

PENGEMBANGAN KEMAMPUAN BERPIKIR GENERIK MAHASISWA CALON GURU MELALUI PEMBELAJARAN FISIKA MODERN

Hartono dan Bambang Subali
Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
email: hartono@yahoo.com; bambangsbli@yahoo.com;

Abstract

This research develops the ability in generic thinking to the future physics teachers through modern physics learning such as: understanding in sense of scale and symbolic languages, doing inference, comprehending causality, and doing mathematics modeling. The subject of the research was teacher students who took modern physics in third semester. They were encouraged to be actively involved in the learning process individually in the classroom and was assigned independent tasks outside the class by relying on the resources on the Internet. The result of the research showed a significant improvement on five generic capabilities for high GPA group and four generic capabilities for low GPA group. The only one skill that did not improve is capability in doing mathematics modeling for low GPA group. It is suggested that there is an expansion of the implementation of physics learning which is oriented towards the development of generic thinking, including its subskills.

Kata kunci: berpikir generik, fisika modern, mahasiswa calon guru

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu fisika pada abad ke-20 ditandai oleh perubahan cara pandang tentang fenomena fisis, yaitu dengan muncul dan berkembangnya fisika modern. Perkembangan mekanika kuantum dan teori relativitas merupakan paradigma baru dalam fisika karena memperkenalkan asumsi dasar dan gambaran baru tentang fenomena fisis, yang memungkinkan munculnya alternatif cara berpikir baru untuk memahami alam. Dimulai pada tahun 1900 ketika Planck menyampaikan teori 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, E , yang besarnya berkaitan dengan frekuensi f , dari penyerap atau pemancar radiasi dengan formulasi :

$$E = hf$$

dengan h adalah konstanta Planck. Meskipun Planck menyatakan dalam dinding rongga benda hitam energinya terkuantisasi tetapi dia tidak menganggap radiasi elektromagnetik terkuantisasi. Hal ini tampak bertentangan dengan persamaan Maxwell dalam elektrodinamika, yang mendasarkan kepada medan elektromagnetik yang dapat membawa sejumlah energi secara kontinu. Secara kualitatif, hal ini memberi keterangan bagaimana formulasi energi Planck menjelaskan bentuk spektrum radiasi benda hitam, dengan menggunakan persamaan gelombang, $c = \lambda f$, maka :

$$E = hf \quad \text{menjadi} \quad E = hc/\lambda$$

Disusul kemudian pada tahun 1905 Einstein mendukung kuantisasi energi dengan menyarankan bahwa radiasi elektromagnetik dalam bentuk paket-paket energi, yang sekarang disebut foton. Dengan

pemikiran baru ini Einstein dapat memperlakukan radiasi benda hitam sebagai gas foton, dan dengan menggunakan mekanika statistik, seperti yang digunakan dalam termodinamika, Einstein memberi alternatif penurunan formula Planck. Dan selanjutnya dengan menggunakan model foton ini Einstein dapat menjelaskan peristiwa efek foto listrik yang tidak dapat dijelaskan oleh teori elektromagnetik klasik. Teori klasik menganggap energi dalam cahaya proporsional terhadap intensitas dan tidak bergantung pada frekuensi, tetapi fakta eksperimen menunjukkan hasil yang bertentangan dengan itu. Einstein kemudian menyatakan bahwa bila radiasi atau elektromagnetik merupakan pancaran energi hf , maka energi maksimum yang dapat diserap elektron ketika bertumbukan dengan foton haruslah sebesar hf . Berdasar ini selanjutnya Einstein menjelaskan 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:

$$K = hf - \phi$$

Kuantisasi energi radiasi kemudian digunakan oleh Bohr untuk memperbaiki penjelasan tentang konsep atom yang dikemukakan oleh Rutherford.

Kesulitan yang dialami para siswa dalam belajar fisika modern karena konsep-konsep yang dimiliki mahasiswa pada umumnya diperoleh melalui pengalaman empiris sehari-hari (Pospeich, 1999), 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, sementara tidak semua siswa memiliki kemampuan penalaran seperti itu.

Untuk dapat mencapai kemampuan penalaran yang tinggi mahasiswa 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.

Agar para mahasiswa memiliki pengalaman belajar seperti yang diharapkan di atas diperlukan guru yang tidak hanya memahami materi fisika secara baik tetapi juga guru dituntut memahami dan mampu mengaplikasikan teori-teori pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik ilmu fisika.

Kemampuan Berpikir

Fisika modern bukan sekedar sederetan pengetahuan tentang konsep, teori, prinsip, atau hukum tentang alam tetapi lebih dari itu merupakan proses cara berpikir. Oleh karenanya melalui belajar fisika modern dapat kembangkan kemampuan berpikir yang sesuai dengan karakteristik fisika modern, yaitu berpikir alternatif. Kemampuan berpikir alternatif muncul bila seseorang memiliki kemampuan berpikir kreatif. Nickerson, Perkin, dan Smith (1985) menyatakan bahwa kemampuan berpikir kreatif dapat ditingkatkan melalui latihan. Kemampuan berpikir kreatif menurut Nickerson merupakan ketrampilan yang kompleks atau merupakan kumpulan berbagai ketrampilan berpikir.

Ahli lain yang juga menyampaikan gagasannya tentang kemampuan berpikir dalam belajar fisika adalah Brotosiswojo

(2000), yang pada intinya menyatakan bahwa ada kemampuan berpikir yang bersifat generik yang dapat dikembangkan melalui belajar fisika. Ada sembilan kemampuan berpikir generik menurut Broto Siswojo, yaitu:

- 1) Pengamatan langsung,
- 2) Pengamatan tak langsung,
- 3) Kesadaran akan skala besaran objek-objek alam,
- 4) Menggunakan bahasa simbolik,
- 5) Berpikir dalam kerangka logika taat asas,
- 6) Melakukan inferensi logika secara berarti,
- 7) Memahami hukum sebab akibat,
- 8) Membuat pemodelan matematik,
- 9) Membangun konsep abstrak yang fungsional

Sembilan kemampuan generik tersebut di atas merupakan kemampuan dasar yang dapat dan perlu ditumbuhkan dalam belajar fisika. Apabila kemampuan dasar ini telah dimiliki siswa atau mahasiswa, dan mereka sering menerapkannya dalam pemecahan masalah maka akan melahirkan kemampuan berpikir yang tingkatnya lebih tinggi, antara lain kemampuan berpikir kreatif, dan berpikir alternatif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode *one-group pretes-posttes design*. Metode tersebut dipilih karena kelompok subjek penelitian merupakan kelas tunggal sehingga tidak memungkinkan keberadaan kelas kontrol. 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.

Subjek dalam penelitian ini adalah mahasiswa semester tiga Program Studi Pendidikan Fisika, di salah satu LPTK, yang berjumlah 22 mahasiswa. Pada saat penelitian dilakukan mereka sedang mengambil mata kuliah fisika modern. Instrumen yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan generik berupa tes kemampuan generik, yang mencakup kemampuan dalam *sense of scale*, bahasa simbolik, inferensi logika, sebab akibat, dan pemodelan matematik. Masing-masing kemampuan berpikir generik diukur melalui empat butir soal bentuk uraian.

Untuk mencapai tujuan secara optimal, penelitian ini dilaksanakan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut: (1) merancang program pembelajaran dan instrumen penelitian, (2) uji coba rancangan program pembelajaran fisika modern dan instrumen penelitian, dan (3) pelaksanaan penelitian. Tahap ini meliputi kegiatan-kegiatan. Data yang dikumpulkan berupa skor kemampuan generik mahasiswa. Tes kemampuan generik dilakukan di awal dan di akhir proses pembelajaran masing-masing untuk topik teori relativitas khusus dan gejala kuantum. Untuk keperluan deskripsi, analisis, dan uji statistik digunakan Statistical Package for Social Sciences (SPSS) for Windows Versi 10. Analisis data dan uji statistik dilakukan baik secara klasikal maupun secara kelompok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bagian ini disajikan seluruh hasil penelitian, yang mencakup lima kemampuan generik yang menjadi fokus dalam penelitian ini, baik secara klasikal maupun menurut masing-masing kelompok prestasi mahasiswa. Pengelompokan mahasiswa kedalam kategori prestasi

rendah, sedang, dan tinggi, didasarkan kepada indek prestasi (IP) kumulatif 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 Kemampuan Generik Mahasiswa Calon Guru

Tabel-1 menyajikan skor dan hasil analisis keseluruhan kemampuan generik mahasiswa calon guru sebelum dan setelah pembelajaran fisika modern. Sedangkan gambar-1 menyajikan rata-rata dan standar deviasi dari skor hasil pretes dan postes kemampuan generik dari masing-masing subjek kelompok prestasi rendah, sedang, dan tinggi. Baik dalam tabel-1 maupun gambar-1, skor kemampuan generik dalam fisika modern tersebut merupakan skor gabungan antara skor kemampuan generik hasil tes pada topik teori relativitas khusus dan topik gejala kuantum.

Secara klasikal, dari tabel-1 dapat diperhatikan bahwa kemampuan generik seluruh subjek penelitian mengalami peningkatan dengan normalized gain rata-rata sebesar 0,50 yang menurut Hake (1998) termasuk dalam kategori sedang. Terhadap peningkatan kemampuan generik tersebut dilakukan uji signifikansi dengan hasil t-hitung 12,12 dan t-tabel 1,72 pada taraf kepercayaan 95%. Ini menunjukkan terjadi peningkatan kemampuan generik yang signifikan secara klasikal, sekaligus menunjukkan bahwa proses pembelajaran fisika modern dalam penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan generik secara klasikal. Oleh karena peserta kuliah terdiri mahasiswa dari kelompok prestasi tinggi, sedang, dan rendah, maka dapat dikatakan bahwa model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan generik dalam penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh semua kelompok prestasi mahasiswa.

Tabel 1. Analisis Skor Pretes dan Postes Kemampuan Generik dalam Fisika Modern

KELOMPOK PRESTASI	SU-BJEK	PRE-TESTES	POS-TESTES	GAIN	N-GAIN	PRETES RERATA	POSTES RERATA	N-GAIN RERATA	STAN.DEV N-GAIN
TINGGI	1	5	80	75	0.79	12	62	0.57	0.25
	2	5	45	40	0.42				
	3	0	25	25	0.25				
	4	0	70	70	0.70				
	5	25	90	65	0.87				
	6	35	60	25	0.38				
SEDANG	7	5	60	55	0.58	8	56	0.52	0.16
	8	15	55	40	0.47				
	9	10	75	65	0.72				
	10	0	55	55	0.55				
	11	10	35	25	0.28				
	12	10	55	45	0.50				
	13	10	40	30	0.33				
	14	0	70	70	0.70				
RENDAH	15	5	50	45	0.47	4	45	0.43	0.18
	16	0	25	25	0.25				
	17	5	75	70	0.74				
	18	0	50	50	0.50				
	19	5	60	55	0.58				
	20	5	40	35	0.37				
	21	5	35	30	0.32				
	22	5	25	20	0.21				
RATA-RATA		7	53	46	0.50				

Uji statistik (uji t):

t-hit = 12,11

t-tab = 2,08

Sig. = 0,000

Keterangan :

1. N-GAIN : Normalized Gain

2. Sig. : Signifikansi

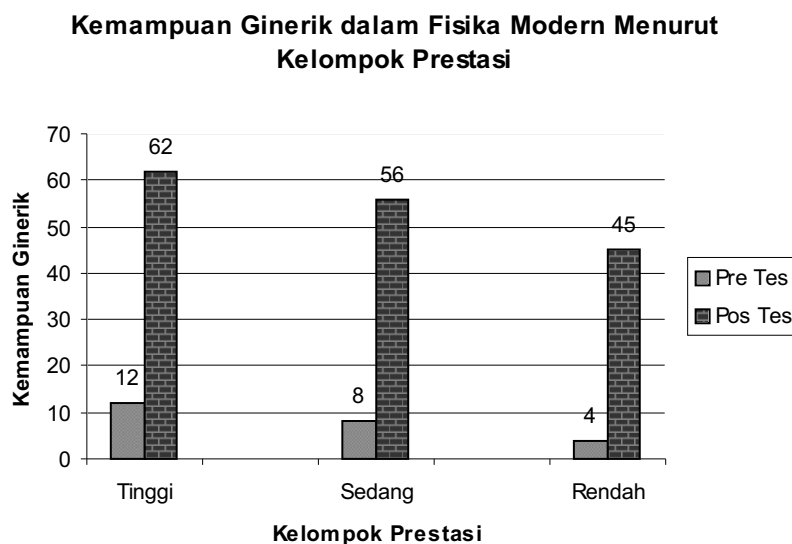


Diagram 1. Skor Pretes dan Postes Kemampuan Generik dalam Fisika Modern Menurut Kelompok Prestasi

PEMBAHASAN

Dari uraian data pada hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan generik dalam penelitian ini dapat meningkatkan kemampuan 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 generik mahasiswa dalam penelitian ini dimaknai menurut kategorisasi Hake (1988) dan menurut kriteria kelulusan dalam mata kuliah. Menurut kategorisasi Hake (1988) peningkatan kemampuan 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 22 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 generik dalam penelitian ini. Keadaan ini menunjukkan bahwa sekalipun model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan 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*) maka hasil penelitian ini dapat dikatakan wajar dan tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Saul tersebut.

Dengan memperhatikan sebaran 6 mahasiswa yang mengalami peningkatan kemampuan 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 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, seperti yang ditunjukkan dalam hasil pretes pada gambar 1.

Dengan memperhatikan sebaran 4 mahasiswa yang mengalami peningkatan kemampuan 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 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.

Untuk membahas peningkatan kemampuan generik dari sudut pandang batas kelulusan dalam mata kuliah diperlukan kriteria kelulusan. Dari pengamatan di berbagai 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 22 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 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 generik adalah mahasiswa dari kelompok prestasi rendah.

Dengan memperhatikan hasil tes kemampuan generik yang disoroti menurut kategori Hake dan batas kelulusan tersebut di atas, maka perlu dilakukan identifikasi faktor-faktor yang turut andil dalam pengembangan kemampuan 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 generik mahasiswa dalam pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan generik.

Faktor kebiasaan cara belajar. Mahasiswa terbiasa belajar dengan cenderung 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). Ini berarti apabila para calon guru diajar dengan perkuliahan yang berorientasi kepada keluasan pemahaman materi maka kemungkinan besar kelak ketika mengajar di lapangan akan mengajar dengan cara itu juga.

Faktor bentuk perkuliahan. Bentuk perkuliahan yang berorientasi kepada kemampuan 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. Bagi mahasiswa yang kurang menyadari tuntutan perbedaan tersebut dan bahkan menghendaki perkuliahan dilaksanakan seperti yang biasa, mereka merasa ada beban. Mereka kurang menyadari 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 ketrampilan berinternet sendiri masih harus belajar. Keseluruhan perbedaan pelaksanaan perkuliahan tersebut merupakan bagian yang turut andil dalam perolehan skor kemampuan generik yang mencapai kategori sedang di atas.

Faktor alat evaluasi. Mahasiswa belum terbiasa menjawab pertanyaan yang mengukur kemampuan 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 generik mahasiswa yang sesungguhnya. Kemungkinan ini dapat terjadi karena dalam penelitian ini alat evaluasi kemampuan generik disusun oleh peneliti sendiri dengan ditimbang oleh tiga ahli. Hal ini dilakukan karena belum ada alat evaluasi kemampuan generik yang terstandar bobot kualitasnya. Apabila kemungkinan terakhir ini yang terjadi berarti masih diperlukan perbaikan-perbaikan terhadap tes kemampuan generik yang digunakan dalam penelitian ini.

SIMPULAN DAN SARAN

Implementasi model pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan generik kepada mahasiswa calon guru dapat meningkatkan kemampuan generik dan penguasaan materi hingga mencapai kategori sedang. Ada lima kemampuan generik yang dapat dikembangkan melalui pembelajaran fisika modern berorientasi kemampuan generik, yaitu kemampuan dalam *sense of scale*, bahasa simbolik, melakukan inferensi logika, memahami hukum sebab akibat, dan membuat pemodelan matematik. Model pembelajaran fisika modern ini memiliki keunggulan dapat dimanfaatkan bagi mahasiswa calon guru baik yang memiliki kemampuan akademik tinggi, sedang, maupun rendah.

Disarankan pembelajaran fisika modern bagi mahasiswa calon guru sedapat mungkin memberi pengalaman langsung melalui contoh pembelajaran yang berorientasi kemampuan generik, yaitu bentuk pembelajaran yang bukan sekedar memberi informasi pengetahuan fisika tetapi juga memberi bekal pengembangan kemampuan generik bagi subjek yang belajar. Perluasan implementasi pembelajaran berorientasi kemampuan generik pada pembelajaran selain fisika modern akan mendukung atmosfer akademik dalam rangka pengembangan kemampuan generik di samping memberi contoh lebih banyak kepada mahasiswa calon guru tentang pembelajaran berorientasi kemampuan generik.

Penelitian ini berfokus kepada lima kemampuan generik, yaitu kemampuan dalam *sense of scale*, bahasa simbolik, melakukan inferensi logika, memahami hukum sebab akibat, dan membuat pemodelan matematik dengan menggunakan subjek penelitian dalam jumlah kecil. Oleh karenanya masih diperlukan penelitian lanjutan yang mencakup kemampuan generik yang lebih luas seperti kemampuan dalam pengamatan, logika taat asas, dan membangun konsep serta dengan jumlah subjek penelitian yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Brotosiswojo, B.S. 2000. *Hakikat Pembelajaran Fisika di Perguruan Tinggi*. Jakarta: Proyek Pengembangan Universitas Terbuka Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Depdiknas.
- Heuvelen, A.V. 2001. "Millikan Lecture 1999: The Workplace, Student Minds, and Physics Learning System". *American Journal of Physics* 69 (11).

- 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 Constantinous, C.P. 2000. "Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry", *Physics Education* 35(6).
- McDermott, L.C. 1990. "Perspective on Teacher Preparation in Physics and Other Sciences: The Need for Special Science Courses for Teachers", *American Journal Physics Volume* 58(8).
- Mestre, J.P. 2001. "Implications of research on learning for the education of prospective science and physics teachers", *Physics Education* 36 (1) 44-51.
- Nickerson, R.S., Perkins, D.N., dan Smith, E.E.1985. *The Teaching of Thinking*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Pospiech, G. 1999. "Teaching the EPR paradox at high school". *Physics Education*, 34(5) September 1999.
- Reif, F. 1995. "Millikan Lecture 1994: Understanding and teaching important scientific thought processes", *American Journal Physics*, Vol. 63(1).
- _____. 1996. *National Science Education Standards*, Washington DC: National Academy Press.