasannya tentang atom berkaitan dengan kuantisasi energi, yaitu bahwa elektron-elektron secara stasioner menempati orbit lingkaran, dan memancarkan energi hanya ketika mereka berpindah dari orbit stasioner satu ke orbit stasioner yang lain.

Dalam gagasannya, Bohr hanya membahas bahwa orbit elektron berbentuk lingkaran. Selanjutnya Sommerfeld dan Wilson, secara terpisah, keduanya mengembangkan aturan kuantisasi Bohr pada momentum sudut orbit elips dengan gerak periodik.

Dalam relativitas, kemunculan *teori relativitas khusus* yang dikemukakan oleh Albert Einstein pada tahun 1905 membentuk landasan bagi konsep-konsep baru tentang ruang dan waktu, yang memberikan alternatif pemecahan masalah terhadap kebuntuan permasalahan yang dimunculkan dalam percobaan Michelson-Morley (Krane, 1992). Sebagai akibat dari munculnya postulat Einstein adalah terjadinya pemuluran waktu (*time dilation*) bagi pengamat yang bergerak dibandingkan dengan pengamat diam terhadap suatu peristiwa. Juga terjadinya peristiwa penyusutan panjang (*length contraction*) bagi pengamat yang bergerak dibandingkan dengan pengamat yang diam merupakan akibat dari postulat Einstein. Hal seperti ini sulit dipahami siswa yang sedang belajar fisika modern karena tampak seolah-olah bertentangan dengan pengalaman sehari-hari mereka.

Perkembangan fisika modern akan berlanjut terus dan bahkan akan semakin kompleks, tetapi sampai sebatas yang diuraikan di atas telah tampak hal-hal yang bersifat baru, yang menuntut alternatif cara berpikir baru pula, baik dalam mekanika kuantum maupun dalam teori relativitas. Hal-hal baru tersebut agak sukar dipahami karena pada umumnya konsep-konsep siswa berkembang berdasarkan pengalaman

sehari-hari (Pospeich, 1999). Para siswa mengalami kesulitan dalam mempelajari materi fisika modern karena pada umumnya konsep-konsep yang dimiliki diperoleh melalui pengalaman empiris sehari-hari, sementara konsep-konsep fisika modern tampak seolah-olah bertentangan dengan pengalaman sehari-hari mereka. Faktor lain yang juga menjadi penyebab para siswa mengalami kesulitan adalah sifat konsep-konsep fisika modern yang didominasi oleh konsep-konsep abstrak. Untuk memahami konsep-konsep abstrak tersebut secara umum membutuhkan kemampuan penalaran yang tinggi. Untuk dapat mencapai kemampuan penalaran yang tinggi siswa perlu dibiasakan dengan cara belajar yang menuntut penggunaan penalaran. Dengan terlatih menggunakan kemampuan penalarannya maka dalam proses memahami konsep para siswa tidak hanya menggunakan pengalaman empiris, tetapi juga terbiasa memahami konsep melalui penalaran.

Brotosiswojo (2000) menyatakan bahwa melalui pembelajaran fisika modern dapat ditumbuhkan kemampuan-kemampuan generik tertentu, antara lain kemampuan pengamatan tak langsung, kesadaran tentang skala besaran, pemodelan matematik, dan membangun konsep. Sementara McDermott (1990) menyatakan pembelajaran fisika untuk calon guru harus mengutamakan konsep yang akan diajarkan di lapangan. Di samping itu, tujuan intelektual, pengembangan penalaran, dan proses sains, juga merupakan aspek penting yang harus diperhatikan oleh mahasiswa calon guru. Reif (1995) menyatakan tujuan utama pembelajaran fisika adalah membantu siswa memperoleh sejumlah pengetahuan dasar yang dapat digunakan secara fleksibel. Heuvelen (2001) menyatakan pengetahuan itu sendiri agak kurang penting bila dibanding pemanfaatannya untuk membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir, kemampuan belajar, dan ketrampilan lain yang diperlukan dalam belajar.

Dari pendapat para ahli di atas, tampak adanya kesamaan prinsip, yaitu bahwa proses pembelajaran tidak mengutamakan banyaknya pengetahuan yang dapat diperoleh, tetapi lebih kepada pengembangan kemampuan dan ketrampilan siswa untuk dapat belajar lebih lanjut. Apabila hal ini diterapkan untuk mata kuliah Fisika Modern maka bentuk perkuliahan fisika modern sebaiknya dapat membekali mahasiswa dengan kemampuan mengajar yang dapat mengembangkan kemampuan-kemampuan berpikir

generik para siswanya. Kemampuan berpikir generik dalam penelitian ini merupakan kemampuan menggunakan bahasa simbolik, melakukan inferensi logika, memahami hubungan sebab akibat, melakukan pemodelan matematik, dan menggunakan *sense of scale* dalam menyelesaikan masalah fisika.

Dengan memperhatikan pendapat para ahli pendidikan di atas, model pembelajaran fisika yang diperkirakan dapat mengembangkan kemampuan generik memiliki karakteristik antara lain (1) mengondisikan mahasiswa untuk aktif berpikir, (2) terjadi layanan bimbingan individual, (3) ada tugas yang perlu diselesaikan di luar jam pembelajaran di kelas, (4) memanfaatkan keunggulan komputer, dan (5) memanfaatkan sumber belajar internet dan buku teks.

Fokus utama dalam penelitian ini adalah mengupayakan model pembelajaran fisika modern yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir generik dan penguasaan materi fisika bagi mahasiswa calon guru. Materi fisika modern yang menjadi objek penelitian adalah topik relativitas khusus dan gejala kuantum. Kedua topik tersebut dipilih karena keduanya merupakan pilar fisika modern yang mengemukakan gagasan revolusioner (Krane, 1992:3). Teori relativitas khusus memunculkan konsep baru tentang ruang dan waktu, sedangkan gejala kuantum memunculkan konsep baru mengenai pancaran gelombang elektromagnetik. Kedua topik tersebut juga menjadi topik penting yang diajarkan di sekolah lanjutan.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode *one-group pretes-posttes design*. McMillan dan Schumacher (1993) menyatakan bahwa metode *one-group pretes-posttes design* dapat digunakan dengan konsekuensi meminimalkan pengaruh yang mungkin terjadi, dengan cara menggunakan instrumen yang reliabel, dan selang waktu antara pelaksanaan pretes dan postes tidak terlalu lama. Keseluruhan kegiatan penelitian digambarkan dalam desain studi yang disajikan pada gambar-1. Subjek penelitian ini adalah mahasiswa tahun kedua Program Studi Pendidikan Fisika, pada sebuah Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK), yang ketika penelitian ini dilaksanakan mereka sedang mengambil mata kuliah Fisika Modern.

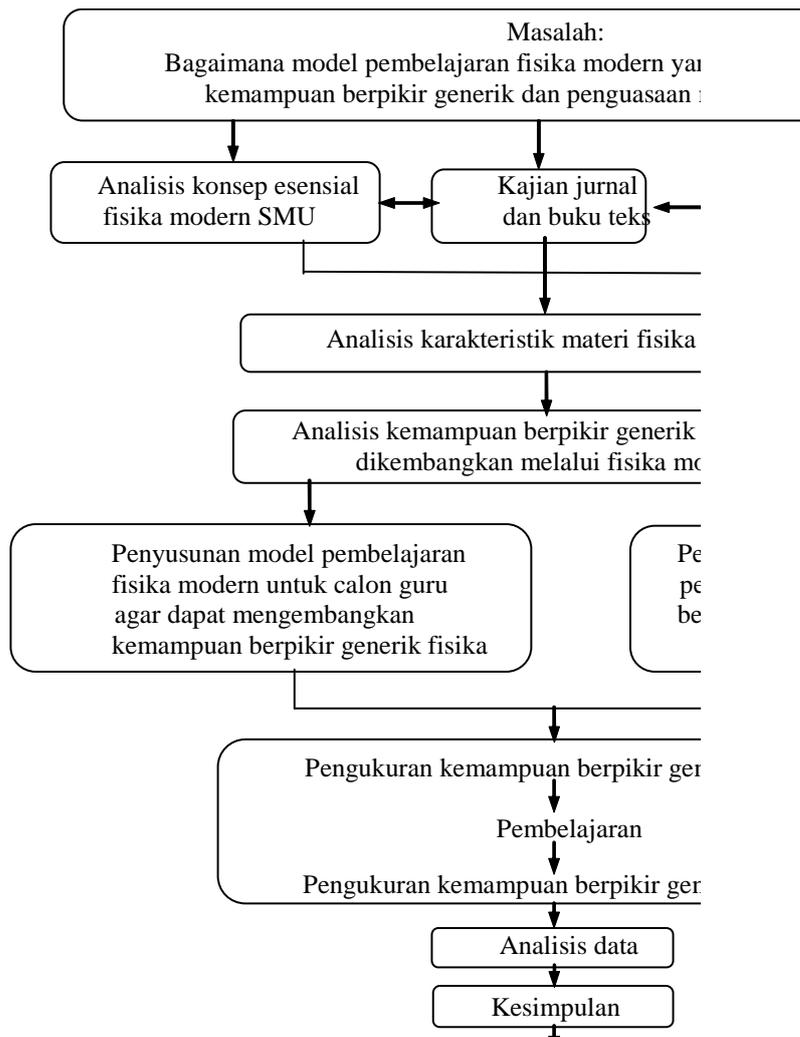
PEMBAHASAN

Dalam analisis data dilakukan pengelompokan mahasiswa ke dalam kategori prestasi rendah, sedang, dan tinggi, yang didasarkan kepada indek prestasi kumulatif (IPK) semua mata kuliah yang telah ditempuh masing-masing mahasiswa calon guru sebelum mengambil mata kuliah fisika modern, yaitu mata kuliah semester satu dan dua.

Peningkatan Keseluruhan Kemampuan Berpikir Generik

Model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik dalam penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan berpikir generik mahasiswa dari semua kelompok prestasi dengan *normalized gain* rata-rata 50%, dan secara kelompok 57%, 52%, dan 43% masing-masing untuk kelompok prestasi tinggi, sedang, dan rendah. Peningkatan keseluruhan kemampuan berpikir generik mahasiswa dalam penelitian ini dimaknai menurut kategorisasi Hake (1988) dan menurut kriteria kelulusan dalam mata kuliah.

Menurut kategorisasi Hake (1988) peningkatan kemampuan berpikir generik secara klasikal yang mencapai *normalized gain* 50% termasuk dalam kategori sedang. Ini menunjukkan bahwa model pembelajaran fisika modern dalam penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa, baik dari kelompok prestasi tinggi, sedang, maupun rendah. Apabila dilihat secara individual dari seluruh mahasiswa yang menjadi subjek penelitian ini, terdapat 6 mahasiswa tergolong mengalami peningkatan yang tinggi, 12 mahasiswa tergolong mengalami peningkatan sedang, dan 4 mahasiswa tergolong mengalami peningkatan rendah. Ini dapat diartikan ada 4 mahasiswa kurang dapat memanfaatkan model pembelajaran fisika modern yang berorientasi kemampuan berpikir generik dalam penelitian ini. Keadaan ini menunjukkan bahwa sekalipun model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik dalam penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk mahasiswa tetapi masih diperlukan perbaikan-perbaikan agar seluruh mahasiswa dapat memperoleh manfaat yang lebih maksimal. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Saul (Redish, 1999), yang menunjukkan pencapaian *normalized gain* rata-rata 43% dalam pembelajaran dengan metode penemuan-terbimbing (*guided-discovery*)



Gambar 1. Desain Penelitian

maka hasil penelitian ini dapat dikatakan wajar dan tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Saul tersebut.

Dalam pembelajaran teori relativitas maupun gejala kuantum tidak dilaksanakan praktikum secara *hand-on*, tetapi menggunakan data hasil eksperimen yang telah ada, kemudian disimulasikan menggunakan komputer dengan perangkat lunak *spread sheet* sehingga tampak jelas perubahan yang terjadi. Melalui simulasi komputer tersebut mahasiswa mampu mengembangkan kemampuan berpikir. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Brass, Gunstone, dan Fensham (2003) yang menyatakan bahwa dengan mengerjakan sendiri melalui simulasi komputer mahasiswa fisika tahun pertama di universitas

merasa bangga dan bertanggungjawab atas belajarnya.

Dengan memperhatikan sebaran 6 mahasiswa yang mengalami peningkatan kemampuan berpikir generik kategori tinggi, yang terdiri dari 3 mahasiswa kelompok prestasi tinggi, 2 mahasiswa kelompok prestasi sedang, dan 1 mahasiswa kelompok prestasi rendah, maka dapat dikatakan bahwa mahasiswa dari kelompok prestasi tinggi lebih dapat memanfaatkan model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik dibanding mahasiswa kelompok prestasi sedang atau rendah. Keadaan ini wajar mengingat mahasiswa dari kelompok prestasi tinggi memiliki bekal pengetahuan atau ketrampilan berpikir yang lebih baik dari kelompok yang lain. Hal

ini sesuai dengan hasil penelitian Reiner dan Burko (2003) yang menemukan bahwa pada mahasiswa kelompok prestasi rendah mengalami kesalahan hampir di semua tingkatan tetapi untuk kelompok mahasiswa berprestasi tinggi dan ilmuwan hanya mengalami satu atau dua kesalahan.

Dengan memperhatikan sebaran 4 mahasiswa yang mengalami peningkatan kemampuan berpikir generik kategori rendah, yang terdiri dari 2 mahasiswa kelompok prestasi rendah, 1 mahasiswa kelompok prestasi sedang, dan 1 mahasiswa kelompok prestasi tinggi, maka dapat dikatakan bahwa jumlah mahasiswa yang kurang mampu memanfaatkan model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik sebagian besar adalah mahasiswa dari kelompok prestasi rendah. Hal ini dapat dipahami mengingat untuk dapat belajar dengan baik diperlukan bekal pengetahuan yang cukup, sementara mahasiswa kelompok prestasi rendah memiliki bekal pengetahuan awal yang relatif lebih rendah dibanding kelompok prestasi sedang dan tinggi. Oleh karena dalam penelitian ini tidak digunakan alat peraga apapun, maka wajar apabila bagi mahasiswa kelompok rendah kurang dapat berprestasi. Ini sesuai hasil penelitian Gaul (2006) bahwa tanpa penggunaan alat peraga prestasi belajar kurang maksimal.

Untuk membahas peningkatan kemampuan berpikir generik dari sudut pandang batas kelulusan dalam mata kuliah diperlukan kriteria kelulusan. Dari pengamatan diberbagai perguruan tinggi, kriteria kelulusan bersifat lokal, artinya setiap perguruan tinggi memiliki kriteria kelulusan yang tidak sama. Walaupun demikian, perbedaan yang terjadi tidak sangat menonjol sehingga dapat diambil angka perkiraan yang mendekati. Apabila ditentukan syarat kelulusan mahasiswa dalam menempuh mata kuliah adalah mencapai skor dalam tes sekurang-kurangnya 55 dari rentang skor 1-100, maka dari seluruh mahasiswa ada 12 mahasiswa yang termasuk dalam kategori lulus, dan ada 10 mahasiswa yang termasuk dalam kategori tidak lulus. Ini menunjukkan bahwa walaupun model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik dapat dimanfaatkan, tetapi masih diperlukan perbaikan-perbaikan. Dari 10 mahasiswa yang dikategorikan tidak lulus, 6 mahasiswa dari kelompok prestasi rendah, 2 mahasiswa dari kelompok prestasi sedang, dan 2 mahasiswa dari kelompok prestasi tinggi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sebagian besar mahasiswa yang kurang dapat memanfaatkan

model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik adalah mahasiswa dari kelompok prestasi rendah.

Dengan memperhatikan hasil tes kemampuan berpikir generik yang disoroti menurut kategori Hake dan batas kelulusan tersebut di atas, maka perlu dilakukan identifikasi faktor-faktor yang turut andil dalam pengembangan kemampuan berpikir generik, agar selanjutnya dapat dilakukan perbaikan-perbaikan yang tepat sasaran. Faktor-faktor tersebut dapat berkait dengan keadaan mahasiswa, atau keadaan saat penyelenggaraan pembelajaran, baik berupa sarana ataupun sistem. Berikut ini beberapa faktor yang diduga berpengaruh terhadap peningkatan kemampuan berpikir generik mahasiswa dalam pembelajaran fisika modern yang dilaksanakan dalam penelitian ini.

Faktor Kebiasaan Cara Belajar.

Mahasiswa terbiasa belajar dengan mengutamakan keluasan pengetahuan dan dengan cara tersebut mereka sering berhasil, dalam arti mendapat skor tinggi dalam tes. Ini dapat dimengerti karena pada umumnya perkuliahan yang telah mereka alami sebelumnya cenderung berorientasi kepada materi yang relatif banyak. Dalam hal ini bukan berarti pengetahuan materi yang banyak tidak baik tetapi dalam proses pembelajaran fisika di sekolah pengetahuan materi yang banyak bukan menjadi prioritas utama, karena sesuai fungsi dan tujuan pembelajaran fisika salah satunya adalah mengembangkan kemampuan berpikir (Depdiknas, 2003). Apalagi bila perkuliahan tersebut diberikan kepada para calon guru maka akan membawa dampak yang luas karena sebagian cara mengajar guru fisika bukan dipelajari dari buku teks tetapi lebih banyak dipelajari melalui contoh (McDermott, 1990).

Faktor Bentuk Perkuliahan.

Bentuk perkuliahan yang berorientasi kepada kemampuan berpikir generik yang diterapkan dalam perkuliahan fisika modern ini tidak sama dengan perkuliahan yang sudah biasa dialami mahasiswa, baik yang dilakukan dosen maupun apa yang dilakukan mahasiswa. Dosen lebih banyak mengajukan pertanyaan dan mahasiswa dituntut terus menerus berpikir mencari jawab dari pertanyaan tersebut. Bahan perkuliahan juga berupa ajakan untuk mencari kejelasan konsep dengan cara menjawab sejumlah pertanyaan yang telah didesain

oleh dosen. Bentuk perkuliahan seperti ini jelas berbeda dengan kebiasaan perkuliahan yang dialami para mahasiswa sehingga bagaimanapun mereka perlu beradaptasi. Mahasiswa disadarkan bahwa memperoleh pengetahuan melalui cara berpikir sendiri terus-menerus akan menjadikan dirinya memiliki kemampuan berpikir yang baik. Banyak mahasiswa hanya ingin memperoleh pengetahuan dengan cara diberi dan hanya sedikit yang senang dengan cara mencari. Hal seperti itu juga tampak dalam mengerjakan tugas yang sebagian perlu mencari ke internet. Mahasiswa awalnya merasa berat karena keterampilan berinternet sendiri masih harus belajar tetapi di akhir penelitian mereka sudah terbiasa dengan tugas seperti itu. Hal ini bersesuaian dengan hasil penelitian Chang dan Bell (2002) yang menyatakan bahwa desain pembelajaran yang lebih menantang secara kognitif dapat meningkatkan kemampuan berpikir dan komitmen belajar mahasiswa.

Faktor Alat Evaluasi.

Mahasiswa belum terbiasa menjawab pertanyaan yang mengukur kemampuan berpikir generik seperti yang digunakan dalam pembelajaran fisika modern dalam penelitian ini. Menurut mahasiswa biasanya soal-soal yang diajukan dalam tes berupa hitung-hitungan menggunakan rumus, sedangkan dalam fisika modern ini tes bersifat konseptual dan tidak banyak menggunakan perhitungan angka-angka. Sebagai contoh, pertanyaan yang mengukur *sense of scale* tidak pernah dijumpai dalam tes perkuliahan yang lain. Dengan alat evaluasi yang sifatnya berbeda dengan kebiasaan tes yang dialami mahasiswa maka dapat dimengerti apabila peningkatan skor yang dicapai mahasiswa tidak terlalu tinggi dan masuk dalam kategori sedang.

Kemungkinan lain dari *faktor alat evaluasi* adalah tes kemampuan generik yang digunakan dalam penelitian ini masih kurang sempurna sehingga hasilnya belum mencerminkan keadaan kemampuan berpikir generik mahasiswa yang sesungguhnya. Kemungkinan ini dapat terjadi karena dalam penelitian ini alat evaluasi kemampuan berpikir generik disusun oleh peneliti sendiri dengan ditimbang oleh tiga ahli mengingat belum ada alat evaluasi kemampuan berpikir generik yang terstandar bobot kualitasnya. Apabila kemungkinan terakhir ini yang terjadi berarti masih diperlukan perbaikan-perbaikan

terhadap tes kemampuan berpikir generik yang digunakan dalam penelitian ini.

Berdasar kepada faktor-faktor yang telah diuraikan di atas, untuk mencapai hasil yang lebih baik dalam pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik dapat dilakukan perbaikan-perbaikan. Berikut ini adalah tindakan-tindakan yang diperkirakan dapat meningkatkan pencapaian hasil pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik.

Memperbanyak implementasi pembelajaran fisika berorientasi kemampuan generik dan melaksanakannya sejak semester awal. Dengan demikian sejak awal mahasiswa dapat terkonduksi oleh situasi perkuliahan yang menuntut keterlibatan aktif mahasiswa. Dengan mengimplementasikan ke dalam beberapa mata kuliah sekaligus dalam satu semester, akan dapat menimbulkan suasana akademik yang kondusif untuk penerapan pembelajaran yang berorientasi kemampuan berpikir generik.

Mengubah pemikiran mahasiswa agar dalam menempuh mata kuliah tidak berpandangan yang penting lulus. Pandangan ini menyiratkan bahwa mahasiswa calon guru kurang mengutamakan kualitas, bahkan menganggap bahwa untuk menjadi guru cukup dengan kemampuan akademis sekedarnya. Hal ini sangat bertentangan dengan pendapat McDermott, Shaffer, dan Constantinos (2000), yang menyatakan bahwa calon guru hendaknya memiliki penguasaan materi yang mendalam baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Untuk merubah pandangan mahasiswa yang kurang positif tersebut, dapat dilakukan dengan cara menyadarkan mahasiswa bahwa untuk menjadi guru yang baik perlu dirintis sejak awal yaitu sejak dalam perkuliahan. Salah satu tantangan sebagai guru adalah mampu secara mandiri memperbaharui pengetahuannya. Untuk itu, guru perlu memiliki ketrampilan mencari informasi-informasi baru yang berkait dengan pembelajaran fisika. Informasi di internet dapat digunakan sebagai tambahan variasi sumber belajar yang aktual.

Membiasakan mahasiswa untuk terlibat aktif dalam pembelajaran. Keadaan yang sekarang banyak berlangsung adalah masih banyak mahasiswa yang berpandangan bahwa dalam perkuliahan mahasiswa akan "menerima" dan dosen "memberi" informasi tentang pengetahuan. Oleh karenanya, masih banyak mahasiswa yang berangkat kuliah dengan tanpa persiapan sama sekali, dan bahkan memandang tugas tambahan di luar kelas

Tabel 3. Skor Pretes dan Postes Kemampuan Berpikir Generik

Kelompok Prestasi	Kemampuan Berpikir Gen	Rerata pretes	Rerata Postes	Gain	N-C
Tinggi	Sense of Scale	20,83	62,50	41,67	0,
	Bahasa Simbolik	4,17	62,50	58,33	0,
	Inferensi Logika	16,67	79,17	62,50	0,
	Sebab akibat	12,50	58,33	45,83	0,
	Pemodelan Mat.	4,17	45,83	41,66	0,
Sedang	Sense of Scale	15,63	56,25	40,62	0,
	Bahasa Simbolik	3,13	59,38	56,25	0,
	Inferensi Logika	6,25	68,75	62,50	0,
	Sebab akibat	3,13	56,25	53,12	0,
	Pemodelan Mat.	9,38	37,50	28,12	0,
Rendah	Sense of Scale	9,38	62,50	53,12	0,
	Bahasa Simbolik	3,13	43,75	40,62	0,
	Inferensi Logika	3,13	46,88	43,75	0,
	Sebab akibat	0,00	46,88	46,88	0,
	Pemodelan Mat.	3,13	25,00	21,87	0,

sebagai beban berat. Kondisi ini dapat di rubah dengan cara menyelenggarakan perkuliahan yang menuntut mahasiswa aktif secara individual. Dengan demikian, mahasiswa terpaksa aktif karena tanpa usaha aktif secara individu mereka tidak akan memperoleh hasil apapun. Bentuk perkuliahan seperti ini salah satunya dapat dengan cara memberi modul yang dapat berisi untuk melakukan eksperimen. Menurut penelitian Trumper (2002) yang menyatakan bahwa keaktifan mahasiswa dapat dipicu oleh eksperimen atau modul yang merangsang cara berpikir mahasiswa aktif seperti para ilmuwan. Ricardo Trumper juga menggunakan mikrokomputer dalam pembelajarannya.

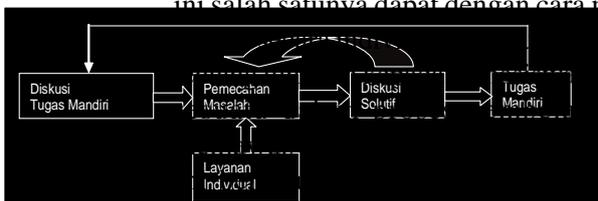
Karakteristik Proses Model Pembelajaran Fisika Modern Berorientasi Kemampuan Berpikir Generik

Pembelajaran fisika modern dalam penelitian ini didesain untuk dapat mengembangkan kemampuan berpikir generik mahasiswa calon guru. Oleh karenanya dalam proses pembelajaran mahasiswa menjadi sentral utama dan merekalah yang harus aktif dalam proses pembelajaran, sedangkan dosen berfungsi sebagai fasilitator. Secara diagram proses pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik disajikan dalam Gambar 2. Dapat

Gambar 2. Model Pembelajaran Fisika Modern Berorientasi Kemampuan Berpikir Generik

diperhatikan pada gambar tersebut bahwa dalam proses pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik tidak dilakukan penjelasan yang bersifat ekspositori, melainkan berupa diskusi. Tampak pula bahwa ada kesempatan mahasiswa untuk memperoleh layanan bimbingan secara individual. Dalam proses pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik ini seluruh mahasiswa terkondisi untuk terlibat aktif secara individu. Pengkondisian mahasiswa untuk aktif secara individu dalam proses pembelajaran dilakukan melalui pemecahan masalah yang disodorkan kepada mereka. Cara ini cukup efektif dengan ditandai oleh keinginan sebagian besar mahasiswa untuk menyelesaikan sendiri terlebih dahulu masalah yang dihadapi baru kemudian didiskusikan bersama dengan dosen.

Dengan terjadinya peningkatan yang signifikan pada kemampuan berpikir generik mahasiswa maka dapat dikatakan bahwa dalam pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik ini



mahasiswa dapat terlibat aktif berpikir, karena tanpa keterlibatan aktif berpikir para mahasiswa tersebut tidak akan mengalami peningkatan kemampuan berpikir generik secara signifikan hingga mencapai *normalized gain* 0,50. Hal ini juga menunjukkan bahwa kesempatan memperoleh layanan bimbingan individual dari dosen dapat dimanfaatkan dengan baik oleh mahasiswa yang memerlukan. Bagi calon guru fisika, pengalaman terlibat aktif dalam proses pembelajaran menjadi peristiwa penting karena bagaimanapun pengalaman belajar mereka di LPTK akan turut mewarnai dalam tugasnya kelak di sekolah.

Perbandingan Kemampuan Berpikir Generik Mahasiswa Kelompok Prestasi Tinggi dan Rendah

Secara keseluruhan, kemampuan berpikir generik antara mahasiswa kelompok prestasi rendah dan tinggi terjadi selisih pencapaian rata-rata yang cukup besar walaupun keduanya meningkat secara signifikan. Kelompok prestasi rendah mencapai rata-rata *normalized gain* 0,45 sedangkan kelompok prestasi tinggi mencapai 0,57 sehingga ada selisih sebesar 0,12. Ini menunjukkan bahwa mahasiswa yang memiliki indeks prestasi kumulatif lebih tinggi mencapai peningkatan kemampuan berpikir generik lebih baik dibanding mahasiswa yang memiliki indeks prestasi rendah. Hal ini dapat dimengerti mengingat kemampuan berpikir generik identik dengan kemampuan memecahkan masalah sehingga wajar apabila kelompok prestasi tinggi dapat mencapai peningkatan kemampuan berpikir generik yang lebih tinggi pula. Perbedaan yang paling menonjol terutama dalam kemampuan pemodelan matematik dan kemampuan melakukan inferensi logika.

Dalam kemampuan pemodelan matematik mahasiswa kelompok prestasi rendah mengalami peningkatan yang tidak signifikan dengan *normalized gain* rata-rata 0,22 sedangkan mahasiswa kelompok prestasi tinggi meningkat secara signifikan dengan *normalized gain* rata-rata 0,43. Kemampuan dalam pemodelan matematik merupakan kemampuan yang termasuk kompleks sehingga dapat dipahami apabila mahasiswa kelompok prestasi tinggi lebih unggul dibanding mahasiswa kelompok prestasi rendah. Untuk dapat membuat model diperlukan kemampuan mengamati, inferensi, identifikasi, merumuskan, menguji, dan memodifikasi hipotesis (McDermott, Shaffer, dan Constantinou, 2000).

Dalam kemampuan inferensi logika, mahasiswa kelompok prestasi rendah dan tinggi keduanya mengalami peningkatan yang signifikan, tetapi rata-rata *normalized gain* antara keduanya terpaut sangat jauh, yaitu 0,43 pada kelompok prestasi rendah dan 0,75 pada kelompok prestasi tinggi. Menurut Hake (1998) rata-rata *normalized gain* yang dicapai mahasiswa kelompok prestasi tinggi merupakan peningkatan yang termasuk dalam kategori tinggi, sedangkan yang dicapai mahasiswa kelompok prestasi rendah merupakan peningkatan yang termasuk dalam kategori sedang. Perbedaan yang menonjol tersebut kemungkinan disebabkan oleh perbedaan pemahaman terhadap aturan-aturan dalam fisika karena kemampuan melakukan inferensi logika didasari oleh kemampuan memahami aturan-aturan. Dengan pemahaman aturan yang lebih dalam mahasiswa kelompok prestasi tinggi lebih mampu dalam menggunakan aturan-aturan tersebut dalam menyelesaikan masalah.

Kelompok prestasi rendah mencapai peningkatan paling tinggi pada kemampuan *sense of scale* dengan mencapai *normalized gain* rata-rata 0,68 yang lebih tinggi dibanding *normalized gain* rata-rata yang dicapai mahasiswa kelompok prestasi tinggi yang mencapai 0,53. Ini merupakan satu-satunya kemampuan berpikir generik yang kelompok prestasi rendah dapat mencapai peningkatan lebih tinggi dari kelompok prestasi tinggi. Pertanyaan-pertanyaan dalam *sense of scale* sebenarnya tidak sulit tetapi untuk dapat menjawabnya diperlukan kebiasaan dan kepekaan yang terlatih. Apabila mahasiswa tidak terbiasa memikirkan jawaban pertanyaan-pertanyaan tentang *sense of scale* maka mahasiswa tersebut menjadi kurang tajam dalam kemampuan *sense of scale*. Dibanding kemampuan berpikir generik yang lain, kemampuan *sense of scale* bukan kemampuan yang kompleks yang menuntut berbagai kemampuan dasar untuk dapat meningkatkannya sehingga dapat dipahami apabila mahasiswa kelompok prestasi rendah dapat mencapai peningkatan yang tinggi.

Penguasaan Materi Fisika Modern

Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan penguasaan materi baik pada materi teori relativitas khusus maupun pada materi gejala kuantum. Ini berarti model pembelajaran fisika modern berorientasi kepada kemampuan berpikir generik dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pembelajaran bagi

mahasiswa calon guru. Penguasaan materi merupakan salah satu syarat utama bagi calon guru untuk dapat mencapai keberhasilan dalam mengajar. McDermott, shaffer, dan Constantinou, (2000) menganjurkan agar para guru menguasai materi bukan hanya secara kuantitatif tetapi juga secara kualitatif karena penguasaan materi secara kuantitatif tidak secara otomatis menguasai materi secara konseptual. Penguasaan materi secara baik dapat berfungsi untuk mengembangkan pengetahuan, ketrampilan, dan sikap percaya diri sehingga disamping mampu menerapkan dalam kehidupan sehari-hari juga merupakan bekal untuk belajar lebih lanjut (Depdiknas, 2004). Sesuai hasil penelitian Rodriguez dan Niaz (2004) penguasaan materi secara konseptual dapat diperoleh jika penyajian materi sistematis urut sesuai sejarah sains. Rodriguez dan Niaz mencontohkan pada materi teori atom dengan penyajian yang urut sesuai sejarah menjadikan mahasiswa memiliki pemahaman secara konseptual.

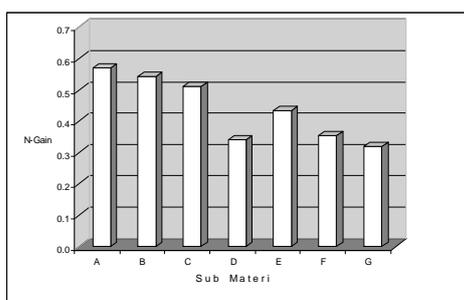
Perbandingan penguasaan materi teori relativitas khusus dan gejala kuantum terhadap kemampuan berpikir generik menunjukkan tingkat pencapaian yang sama, yaitu termasuk dalam kategori sedang menurut kategorisasi Hake (1988). Hal ini dapat dipahami karena materi teori relativitas khusus dan gejala kuantum dalam penelitian ini dimanfaatkan sebagai sarana pengembangan kemampuan berpikir generik. Oleh karena untuk memahami materi relativitas

khusus dan gejala kuantum diperlukan perubahan paradigma berpikir, maka pencapaian peningkatan berpikir dalam kategori sedang tersebut juga menunjukkan bahwa dalam diri mahasiswa telah terjadi perubahan paradigma berpikir. Proses perubahan paradigma berpikir dalam pembelajaran fisika modern ini sesuai dengan apa yang dilakukan Barnes, Garner, dan Reid (2004), yaitu dengan memanfaatkan pengetahuan yang telah dimiliki mahasiswa untuk selanjutnya menggantinya dengan pengetahuan baru yang mencakup pengetahuan lama itu sendiri dan pengetahuan baru yang berbeda paradigmanya.

Dari peningkatan penguasaan materi teori relativitas khusus dan gejala kuantum, serta peningkatan kemampuan berpikir generik subjek penelitian maka dapat dikatakan bahwa model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik yang dicobakan dalam penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pembelajaran fisika modern bagi calon guru.

Keunggulan Model Pembelajaran Fisika Modern Berorientasi Kemampuan Berpikir Generik

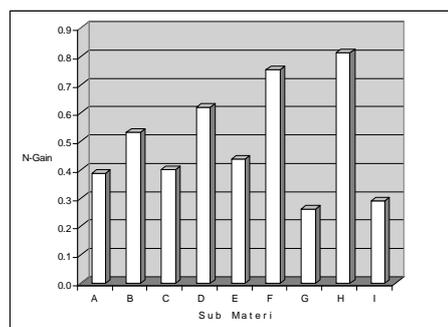
Hasil analisis data dalam penelitian ini menunjukkan bahwa model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik ini



Keterangan:

- A : Efek gerak relatif
- B : Pemuaiian selang waktu
- C : Pertambahan massa
- D : Kesetaraan massa dan energi
- E : Konsekuensi teori relativitas khusus
- F : penerapan teori relativitas khusus
- G : Rapat massa Relativistik

Gambar 3. Penguasaan Sub-submateri Teori Relativitas Khusus



Keterangan :

- A : Energi kuantum gelombang EM
- B : Efek fotolistrik
- C : Pancaran radiasi
- D : Radiasi benda hitam
- E : Kesetimbangan radiasi
- F : Gelombang dan efek fotolistrik
- G : Kesetaraan massa dan energi
- H : Fungsi kerja
- I : Hub. Energi dan panjang gelombang

Gambar 4. Penguasaan Sub-submateri Gejala Kuantum

dapat dimanfaatkan oleh semua kelompok prestasi mahasiswa, baik mahasiswa kelompok prestasi rendah, sedang, maupun tinggi. Ini merupakan keunggulan tersendiri karena pada sebagian besar model pembelajaran yang sesuai bagi kelompok prestasi tinggi kurang sesuai bagi kelompok prestasi rendah atau sebaliknya. Pertanyaan yang disusun sistematis urut dari tingkat kesulitan rendah ke tinggi menjadikan mahasiswa merasa terbantu dalam upaya memahami konsep. Oleh karena setiap mahasiswa menjawab pertanyaan dan menyelesaikan soal secara individu dan hampir semua pertanyaan-pertanyaan yang dijawab saling berkaitan, maka apabila ada mahasiswa yang mengalami kesulitan dapat langsung terdeteksi dan dapat diberikan bimbingan seperlunya oleh dosen.

Keunggulan lain model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik dalam penelitian ini adalah *berpusat pada diri mahasiswa*. Sejak awal pertemuan mahasiswa telah dihadapkan kepada pertanyaan atau persoalan yang perlu dijawab secara berturutan dalam rangka memperoleh pemahaman konsep. Mahasiswa melakukan sendiri kegiatan mengenali pokok masalah, mengidentifikasi variabel-variabel, dan menentukan langkah-langkah untuk mencapai penyelesaian masalah. Dengan keterlibatan aktif dalam proses penyelesaian masalah secara terus-menerus mahasiswa diharapkan memiliki ketrampilan berpikir yang teratur yang merupakan perangkat handal untuk dapat menyelesaikan masalah (Carind dan Sund (1989).

Pembelajaran fisika modern dalam penelitian ini *mengutamakan pengembangan kemampuan berpikir generik*. Pada umumnya proses pembelajaran fisika menggunakan pendekatan topik dan oleh karenanya keberhasilan belajar diukur dari banyaknya topik yang dapat dikuasai oleh subjek yang belajar. Sedangkan pembelajaran fisika modern dalam penelitian ini berorientasi kemampuan berpikir generik, dalam hal ini pengembangan kemampuan berpikir generik menjadi tujuan pembelajaran (*instructional-effect*) dan materi fisika modern sebagai sarannya.

Memungkinkan layanan bimbingan individual kepada mahasiswa. Hal ini dipandang penting karena pada prinsipnya proses belajar berlangsung secara individual. Mahasiswa dengan kecepatan belajar yang tidak sama, membutuhkan layanan bimbingan dari pihak dosen yang juga tidak

sama. Dalam pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik yang dicobakan dalam penelitian ini memungkinkan untuk membimbing mahasiswa yang mengalami kesulitan secara individual dengan tanpa mengganggu mahasiswa lain. Kondisi demikian memungkinkan untuk melakukan pelayanan bimbingan yang lebih banyak kepada mahasiswa yang lemah.

SIMPULAN

Model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik dapat dimanfaatkan bagi mahasiswa calon guru baik yang memiliki kemampuan akademik tinggi, sedang, maupun rendah. Ada lima kemampuan berpikir generik yang dapat dikembangkan melalui pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik, yaitu kemampuan dalam *sense of scale*, bahasa simbolik, melakukan inferensi logika, memahami hukum sebab akibat, dan membuat pemodelan matematik. Karakteristik model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik adalah mengkondisikan mahasiswa untuk aktif berpikir, memungkinkan terjadi layanan bimbingan individual, ada tugas yang perlu diselesaikan di luar jam pembelajaran di kelas, memanfaatkan keunggulan komputer, dan memanfaatkan sumber belajar internet dan buku teks.

Implementasi model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan berpikir generik kepada mahasiswa calon guru dapat meningkatkan kemampuan berpikir generik dan penguasaan materi fisika hingga mencapai kategori sedang. Keunggulan model pembelajaran ini selain dapat dimanfaatkan bagi semua tingkat kemampuan akademik mahasiswa, juga menjadikan mahasiswa terlibat aktif selama proses pembelajaran, dan memungkinkan dosen untuk melakukan layanan bimbingan individual kepada mahasiswa selama proses pembelajaran. Pembelajaran ini juga memandang kemampuan berpikir generik sebagai tujuan pembelajaran (*instructional effect*) dan bukan sebagai efek iringan (*nurturant effect*).

Pembelajaran fisika modern bagi mahasiswa calon guru direkomendasikan sedapat mungkin memberi pengalaman langsung melalui contoh pembelajaran yang berorientasi kemampuan berpikir generik, yaitu bentuk pembelajaran yang bukan sekedar memberi informasi pengetahuan fisika tetapi

juga memberi bekal pengembangan kemampuan berpikir generik bagi subjek yang belajar.

DAFTAR RUJUKAN

- Beiser, A. 1986. *Konsep Fisika Modern*, Edisi ketiga, diterjemahkan oleh The Houw Liong, Jakarta: Erlangga.
- Brass, C., Gunstone, R., dan Fensham, P. 2003. "Quality Learning of Physics: Conceptions Held by High School and University Teachers", *Research in Science Education* 33: 245-271, Netherlands 2003.
- Brotosiswojo, B.S. 2000. *Hakikat Pembelajaran Fisika di Perguruan Tinggi*, Proyek Pengembangan Universitas Terbuka Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Depdiknas.
- Carin, A.A & Sund, R.B. 1989. *Teaching Science Through Discovery (6th edition)*, Ohio: Merrill Publishing Company.
- Chang, W. and Bell, B. 2002. "Making Content Easier or Adding More Challenge in Year One University Physics?", *Research in Science Education* 32: 81-96, Netherlands 2002.
- Depdiknas. 2003. *Kurikulum 2004, Standar Kompetensi, Mata Pelajaran Fisika Sekolah Menengah Atas dan Madrasah Aliyah*, Jakarta: Depdiknas.
- Depdikbud. 1995. *Kurikulum Sekolah Menengah Umum, GBPP Mata Pelajaran Fisika*, Jakarta: Depdikbud.
- Depdikbud. 1990. *Kurikulum Pendidikan MIPA LPTK Program Starta-1 (S1)*, Jakarta: Depdikbud.
- Gauld, C. F. 2006. *Newton's Cradle in Physics Education, Science and Education* 15:597-617, Springer.
- Hake, R.R. 1998, "Interactive-engagement vs traditional methods: A Six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses". *American Journal of Physics* 66, 64-74.
- Heuvelen, A.V. 2001. *Millikan Lecture 1999: The Workplace, Student Minds, and Physics Learning System*, *American Journal of Physics* 69(11), November 2001.
- Krane, K. S. 1992. *Fisika Modern*, Penerjemah: Hans J. Wospakrik, Jakarta: UI-Press
- Lawson, A.E. 1995. *Science Teaching and Development of Thinking*, California: Wadsworth Publishing Company.
- McDermott, L.C., Shaffer, P.S., and Constantinos, C.P. 2000. *Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry*, *Physics Education* 35 (6) November 2000.
- McDermott, L.C. 1990. Perspective on teacher preparation in physics and other sciences: The need for special science courses for teachers", *The American Journal of Physics*, Volume 58, Number 8, August 1990.
- Pospiech, G. 1999. Teaching the EPR paradox at high school?, *Physics Education*, 34(5) September 1999.
- Pospiech, G. 2000. *Uncertainty and complementarity: the heart of quantum physics*, *Physics Education*, 35(6) November.
- Redish, E.F. 1999. *Millikan Award Lecture 1998. Building a Science of Teaching Physics*, Tersedia: <http://www.physics.umd.edu/rgroups/ripe/papers/millikan.htm> [28 Mei 2004].
- Reif, F. 1995. *Millikan Lecture 1994: Understanding and teaching important scientific thought processes*, *American Journal Physics*, Vol. 63, Number 1, January 1995.
- Reif, F. 1999. *Kurikulum Jurusan Pendidikan Fisika*, Jurdik Fisika, FMIPA Unnes.
- Reiner, M. and Burko, L.M., (2003), *On the Limitations of Thought Experiments in Physics and the Consequences for Physics Education, Science and Education*, 12:365-385, Netherlands 2003
- Rodriguez, M. A., dan Niaz, M. 2004. *A Reconstruction of Structure of the Atom and Its Implications for General Physics Textbooks: A History and Philosophy of Science Perspective*, *Journal of Science Education and Technology*, Vol.13, No.3, September 2004.
- Trumper, R. 2002. *What Do We Expect From Students' Physics Laboratory Experiment?*, *Journal of Science Education and Technology*, Vol.11, No.3, September 2002.