



Peningkatan Kecakapan Ilmiah (*Scientific Abilities*) Mahasiswa Melalui Model Eksperimen Penerapan (*Application Experiments*)

Abdul Basid[✉], Ahmad Abtokhi

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia, Gedung BJ Habibie Lt. 2, Kampus I, Malang 65145

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 20 Agustus 2021
 Disetujui 13 Oktober 2021
 Dipublikasikan November 2021

Keywords:

Enhancement, Scientific Abilities, Model applications experiments.

Abstrak

Setiap pembelajaran tentunya harus dirancang untuk membantu mahasiswa memperoleh kecakapan yang berharga yang akan diterapkan di tempat kerja. Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan kecakapan ilmiah mahasiswa termasuk mengembangkan model pembelajaran di laboratorium. Telah dilakukan penelitian dengan pendekatan desain penelitian dan pengembangan untuk meningkatkan kecakapan ilmiah mahasiswa melalui model eksperimen penerapan. Ada tujuh topik eksperimen yang harus dilakukan 20 mahasiswa dalam model ini. Dari tujuh topik tersebut terdapat enam sub-kecakapan ilmiah yang harus dikembangkan mahasiswa dalam model ini. Dari hasil laporan tertulis lab mahasiswa dari percobaan ke-1 sampai ke-7 menunjukkan bahwa kecakapan ilmiah mahasiswa meningkat dan stabil setelah percobaan ke-5 atau pada minggu ke-5. Dari semua sub-kecakapan yang dikembangkan, prosentase rata-rata skor capaian kecakapan ilmiahnya mencapai 60 % pada hampir semua sub-kecakapan setelah percobaan ke-4. Ini menunjukkan bahwa kecakapan ilmiah mahasiswa mencapai 60 % setelah mahasiswa melakukan percobaan pada minggu keempat. Memang ada beberapa sub kecakapan yang capaiannya sudah mencapai 60 % pada percobaan ke-3, diantaranya kecakapan ilmiah dalam merancang percobaan untuk memecahkan masalah dan kecakapan dalam mengidentifikasi asumsi.

Abstract

Each course must be designed to help students acquire valuable skills that will be applied in the workplace. Various efforts were made to improve students' scientific abilities, including developing learning models in the laboratory. Research has been carried out using a research and development design approach to improve students' scientific abilities through an model applications experiments. There are seven experimental topics that 20 students have to do in this model. Of the seven topics, there are six scientific sub-abilities that students must develop in this model. From the results of the written student lab reports from the 1st to the 7th experiment, it showed that the students' scientific abilities increased and stabilized after the 5th experiment or at the 5th week. Of all the developed sub-abilities, the average percentage of scientific proficiency achievement scores reached 60% in almost all sub-abilities after the 4th experiment. This shows that the student's scientific abilities reaches 60% after the student conducts the experiment in the fourth week. Indeed, there are several sub-abilities whose achievements have reached 60% in the 3rd experiment, including scientific skills in designing experiments to solve problems and skills in identifying assumptions.

PENDAHULUAN

Ada puluhan ribu mahasiswa saat ini sedang studi pada Program Studi Fisika atau Pendidikan Fisika di berbagai Perguruan Tinggi di Indonesia. Jumlah ini terus bertambah tiap tahunnya karena pembukaan Prodi Fisika /Pendid. Fisika baru. Pertanyaan yang muncul adalah Apakah tujuan studi pada program studi ini masih hanya untuk membantu mahasiswa memperoleh pemahaman konseptual dan kuantitatif tentang prinsip-prinsip pokok fisika dan kecakapan untuk menggunakannya dalam pemecahan masalah? Tujuan ini jelas mengabaikan perkembangan mahasiswa pada kecakapan proses sains. Kecakapan ini diperlukan untuk membangun pengetahuan ilmiah untuk dapat melakukan kerja sebagaimana yang dilakukan para ilmuwan dan sesuai dengan tuntutan dunia kerja (Etkina, Murthy and Zou, 2006).

Pada pembelajaran fisika di laboratorium seringkali mahasiswa melakukan eksperimen berdasarkan resep seperti petunjuk eksperimen dan memverifikasi model. Mereka jarang merancang eksperimen sendiri (Etkina et al., 2006). Dari penelitian pendahuluan yang dilakukan penulis pada pembelajaran di laboratorium Prodi Fisika UIN Malang juga disimpulkan bahwa buku pedoman praktikum yang digunakan secara umum tidak memberi kesempatan mahasiswa untuk merancang eksperimen sendiri. Buku pedoman laboratorium diadopsi langsung dari perusahaan penyedia alat dan laporan lab mahasiswa cenderung seragam. Memang, model ini memungkinkan mahasiswa cukup cakap dalam melakukan pengukuran, mengumpulkan dan menganalisis data percobaan, namun menjadi kurang cakap dalam memberikan penilaian/mengevaluasi eksperimen serta berfikir divergen.

Setiap pembelajaran fisika di laboratorium seharusnya dirancang untuk membantu mahasiswa memperoleh kecakapan berharga yang akan diterapkan di tempat kerjanya. Disadari bahwa setelah meninggalkan dunia akademis, mereka diminta untuk

memecahkan masalah yang lebih kompleks, mendisain eksperimen, dan bekerjasama dengan orang lain (Etkina et al., 2006, 2007 dan 2008).

Etkina dan Van Heuvelen (2001) mengemukakan beberapa penelitian terbaru tentang pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan di tempat kerja menunjukkan bahwa terdapat ketidaksesuaian yang serius antara pembelajaran fisika konvensional dengan kebutuhan di tempat kerja. Bahkan dengan metode yang melibatkan mahasiswa secara aktif belum benar-benar memenuhi kebutuhan di tempat kerja. Demikian juga dari ringkasan laporan yang besar dari dunia bisnis, industri, lembaga pemerintah, dan kelompok-kelompok terkait merekomendasikan agar dilakukan reformasi sains dan teknologi pendidikan untuk mempersiapkan mahasiswanya di dunia kerja pada abad ke-21. Dari laporan tersebut diusulkan tiga pertanyaan yang harus dijawab melalui penelitian. Pertanyaan-pertanyaan tersebut diantaranya adalah model ketrampilan apa yang diperlukan dan bagaimana cara penilaiannya agar mahasiswa berhasil di tempat kerja pada abad 21 (Bybee dan Fuchs, 2006).

Duggan and Gott (1999) juga mempelajari penggunaan sains oleh para pekerja di lima industri berbasis sains dan sebuah pabrik kimia, mereka menemukan bahwa sebagian besar pemahaman konseptual ilmiah yang digunakan para pekerja dipelajari pada dunia kerjanya atau pada saat bekerja, bukan di sekolah menengah atau universitas. Mereka menyimpulkan bahwa jaminan pengetahuan pada pemahaman prosedural tentang kecakapan ilmiah tampaknya kritis (Etkina, et al., 2008).

Upaya yang harus dilakukan dalam pembelajaran fisika adalah bagaimana dari pembelajaran di laboratorium mahasiswa dapat mengembangkan kecakapan ilmiahnya. Di laboratorium mahasiswa tidak hanya dapat menulis laporan lab, tetapi juga dapat berdiskusi dan bertindak seperti ilmuwan saat melakukan eksperimen, memvalidasi asumsi, mengevaluasi hasil, dan merevisi eksperimen jika perlu (Karelina dan Etkina, 2007).

Murty dan Etkina (2005) lebih lanjut mengemukakan bahwa pembelajaran sains dan teknik tidak hanya membutuhkan konten pengetahuan, tetapi juga kecakapan-kecakapan spesifik lainnya yang harus dikembangkan agar berhasil dimasa depan. Kecakapan-kecakapan ilmiah (*scientific abilities*) ini diantaranya adalah merumuskan pertanyaan, merancang dan melakukan eksperimen, mengumpulkan, merepresentasikan dan menganalisa data, pemodelan, penerapan hipotesis dan memecahkan masalah kompleks.

Disamping kecakapan-kecakapan tersebut, National Science Foundation (1996) dan Bransford et al. (1994) menambahkan bahwa untuk menghadapi dunia kerja abad 21, pembelajaran fisika harus mengembangkan literasi scientific dan kemampuan berfikir kritis, mengkomunikasikan secara detail prosedur ekeperientalnya, serta dapat mentransfer kecakapan ini untuk konten lain diluar fisika (Etkina et al., 2007). Bybee dan Fuchs (2006) juga mengemukakan bahwa literasi dan matematika itu penting, tetapi ilmu pengetahuan dan teknologi pendidikan sangat penting untuk mencapai kompetensi tenaga kerja yang diinginkan, meliputi berpikir kritis, keterampilan komunikasi yang kompleks, dan kecakapan untuk memecahkan masalah. Kegiatan pembelajaran dirancang untuk memberikan mereka berlatih dalam proses penyelidikan ilmiah dan desain teknologi.

Dari uraian di atas dapat dikatakan bahwa jika pembelajaran fisika tujuannya hanya membantu mahasiswa memperoleh pemahaman konseptual dan kuantitatif prinsip-prinsip pokok fisika dan kemampuan untuk menggunakannya dalam pemecahan masalah, jelas mengabaikan perkembangan mahasiswa pada kemampuan proses sains. Berkaitan dengan tersebut, maka perlu penelitian untuk mengembangkan model pembelajaran yang dapat meningkatkan kecakapan ilmiah mahasiswa jurusan fisika. Pada paper ini akan disampaikan hasil pengembangan dari salah satu model pembelajaran di laboratorium.

METODE

Pada Penelitian ini digunakan pendekatan desain penelitian dan pengembangan (*research and development design*) dengan beberapa tahapan menurut model Thiagarajan (1974) yang telah dimodifikasi menjadi tahapan pendefinisian (*define*), perancangan (*design*) dan pengembangan (*develop*). Subyek penelitian ini adalah mahasiswa jurusan fisika yang menempuh matakuliah Eksperimen Fisika II.

Tahap pendefinisian merupakan tahap pendahuluan atau awal kegiatan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kondisi, sarana-prasarana, dan model pembelajaran Eksperimen Fisika II yang dilaksanakan di jurusan fisika. Pada tahap ini, peneliti mengidentifikasi permasalahan-permasalahan yang terkait dengan pelaksanaan praktikum pada matakuliah Eksperimen Fisika II. Hasil identifikasi ini selanjutnya dianalisis untuk fokus penelitian. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada tahap pendahuluan ini dengan mengkaji konsep-konsep dalam literatur dan hasil-hasil penelitian terdahulu, serta penelitian. Pada tahap ini juga dilakukan survei pelaksanaan praktikum matakuliah Eksperimen Fisika II yang sudah berjalan selama ini dan melakukan pengumpulan data menggunakan dokumen dan wawancara. Dokumen yang ingin diperoleh antara lain buku petunjuk praktikum, laporan praktikum, kurikulum (silabus dan deskripsi matakuliah). Dari wawancara diharapkan diperoleh tanggapan mahasiswa tentang pelaksanaan praktikum Eksperimen Fisika II dan kaitannya dengan pelaksanaan kuliah fisika secara keseluruhan.

Pada penelitian ini akan dirancang model pembelajaran di laboratorium dengan mengembangkan model eksperimen penerapan (*Applications Experiments*) yang bertujuan untuk menumbuhkan dan mengembangkan kecakapan ilmiah (*scientific abilities*) mahasiswa. Kegiatan ini meliputi penyusunan Pedoman Kerja Mahasiswa (PKM) yang dikembangkan bertujuan untuk memberikan panduan kepada mahasiswa untuk merancang sendiri prosedur percobaannya. Langkah

berikutnya mengembangkan asesmen dengan menyusun pedoman penilaian untuk memandu pekerjaan mereka. Pedoman penilaian yang dikembangkan ini dihubungkan dengan setiap kecakapan. Untuk menggambarkan kecakapan atau karya mahasiswa ditetapkan skala penskoran (misalnya 0 - 3, 0 = jika tidak terlihat, 1 = tidak memadai; 2 = perlu perbaikan; 3 = memadai).

Langkah pertama dalam pengembangan model adalah validasi pakar terhadap rancangan model yang dikembangkan. Rancangan model ini mencakup pedoman kinerja mahasiswa dan asesmennya. Rancangan model yang sudah divalidasi pakar ini selanjutnya dilakukan uji coba terbatas. Kekurangan yang ditemui dalam uji coba ini selanjutnya digunakan sebagai bahan perbaikan. Validasi tiap butir pada pedoman kinerja mahasiswa dan asesmennya dilakukan dua orang pakar untuk memberikan pertimbangan tentang tingkat kelogisan/ kenalaran (*reasonableness*) dan kesesuaian substansi tiap butir rancangan kinerja mahasiswa dengan indikator keberhasilan pada pedoman penilaian (*appropriateness*). Pada penelitian ini substansi yang dimaksud adalah kecakapan ilmiah yang dikembangkan dalam melakukan praktikum Eksperimen Fisika II.

Dalam pembelajaran model eksperimen penerapan ini melibatkan 20 mahasiswa yang menempuh matakuliah Eksperimen Fisika II. Dari 20 mahasiswa ini dibentuk 7 kelompok dengan anggota antara 2-3 mahasiswa. Pembelajaran ini dipandu oleh 1 orang Asisten Utama (AU) sebagai asisten senior dan 7 orang Asisten Laboratorium (AL). Tugas AU adalah memandu pelaksanaan pembelajaran sekaligus memberikan arahan kepada AL. Tugas lain dari AU adalah memberikan umpan balik dan jawaban kepada mahasiswa berkaitan dengan pelaksanaan percobaan dan memberikan bimbingan tentang penilaian kepada AL.

Data utama yang akan dianalisa dalam penelitian ini adalah data kualitatif yang diperoleh menggunakan pedoman penilaian kecakapan ilmiah mahasiswa, khususnya dalam melakukan eksperimen penerapan. Data tersebut akan diolah menggunakan persentase

deskriptif. Dari persentase deskripsi ini akan menunjukkan apakah mahasiswa mampu meningkatkan kecakapannya. Adapun laju peningkatan keakapan ilmiah akan dapat dilihat dari grafik perkembangan kecakapan ilmiah mereka.

Perkembangan kecakapan ilmiah dalam melaksanakan eksperimen ini dapat dilihat dari perkembangan 6 (enam) sub-kecakapan ilmiah dalam mendesain dan melakukan eksperimen penerapan, antara lain meliputi: Kecakapan dalam mengidentifikasi masalah yang harus dipecahkan; Kecakapan dalam merancang eksperimen untuk memecahkan masalah; Kecakapan dalam menggunakan peralatan untuk melakukan pengukuran; Kecakapan dalam membuat pernyataan tentang hasil eksperimen; Kecakapan dalam mengidentifikasi asumsi; Kecakapan dalam menentukan secara spesifik bagaimana asumsi mungkin mempengaruhi hasil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

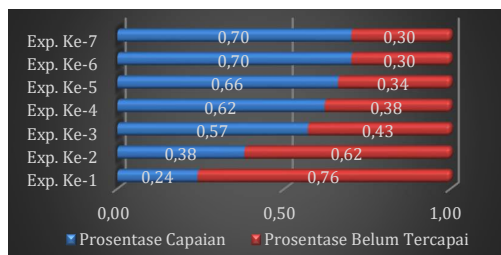
Dari pelaksanaan pembelajaran model eksperimen penerapan ini, kendala utama yang dihadapi mahasiswa pada awal uji coba adalah penulisan laporan lab. Laporan harus dibuat lebih komprehensif, termasuk proses atau langkah-langkah eksperimen sampai memberikan penilaian, bahkan juga saran. Pada eksperimen yang biasa dilakukan, mahasiswa hanya membuat laporan sementara.

Waktu yang digunakan untuk menyelesaikan eksperimen model ini rata-rata 50 menit lebih lama daripada eksperimen yang biasa dilakukan. Kerelina dan Etkina (2007) juga menunjukkan adanya perbedaan waktu ini, dimana kelas desain menghabiskan waktu 40 menit lebih lama daripada kelas non desain. Villasenor dkk. (2007) meneliti transfer kecakapan ilmiah mahasiswa dalam menggunakan konsep-konsep fisika untuk memecahkan masalah biologi juga menunjukkan kelas desain rata-rata 23,5 menit lebih lama daripada kelas non desain.

Ada tujuh topik eksperimen penerapan yang harus dilakukan mahasiswa pada model ini. Pada setiap topik eksperimen, diharapkan

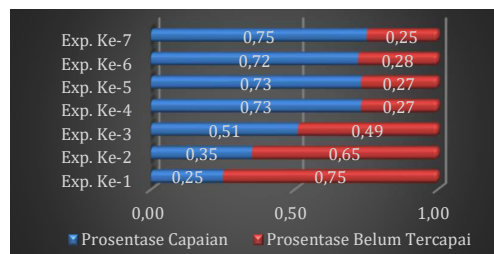
enam sub-kecakapan ilmiah mahasiswa dapat berkembang. Grafik gambar 1 sampai dengan 7. memperlihatkan perkembangan kecakapan ilmiah mahasiswa dalam mendesain dan melakukan eksperimen penerapan. Pita warna biru (gelap) memperlihatkan prosentase rata-rata skor capaian kecakapan ilmiah mereka. Semakin panjang pita warna biru berarti semakin tinggi capaian kecakapan ilmiahnya. Sebaliknya, pita warna oranye (terang) memperlihatkan prosentase rata-rata skor yang belum mereka capai.

Dari grafik pada Gambar 1. terlihat bahwa kecakapan ilmiah mahasiswa dalam mendesain dan melakukan eksperimen penerapan sudah mencapai diatas 60 % pada eksperimen ke-4. Capaian ini terus meningkat sampai 70 % setelah eksperimen ke-6. Gambar 2 sampai dengan 7 mendeskripsikan capaian untuk masing masing sub-kecakapan dari kecakapan dalam mendesain dan melakukan eksperimen penerapan berdasarkan laporan tertulis lab.



Gambar 1. Grafik prosentase skor rata-rata capaian kecapakan ilmiah dalam mendesain dan melakukan eksperimen penerapan .

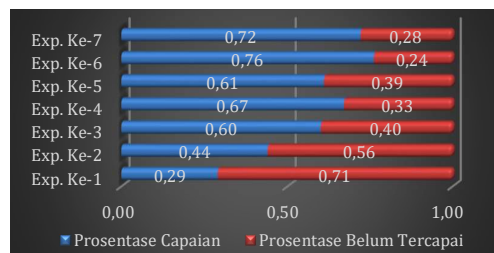
Grafik perkembangan capaian dari sub-kecakapan ilmiah dalam mengidentifikasi masalah yang harus dipecahkan diperlihatkan pada Gambar 2. Sub-kecakapan ini tampaknya berdampak pada kecakapan mereka dalam menyusun prosedur kerja di laboratoriuom. Sub-kecakapan ini dapat membantu mereka dalam menentukan variabel-variabel yang terlibat sehingga akan dengan mudah dalam merancang eksperimen. Perkembangan capaian untuk sub-kecakapan dalam merancang eksperimen untuk memecahkan masalah diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Grafik prosentase skor rata-rata capaian untuk sub-kecakapan dalam mengidentifikasi masalah yang harus dipecahkan.

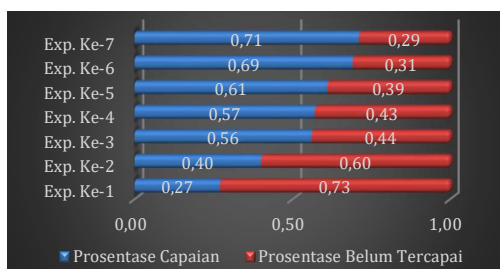
Pada dua topik awal terlihat bahwa capaiannya cukup rendah, rata-ratanya hanya 30 %. Dari hasil umpan-balik yang dilakukan melalui tanya jawab, ternyata mereka masih terpengaruh pada model atau pola eksperimen yang dilakukan pada semester-semester sebelumnya. Mereka terbiasa dengan petunjuk eksperimen yang sudah jelas tujuan dan masalahnya dengan prosedur kerja yang menuntun. Bahkan, variabel-variabelnya juga sudah tertera dalam prosedur kerja. Namun demikian, setelah dilakukan umpan balik hasil eksperimen kedua, capaian mereka untuk kedua sub-kecakapan ini sudah mencapai 50% dan pada eksperimen berikutnya capaiannya sudah 70 %, meskipun ada penurunan sedikit pada eksperimen ke-6.

Pola kenaikan capaian yang hampir selaras pada grafik Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa kecakapan mahasiswa dalam mengidentifikasi masalah membantu mereka dalam merancang eksperimen. Memang kecakapan untuk mengidentifikasi masalah baru mencapai 60 % setelah eksperimen ke-4, sedangkan kecapakan dalam merancang eksperimen sudah mencapai 60 % setelah eksperimen ke-3, namun rata rata prosentase dari eksperimen ke-3 sampai ke-7 hampir sama.



Gambar 3. Grafik prosentase skor rata-rata capaian dalam merancang eksperimen untuk memecahkan masalah.

Kecakapan mahasiswa untuk merancang eksperimen juga berdampak pada kecakapan dalam menggunakan peralatan, sebagaimana pola grafik pada Gambar 3 dan 4. Hanya saja, dari grafik terlihat bahwa mereka lebih cakap dalam merancang eksperimen daripada melakukan pengukuran. Dari hasil umpan balik, ternyata lebih disebabkan karena model ini menuntut mahasiswa untuk lebih mandiri dalam menyusun dan menggunakan alat. Pada percobaan yang dilakukan dengan menggunakan pedoman model resep, mereka sudah terbimbing dalam menggunakan alat. Pada model ini, mereka harus lebih dahulu memahami karakteristik dan fungsi alat, kemudian mereka harus merangkai sendiri agar dapat melakukan pengukuran.

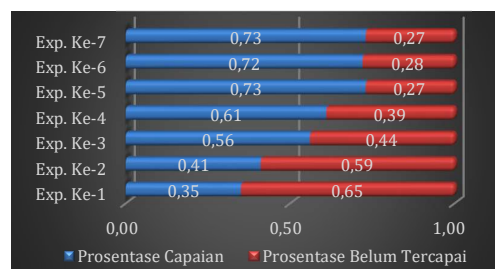


Gambar 4. Grafik prosentase skor rata-rata capaian dalam menggunakan peralatan untuk melakukan pengukuran

Kecakapan mahasiswa menggunakan peralatan juga bergantung pada parameter apa yang akan diukur, akan tetapi sangat lebih bergantung pada rancangan eksperimennya. Keterampilan penggunaan dan pemahaman karakteristik dari masing-masing alat juga sangat menentukan hasil pengukuran.

Grafik pada Gambar 5 memperlihatkan pola kenaikan kecakapan mahasiswa dalam membuat pernyataan tentang hasil eksperimen, baik dengan kata-kata maupun gambar. Dari grafik tersebut terlihat ada keselarasan pola dengan kecakapan mereka mengidentifikasi masalah daripada kecakapan dalam merancang eksperimen. Hal ini sangat wajar karena berdasarkan laporan tertulis lab mereka, penjelasan atau pernyataan tentang hasil eksperimen lebih didasarkan pada masalah-masalah apa yang harus dipecahkan pada setiap topik eksperimen. Kecakapan

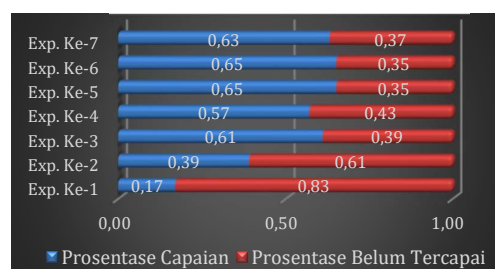
dalam merancang eksperimen ternyata kurang berpengaruh pada kecakapan dalam membuat pernyataan.



Gambar 5. Grafik prosentase skor rata-rata capaian dalam membuat pernyataan tentang hasil eksperimen

Dari Gambar 5 juga menunjukkan bahwa prosentase kecakapan ini mencapai 60 % setelah eksperimen ke-4, yang polanya hampir sama dengan dua sub-kecakapan awal. Mestinya, kecakapan mereka dalam membuat pernyataan sangat bergantung pada kecakapan mereka dalam merekam hasil pengukuran. Hasil pengukuran ini tentunya sangat bergantung pula pada kecakapan mereka dalam menggunakan peralatan.

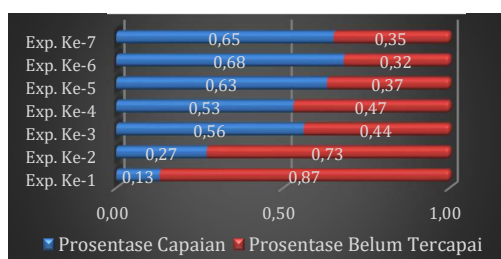
Kecakapan mahasiswa dalam mengidentifikasi asumsi secara umum lebih rendah dari empat kecakapan terdahulu. Namun demikian dari grafik pada Gambar 6 capaian kecakapannya sudah mencapai 60 % pada eksperimen ke-3 dan cenderung stabil sampai eksperimen terakhir. Prosentase yang cenderung stabil sedikit diatas 60 % ini, berdasarkan umpan balik disebabkan kurangnya pemahaman mereka pada konsep yang melatarbelakangi tiap topik eksperimen.



Gambar 6. Grafik prosentase skor rata-rata capaian dalam mengidentifikasi asumsi

Hasil laporan lab mahasiswa juga memperlihatkan bahwa ketika mahasiswa kurang cakap dalam mengidentifikasi asumsi, maka

mereka akan kesulitan dalam menentukan secara spesifik bagaimana asumsi mungkin mempengaruhi hasil eksperimen. Grafik pada Gambar 7. memperlihatkan perkembangan capaian untuk kecakapan ini. Pada grafik tersebut terlihat bahwa pola peningkatan untuk kecakapan ini hampir selaras dengan pola kecakapan dalam mereka dalam mengidentifikasi asumsi. Meskipun sebagian dari asumsi-asumsi sudah dikemukakan, akan tetapi penjelasan tentang apakah asumsi itu mempengaruhi hasil masih sangat perlu perbaikan sehingga skor yang mereka peroleh rata-rata hanya 2. Kecakapan mahasiswa dalam mengidentifikasi asumsi dan bagaimana menentukan secara spesifik bagaimana asumsi mungkin mempengaruhi hasil juga sangat bergantung pada pemahaman mereka tentang variabel-variabel apa yang terlibat dalam eksperimen tersebut.



Gambar 7. prosentase skor rata-rata capaian dalam menentukan secara spesifik bagaimana asumsi mungkin mempengaruhi hasil

Dari uraian hasil penelitian sebagaimana dikemukakan di atas, dapat dikatakan bahwa penerapan model desain lab dalam bentuk eksperimen penerapan dapat meningkatkan kecakapan ilmiah mahasiswa. Pedoman Kerja Mahasiswa (PKM) atau *handout* yang disusun sebagai pedoman eksperimen secara bertahap dapat meningkatkan kecakapan ilmiah mereka. Keunggulan PKM ini dibandingkan dengan petunjuk eksperimen konvensional adalah terdapatnya rubrik yang disamping berfungsi sebagai pemandu eksperimen, rubrik ini juga sekaligus sebagai pedoman penilaian unjuk kerja mahasiswa.

Model desain lab ini dianggap baru oleh mahasiswa dan dosen, tentunya berbagai kendala dihadapi, baik oleh mahasiswa maupun pembimbing eksperimen. Kendala awal

dan utama dalam pelaksanaan pembelajaran model desain lab adalah pada penulisan laporan lab. Rendahnya prosentase rata-rata skor untuk semua sub-kecakapan ilmiah pada tahap awal eksperimen disebabkan karena isi laporan lab menuntut lebih komprehensif. Laporan harus berisi mulai dari proses sampai memberikan penilaian dan saran atas eksperimen yang dilakukan. Waktu yang diperlukan pada pembelajaran ini juga lebih lama dibandingkan dengan pembelajaran lab yang biasa dilakukan.

Kecakapan mahasiswa dalam mengidentifikasi masalah yang yang harus dipecahkan menjadi pintu gerbang untuk mengembangkan sub-sub-kecakapan berikutnya. Dari pola grafik pada gambar, 2,3 dan 4 dapat dikatakan bahwa dengan diketahuinya masalah-masalah yang harus dipecahkan dalam eksperimen ini, maka mahasiswa akan mudah dalam merancang eksperimen, sekaligus dalam menggunakan peralatannya. Variabel-variabel yang terlibat juga akan mudah ditetapkan dalam rancangan eksperimen tersebut. Capaian kecakapan dalam menggunakan peralatan yang relatif rendah, disamping disebabkan karena mereka belum mengenal betul karakteristik dari peralatan, juga disebabkan mereka terbiasa menggunakan pedoman kerja yang prosedur kerjanya membimbing mereka menggunakan peralatan tersebut.

Kecakapan dalam membuat pernyataan tentang hasil eksperimen, dengan kata maupun gambar tampaknya dipengaruhi kecakapan mereka dalam mengidentifikasi masalah. Mereka mestinya mendiskripsikan hasil-hasil eksperimennya berdasarkan langkah-langkah eksperimen yang mereka susun.

Presentase capaian rata-rata skor kecakapan ilmiah yang relatif rendah adalah dalam mengidentifikasi asumsi. Kecakapan ini berpengaruh dalam menentukan secara spesifik apakah asumsi yang mereka identifikasi itu mempengaruhi hasil. Secara umum dari hasil penelitian ini dapat dikatakan meskipun mereka mengetahui atau dapat menetapkan masalah-masalah yang akan dipecahkan, dapat menetapkan variabel-variabel serta mampu merancang eksperimennya, tetapi

karena lemah dalam mengidentifikasi asumsi, mereka menjadi sulit menentukan secara spesifik apakah asumsi yang mereka identifikasi itu mempengaruhi hasil. Sebagai akibatnya, pernyataan mereka tentang hasil eksperimen, samasekali kurang memperhatikan dan mengupas asumsi-asumsi yang telah mereka identifikasi.

SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan Pedoman Kerja Mahasiswa (PKM) dengan rubriknya dalam model eksperimen penerapan (*Application Experiments*) yang dikembangkan untuk matakuliah Eksperimen Fisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Bybee, R. W. and Bruce Fuchs. (2006). Preparing the 21st Century Workforce: A New Reform in Science and Technology education, *J. Res. Sci. Teach.* 43 (4). 349-352
- Etkina, E. and Van Heuvelen, A. (2001). Investigative Science Learning Environment: Using the Processes of Science and Cognitive Strategies to Learn Physics. *Proceedings of the 2001 Physics Education Research Conference. Rochester, New York.*
- Etkina, E., Van Heuvelen, A., Brookes, D., and Mills. D. (2002). Role of Experiments in Physics Instruction - A Process Approach. *The Physics Teacher*, 40 (6): 351-355.
- Etkina, E., Murthy, S., and Zou, X. (2006). Using introductory labs to engage students in experimental design. *American Journal of Physics*, 74: 979-982.
- Etkina, E., Van Heuvelen, S. White-Brahmia, Brookes, D.T., Gentile, M., Murthy, S., Rosengrant, D., and Warren, A. (2006). Scientific Abilities and Their Assessment, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 2. 020103: 1-15.
- Etkina, E., Brookes, D.T., Murthy, A., Karelina, A., Villasenor, M.R., and Van Heuvelen, A. (2006). Developing and Assessing Student Scientific Abilities. *Proceedings of the National STEM Assessment Conference, Oct. 19-21, Open Water Media, Inc., Washington, D.C.*, pp: 68-80.
- Etkina, E., Karelina, A., and Ruibal-Villasenor, M. (2007). Studying Transfer of Scientific Reasoning Abilities, in 2006 Physics Education Research Conference, (Syracuse, NY, July 2006) edited by L. McCullough, L. Hsu, and P. Heron, *AIP Conference Proc.*, 883: 81-84.
- Etkina, E., A. Karelina dan M. Ruibal-Villasenor. (2008). How Long Does It Take? A Study of Student Acquisition of Scientific Abilities. *Physical Review, Special Topics, Physics Education Research*, 4, 020108: 020103-1-020103-15.
- Etkina, E., Van Heuvelen, A., Karelina, A., M. Ruibal-Villasenor, M., & Rosengrant, D. (2007). Spending Time on Design: Does It Hurt Physics Learning? In 2007 Physics Education Research Conference, (Greensboro, NC, August 2007) edited by L. Hsu, C. Henderson, and L. McCullough, *AIP Conference Proceedings*, Vol 951, 88-91.
- Karelina, A. and Eegenia Etkina. (2006). When and How do Students Engage in Sense-making in a physics Lab, *Physics*

Kecakapan ilmiah mahasiswa dengan penerapan model ini secara umum meningkat setiap minggunya. Dari semua sub-kecakapan ilmiah yang dikembangkan, persentase rata-rata skor mencapai 60 % pada hampir semua sub-kecakapan setelah percobaan ke-4 atau pada minggu ke empat. Ada 2 sub kecakapan yang capaiannya 60 % pada percobaan ke-3, yaitu kecakapan dalam merancang percobaan dan dalam mengidentifikasi asumsi. Model ini dapat dijadikan alternatif pada mata kuliah lainnya pada jurusan fisika atau pada jurusan sains lainnya, tentunya dengan beberapa konsekuensi dan penyesuaian dalam implementasinya.

Education Research Conference, (Syracuse, NY, July 2006) edited by L. McCullough, L. Hsu, and P. Heron, *AIP Conference Proc.*, 883: 93-96.

Karelina, A., and Etkina E. (2007). Acting Like a Physicist: Student Approach Study to Experimental Design, *Physical Review. Special Topics, Physics Education Research*. 3, 020106: 1-12.

Revita, Karelina, A., Eugenia Etkina, Maria Ruibal Villasenor, David Rosengrant, Alan Van Heuvelen, and Cindy Hmelo-Silver. (2007). "Design And Non-design Labs: Does Transfer Occur," In 2007 Physics

Education Research Conference, (Greensboro, NC, August 2007) edited by L. Hsu, C. Henderson, and L. McCullough, *AIP Conference Proceedings*, 951: 92- 95.

Villasenor, R.M., E, Etkina, A. Karelina, A. Van Heuvelen, A., Rosengrant, D., and Jordan, R., 2007, From physics to biology: Helping students attain all terrain knowledge. In 2007 Physics Education Research Conference, (Greensboro, NC, August 2007) edited by L. Hsu, C. Henderson, and L. McCullough, *AIP Conference Proceedings*, 951: 96- 99.