



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00201806698, 21 Maret 2018

Pencipta

Nama : **Dr. Adam Malik, M.Pd., Dr. Eng. Agus Setiawan, M.Si.,
Dr. Andi Suhandi, M.Si., dkk**

Alamat : Kp. Cijalupang RT 002 / RW 006 Desa Waluya
Kecamatan Cicalengka Kabupaten Bandung 40395,
Kabupaten Bandung, Jawa Barat, 40395

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Dr. Adam Malik, M.Pd., Dr. Eng. Agus Setiawan, M.Si.,
Dr. Andi Suhandi, M.Si., dkk**

Alamat : Kp. Cijalupang RT 002 / RW 006 Desa Waluya
Kecamatan Cicalengka Kabupaten Bandung 40395,
Kabupaten Bandung, Jawa Barat, 40395

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Modul**

Judul Ciptaan : **Model Praktikum Berbasis Higher Order Thinking
Laboratory (HOT-Lab)**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 31 Januari 2018, di Bandung

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000103371

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Dr. Adam Malik, M.Pd.	Kp. Cijalupang RT 002 / RW 006 Desa Waluya Kecamatan Cicalengka Kabupaten Bandung 40395
2	Dr. Eng. Agus Setiawan, M.Si.	Pondok Bunga Sari Wangi II No A-4 RT/RW 003/012 Sariwangi Kec. Parongpong Kab. Bandung Barat 40559
3	Dr. Andi Suhandi, M.Si.	Kp. Asem Kulon RT/RW 004/004 Desa Keresek Kecamatan Cibatu Kabupaten Garut 44185
4	Prof. Dr. Anna Permanasari, M.Si.	Jl. Padang Golf Arcamanik N0. 18 RT/RW 004/001 Sukamiskin Kec. Arcamanik Kota Bandung 40293

LAMPIRAN PEMEGANG

No	Nama	Alamat
1	Dr. Adam Malik, M.Pd.	Kp. Cijalupang RT 002 / RW 006 Desa Waluya Kecamatan Cicalengka Kabupaten Bandung 40395
2	Dr. Eng. Agus Setiawan, M.Si.	Pondok Bunga Sari Wangi II No A-4 RT/RW 003/012 Sariwangi Kec. Parongpong Kab. Bandung Barat 40559
3	Dr. Andi Suhandi, M.Si.	Kp. Asem Kulon RT/RW 004/004 Desa Keresek Kecamatan Cibatu Kabupaten Garut 44185
4	Prof. Dr. Anna Permanasari, M.Si.	Jl. Padang Golf Arcamanik N0. 18 RT/RW 004/001 Sukamiskin Kec. Arcamanik Kota Bandung 40293



***MODEL HIGHER ORDER THINKING LABORATORY
(HOT-LAB)***



Oleh

**Dr. Adam Malik, M.Pd.
Dr. Eng. Agus Setiawan, M.Si.
Dr. Andi Suhandi, M.Si.
Prof. Dr. Anna Permanasari, M.Si.**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2018**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kekhadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan model praktikum ini sebagaimana mestinya. Model praktikum ini berjudul "Model *Higher Order Thinking Laboratory (HOT-Lab)*". Adapun tujuan penulisan model ini adalah untuk menghasilkan model praktikum yang teruji dan valid dalam melatih dan membekalkan *transferable skills* mahasiswa.

Penelitian ini dilandasi adanya tuntutan pembekalan keterampilan abad 21 melalui kegiatan pembelajaran di tingkat universitas. Keterampilan abad 21 dibutuhkan oleh SDM Indonesia dalam rangka menghadapi tantangan hidup di abad 21. Penulisan model ini memaparkan proses dan hasil pengembangan serta hasil uji implementasi model *HOT-Lab* dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar pada salah satu perguruan tinggi di lingkungan Kemenag di Provinsi Jawa Barat.

Peneliti berharap bahwa penelitian ini bermanfaat baik secara teoretis maupun praktis untuk membekalkan *transferable skills* pada mahasiswa calon guru fisika terutama yang terkait dengan keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif dan keterampilan berkomunikasi baik tulisan maupun lisan.

Penulis menyadari bahwa model *HOT-Lab* ini masih jauh dari kesempurnaan dan sangat boleh jadi masih mengandung berbagai kekeliruan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak atas segala kekurangan yang ditemukan di dalamnya. Semoga Allah SWT menjadikan karya ini sebagai amal shaleh dan dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang, Amiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, Januari 2018

Adam Malik

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
A. Latar Belakang Pengembangan Model <i>HOT-Lab</i>	1
B. Identifikasi Masalah Terkait Pengembangan Model <i>HOT-Lab</i>	5
C. Kajian Pustaka Pengembangan Model <i>HOT-Lab</i>	9
D. Kerangka Pikir Pengembangan Model <i>HOT-Lab</i>	17
E. Landasan Teori Pengembangan Model <i>HOT-Lab</i>	19
F. Metode Pengembangan Model <i>HOT-Lab</i>	21
G. Hasil Pengembangan Model <i>HOT-Lab</i>	26
H. Pembahasan Hasil Pengembangan Model <i>HOT-Lab</i>	47
I. Kesimpulan	59
J. Rekomendasi	59
K. Implikasi	60
DAFTAR PUSTAKA	60

MODEL HIGHER ORDER THINKING LABORATORY (HOT-LAB)

A. Latar Belakang Pengembangan Model *HOT-Lab*

Pendidikan tinggi hendaknya mempertimbangkan beberapa hal yang terkait dalam hal menyiapkan mahasiswanya menghadapi tantangan internal dan eksternal di abad 21. Tantangan eksternal pendidikan tinggi berupa globalisasi dengan diberlakukannya *ASEAN Economic Community*. Tantangan internal berupa pertumbuhan penduduk yang pesat, cadangan sumber daya alam yang makin menipis, krisis energi dan lain-lain. Pemerintah Republik Indonesia telah menetapkan suatu kerangka standar kualifikasi untuk sumber daya manusia Indonesia yang dikenal dengan istilah Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI). KKNI adalah kerangka penjenjangan kualifikasi kompetensi yang dapat menyandingkan, menyetarakan, dan mengintegrasikan antara bidang pendidikan dan pelatihan kerja serta pengalaman kerja dalam rangka pemberian pengakuan kompetensi kerja sesuai dengan struktur pekerjaan di berbagai sektor. KKNI merupakan perwujudan mutu dan jati diri bangsa Indonesia terkait dengan sistem pendidikan dan pelatihan nasional yang dimiliki Indonesia (Perpres No. 8, 2012).

Pendidikan tinggi sudah sepantasnya dapat mencetak sumber daya manusia yang mampu bersaing di abad 21, yaitu sumber daya manusia yang menguasai berbagai keterampilan yang dibutuhkan untuk menghadapi tantangan di abad ke-21. Berbagai keterampilan yang perlu dilatih dan dikembangkan kepada mahasiswa dalam menghadapi persaingan abad ke-21 diantaranya adalah keterampilan pemecahan masalah, keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif, keterampilan pengambilan keputusan, kerja sama, komunikasi, literasi informasi dan teknologi yang kesemuanya itu dikenal dengan *transferable skills*.

Transferable skills yang di dalamnya memuat keterampilan *higher order thinking* sangat penting dilatih dan dikembangkan dalam proses pembelajaran di perguruan tinggi. Hal ini dapat dimanfaatkan mahasiswa setelah lulus sebagai bekal ketika hidup di masyarakat. *Transferable skills* dapat diartikan sebagai keterampilan yang dikembangkan dalam satu situasi yang dapat ditransfer ke

situasi lain, dalam arti dari situasi pembelajaran di kelas ke situasi dalam kehidupan nyata (Denicolo & Revees, 2012; Balcar, J. et al., 2011). Beberapa istilah yang mengacu pada pengertian *transferable skills* yang digunakan di berbagai negara diantaranya: *life-oriented, work-oriented, life skills, 21st century skills, global competence, soft skills, cross cutting skills, generic skills, transversal skills, non-cognitive skills, cross-curricula skills, employability skills, core skills*, dan *key skills*.

Framework transferable skills telah banyak dikembangkan baik oleh suatu lembaga maupun para ahli. Salah satunya *framework transferable skills* yang dikemukakan oleh Binkley, et al. (2012) yang dijadikan sebagai dasar dalam pengembangan model praktikum HOT-Lab. Framework ini dipilih karena mencakup kompetensi yang dibutuhkan oleh calon guru meliputi pengetahuan, keterampilan, sikap nilai dan etika serta dapat dikembangkan melalui kegiatan praktikum. Binkley, et al. (2012) mengembangkan sepuluh *skills* yang dikelompokkan menjadi empat kategori yaitu: (1) cara berpikir (*ways of thinking*) yang terdiri dari: kreativitas dan inovasi, berpikir kritis, pemecahan masalah, pengambilan keputusan, *learning to learn*, metakognisi; (2) cara bekerja (*ways of working*) yang terdiri dari: komunikasi dan kolaborasi (kerja sama); (3) alat untuk bekerja (*tools for working*) yang terdiri dari: literasi informasi dan literasi ICT (4) hidup di dunia (*living in the world*) yang terdiri dari: kewarganegaraan-lokal dan global, hidup dan karier serta tanggung jawab personal dan social termasuk kesadaran budaya dan kompetisi. Kesepuluh *transferable skills* tersebut dicakup dalam tiga kategori dalam model *Knowledge, Skills, Attitudes, Values, Ethics* (KSAVE).

Transferable skills dapat dilatih dan dikembangkan melalui proses pembelajaran sains secara tatap muka di kelas maupun melalui kegiatan praktikum di laboratorium. Menurut Millar (2004b) tujuan pembelajaran sains membantu peserta didik mengembangkan pemahamannya tentang pengetahuan dan metode ilmiah yang digunakan. Terkait tujuan tersebut, reformasi pendidikan sains menurut *National Research Council/NRC* (2000) bahwa pembelajaran sains harus lebih mengedepankan proses membangun pemahaman konsep-konsep,

prinsip-prinsip, hukum-hukum dan keterkaitannya dengan kehidupan sehari-hari. Terkait kebutuhan peserta didik dalam kehidupan sehari-hari, NRC telah merekomendasikan tiga domain kompetensi sebagai faktor kemampuan utama individu untuk dikembangkan, yaitu kompetensi kognitif, interpersonal dan intrapersonal, yang di dalamnya termasuk pengembangan keterampilan berpikir bagi peserta didik. Seiring dengan perkembangan zaman beserta tuntutan masyarakat dan dunia kerja, pembelajaran fisika hendaknya melatih dan mengembangkan *transferable skills* bagi peserta didiknya.

Ketika kegiatan tatap muka di kelas biasanya lebih banyak diorientasikan pada pembekalan penguasaan materi pelajaran, maka kegiatan praktikum di laboratorium dapat lebih diorientasikan sebagai sarana pembekalan *transferable skills*. Penyelenggaraan kegiatan praktikum pada pembelajaran Fisika dalam rangka menghadapi abad ke-21 telah banyak disarankan oleh para pakar pendidikan sains, karena banyak manfaat yang diperoleh dari kegiatan praktikum (Hofstein & Lunetta, 2004; Tamir, 2005; Ojediran, et al., 2014). Woolnough & Allsop (1985) menyatakan bahwa setidaknya terdapat empat alasan pentingnya kegiatan praktikum sains. *Pertama*, praktikum dapat membangkitkan motivasi belajar sains. *Kedua*, praktikum dapat mengembangkan keterampilan dasar bereksperimen. *Ketiga*, praktikum sebagai wahana belajar menggunakan pendekatan ilmiah, melalui cara-cara ilmiah peserta didik dapat berinkuiri untuk mengungkap objek yang diobservasi. *Keempat*, praktikum dapat menunjang penguasaan materi pelajaran yang dibahas dalam suatu pembelajaran. Tujuan praktikum di bidang pendidikan juga telah dikelompokkan dalam empat kategori, yaitu mengaktualisasikan pembelajaran konseptual, melatih keterampilan teknis, melatih keterampilan penyelidikan dan menghasilkan capaian pembelajaran yang efektif (Lunette & Hofstein, 1991; Hodson, 1993; Hegarty-Hazel, 1990; Woolnough, 1994). Dengan demikian, melalui kegiatan praktikum seperti ini peserta didik dapat memperoleh kesempatan yang seluas-luasnya untuk mengembangkan penalaran dan kemampuan berpikirnya melalui kegiatan proses sains dalam mengkonstruksi atau mengaplikasikan konsep.

Mahasiswa akan memperoleh berbagai keterampilan ketika mereka beraktivitas melaksanakan kegiatan praktikum, antara lain: keterampilan memanipulasi bahan (*manipulating materials*), keterampilan melakukan pengamatan (*observing*); keterampilan dalam mengelompokkan (*classifying*); keterampilan dalam melakukan pengukuran (*measuring*); keterampilan dalam menggunakan bilangan (*using number*); keterampilan dalam merekam/mencatat data (*recording data*), keterampilan dalam menyalin (*replicating*), keterampilan dalam mengidentifikasi variabel (*identifying variables*), keterampilan dalam menginterpretasi data (*interpreting data*), keterampilan dalam membuat prediksi (*predicting*), keterampilan dalam merumuskan hipotesis (*formulating hypotheses*), keterampilan dalam menduga, berpendapat, menarik kesimpulan (*inferring*), keterampilan dalam menarik generalisasi (*generalizing*), keterampilan dalam membuat permodelan (*creating models*), dan keterampilan dalam membuat keputusan (*decisions making*) (Carin, 1997).

Di samping itu aktivitas praktikum juga dapat menjadi sarana penanaman sikap ilmiah dan sikap terhadap sains. Sikap yang baik dan positif sangat diperlukan dalam dunia kerja. Zezekwa (2011) menyatakan bahwa sikap positif merupakan salah satu penentu kinerja seseorang dalam setiap disiplin ilmu. Selain itu, kegiatan praktikum dapat melatih dan mengembangkan keterampilan baik yang bersifat *soft skills* maupun *hard skills*. Keterampilan sangat dibutuhkan untuk hidup mandiri dan mengikuti pendidikan lebih lanjut. Begitu pula dengan tujuan pembelajaran sains termasuk fisika yaitu selain bertujuan membangun pengetahuan, belajar sains pada dasarnya harus melibatkan kegiatan aktif mahasiswa yang berupaya membangun keterampilan dasar bekerja ilmiah. Mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan dalam penyelidikan, mengajukan pertanyaan, berpikir kritis, memecahkan masalah, dan pengambilan keputusan, agar menjadi individu yang belajar sepanjang hayat, maka mereka harus ditingkatkan dalam hal pengetahuan, pemahaman dan sikap terhadap sains (Kaya & Boyuk, 2011).

Kurikulum program studi Pendidikan Fisika harus dibangun dengan mengacu pada KKNi termasuk kurikulum untuk kegiatan praktikum, agar

lulusannya dapat memiliki berbagai keterampilan kerja yang dibutuhkan. Lulusan yang menguasai berbagai keterampilan kerja merupakan jaminan bagi mereka untuk dapat bersaing di abad 21. Dari sekian banyak komponen *transferable skills* yang harus dilatihkan kepada mahasiswa melalui kegiatan perkuliahan atau praktikum, terdapat tiga keterampilan yang amat penting yaitu keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif dan keterampilan berkomunikasi. Keterampilan berpikir kritis diperlukan ketika seseorang mempertimbangkan dan mengambil keputusan solusi yang harus dipilih atas suatu permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan, keterampilan berpikir kreatif dibutuhkan ketika seseorang dihadapkan pada keterbatasan atau kendala dan harus mencari alternatif solusi atas permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan di abad 21, sedangkan keterampilan berkomunikasi diperlukan ketika seseorang diminta untuk mengungkapkan ide dan gagasan solutif atas suatu persoalan sebagai tantangan pada saat interviu melamar pekerjaan misalnya.

B. Identifikasi Masalah Terkait Pengembangan Model *HOT-Lab*

Pada kenyataannya kegiatan praktikum Fisika yang diselenggarakan di universitas belum sepenuhnya sesuai dengan yang diharapkan. Hasil observasi terhadap proses dan hasil kegiatan praktikum yang dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Fisika pada salah salah perguruan tinggi negeri di lingkungan Kemenag di Jawa Barat menunjukkan bahwa kegiatan praktikum yang dilaksanakan selama ini belum diorientasikan pada pembekalan *transferable skills* di kalangan para mahasiswanya. Praktikum Fisika Dasar yang diselenggarakan selama ini cenderung dijadikan sarana untuk pembuktian konsep, hukum, atau prinsip yang sebelumnya telah diinformasikan dalam perkuliahan tatap muka di kelas. Model praktikum yang digunakan adalah model praktikum verifikasi (*cookbook lab*), hal ini tercermin dari hasil telaah terhadap petunjuk praktikum yang digunakan di program studi tersebut, yang memuat panduan kegiatan praktikum berupa resep yang rinci tahap demi tahap yang harus dilakukan dan diikuti oleh mahasiswa selama pelaksanaan kegiatan praktikum.

Model praktikum seperti itu sudah tentu tidak membekalkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif pada mahasiswa, karena mahasiswa tidak difasilitasi untuk berpikir menentukan langkah-langkah kegiatan praktikum melainkan mereka harus patuh mengikuti langkah demi langkah yang telah disajikan dalam Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), tidak dapat berkreasi sama sekali. Hasil kegiatan praktikum pada *traditional physics labs* sudah diketahui sebelum mereka masuk lab dan praktikan hanya meniru prosedur yang direkomendasikan oleh instruktur (Szot, 2014). Praktikum semacam ini tidak banyak mengembangkan kemampuan berpikir karena hanya sedikit melibatkan intelektual mahasiswa. Wenning (2011) menyatakan bahwa *cookbook lab* memiliki ciri antara lain: *are driven step by step instructions requiring minimum intellectual involvement thereby promoting robotic, rule-conforming behaviors, assume student will learn the nature of the scientific process by 'experience' or implicitly, student execute imposed experimental design; tell wich variables to hold constant, wich to vary, wich are independent, and wich dependent.*

Selain keterampilan berpikir kritis dan kreatif, keterampilan berargumentasi mahasiswa juga belum dilatihkan karena dalam kegiatan praktikum yang dilaksanakan mahasiswa tidak dilibatkan untuk mengajukan hipotesis dan prediksi yang didasari oleh argumentasi yang kuat. Kegiatan praktikum yang bersifat verifikasi ini terkadang justru mendorong mahasiswa untuk berbuat curang memanipulasi data pengukuran. Nilai besaran fisika yang akan dibuktikan dan persamaan yang digunakan untuk pembuktian sudah mereka ketahui sebelum kegiatan praktikum, sehingga untuk mencapai nilai yang tepat mereka dapat menyiapkan data bahkan sebelum mereka memasuki laboratorium. Tentu ini merupakan hal yang tidak diinginkan, karena dampak negatif yang justru muncul.

Keterampilan komunikasi mahasiswa juga tidak banyak dilatihkan baik komunikasi secara tertulis maupun komunikasi secara lisan. Mahasiswa belum menggunakan multirepresentasi dalam menyajikan dan mengolah serta menganalisis data hasil percobaan, serta belum diminta untuk mempresentasikan hasil percobaan yang diperolehnya dalam kegiatan diskusi kelas. Mahasiswa baru sebatas membuat laporan awal dan laporan akhir percobaan secara mandiri.

Pemanfaatan ICT dalam pelaksanaan maupun pengolahan data hasil praktikum juga belum maksimal. Mahasiswa masih menggunakan kalkulator dalam mengolah data praktikum dan menggunakan metode tangan untuk membuat grafik, belum menggunakan *software* untuk mempermudah pengolahan data praktikum serta penyajiannya, misalnya program *excell* atau *matlab*.

Kegiatan praktikum Fisika Dasar dengan model verifikasi, tidak banyak menguntungkan mahasiswa dalam pemerolehan keterampilan karena hanya melatih keterampilan berpikir tingkat rendah. Van Heuvelen (2001) menyatakan bahwa penggunaan *cookbook lab* kurang menguntungkan bagi mahasiswa terutama yang terkait dengan pembekalan keterampilan sains, *hands-on* bahkan keterampilan *minds-on*; McDermott (1999) menyatakan bahwa kegiatan laboratorium yang bersifat konvensional tidak banyak membantu dalam mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. *Cookbook lab* yang diorientasikan pada pembuktian teori yang telah diinformasikan sebelumnya kurang melatih kemampuan *higher order thinking* peserta didik.

Sebenarnya terdapat beberapa model praktikum telah dikembangkan para ahli yang dapat digunakan dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar, seperti model praktikum secara inkuiri (*inquiry lab*) dan model praktikum yang berorientasi pemecahan masalah (*problem solving lab*). Model *inquiry lab* dikembangkan untuk kegiatan praktikum yang berorientasi pemahaman konsep Fisika secara mendalam sedangkan *problem solving lab* diorientasikan pada pemecahan masalah melalui kegiatan praktikum. Beberapa program studi Pendidikan Fisika di berbagai universitas yang menyelenggarakan pendidikan calon guru Fisika seperti universitas di Jawa Barat, Jawa Timur, Sumatera Selatan, Jakarta, Bengkulu dan Jambi telah menggunakan model-model praktikum ini dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar yang mereka selenggarakan. *Inquiry lab* kurang cocok digunakan untuk melatih *transferable skills* karena orientasinya pada pemahaman konsep, sedang *problem solving lab* memiliki keterbatasan untuk digunakan dalam melatih *transferable skills* karena hanya diorientasikan pada pembekalan keterampilan pemecahan masalah.

Oleh karena itu perlu dikembangkan suatu model praktikum yang dapat sekaligus melatih beberapa keterampilan yang tercakup dalam *transferable skills*. Oleh karena nantinya dalam kehidupan nyata keterampilan berpikir kritis dan berpikir kreatif ini diperlukan ketika dihadapkan pada masalah dunia nyata (Chang et al., 2015), maka keterampilan berpikir kritis dan kreatif ini sangat tepat jika dibekalkan dalam konteks pemecahan masalah. Agar model praktikum yang dikembangkan betul-betul dapat memfasilitasi terbangunnya berbagai keterampilan dan kecakapan yang tercakup dalam *transferable skills*, maka perlu dipertimbangkan isi dan aktivitas pada model praktikum yang relevan. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan pada model praktikum yang dikembangkan antara lain: *Pertama*, penyesuaian tujuan atau orientasi praktikum yaitu kearah aplikasi konsep Fisika Dasar dalam pemecahan masalah (*problem solving*) dunia nyata; *Kedua*, perlu ada sajian *real world problem* sebagai titik tolak kegiatan praktikum; *Ketiga*, perlu ada stimulus untuk pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi (kritis, kreatif dan argumentatif) dalam pemecahan masalah, salah satu caranya dengan menghadapkan mahasiswa pada persoalan-persoalan yang dalam penyelesaiannya banyak mengandung keterbatasan atau kendala; *Keempat*, perlu ada *setting* untuk memfasilitasi terjadinya interaksi baik antar sesama mahasiswa dalam pelaksanaan kegiatan praktikum, dapat melalui kerja kelompok secara kooperatif dan kolaboratif; *Kelima* perlu ada tahapan dalam praktikum yang dapat melatih keterampilan berkomunikasi, salah satu caranya dengan mengenalkan multirepresentasi dalam penyajian dan pengolahan data hasil praktikum dan mempresentasikan hasil percobaan; *Keenam* perlu ada pemanfaatan literasi *ICT* dalam proses pengolahan dan analisis data hasil praktikum; dan *Ketujuh*, perlu dipertimbangkan organisasi penyajian berbagai tema atau topik yang dipraktikkan agar selaras dengan konten atau materi perkuliahan Fisika Dasar.

Model praktikum yang dikembangkan memiliki tujuh ciri di atas begitu erat dengan pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*HOT skills*) maka model praktikum yang dikembangkan tersebut dapat dikatakan model praktikum yang berorientasi pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*HOT skills*) yang

selanjutnya akan disebut sebagai *Higher Order Thinking Laboratory* atau disingkat *HOT-Lab*.

Gagasan tersebut diwujudkan dengan melakukan kegiatan *research and development* untuk menghasilkan produk model *Higher Order Thinking Laboratory (HOT-Lab)*. Diantara model-model praktikum fisika yang sudah tersedia, *HOT-Lab* memiliki kekhasan dalam hal tahapan kegiatan, orientasi dan bentuk *real world problem* yang disajikan. Kekhasan-kekhasan yang dimiliki oleh desain *HOT-Lab* yang dikembangkan tersebut dapat diklaim sebagai unsur kebaruan (*originality*) dari produk model praktikum yang dihasilkan.

Pengembangan model *HOT-Lab* ini didefinisikan sebagai kegiatan *research and development* yang dilakukan untuk menghasilkan produk model *HOT-Lab* yang valid dan teruji. Proses pengembangannya dilakukan melalui tahapan perancangan, pembuatan, validasi dan uji implementasi secara rekursif hingga diperoleh produk model *HOT-Lab* yang memiliki keefektifan yang tinggi dalam membekalkan dan melatih *transferable skills* pada mahasiswa calon guru Fisika. *Higher Order Thinking Laboratory (HOT-Lab)* didefinisikan sebagai kegiatan praktikum yang diorientasikan pada pembekalan dan pelatihan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*HOT skills*) atau yang sering disebut juga sebagai *transferable skills* atau keterampilan abad 21. Keterampilan abad 21 tersebut dibangun dengan cara menghadapkan para mahasiswa pada permasalahan yang bersifat *real world* yang memuat banyak keterbatasan (*constrain*) dan dapat dipecahkan melalui kegiatan praktikum. *HOT-Lab* dirancang untuk dapat dilaksanakan secara kelompok kolaboratif dan hasilnya dikomunikasikan dalam berbagai bentuk sajian representasi (tabel, grafik, diagram) yang menarik dengan memanfaatkan *ICT*.

C. Kajian Pustaka Pengembangan Model *HOT-Lab*

1. Hakikat Fisika dan Pembelajarannya

Menurut Ojediran et al. (2014) fisika adalah studi tentang materi dan kejadian alam, yang sebagian besar didasarkan pada pengamatan empiris dan pengukuran kuantitatif. Beberapa orang menganggap fisika sebagai sains paling

fundamental karena merupakan dasar dari semua bidang sains lainnya (Tipler, 1998). Menurut Etkina (2006) fisika terbentuk sebagai akibat pertemuan dari dua orde pengalaman, pertama mendasarkan diri pada hasil observasi terhadap gejala alam (*orde observation*) dan kedua mendasarkan diri pada konsep manusia mengenal alam (*orde conceptional*). Dengan demikian, dalam desain pelaksanaan pembelajaran fisika harus diupayakan agar dapat membangkitkan minat pebelajar untuk menjawab apa dan bagaimana sesuatu dapat terjadi sehingga dapat meningkatkan keterampilan berpikir untuk memahami karakteristik berbagai fenomena alam semesta beserta segala isinya.

Pembelajaran fisika tentunya tidak dapat dipisahkan dari hakikat sains. Hakikat sains merupakan suatu proses inkuiri atau proses mencari informasi untuk menjawab suatu masalah yang hasilnya merupakan kumpulan prinsip, konsep, kaidah tentang tingkah laku sains (Mariana, 2005). Sebagai cabang IPA, fisika juga terdiri atas proses, sikap dan produk. Proses dan sikap dalam fisika dibangun dan berkembang pada saat yang bersamaan dengan pengembangan produk-produk fisika, yang dibangun melalui empiris yang diawali pengamatan gejala alam.

2. Praktikum Fisika

a. Peranan praktikum dalam pembelajaran fisika

Pandangan pendidikan sains yang menyatakan memiliki banyak masalah, disebabkan karena kebanyakan peserta didik gagal untuk melihat bagaimana pengetahuan sains akan berguna bagi mereka di masa depan. Oleh karena itu peserta didik tidak memiliki motivasi untuk "belajar di sekolah". Pengajaran seperti ini melewatkan kesempatan yang luar biasa bagi peserta didik untuk belajar pemecahan masalah, berkomunikasi, dan keterampilan berpikir yang akan mereka butuhkan untuk menjadi pekerja yang efektif dan warga di abad ke-21.

Teori pembelajaran konstruktivisme menjelaskan bahwa manusia membangun atau menciptakan pengetahuan dengan cara mencoba memberi arti pada pengetahuan sesuai dengan pengalamannya (Nurhadi, 2003). Oleh sebab itu, guru dalam pembelajaran sains hendaknya menyadari bahwa kebermaknaan suatu

pembelajaran akan terjadi apabila memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk membangun pengetahuan mereka sendiri.

Salah satu cara untuk membangun pengetahuan peserta didik adalah dengan melaksanakan pembelajaran dengan menggunakan metode praktikum. Menurut Hidayati (2012) metode praktikum adalah cara penyajian pelajaran dimana peserta didik melakukan percobaan dengan mengalami dan membuktikan sendiri sesuatu yang dipelajari. Proses belajar mengajar dengan metode praktikum memberi kesempatan kepada peserta didik untuk mengalami sendiri atau melakukan sendiri, mengikuti suatu proses, mengamati suatu objek, menganalisis, membuktikan dan menarik kesimpulan sendiri mengenai suatu objek atau keadaan sesuatu. Metode praktikum menitikberatkan pada kegiatan untuk melakukan pengamatan, percobaan, pengumpulan data, yang dilakukan di laboratorium atau tempat lain yang disamakan dengan laboratorium dan *workshop*, melakukan pembahasan dan pelaporan (Sukmara, 2007).

Praktikum dalam pembelajaran fisika merupakan salah satu kegiatan penting yang perlu dilakukan peserta didik. Hal ini penting karena peran praktikum dalam pembelajaran fisika adalah sebagai suatu cara untuk membentuk pemahaman dan pengalaman peserta didik. Pemahaman peserta didik dapat dibentuk, bergantung pada apa yang dipelajari, terkait dengan pandangan tentang fisika sebagai produk. Pengalaman peserta didik tentang bagaimana cara mempelajari fisika, apabila fisika dipandang sebagai proses, yang pada akhirnya diikuti munculnya sikap ilmiah pada diri mereka (Tamir, 2005; Koponen & Mantyla, 2003; Millar, 2004a, Carin, 1997; Hodson, 1990). Steinbach (2002) menyatakan hal tersebut penting, karena dalam proses belajar peserta didik akan cepat lupa jika hanya dijelaskan secara lisan. Mereka akan mengingat dan memahami konsep apabila diberikan contoh dan kesempatan mencoba.

Melalui kegiatan praktikum fisika, peserta didik diharapkan mampu mengembangkan keterampilan berpikirnya untuk mendukung proses pembelajaran yang memberikan penekanan pada aspek proses dan produk. Kegiatan praktikum fisika dapat meningkatkan kemampuan berpikir siswa berdasarkan tujuan pembelajaran, dalam pandangan fisika sebagai proses.

Kemampuan berpikir peserta didik mungkin saja dimiliki, tetapi belum tentu mereka terampil dalam menerapkan pemikirannya. Agar mereka terampil dalam berpikir, maka proses pengembangannya perlu dilatihkan, sehingga mereka bukan saja mampu dan terampil dalam kaitannya dengan ranah psikomotorik, tetapi juga dapat berpikir secara sistematis, objektif, kritis dan kreatif. Kegiatan laboratorium dalam pembelajaran sains memiliki empat fungsi utama secara hierarki bagi peserta didik, yaitu: melaksanakan percobaan, melakukan kerja laboratorium, melakukan praktikum, dan menyelenggarakan pembelajaran sains berdasarkan karakteristik konsep (Hodson, 1990).

Menurut *American Laboratory Report* (Brewer, et al., 2009) terdapat sejumlah kemampuan yang perlu dikembangkan melalui kegiatan praktikum dalam laboratorium sains di sekolah untuk membantu memperbaiki pemahaman peserta didik tentang sains dan mempersiapkan seseorang menjadi ilmuwan. Kemampuan yang dikembangkan tersebut yaitu: 1) mengembangkan pertanyaan penelitian dalam penyelidikan; 2) merumuskan hipotesis; 3) mempersiapkan eksperimen; 4) melakukan pengamatan; 5) membangun/memperbaiki model ilmiah; 6) evaluasi, *testing* dan verifikasi. Menurut Wenning (2006) pembelajaran di laboratorium fisika harus membimbing peserta didik ke arah berpikir tingkat tinggi melalui tahapan kegiatan: observasi; melakukan eksperimen; mengumpulkan, menyusun, dan menganalisis data; menerapkan metode numerik untuk mendukung kesimpulan; menjelaskan hasil apapun yang diduga dan membuat laporan.

b. Peran praktikum dalam pembelajaran di abad ke-21

Era baru reformasi dalam pendidikan sains antara konten dan pedagogi pembelajaran ilmu pengetahuan dan mengajar sedang diteliti, dan standar baru yang dimaksudkan untuk membentuk pendidikan sains bermakna dikembangkan. Standar Nasional Pendidikan Sains (*National Research Council* [NRC], 1996) dan studi literatur sains lainnya (Bybee, 2000; Lunetta, 1998) menekankan pentingnya memikirkan kembali peran dan praktek kerja laboratorium dalam pengajaran sains. Hal ini terutama tepat karena dalam beberapa dekade terakhir kita telah belajar banyak tentang kognisi manusia dan belajar (Bransford, Brown, &

Cocking, 2000). Selain itu, belajar dengan inkuiri (NRC, 2000) adalah tantangan bagi guru dan peserta didik (Krajcik, et al., 2001).

Komunitas pendidikan sains telah secara substansial memperluas pengetahuan dan pemahaman siswa tentang konsep-konsep sains dan sifat sains serta telah terjadi pergeseran paradigma besar dalam memikirkan cara-cara di mana peserta didik membangun pengetahuan ilmiah dan pemahaman mereka. Selain itu, perkembangan alat teknologi tinggi memiliki implikasi yang kuat untuk mengajar, belajar, dan penelitian di laboratorium sekolah.

Laboratorium sains memiliki peran sentral dalam upaya untuk beragam lingkungan belajar di mana siswa mengembangkan pemahaman mereka tentang konsep-konsep ilmiah, keterampilan penyelidikan ilmu pengetahuan, dan persepsi ilmu. Laboratorium sains, lingkungan belajar yang unik, adalah pengaturan di mana siswa dapat bekerja sama dalam kelompok kecil untuk menyelidiki fenomena ilmiah. Hofstein dan Lunetta (1982) dan Lazarowitz & Tamir (1994) mengemukakan bahwa kegiatan laboratorium memiliki potensi untuk meningkatkan hubungan sosial yang konstruktif, sikap positif dan pengembangan kognitif.

Model konstruktivis saat ini banyak diterapkan pendidik sains yang mencoba untuk memahami kognisi dalam ilmu (Lunetta, 1998), yaitu peserta didik membangun ide dan pemahaman atas dasar serangkaian pengalaman pribadi mereka. Belajar adalah aktif, interpretatif, dan proses berulang (Tobin, 1990). Selain itu, tumbuh pembelajaran yang kontekstual di mana peserta didik mengkonstruksi pengetahuan dengan memecahkan masalah yang nyata (Brown, et al., 1989; Polman, 1999; Roth, 1995; Wenger, 1998; Williams & Hmelo, 1998). Pengalaman di laboratorium dapat memberikan kesempatan tersebut bagi siswa jika guru memungkinkan mereka untuk terlibat secara intelektual dengan pengalaman investigasi bermakna di mana mereka dapat membangun konsepsi-konsepsi ilmiah dalam komunitas peserta didik di kelas mereka (Penner, et al., 1998; Roth & Roychoudhury, 1993). Penyelidikan laboratorium menawarkan peluang penting untuk menghubungkan konsep (pengetahuan) dan teori-teori yang dibahas di kelas dan di buku teks dengan fenomena dan sistem di lingkungan.

Laboratorium sains dapat digunakan oleh guru sebagai salah satu bagian dari penelitian tindakan yang bertujuan untuk menguji efek dari suatu pendekatan atau strategi pengajaran laboratorium yang baru terhadap peningkatan kualitas proses dan hasil pembelajaran.

c. Berbagai model praktikum

Tujuan kegiatan praktikum adalah untuk memberikan pemahaman kepada peserta didik tentang pengetahuan ilmiah dan meyakinkan mereka terhadap metode ilmiah yang digunakan dalam mempelajari pengetahuan tersebut (Millar, 2004b). Para ahli sains meyakini bahwa tidak ada cara terbaik agar peserta didik dapat belajar tentang metode ilmiah, kecuali memposisikan mereka seolah-olah sebagai *scientist*.

Beberapa ahli mempunyai pandangan yang berbeda terhadap kegiatan laboratorium, sehingga melahirkan beberapa desain dan model praktikum, seperti misalnya: desain praktikum induktif, model praktikum verifikasi, model praktikum inkuiri dan model *problem solving laboratory* (Kistiono, 2014).

1) Desain praktikum induktif

Desain praktikum induktif dikembangkan oleh penganut paham Francis Bacon. Para penganut tersebut berpendapat bahwa pekerjaan saintis adalah mengumpulkan pola hubungan antar data dan selanjutnya menemukan teori untuk merasionalisasi semua itu.

2) Model praktikum verifikasi

Model praktikum verifikasi dikembangkan oleh penganut paham Popper yang memandang saintis mengawali penyelidikannya dengan suatu hipotesis yang diturunkan dari penyatuan pengalaman dan kreativitas. Kegiatan praktikum model verifikasi lebih diarahkan pada pembuktian teori yang telah dipelajari peserta didik sebelumnya.

Model verifikasi memandang fisika sebagai upaya menemukan serangkaian pola keteraturan dan membingkai semuanya menjadi bagan berpikir yang runut, yakni berupa kaitan logis antara konsep-konsep tertentu. Bagan berpikir tersebut secara matematis disajikan sebagai hubungan-

hubungan matematis yang mengaitkan berbagai struktur matematis dan mewakili konsep-konsep tertentu seperti besaran dan parameter.

Sebagian besar kegiatan yang dilakukan peserta didik dalam laboratorium digunakan untuk memperoleh data yang menunjang bahan-bahan pelajaran yang telah diberikan oleh guru di dalam kelas atau bahan-bahan yang tercantum dalam buku pelajaran. Pola pikir peserta didik telah terbentuk dari awal pembelajaran melalui guru, hal ini dapat menyebabkan peserta didik tidak berpikir fleksibel lagi atau tidak kreatif dalam menemukan suatu pemecahan masalah alternatif. Jika hasil akhirnya sesuai dengan teori, maka eksperimen dapat dikatakan berhasil. Sedangkan jika hasilnya berbeda atau bahkan jauh dari teori yang ada, maka eksperimen dikatakan gagal atau terdapat kesalahan pada saat melakukan eksperimen.

3) Model praktikum berbasis inkuiri

Model praktikum berbasis inkuiri dikembangkan melalui pendekatan heuristik yang memandang saintis sebagai penemu (*discovery*). Peserta didik di dalam kegiatan praktikum menurut pandangan ini, dianggap seperti saintis yang sedang melakukan eksperimen, mereka dituntut untuk merumuskan masalah, merancang eksperimen, merakit alat, melakukan pengukuran secara cermat, menginterpretasikan data perolehan, serta mengkomunikasikannya melalui laporan yang dibuatnya. Hofstein and Lunetta (dalam Tsai dan Tuan, 2006) mendefinisikan inkuiri sebagai berikut:

inquiry as the ways of method, thinking, interpretation, which are adopted by scientists to study the nature, and the evidences based on scientific investigate, emphasizing learners have the abilities to study the phenomenon of the nature world, raise notions, interpret the results base on evidences, and debate their own statement to show the scientific spirit in the process of inquiry.

Praktikum berbasis inkuiri merupakan desain pembelajaran yang sejalan dengan teori belajar penemuan yaitu belajar melalui masalah baru. Model ini menunjukkan cara belajar yang logis, kritis dan analitis menuju suatu kesimpulan yang sesuai. Model praktikum inkuiri menuntut proses mental yang lebih tinggi melalui suatu sistem pemikiran yang sistematis. Proses sistematis yang dilalui yaitu diawal guru memberikan masalah kemudian peserta didik

merancang eksperimen, melakukan eksperimen, mengumpulkan dan menganalisis data serta menarik sebuah kesimpulan dari masalah itu. Petunjuk dan instruksi guru dalam model inkuiri berkisar dari penyelidikan terstruktur hingga terbuka dalam kegiatan laboratorium. Pelaksanaan kegiatan laboratorium dilakukan untuk melibatkan siswa secara individu dalam kelompok kecil dan kelompok besar dalam demonstrasi (Ünal& Özdemir, 2013).

4) Model *problem solving laboratory*

Model *problem solving laboratory* adalah model praktikum yang menyajikan permasalahan kontekstual yang cara penyelesaiannya dilakukan melalui kegiatan laboratorium. Setelah masalah terpecahkan melalui kegiatan laboratorium, peserta didik melakukan diskusi kelas untuk menyajikan konsep yang telah ditemukan (Subali & Elianawati, 2010).

Karakteristik masalah yang dipecahkan melalui *problem solving laboratory* harus bersifat masalah yang kaya konteks dirancang untuk mendorong siswa (a) mempertimbangkan konsep fisika dalam konteks obyek nyata dalam dunia nyata; (b) memandang pemecahan masalah sebagai serangkaian keputusan; dan (c) menggunakan konsep dasar fisika untuk menganalisis masalah secara kualitatif sebelum memanipulasi formula matematika (Heller & Heller, 2010). Terdapat beberapa perbedaan antara model praktikum verifikasi, inkuiri dan *problem solving* seperti ditunjukkan pada Tabel 1 (Heller & Heller, 2010).

Tabel 1. Perbedaan model praktikum *traditional verification lab*, *inquiry lab* dan *problem solving lab*

Parameter	<i>Traditional verification lab</i>	<i>Inquiry lab</i>	<i>Problem solving lab</i>
Tujuan utama	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk menggambarkan, mendukung apa yang telah dipelajari dan mengajarkan teknik eksperimental 	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk belajar melakukan proses sains 	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk menggambarkan, mendukung apa yang telah dipelajari dalam pembelajaran
Pendahuluan	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa diberi kuantitas untuk membandingkan 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa diberi pertanyaan untuk dijawab 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa diberi masalah yang kaya konteks yang harus

Parameter	<i>Traditional verification lab</i>	<i>Inquiry lab</i>	<i>Problem solving lab</i>
	dengan pengukuran <ul style="list-style-type: none"> • Siswa diberi teori dan bagaimana menerapkannya di laboratorium • Siswa memprediksi (pengukuran harus menghasilkan nilai) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kadang-kadang siswa diberi teori yang terkait • Kadang-kadang siswa diminta untuk memprediksi 	diselesaikan <ul style="list-style-type: none"> • Siswa harus menerapkan teori dari teks/pembelajaran • Siswa memprediksi apa yang merekaukur dan harus dihasilkan
Metode	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa diberitahu apa yang harus diukur • Siswa menceritakan bagaimana melakukan pengukuran 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa memutuskan apa yang harus diukur • Siswa menentukan bagaimana melakukan pengukuran (<i>open-ended qualitative exploration</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa diberitahu apa yang harus merekaukur • Siswa menentukan dalam kelompok bagaimana membuat pengukuran (<i>guide qualitative exploration</i>)
Analisis	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa biasanya memberikan analisis teknik • Penekanan pada ketepatan dan kesalahan eksperimental 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa harus menentukan analisis teknik • Penekanan pada konsep (kualitatif) 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa dalam kelompok memutuskan rincian analisis • Penekanan pada konsep (kuantitatif)
Kesimpulan	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa menentukan seberapa baik mereka melakukan pengukuran sesuai dengan nilai yang diterima 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa membangun sebuah hipotesis untuk menjelaskan hasil mereka 	<ul style="list-style-type: none"> • Siswa menentukan apakah ide-ide mereka sendiri (prediksi) sesuai dengan hasil pengukuran mereka

D. Kerangka Pikir Pengembangan Model *HOT-Lab*

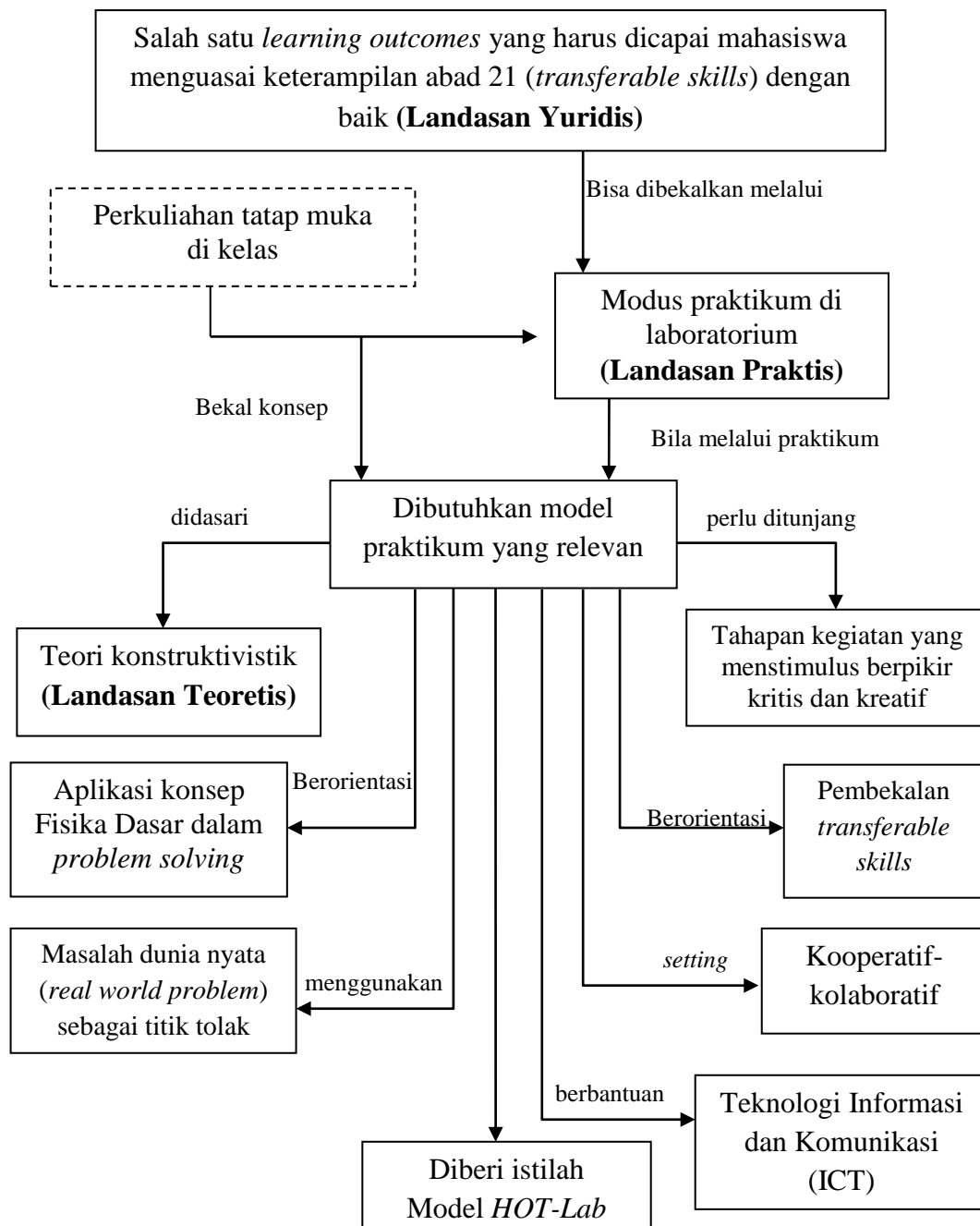
Abad 21 ditandai dengan permasalahan yang makin kompleks dan persaingan yang makin ketat. Pada abad 21 masyarakat Indonesia dihadapkan pada tantangan baik dari eksternal maupun internal. Sumber daya manusia Indonesia harus menguasai berbagai keterampilan yang dibutuhkan di abad 21 yang sering disebut sebagai *transferable skills* agar dapat menghadapi kedua tantangan ini.

Transferable skills yang didalamnya memuat keterampilan *higher order thinking* sangat penting dilatih dan dikembangkan dalam proses pembelajaran di perguruan tinggi. Keterampilan-keterampilan yang dibekalkan dalam konteks

pembelajaran di perguruan tinggi yang nantinya dapat ditransfer ke kehidupan nyata di masyarakat. *Transferable skills* dalam konteks pembelajaran di perguruan tinggi dapat dibekalkan dan dilatihkan melalui kegiatan praktikum di laboratorium.

Transferable skills yang dibekalkan melalui kegiatan praktikum Fisika di laboratorium, membutuhkan model kegiatan praktikum yang relevan. Model praktikum yang dibutuhkan adalah yang berorientasi pada pemecahan masalah dunia nyata dengan mengaplikasikan konsep fisika, ada sajian *real world problem* sebagai titik tolak kegiatan praktikum, tahapan kegiatannya menstimulus terbangunnya keterampilan berpikir kritis dan kreatif, *setting* kegiatannya kooperatif-kolaboratif, pada prosesnya menggunakan bantuan teknologi informasi dan komunikasi (*ICT*), dan kegiatannya didesain berlandaskan teori belajar konstruktivisme.

Atas dasar pemikiran seperti itu maka perlu dikembangkan suatu model kegiatan praktikum yang memiliki karakteristik seperti di atas. Karena karakteristiknya sangat erat dengan pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*) maka model praktikum yang dikembangkan kemudian disebut sebagai model *Higher Order Thinking Laboratory (HOT-Lab)*. Bagan kerangka pikir penelitian pengembangan model *HOT-Lab* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan kerangka pikir pengembangan *HOT-Lab*

E. Landasan Teori Pengembangan Model *HOT-Lab*

Pengembangan *Higher Order Thinking Laboratory (HOT-Lab)* untuk kegiatan praktikum Fisika Dasar merujuk pada teori belajar konstruktivistik. Menurut Ajayeleme (1993) strategi yang menjadi ciri khas dalam pembelajaran

konstruktivistik meliputi strategi belajar kolaboratif, mengutamakan aktivitas mahasiswa, melakukan kegiatan laboratorium, pengalaman lapangan, studi kasus, pemecahan masalah, diskusi, *brainstorming*, dan simulasi. Dalam konteks inovasi pelaksanaan kegiatan praktikum fisika, pengembangan praktikum Fisika Dasar merupakan penciptaan lingkungan kegiatan belajar yang dapat mendorong pebelajar mengkonstruksi pengetahuan dan keterampilan melalui pengalaman langsung. Pembelajaran konstruktivistik berfokus pada kegiatan aktif pebelajar dalam memperoleh pengalaman langsung (*doing*), ketimbang pasif "menerima" pengetahuan. Menurut Murphy (1997) berdasarkan perspektif konstruktivis, belajar bukanlah murni fenomena *stimulus-respon* sebagaimana dikonsepsikan para behavioris, akan tetapi belajar adalah proses yang memerlukan pengaturan diri sendiri (*self regulation*) dan pembangunan struktur konseptual melalui refleksi dan abstraksi.

Inovasi pengembangan *HOT Lab* untuk praktikum Fisika Dasar menggunakan strategi kolaboratif. Strategi ini dilandasi oleh teori Vygotsky tentang *Zone of Proximal Development* (ZPD). Vygotsky merekomendasikan adanya level atau zona, dimana siswa dapat lebih berhasil tetapi dengan bantuan partner yang lebih bisa atau berpengalaman. Vygotsky mendefinisikan ZPD sebagai jarak antar tingkat perkembangan aktual seperti kemampuan memecahkan masalah secara mandiri sesuai dengan tingkat perkembangannya dibawah bimbingan orang dewasa atau kolaborasi dengan teman sebaya yang lebih mampu (Gipps, 1994). Prinsip kontekstualisasi yang menjadi karakteristik penting dalam pengembangan *HOT-Lab*, diturunkan dari ide dasar teori belajar konstruktivistik. Para konstruktivis berpendapat bahwa belajar adalah proses aktif membangun realitas dari pengalaman belajar. Bagaimanapun belajar tidak dapat terlepas dari apa yang sudah diketahui pebelajar, belajar terjadi secara lebih efektif di dalam konteks, dan bahwa konteks menjadi bagian penting dari basis pengetahuan yang berhubungan dengan proses belajar tersebut. Implikasi di dalam pembelajaran adalah penciptaan lingkungan belajar yang riil, otentik dan relevan sebagai konteks belajar. Pendekatan *higher order thinking* dalam pelaksanaan pengembangan praktikum Fisika Dasar berfokus pada pendekatan realistik yang

memudahkan mahasiswa untuk memfasilitasi berkembangnya *transferable skills* yang dimulai dengan menghubungkan pengetahuan mahasiswa dengan kehidupan sehari-hari mahasiswa (*context*). Pengembangan praktikum Fisika Dasar juga didasari oleh teori belajar eksperiensial, belajar yang paling baik adalah melalui aktivitas diri sendiri. Pengalaman sensoris adalah dasar untuk belajar, dimana belajar yang efektif bersifat holistik (Moore, 1999). Dosen dalam kegiatan ini diposisikan sebagai pembimbing, fasilitator, dan partner belajar. Hal ini ditegaskan oleh John Dewey bahwa pengalaman adalah elemen kunci dalam proses pembelajaran bagi seseorang, berdasarkan pengetahuan yang diturunkan dari pengalaman sebelumnya untuk membangun pengetahuan baru (Billet, 1996).

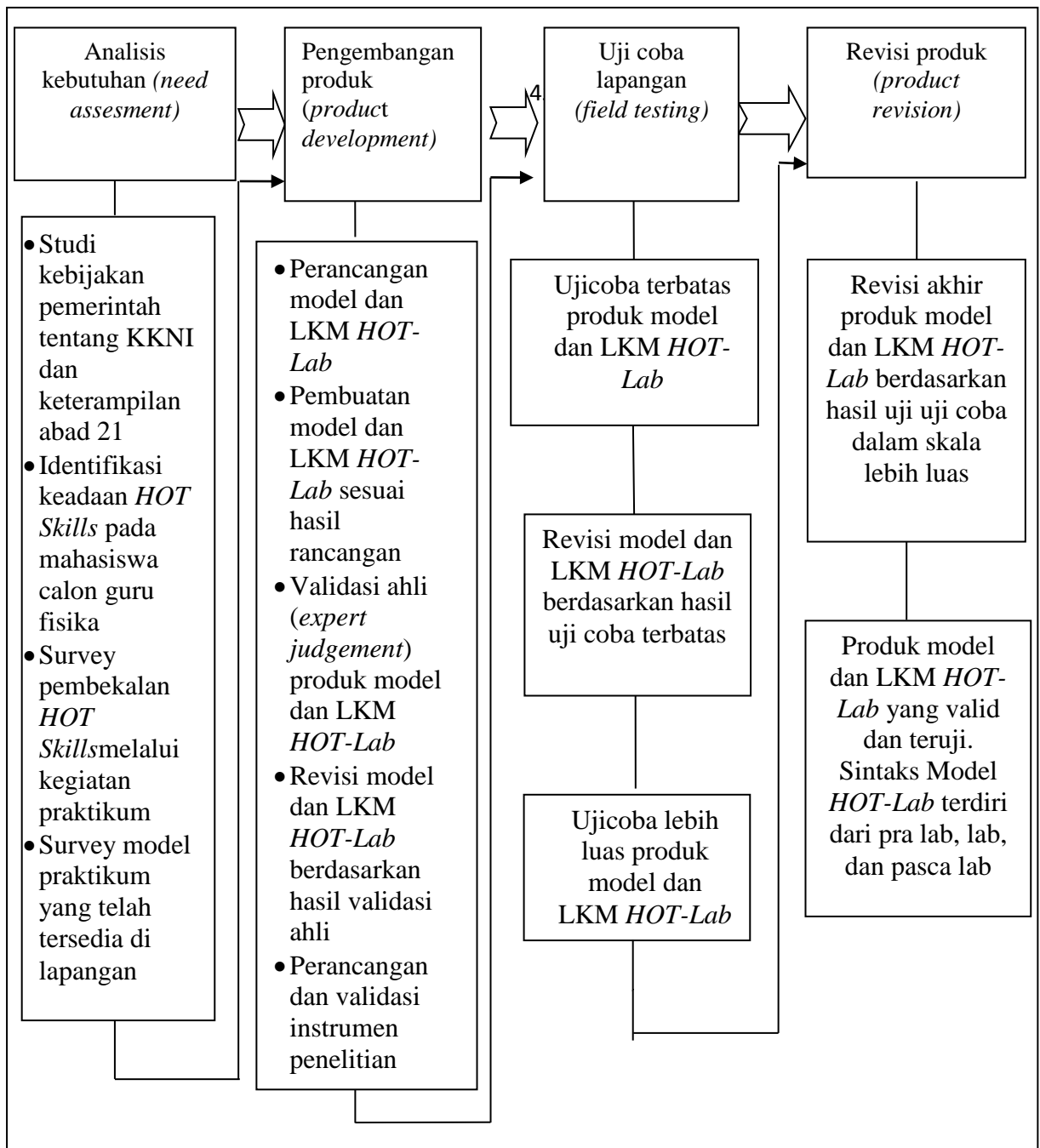
F. Metode Pengembangan Model *HOT-Lab*

Pengembangan produk model *Higher Order Thinking Laboratory (HOT-Lab)* beserta perangkat pendukungnya untuk keperluan kegiatan praktikum matakuliah Fisika Dasar berorientasi pada pembekalan dan pelatihan *transferable skill* mahasiswa calon guru fisika. Pengembangan ini dilandasi oleh adanya kebutuhan akan program perkuliahan fisika yang dapat mendukung pada proses pelatihan keterampilan abad 21 yang telah dicanangkan oleh pemerintah dalam rangka menyiapkan sumber daya manusia Indonesia yang dapat bersaing di abad 21 terutama yang erat kaitannya dengan bidang ilmu fisika. Proses pengembangan ini dilakukan melalui beberapa tahapan kegiatan antara lain tahap studi kebutuhan (*need assessment*); kemudian tahap studi literatur untuk merancang model *HOT-Lab*; lalu tahap perancangan teks yang difokuskan pada perancangan model *HOT-Lab* dan perangkat pendukungnya; tahap pengembangan *HOT-Lab* yang meliputi tahap pembuatan model dan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) *HOT-Lab* berdasarkan rancangan yang telah dibuat, tahap validasi ahli, dan tahap uji implementasi model dan LKM *HOT-Lab* yang dikembangkan dalam proses kegiatan praktikum Fisika Dasar.

Sesuai dengan fokus dan tahapan penelitian yang dilakukan maka metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Research and Development (R & D)* yang dikembangkan oleh Borg & Gall (2003) yang meliputi

tahapan: 1) analisis kebutuhan, 2) pengembangan produk (perancangan, pembuatan, dan validasi produk), 3) uji coba lapangan dari produk yang dihasilkan, dan 4) penyempurnaan produk atas dasar hasil uji coba lapangan.

Bagan alur pengembangan HOT-Lab ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model pengembangan *HOT-Lab*

Rincian keseluruhan tahapan kegiatan penelitian pengembangan model ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Tahap Studi Pendahuluan (Analisis Kebutuhan)

Tahap ini dilakukan dengan metode survey, dengan tujuan melakukan analisis kebutuhan untuk pengembangan model dan LKM *HOT-Lab* yang kegiatannya mencakup: 1) studi kebijakan untuk mendapatkan gambaran tentang tuntutan ideal keterampilan abad 21 (*transferable skills*) dengan cara studi dokumentasi standar kompetensi lulusan perguruan tinggi serta dokumen lain yang relevan; 2) studi lapangan untuk mengidentifikasi keadaan keterampilan abad 21 (*transferable skills*) yang dimiliki para mahasiswa calon guru Fisika dan berbagai modus praktikum yang digunakan oleh para dosen pengampu, observasi pelaksanaan kegiatan praktikum dan studi dokumentasi LKM untuk kegiatan praktikum yang dibuat dosen pengampu matakuliah Fisika Dasar; dan 3) studi literatur untuk mendapatkan gambaran tentang model-model praktikum Fisika yang telah dikembangkan dan digunakan serta hasil-hasil riset yang terkait.

Fokus kegiatan pada tahap analisis kebutuhan ini adalah pengumpulan informasi-informasi yang berkaitan dengan tuntutan ideal kompetensi dan sumber daya manusia di abad 21 dan kenyataan di lapangan terkait keadaan kompetensi keterampilan abad 21 (*transferable skills*) yang dimiliki calon guru Fisika. Dari kedua informasi ini dapat diidentifikasi masalah yang terjadi pada para mahasiswa calon guru Fisika dalam hal kompetensi keterampilan abad 21 (*transferable skills*) khususnya dalam hal keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif dan berkomunikasi ilmiah. Selain itu juga kegiatan ini difokuskan pada pengumpulan berbagai informasi dan hasil-hasil penelitian relevan terkait pengembangan dan penggunaan model-model praktikum inovatif dalam pembelajaran fisika untuk solusi atas permasalahan yang dihadapi dalam pembekalan keterampilan abad 21 (*transferable skills*) dalam pembelajaran fisika.

2. Tahap Pengembangan Produk Model dan LKM *HOT-Lab*

Beberapa kegiatan yang dilakukan pada tahap ini meliputi: perancangan model dan LKM *HOT-Lab*, pembuatan produk model dan LKM *HOT-Lab*, Validasi ahli terhadap produk model dan LKM *HOT-Lab*, Revisi produk model

dan LKM *HOT-Lab* berdasarkan saran dan masukan ahli, serta perancangan, validasi dan ujicoba instrumen penelitian. Kegiatan perancangan model dan LKM *HOT-Lab* didasarkan pada hasil *need assesment*, kondisi objektif lapangan, hasil-hasil kajian literatur yang relevan, dan analisis kebijakan pemerintah. Perancangan model dan LKM *HOT-Lab* difokuskan pada perancangan konstruksi dan bagian-bagian dari model dan LKM *HOT-Lab*, LKM *HOT-Lab*, *real world problem* untuk setiap LKM, serta alat dan bahan untuk setiap kegiatan *HOT-Lab*. Perancangan tahapan model *HOT-Lab* mengadaptasi konstruksi *Problem Solving Laboratory (Problem Solving-Lab)* yang dikembangkan oleh Heller and Heller (2010) di University of Minnesota USA. Perancangan juga difokuskan pada perangkat pendukung pelaksanaan kegiatan *HOT-Lab* seperti perancangan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), perancangan *real world problem* dan perancangan alat dan bahan praktikum. Tahap pembuatan produk model dan LKM *HOT-Lab* difokuskan pada realisasi dari rancangan produk model dan LKM *HOT-Lab* yang telah disusun. Jumlah produk LKM *HOT-Lab* yang dibuat disesuaikan dengan jumlah konsep yang dipraktikumkan. Tahap validasi produk model dan LKM *HOT-Lab* difokuskan pada penilaian untuk mendapatkan saran perbaikan produk model *HOT-Lab* dari para ahli. Obyek penilaian meliputi aspek konstruksi, aspek isi model dan LKM *HOT-Lab*. Validasi dilakukan oleh tiga orang validator ahli yang berasal dari perguruan tinggi yang menyelenggarakan program studi Pendidikan Fisika. Validasi juga dilakukan terhadap instrumen-instrumen penelitian yang dikembangkan.

3. Tahap Uji Coba Lapangan Produk Model dan LKM *HOT-Lab*

Tahap ujicoba lapangan dari produk model dan LKM *HOT-Lab* yang telah dibuat dan divalidasi dilakukan dua kali, yaitu ujicoba lapangan secara terbatas dan uji coba lapangan dalam lingkup yang lebih luas. Dari ujicoba lapangan ini diharapkan diperoleh gambaran tentang kekuatan dan keterbatasan dari produk model dan LKM *HOT-Lab* yang dihasilkan sebagai bahan umpan balik untuk perbaikan dan penyempurnaan produk model *HOT-Lab* berdasarkan tataran pelaksanaannya (praktisnya), sehingga produk model dan LKM *HOT-Lab* yang dihasilkan lebih mudah lagi untuk diaplikasikan dalam kegiatan praktikum Fisika

Dasar. Tujuan lain dari ujicoba implementasi model dan LKM *HOT-Lab* ini adalah untuk mengetahui potensinya dalam membekalkan dan melatih keterampilan abad 21 (*transferable skills*) di kalangan para mahasiswa calon guru Fisika. Mekanisme ujicoba lapangan adalah diawali dengan mahasiswa mengikuti perkuliahan matakuliah Fisika Dasar secara reguler dengan dosen pengampunya, kemudian setelah itu mereka melaksanakan kegiatan praktikum dengan model *HOT-Lab*.

Pelaksanaan ujicoba lapangan terbatas dari produk model dan LKM *HOT-Lab* yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan metode *pre-eksperiment* dengan desain *one group pretest-posttest*. Metode *quasi-experiment* (eksperimen semu) dengan desain *the matching only control group pretest-posttest* digunakan pada ujicoba lebih luas. Pada desain eksperimen ini digunakan satu kelas kontrol yaitu kelas yang melaksanakan kegiatan praktikum dengan model *verification-lab*.

Lokasi uji lapangan terbatas dan lebih luas produk model dan LKM *HOT-Lab* yang dihasilkan adalah pada salah satu perguruan tinggi negeri di lingkungan Kemenag yang berada di Provinsi Jawa Barat. Subyek penelitian adalah para mahasiswa calon guru Fisika yang sedang mengontrak mata kuliah Fisika Dasar. Jumlah subyek penelitian pada uji coba lapangan terbatas produk model *HOT-Lab* adalah sebanyak 20 orang mahasiswa terdiri atas 12 orang siswa perempuan dan 8 orang siswa laki-laki. Sedangkan pada uji coba lebih luas jumlah subyek penelitian terdiri dari 60 orang mahasiswa yang dibagi dalam dua kelas, 30 orang mahasiswa pada kelas eksperimen yang mendapatkan perlakuan model *HOT-Lab* dan 30 orang mahasiswa pada kelas kontrol yang mendapatkan perlakuan model *Verification-Lab*. Pada kelas eksperimen terdapat 18 mahasiswa perempuan dan 12 mahasiswa laki-laki, sedangkan pada kelas kontrol terdapat 21 mahasiswa perempuan dan 9 mahasiswa laki-laki.

Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian uji coba model *HOT-Lab* meliputi tes keterampilan berpikir kritis, tes keterampilan berpikir kreatif, tes dan keterampilan berkomunikasi secara tertulis, non tes berupa lembar observasi kinerja keterampilan komunikasi secara lisan, lembar observasi keterlaksanaan

tahapan-tahapan model *HOT-Lab* dan skala sikap respons mahasiswa terhadap penggunaan model *HOT-Lab*.

4. Tahap Revisi Produk Model *HOT-Lab*

Tahap revisi produk model dan LKM *HOT-Lab* dilakukan dalam rangka penyempurnaan produk untuk meningkatkan performanya dalam membekalkan dan melatih keterampilan abad 21 (*transferable skills*) di kalangan para mahasiswa calon guru fisika dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar. Revisi produk model *HOT-Lab* dilakukan pada bagian-bagian yang dipandang masih belum optimal peran dan fungsinya dalam membekalkan keterampilan abad 21 (*transferable skills*). Revisi model dan LKM *HOT-Lab* dilakukan atas dasar rekomendasi validator dan hasil ujicoba lapangan, baik yang dilakukan dalam lingkup terbatas maupun yang dilakukan secara lebih luas.

G. Hasil Pengembangan Model *HOT-Lab*

1. Analisis Kebutuhan Pengembangan *HOT-Lab*

Tahap analisis kebutuhan dilakukan melalui berbagai teknik, yaitu tes keterampilan berpikir tingkat tinggi, observasi dan studi dokumentasi. Dari kegiatan analisis kebutuhan diperoleh hasil-hasil: a) Keadaan keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa calon guru Fisika terkait materi Fisika Dasar, b) Gambaran proses kegiatan praktikum Fisika Dasar, c) Gambaran Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) untuk panduan kegiatan praktikum Fisika Dasar, d) Gambaran sarana dan prasarana laboratorium Fisika Dasar, dan e) Gambaran tuntutan kompetensi mahasiswa calon guru Fisika.

Ditemukan kesenjangan antara tuntutan ideal kompetensi yang harus dimiliki mahasiswa calon guru dengan kenyataan di lapangan tentang keadaan kompetensi keterampilan abad 21 (*transferable skills*) yang dimiliki mahasiswa calon guru Fisika. Tuntutan ideal menginginkan para mahasiswa calon guru Fisika menguasai keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif dan pemecahan masalah, serta keterampilan berkomunikasi dan literasi *ICT*, tetapi kenyataannya sebagian besar mahasiswa calon guru Fisika memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi, berkomunikasi ilmiah dan

berargumentasi yang masih tergolong rendah. Hal ini merupakan masalah besar yang harus segera ditanggulangi. Jika tidak segera ditangani, maka target kompetensi yang harus dimiliki mahasiswa sebagaimana yang ditetapkan dalam KKNI terutama yang terkait dengan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*HOT skills*) tidak akan dapat dicapai dengan baik.

Pembekalan *HOT skills* dapat dilakukan melalui modus perkuliahan maupun modus kegiatan praktikum. Karena pembekalan *HOT skills* melalui modus perkuliahan tatap muka sering terkendala waktu untuk pelaksanaannya karena padatnya materi ajar yang harus dibahas, maka penggunaan modus praktikum fisika dapat dijadikan alternatif untuk wahana pembekalan *HOT skills*. Dari hasil studi literatur ditemukan model praktikum yang digunakan untuk membekalkan keterampilan pemecahan masalah yang dikenal sebagai *problem solving lab*. Beberapa peneliti telah menggunakan *problem solving lab* untuk mendapatkan gambaran potensinya dalam membekalkan kemampuan pemecahan masalah. Hasil penelitian yang mereka peroleh menunjukkan adanya potensi yang baik dari penggunaan *problem solving lab* dalam membantu membekalkan keterampilan pemecahan masalah kontekstual.

Peran dan fungsi *problem solving lab* dapat lebih dioptimalkan dan diperluas untuk pembekalan keterampilan-keterampilan yang lain yang tergolong *HOT skills* seperti keterampilan berpikir kritis dan kreatif dengan cara menambahkan konten dan tahapan aktivitas pada model dan LKM *problem solving lab*. Model lab yang merupakan hasil pengembangan dari model *problem solving lab* yang diorientasikan pada pembekalan *HOT skills (transferable skills)*. Riset pengembangan ini dilakukan untuk menghasilkan produk model *HOT-Lab* yang valid dan teruji.

2. Tahapan pengembangan Model *HOT-Lab*

a. Perancangan Awal Model *HOT-Lab*

Berdasarkan data hasil analisis kebutuhan dan studi literatur, selanjutnya dilakukan perancangan awal model *HOT-Lab*. Hasil perancangan awal model *HOT-Lab* menghasilkan model awal *HOT-Lab* sebagai berikut:

1. Terdiri atas sepuluh tahapan kegiatan yang terbagi dalam tiga sesi kegiatan praktikum, yaitu pertama sesi pra lab: 1) penyajian *real world problem*, 2) pertanyaan eksperimen, 3) penyajian pertanyaan konseptual dan 4) pengajuan prediksi; kedua sesi lab: 5) penentuan alat dan bahan, 6) kegiatan eksplorasi, 7) kegiatan pengukuran, 8) kegiatan pengolahan dan analisis data, 9) penarikan kesimpulan; dan ketiga sesi pasca lab: 10) presentasi hasil kegiatan praktikum.
2. Kegiatan pra lab dikerjakan secara individu oleh setiap mahasiswa di luar laboratorium. Kegiatan lab dan pasca lab dikerjakan secara kooperatif kolaboratif di laboratorium.
3. *Real world problem* disusun dengan sejumlah batasan (*constrain*) untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif dalam *problem solving*.
4. Panduan praktikum dibuat dalam bentuk pertanyaan pengarah untuk memfasilitasi terbangunnya keterampilan berpikir tingkat tinggi.
5. Aktivitas praktikum dirancang untuk dilaksanakan secara kelompok kolaboratif.
6. Analisis data didukung oleh pemanfaatan *Information Computation Technology* (ICT).

Hasil rancangan awal model *HOT-Lab* ditunjukkan pada Gambar 3.

<p>Sesi Pra lab</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Mahasiswa membaca <i>realworld problem</i> yang disajikan dalam LKM 2) Mahasiswa menjawab pertanyaan eksperimen dari <i>real world problem</i> yang disajikan 3) Mahasiswa menjawab pertanyaan konseptual yang disajikan dalam LKM 4) Mahasiswa mengajukan prediksi atas permasalahan praktikum yang dirumuskan dari <i>real world problem</i>
<p>Sesi Lab</p> <ol style="list-style-type: none"> 5) Mahasiswa menentukan alat dan bahan untuk kegiatan praktikum 6) Mahasiswa melakukan kegiatan eksplorasi untuk menentukan: <ol style="list-style-type: none"> a. rangkaian alat yang akan digunakan dalam kegiatan pengukuran b. variabel percobaan c. jenis data yang harus dikumpulkan d. bentuk tabel untuk tabulasi data e. langkah-langkah kegiatan praktikum 7) Mahasiswa melakukan kegiatan pengukuran menggunakan peralatan yang telah ditetapkan dan mencatat hasilnya pada tabel yang telah disiapkan 8) Mahasiswa melakukan pengolahan dan analisis data menggunakan bantuan <i>ICT</i>, setelah sebelumnya menentukan teknik pengolahan yang akan digunakan 9) Mahasiswa menarik kesimpulan hasil kegiatan praktikum dan membandingkannya dengan prediksi yang telah mereka buat.
<p>Sesi Pasca lab</p> <ol style="list-style-type: none"> 10) Presentasi hasil kegiatan praktikum secara berkelompok

Gambar 3. Rancangan model dan LKM *HOT-Lab*

Selain tahapan kegiatan, juga dirancang alokasi waktu untuk aktivitas setiap tahap kegiatan *HOT-Lab*. Hasil perancangan alokasi waktu untuk aktivitas setiap tahap *HOT-Lab* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rancangan alokasi waktu untuk kegiatan *HOT-Lab*

No	Sesi kegiatan	Kegiatan mahasiswa	Alokasi waktu (menit)
1	Sesi pra lab:	1) Mempelajari <i>real world problem</i> 2) Menjawab pertanyaan eksperimen 3) Menjawab pertanyaan konseptual 4) Mengajukan prediksi	60 (di rumah sebelum sesi lab)
2	Sesi lab:	5) Menentukan alat dan bahan praktikum	10 – 15

No	Sesi kegiatan	Kegiatan mahasiswa	Alokasi waktu (menit)
		6) Melakukan kegiatan eksplorasi	25 – 30
		7) Melakukan pengukuran	25 – 30
		8) Melakukan pengolahan dan analisis data berbantuan ICT	15 – 20
		9) Menarik kesimpulan	5 – 10
3	Sesi pasca lab:	10) Mempresentasikan hasil kegiatan praktikum dilanjutkan dengan diskusi	25 – 30
Jumlah keseluruhan waktu			165 - 195

Dengan durasi waktu untuk setiap aktivitas *HOT-Lab* sekitar 165 – 195 menit maka setiap kegiatan praktikum dapat diselesaikan satu judul praktikum.

b. Perancangan *Real World Problem* untuk *HOT-Lab*

Praktikum *HOT-Lab* diorientasikan untuk membekalkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif dalam pemecahan masalah, maka diawal kegiatan mahasiswa harus dihadapkan pada masalah dunia nyata (*real world problem*) yang disajikan pada bagian pertama LKM. *Real world problem* harus dirancang agar dapat memfasilitasi terbangunnya keterampilan berpikir kritis dan kreatif dalam pemecahan masalahnya. Hasil rancangannya ditunjukkan pada Gambar 4.

<i>Rancangan Awal Real World Problem</i>	
<i>Real world problem</i> dirancang memiliki karakteristik sebagai berikut:	
1)	Persoalan yang diangkat merupakan persoalan dunia nyata terkait konten fisika yang dipelajari.
2)	Mahasiswa didudukan sebagai <i>problem solver</i> .
3)	Permasalahan dikreasi sedemikian rupa sehingga dalam penyelesaiannya mahasiswa dihadapkan pada berbagai kendala (batasan).
4)	<i>Real world problem</i> dapat diselesaikan melalui kegiatan praktikum.

Gambar 4. Rancangan awal *real world problem*

c. Pembuatan *Real World Problem*

Jumlah *real world problem* yang dibuat sama dengan jumlah kegiatan *HOT-Lab* yang akan dilaksanakan, untuk setiap kegiatan *HOT-Lab* disiapkan satu *real world problem*. Contoh *real world problem* yang dibuat disajikan pada Gambar 5.

Untuk suatu keperluan tertentu, kelompok Anda diminta untuk merancang dan membuat sebuah alat mekanik yang dalam konstruksinya menggunakan sebuah pegas. Sesuai spesifikasi alat, pegas yang dibutuhkan adalah yang memiliki koefisien sebesar 100 N/m. Sayangnya di bengkel kerja anda hanya tersedia pegas yang koefisiennya hanya 50 N/m. Oleh karena Anda dan kelompok Anda sedang berada di daerah terpencil, maka untuk membelinya ke kota memerlukan waktu yang lama, padahal alat tersebut akan segera digunakan. Anda berpikir bahwa pegas yang tersedia dapat digunakan untuk keperluan itu, yaitu dengan cara memotongnya menjadi dua bagian. Meskipun demikian Anda belum yakin betul akan pemikiran itu. Untuk membuktikannya Anda dan tim Anda melakukan percobaan untuk membandingkan secara langsung koefisien pegas sebelum dan sesudah dipotong.

Gambar 5. Contoh *real world problem* awal

d. Perancangan Awal Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) untuk Aktivitas *HOT-Lab*

Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) digunakan untuk panduan aktivitas pada setiap tahap kegiatan praktikum, maka LKM diperlukan hanya untuk sesi pra-praktikum dan sesi praktikum. LKM disusun dengan panduan berupa pertanyaan pengarah. Rancangan LKM untuk aktivitas *HOT-Lab* ditunjukkan pada Gambar 6.

LKM	Kelompok : Anggota :
Sesi pra lab: 1) Menyajikan <i>real world problem</i> 2) Memandu mahasiswa untuk menjawab pertanyaan eksperimen berdasarkan <i>real world problem</i> yang disajikan. 3) Memandu mahasiswa untuk menjawab pertanyaan konseptual terkait konten fisika yang dipraktikumkan. 4) Memandu mahasiswa untuk mengajukan prediksi atas masalah praktikum yang dirumuskan berdasarkan jawaban pertanyaan konseptual.	
Sesi lab: 5) Memandu mahasiswa untuk menentukan bahan dan alat yang akan digunakan dalam kegiatan praktikum 6) Memandu mahasiswa untuk melakukan kegiatan eksplorasi untuk: a. menentukan rangkaian alat untuk kegiatan pengukuran b. menentukan variabel penelitian c. menentukan jenis data yang harus dikumpulkan d. menentukan bentuk tabel untuk tabulasi data e. menentukan langkah-langkah kegiatan praktikum 7) Memandu mahasiswa melakukan kegiatan pengukuran menggunakan peralatan yang telah ditetapkan dan mencatat hasilnya pada tabel yang telah disiapkan 8) Memandu mahasiswa melakukan perencanaan dan pengolahan serta analisis data menggunakan bantuan ICT 9) Memandu mahasiswa menarik kesimpulan hasil kegiatan praktikum dan membandingkannya dengan prediksi yang telah mereka buat.	
Sesi pasca lab: 10) Memandu mahasiswa melakukan presentasi secara kelompok	

Gambar 6. Desain Awal LKM *HOT-Lab*

e. Pembuatan LKM *HOT-Lab* Awal

LKM *HOT-Lab* awal dibuat untuk setiap konsep Fisika Dasar yang dipraktikumkan. Karena keterbatasan waktu LKM *HOT-Lab* awal yang dibuat berjumlah enam untuk enam kali kegiatan praktikum Fisika Dasar, yang terdiri atas: 1 LKM untuk materi hukum Hooke, 1 LKM untuk materi usaha dan energi, 1 LKM untuk materi perpindahan kalor, 1 LKM untuk materi rangkaian listrik

arus searah, 1 LKM untuk materi RLC dan 1 LKM untuk materi transformator. Masing-masing LKM dibuat dengan mengacu pada rancangan yang telah dibuat. Contoh LKM *HOT-Lab* awal yang dikembangkan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 7.

<p>Sesi Pra Lab</p> <p><u>1. Real world problem</u></p> <p>Untuk suatu keperluan tertentu, kelompok Anda diminta untuk merancang dan membuat sebuah alat mekanik yang dalam konstruksinya menggunakan sebuah pegas. Sesuai spesifikasi alat, pegas yang dibutuhkan adalah yang memiliki koefisien sebesar 100 N/m. Sayangnya di bengkel kerja Anda hanya tersedia pegas yang koefisiennya hanya 50 N/m. Karena Anda dan kelompok Anda sedang berada di daerah terpencil, maka untuk membelinya ke kota memerlukan waktu yang lama, padahal alat tersebut akan segera digunakan. Anda berpikir bahwa pegas yang tersedia dapat digunakan untuk keperluan itu, yaitu dengan cara memotongnya menjadi dua bagian. Meskipun demikian Anda belum yakin betul akan pemikiran itu. Untuk membuktikannya Anda dan tim Anda melakukan percobaan untuk membandingkan secara langsung koefisien pegas sebelum dan sesudah dipotong</p>
<p><u>2. Pertanyaan masalah eksperimen</u></p> <p>Apakah nilai konstanta sebuah pegas bergantung pada ukuran panjang pegas?</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p><u>3. Pertanyaan konseptual</u></p> <p>1. Bagaimana hubungan antara pertambahan panjang pegas (Δx), dengan berat beban yang menariknya ketika sebuah pegas digantungkan secara vertikal kemudian dibebani? Gambarkan grafik gaya berat (F) terhadap pertambahan panjang (Δx) untuk pegas tersebut. Bagaimana kemiringan grafik berkaitan dengan koefisien pegas?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>2. Pertambahan panjang pegas total ketika dibebani adalah jumlah pertambahan jarak antar ringnya. Pegas yang panjang dan yang pendek berbeda jumlah ringnya, jumlah ring pegas yang panjang lebih banyak dibanding pegas yang pendek. Apakah kamu punya dugaan bahwa koefisien sebuah pegas akan berubah ketika pegas tersebut dipotong? Jika ya, bagaimana perubahannya? Gambarkan grafik gaya berat (F) terhadap pertambahan panjang (Δx) untuk pegas yang sudah dipotong.</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

4. Pengajuan prediksi

Gambar sketsa grafik fungsi gaya berat (F) terhadap pertambahan panjang (Δx), (a) untuk pegas sebelum dipotong dan (b) untuk pegas setelah dipotong.

.....

Sesi Lab

6. Penentuan alat dan bahan

Tentukan bahan dan peralatan apa saja yang diperlukan untuk melakukan eksperimen sesuai dengan *real world problem* di atas.

.....

7. Kegiatan eksplorasi

Peringatan: Kamu akan bekerja dengan pegas. Hukum Hooke berlaku untuk pegas yang memiliki sifat elastis. Sifat elastis sebuah pegas terdapat batasnya. Sifat elastis pegas akan hilang apabila pegas diberi beban yang berlebihan. Untuk itu pilih beban yang sesuai dengan karakter pegas. Pemberian beban yang digantungkan pada pegas mulai dari beban yang massanya kecil terlebih dahulu jangan langsung dengan beban yang massanya besar.

Gambarkan skema rangkaian alat untuk kegiatan eksperimen untuk mengecek kebenaran prediksimu.

.....

8. Kegiatan pengukuran

Lakukan pengukuran pertambahan panjang pegas dengan penggaris untuk setiap berat beban yang digantungkan. Lakukan percobaan sebanyak minimal tiga kali dengan berat beban gantung yang bervariasi. Pastikan berat beban gantung diukur dengan menggunakan neraca empat lengan. Percobaan dilakukan baik untuk pegas sebelum dipotong maupun untuk pegas setelah dipotong.

.....

9. Kegiatan pengolahan dan analisis data

Berdasarkan data hasil percobaan, gambarkan grafik berat beban (F) sebagai fungsi pertambahan panjang pegas (Δx) baik untuk pegas sebelum dipotong maupun untuk pegas setelah dipotong. Berdasarkan kemiringan kurva linier pada kedua grafik yang diperoleh, tentukan konstanta masing-masing pegas sebelum dipotong dan sesudah dipotong. Data hasil pengukuran diolah dan dihitung menggunakan bantuan *software Excel* atau *Math Lab* untuk menentukan konstanta pegas dan menggambar sketsa grafik hubungan gaya berat (F) dengan pertambahan panjang (Δx).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. Penarikan kesimpulan

Apakah prediksimu sesuai dengan hasil eksperimen? Jika sesuai, bagaimana pengaruh pemotongan pegas terhadap koefisien pegas?

.....

.....

.....

.....

Sesi Pasca Lab

11. Presentasi hasil kegiatan praktikum.

Buatlah media misalnya menggunakan power point untuk menyampaikan hasil kesimpulan dari percobaan yang telah dilakukan untuk dipresentasikan di hadapan teman-teman kelompok lainnya.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Gambar 7. Contoh LKM *HOT-Lab* awal yang dikembangkan

f. Validasi LKM *HOT-Lab*

Sebelum LKM *HOT-Lab* ini diujicoba dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar yang berorientasi pembekalan keterampilan abad 21 (*transferable skills*) maka terlebih dahulu LKM *HOT-Lab* tersebut dinilai (divalidasi) oleh tiga pakar

dalam bidang Pendidikan Fisika untuk memastikan kelayakan penggunaannya dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar tersebut. Tabel 3 merangkum hasil-hasil validasi ahli terhadap LKM *HOT-Lab* yang dikembangkan.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil validasi ahli terhadap LKM *HOT-Lab* yang dikembangkan untuk kegiatan praktikum Fisika Dasar

No	Aspek penilaian	Hasil penilaian
1	Konstruksi LKM <i>HOT-Lab</i>	Ketiga validator menyatakan bahwa tahapan-tahapan pada LKM <i>HOT-Lab</i> telah mencerminkan tahapan kegiatan praktikum yang lengkap dan dapat membekalkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, keterampilan berkomunikasi dan <i>problem solving</i> .
2	<i>Real world problem</i>	Ketiga validator menyatakan bahwa <i>real world problem</i> yang disajikan dalam LKM <i>HOT-Lab</i> telah mencerminkan persoalan dunia nyata yang terkait dengan konten Fisika dan dapat dipecahkan melalui kegiatan praktikum Fisika.
3	Konten Fisika Dasar	Ketiga validator menyatakan bahwa konten Fisika yang dipraktikkan telah sesuai dengan konten Fisika Dasar.
4	Panduan aktivitas	Ketiga validator menyatakan bahwa panduan aktivitas dalam bentuk pertanyaan pengarah sudah cocok untuk mempromosikan keterampilan berpikir tingkat tinggi di kalangan mahasiswa.

Dari data-data hasil validasi ketiga validator pada Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa LKM *HOT-Lab* yang dikembangkan memenuhi kelayakan baik dari segi konstruksi, *real world problem* yang disajikan, konten Fisika Dasar yang tercakup, dan panduan aktivitas praktikum.

3. Ujicoba Lapangan Terbatas Produk LKM *HOT-Lab*

Uji coba terbatas penggunaan model *HOT-Lab* yang dikembangkan pada kegiatan praktikum Fisika Dasar dilakukan terhadap 20 orang mahasiswa calon guru Fisika pada salah satu perguruan tinggi negeri di lingkungan Kemenag di Jawa Barat. Jadi istilah terbatas merujuk pada jumlah subyek yang tidak terlalu banyak. Pada ujicoba ini diimplementasikan seluruh LKM *HOT-Lab* yang telah dibuat terkait materi Fisika Dasar. Jadi tidak ada pembatasan dalam jumlah LKM *HOT-Lab* yang diujicobakan. Tujuan ujicoba terbatas ini adalah untuk penyempurnaan model dan LKM *HOT-Lab* yang dikembangkan berdasarkan

rekomendasi dari sisi praktis penggunaannya dan untuk mendapatkan gambaran potensinya dalam membekalkan *transferable skills*.

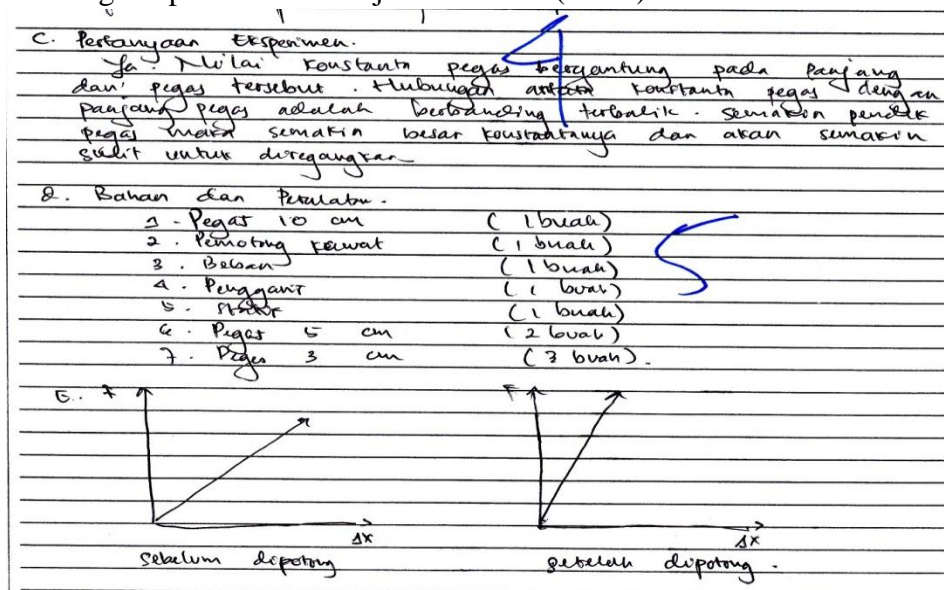
Hasil uji coba terbatas penerapan *HOT-Lab* pada praktikum Fisika Dasar dalam meningkatkan *transferable skills* mahasiswa di tunjukkan pada Tabel 4. Perhitungan peningkatan *transferable skills* berdasarkan rumus dan kriteria Hake (1998).

Tabel 4. Peningkatan *transferable skills* mahasiswa pada uji coba skala terbatas

Materi Fisika Dasar	Rata-rata N-gain Transferable Skills			Efektifitas (jumlah mahasiswa yang mencapai kategori tinggi dalam %)		
	Kritis	Kreatif	Komunikasi	Kritis	Kreatif	Komunikasi
Hukum Hooke						
Usaha dan Energi	0,60	0,56	0,62	55	50	60
Perpindahan Kalor	0,62	0,58	0,64	60	55	60
Rangkaian Listrik Arus Searah	0,64	0,62	0,66	55	55	60
Rangkain Resistor Induktor Capasitor (RLC)	0,63	0,65	0,67	60	60	65
Transformator	0,61	0,63	0,65	55	60	65

a. Jawaban Mahasiswa Calon Guru Fisika Terhadap LKM *HOT-Lab*

Gambar 8 menunjukkan contoh jawaban mahasiswa terhadap berbagai arahan (panduan) yang disajikan pada setiap tahapan kegiatan *HOT-Lab* yang mereka tuangkan pada lembar kerja mahasiswa (LKM).



Gambar 8. Contoh jawaban mahasiswa terhadap setiap pertanyaan yang disajikan pada LKM *HOT-Lab* pada materi hukum Hooke

b. Rekomendasi Perbaikan LKM *HOT-Lab* dari Hasil Uji Coba Terbatas

Meskipun uji coba implementasi LKM *HOT-Lab* dalam skala secara terbatas telah menghasilkan capaian peningkatan *transferable skills* yang cukup memuaskan, namun demikian capaian peningkatannya belum mencapai target yang telah ditetapkan, jumlah mahasiswa yang mencapai kategori peningkatan tinggi masih berada di bawah 75%, yang mengindikasikan penggunaan model dan LKM *HOT-Lab* dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar memiliki efektivitas yang sedang. Untuk itu sebelum model *HOT-Lab* ini digunakan dalam ujicoba selanjutnya terhadap subyek yang lebih luas lagi, perlu dilakukan perbaikan model dan LKM *HOT-Lab* terutama pada unsur yang dipandang masih perlu dikuatkan agar capaian peningkatan *transferable skills* menjadi lebih optimal dan penggunaan LKM *HOT-Lab* dapat memiliki efektivitas yang tinggi. Atas dasar hasil ujicoba terbatas tersebut, maka selanjutnya dilakukan penyempurnaan model dan LKM *HOT-Lab* terutama penyempurnaan pada bagian pra-praktikum dengan menambahkan alternatif pemecahan masalah pada *real world problem* dan penambahan satu tahap pada kegiatan pra-praktikum dimana mahasiswa diminta untuk memilih sebuah solusi yang dipandang paling tepat dari sejumlah alternatif solusi pemecahan masalah yang diberikan tentu dengan *reasoning*-nya. Penambahan ini diajukan dengan pemikiran bahwa ketika mahasiswa dihadapkan pada berbagai alternatif pilihan solusi pemecahan masalah dan mahasiswa diminta untuk memilih salah satu yang paling menguntungkan, maka mahasiswa difasilitasi untuk membangun kemampuan pengambilan keputusan (*decision making*). Di dalam proses pengambilan keputusan mahasiswa ditrigger untuk menggunakan segenap wawasan pengetahuan dan daya nalarnya untuk secara kritis dan kreatif menilai dan mengevaluasi setiap alternatif solusi yang diberikan untuk kemudian diputuskan. Pada proses ini kemampuan mahasiswa dalam hal keterampilan berpikir kritis dan kreatif dapat dibangun. Dengan adanya penyempurnaan tersebut maka rancangan *real world problem* dan model *HOT-Lab* untuk kegiatan praktikum Fisika Dasar dalam skala luas berubah sedikit menjadi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.

Rancangan *Real World Problem*

Real world problem dirancang memiliki karakteristik sebagai berikut:

- 1) Persoalan yang diangkat merupakan persoalan dunia nyata terkait konten fisika yang dipelajari.
- 2) Mahasiswa didudukan sebagai *problem solver*.
- 3) Permasalahan dikreasi sedemikian rupa sehingga dalam penyelesaiannya mahasiswa dihadapkan pada berbagai kendala (batasan)
- 4) Mahasiswa dihadapkan pada berbagai alternatif solusi yang disajikan, mereka diminta untuk memilih salah satu alternatif solusi berdasarkan pengetahuan yang mereka miliki.
- 5) *Real world problem* dapat diselesaikan melalui kegiatan praktikum

Gambar 9. Rancangan *real world problem* hasil revisi

<p>Sesi Pra lab</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Mahasiswa membaca <i>realworld problem</i> yang disajikan dalam LKM. 2) Mahasiswa menjawab pertanyaan eksperimen dari <i>real world prablem</i> yang disajikan. 3) Mahasiswa memilih sebuah solusi yang dipandang paling cocok dari beberapa alternatif solusi yang disajikan dalam <i>real world problem</i> 4) Mahasiswa menjawab pertanyaan konseptual yang disajikan dalam LKM 5) Mahasiswa mengajukan prediksi atas permasalahan praktikum yang dirumuskan dari <i>real world problem</i>.
<p>Sesi Lab</p> <ol style="list-style-type: none"> 6) Mahasiswa menentukan bahan dan alat untuk kegiatan praktikum 7) Mahasiswa melakukan kegiatan eksplorasi untuk: <ol style="list-style-type: none"> a. menentukan rangkaian alat yang akan digunakan dalam kegiatan pengukuran b. menentukan variabel percobaan c. menentukan jenis data yang harus dikumpulkan d. menentukan bentuk tabel untuk tabulasi data e. menentukan langkah-langkah kegiatan praktikum 8) Mahasiswa melakukan kegiatan pengukuran menggunakan peralatan yang telah ditetapkan dan mencatat hasilnya pada tabel yang telah disiapkan 9) Mahasiswa melakukan pengolahan dan analisis data menggunakan bantuan ICT, setelah sebelumnya menentukan teknik pengolahan yang akan digunakan 10) Mahasiswa menarik kesimpulan hasil kegiatan praktikum dan membandingkannya dengan prediksi yang telah mereka buat.
<p>Sesi Pasca lab</p> <ol style="list-style-type: none"> 11) Presentasi hasil kegiatan praktikum secara berkelompok

Gambar 10. Rancangan model *HOT-Lab* hasil revisi

Dengan adanya perubahan pada model *HOT-Lab* atas dasar rekomendasi dari hasil uji coba lapangan terbatas, maka rancangan alokasi waktu pun berubah seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Revisi rancangan alokasi waktu untuk kegiatan *HOT-Lab*

No.	Sesi Kegiatan	Kegiatan mahasiswa	Alokasi waktu (menit)
1	Sesi Pra lab:	1) Mempelajari <i>real world problem</i> 2) Menjawab pertanyaan eksperimen 3) Memilih satu dari berbagai alternatif solusi yang diberikan lengkap dengan <i>reasoning</i> -nya. 4) Menjawab pertanyaan konseptual 5) Mengajukan prediksi	100 (di rumah sebelum sesi lab)
2	Sesi lab:	6) Menentukan alat dan bahan praktikum 7) Melakukan kegiatan eksplorasi 8) Melakukan pengukuran 9) Melakukan pengolahan dan analisis data 10) Menarik kesimpulan dan membandingkan dengan prediksi.	10 – 15 25 – 30 25 – 30 25 – 30 5 – 10
3	Sesi Pasca lab:	11) Mempresentasikan hasil kegiatan praktikum dilanjutkan dengan diskusi	25 – 30
Jumlah			215 - 245

Dengan durasi waktu untuk setiap aktivitas *HOT-Lab* sekitar 215 – 245 menit maka pada setiap kegiatan praktikum bisa diselesaikan satu judul praktikum. Berdasarkan atas perubahan pada kegiatan mahasiswa pada bagian *real world problem* dan desain *HOT-Lab* maka *real world problem* pada LKM *HOT-Lab* yang dikembangkan juga berubah sedangkan tahapan yang lain tidak mengalami perubahan seperti ditunjukkan pada Gambar 11.

Kelompok kamu diminta untuk merancang dan membuat sebuah alat mekanik yang dalam konstruksinya menggunakan sebuah pegas. Sesuai spesifikasi alat, pegas yang dibutuhkan adalah yang memiliki koefisien sebesar 100 N/m. Sayangnya di bengkel kerja kamu hanya tersedia pegas yang koefisien hanya 50 N/m. Karena kamu dan kelompokmu sedang berada di suatu daerah terpencil, maka untuk membelinya ke kota memerlukan waktu yang lama, padahal alat tersebut akan segera digunakan.

Beberapa rekan kamu memberi pendapat untuk mendapatkan koefisien pegas sebesar 100 N/m. Adapun pendapat yang disampaikan terdiri dari:

1. Menurut Arif, pegas yang tersedia dipotong menjadi dua bagian dan yang dipasang hanya satu pegas ke dalam rangkaian. Alasannya untuk memperoleh koefisien pegas sebesar 100 N/m, panjang pegas harus dipotong dan hanya satu yang dipasang untuk memperbesar koefisien pegas menjadi dua kali lipat.
2. Lutfi menyarankan agar pegas yang tersedia dipotong menjadi dua bagian dan dipasang semuanya ke dalam rangkaian. Alasannya untuk memperoleh koefisien pegas sebesar 100 N/m, kedua panjang pegas harus dipasang secara paralel untuk memperbesar koefisien pegas menjadi dua kali lipat.
3. Anton menyarankan pegas yang tersedia dipotong menjadi tiga bagian dan hanya satu yang dipakai dalam rangkaian, alasannya untuk memperoleh koefisien pegas sebesar 100 N/m, panjang pegas dipotong atau tidak nilai koefisiennya akan sama.

Kamu bingung dengan banyaknya pendapat yang diajukan rekan-rekanmu, pendapat mana yang perlu dipilih. Untuk memastikan pendapat siapa yang paling tepat maka kelompok kamu melakukan kegiatan pengujian langsung koefisien pegas sebelum dan sesudah dipotong.

Gambar 11. Contoh *real world problem* hasil revisi

4. Uji Coba Lapangan Lebih Luas Model dan LKM *HOT-Lab*

Uji coba lapangan lebih luas penggunaan LKM *HOT-Lab* yang dikembangkan dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar dilakukan terhadap 60 orang mahasiswa calon guru Fisika pada salah satu perguruan tinggi di lingkungan Kemenag di Provinsi Jawa Barat yang sedang mengontrak matakuliah Fisika Dasar. Mahasiswa terbagi dalam dua kelas yaitu 30 mahasiswa termasuk dalam kelas eksperimen dan 30 mahasiswa termasuk dalam kelas kontrol. Pada kelas eksperimen terdapat 18 mahasiswa perempuan dan 12 mahasiswa laki-laki, sedangkan pada kelas kontrol terdapat 21 mahasiswa perempuan dan 9 mahasiswa laki-laki. Kelas eksperimen mendapatkan perlakuan kegiatan praktikum dengan model *HOT-Lab* sedangkan kelas kontrol mendapat perlakuan berupa kegiatan praktikum dengan model *verification-Lab*. Jadi istilah ujicoba dalam skala lebih luas merujuk pada jumlah subyek yang lebih banyak dari uji coba lapangan terbatas yang telah dilakukan sebelumnya yang hanya 20 orang mahasiswa.

Selain itu pada ujicoba dalam skala lebih luas ini juga digunakan perlakuan kontrol. Pada ujicoba lebih luas ini juga diimplementasikan seluruh

LKM *HOT-Lab* yang telah dikembangkan, yang mencakup materi hukum Hooke; usaha dan energi; perpindahan kalor; rangkaian listrik arus searah; rangkaian Resistor; Induktor dan Kapasitor (RLC); dan transformator. Tujuan uji coba lebih luas ini adalah untuk mendapatkan gambaran tentang potensi dari penggunaan model dan LKM *HOT-Lab* yang dikembangkan dalam memfasilitasi terjadinya peningkatan *transferable skills* di kalangan mahasiswa calon guru Fisika.

Tabel 6 menunjukkan rekapitulasi hasil observasi keterlaksanaan tahap demi tahap model *HOT-Lab* selama kegiatan praktikum Fisika Dasar yang diberikan oleh para observer yang ditunjuk.

Tabel 6. Data hasil observasi keterlaksanaan tahapan model *HOT-Lab* selama kegiatan praktikum Fisika Dasar

No	Aspek yang diobservasi sesuai dengan tahapan LKM <i>HOT-Lab</i>	Keterlaksanaan tahapan model <i>HOT-Lab</i>	
		Terlaksana (%)	Tidak Terlaksana (%)
1	Mahasiswa mengumpulkan jawaban dari semua pertanyaan dan tugas yang diberikan pada sesi pra-praktikum	100	0
2	Mahasiswa menentukan alat dan bahan yang akan digunakan dalam kegiatan praktikum	100	0
3	Mahasiswa melakukan kegiatan eksplorasi untuk menentukan: a. rangkaian alat yang akan digunakan dalam kegiatan pengukuran b. variabel percobaan c. jenis data yang harus dikumpulkan d. bentuk tabel untuk tabulasi data e. langkah-langkah kegiatan praktikum	100	0
4	Mahasiswa melakukan kegiatan pengukuran mengikuti langkah-langkah kegiatan yang telah ditetapkan dan alat dan bahan yang telah ditentukan	100	0
5	Mahasiswa melakukan perencanaan pengolahan dan analisis data yang dilanjutkan dengan kegiatan pengolahan dan analisis data percobaan	100	0
6	Mahasiswa melakukan penarikan kesimpulan dan perbandingan hasil dengan prediksi yang diajukan	100	0
7	Mahasiswa melakukan presentasi hasil kegiatan praktikum	100	0

Seluruh tahapan model dan LKM *HOT-Lab* yang disajikan dapat dilaksanakan seluruhnya dan dengan penuh tanggung jawab oleh semua mahasiswa calon guru Fisika yang menjadi subyek ujicoba dalam skala luas.

Tabel 7 menunjukkan penerapan *HOT-Lab* dalam meningkatkan *transferable skills* pada uji coba skala luas pada praktikum Fisika Dasar.

Tabel 7. Peningkatan *transferable skills* mahasiswa pada kelas yang menerapkan *HOT-Lab* dan verifikasi lab

Materi	Peningkatan Transferable Skills					
	HOT-Lab			Verifikasi Lab		
	Kritis	Kreatif	Komunikasi	Kritis	Kreatif	Komunikasi
Hukum Hooke	0,77	0,74	0,79	0,28	0,30	0,31
Usaha dan Energi	0,73	0,71	0,76	0,29	0,28	0,31
Perpindahan Kalor	0,72	0,74	0,74	0,29	0,28	0,30
Rangkaian Listrik Arus Searah	0,75	0,77	0,78	0,31	0,33	0,32
Rangkaian RLC	0,72	0,74	0,77	0,28	0,29	0,30
Transformator	0,73	0,74	0,78	0,29	0,30	0,32

Hasil perhitungan N-gain menunjukkan penggunaan *HOT-Lab* dapat lebih meningkatkan *transferable skills* mahasiswa dibandingkan verifikasi lab. Kategori N-gain pada kelas yang menerapkan *HOT-Lab* menunjukkan keterampilan berpikir kritis, kreatif dan komunikasi mahasiswa termasuk tinggi. Hasil perhitungan menunjukkan penggunaan *HOT-Lab* memiliki efektifitas yang tinggi terhadap peningkatan *transferable skills*, seperti ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Keefektifan model *HOT-Lab* dalam meningkatkan *transferable skills*

Materi	Keefektifan Model HOT-Lab (%)								
	Kritis			Kreatif			Komunikasi		
	Tinggi	Sedang	Rendah	Tinggi	Sedang	Rendah	Tinggi	Sedang	Rendah
Hukum Hooke	87	13	0	87	13	0	90	10	0
Usaha dan Energi	87	13	0	80	20	0	87	13	0
Perpindahan Kalor	77	23	0	80	20	0	87	13	0

Rangkaian Listrik Arus Searah	80	20	0	83	17	0	83	17	0
Rangkaian RLC	77	23	0	80	20	0	87	13	0
Transformator	80	20	0	83	13	0	87	13	0

Model *HOT-Lab* efektif dalam meningkatkan *transferable skills* mahasiswa, hal tersebut dibuktikan dengan pencapaian N-gain pada kategori tinggi di atas 75% untuk keterampilan berpikir kritis, kreatif dan komunikasi. Pencapaian N-gain di atas 75% terjadi pada semua materi Fisika Dasar yang dipraktikumkan.

Tabel 9 menunjukkan perhitungan *effect size* (d) yang didasarkan pada rumus dan kategori Cohen (2007), untuk melihat pengaruh model *HOT-Lab* dalam meningkatkan *transferable skills* mahasiswa.

Tabel 9. Pengaruh model *HOT-Lab* dalam meningkatkan *transferable skills*

Materi	Pengaruh Model <i>HOT-Lab</i>					
	Kritis		Kreatif		Komunikasi	
	Nilai d	Kategori	Nilai d	Kategori	Nilai d	Kategori
Hukum Hooke	8,91	Tinggi	4,63	Tinggi	7,87	Tinggi
Usaha dan Energi	9,78	Tinggi	4,73	Tinggi	6,34	Tinggi
Perpindahan Kalor	5,45	Tinggi	5,99	Tinggi	6,67	Tinggi
Rangkaian Listrik Arus Searah	5,45	Tinggi	4,55	Tinggi	6,76	Tinggi
Rangkaian RLC	3,29	Tinggi	4,37	Tinggi	5,12	Tinggi
Transformator	5,29	Tinggi	5,85	Tinggi	6,15	Tinggi

Hasil perhitungan *effect size* d'Cohen menunjukkan penggunaan *HOT-Lab* memiliki pengaruh yang kuat terhadap peningkatan *transferable skills* mahasiswa. Pengaruh yang kuat terjadi pada setiap materi Fisika Dasar yang dipraktikumkan.

Tabel 10 dan Tabel 11 menunjukkan hasil rekapitulasi keterampilan berkomunikasi secara lisan mahasiswa setelah diterapkan model *HOT-Lab* pada enam materi pokok Fisika Dasar. Pengukuran pencapaian keterampilan berkomunikasi secara lisan menggunakan lembar observasi kinerja komunikasi lisan (observasi kegiatan presentasi hasil kegiatan praktikum). Hal-hal yang diobservasi meliputi: bahan presentasi dan proses presentasi. Data yang diperoleh

dari lembar observasi presentasi mahasiswa merupakan data kuantitatif yang dianalisis secara deskriptif melalui perhitungan persentase kualitas komunikasi lisan (presentasi). Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk mengolah data tersebut adalah menghitung jumlah total skor mahasiswa dari setiap aspek komunikasi lisan yang diamati kemudian menghitung persentase skor total yang dicapai setiap mahasiswa.

Tabel 10. Rekapitulasi persentase kinerja keterampilan berkomunikasi lisan aspek bahan presentasi pada praktikum Fisika Dasar menggunakan *HOT-Lab*

No	Materi Fisika Dasar	Keterampilan berkomunikasi lisan aspek bahan presentasi	
		Rata-rata persentase kinerja (%)	Interpretasi
1	Hukum Hooke	81,33	Tinggi
2	Usaha dan Energi	84,00	Tinggi
3	Perpindahan Kalor	86,67	Tinggi
4	Rangkaian Listrik Arus Searah	86,67	Tinggi
5	Rangkaian Resistor, Induktor dan Capacitor (RLC)	88,00	Tinggi
6	Transformator	89,33	Tinggi

Tabel 11. Rekapitulasi persentase kinerja keterampilan berkomunikasi lisan aspek proses presentasi pada praktikum Fisika Dasar menggunakan *HOT-Lab*

No	Materi Fisika Dasar	Keterampilan berkomunikasi lisan aspek proses presentasi	
		Rata-rata persentase kinerja (%)	Interpretasi
1	Hukum Hooke	80,00	Tinggi
2	Usaha dan Energi	82,67	Tinggi
3	Perpindahan Kalor	86,67	Tinggi
4	Rangkaian Listrik Arus Searah	88,00	Tinggi
5	Rangkaian Resistor, Induktor dan Capacitor (RLC)	89,33	Tinggi
6	Transformator	90,67	Tinggi

Pencapaian keterampilan berkomunikasi lisan aspek bahan presentasi dan proses presentasi mahasiswa menunjukkan kinerja dengan interpretasi tinggi pada setiap materi pokok Fisika Dasar yang dipraktikumkan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan model dan LKM *HOT-Lab* dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar memiliki pengaruh yang besar (kuat) terhadap pencapaian keterampilan berkomunikasi secara lisan.

Tabel 11 menunjukkan hasil rekapitulasi respons mahasiswa terhadap setiap pernyataan yang dimintai tanggapannya. Pada awalnya respons dibagi atas empat kategori yaitu sangat setuju, setuju, tidak setuju, dan sangat tidak setuju. Kategori respons kemudian dibagi kedalam dua kelompok yaitu kategori setuju (sangat setuju dan setuju) dan kategori tidak setuju (tidak setuju dan sangat tidak setuju).

Tabel 11. Rekapitulasi tanggapan mahasiswa terhadap model *HOT-Lab* dan penggunaannya pada kegiatan praktikum Fisika dasar

No	Pernyataan	Jumlah responden (%)	
		Menyatakan persetujuan	Menyatakan ketidaksetujuan
1	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar melatih kemampuan saya dalam mengaplikasikan konsep Fisika Dasar dalam menyelesaikan masalah dunia nyata	90	10
2	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar melatih saya dalam berpikir alternatif dalam mencari ide/gagasan solusi atas suatu masalah yang dihadapi.	80	20
3	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar melatih saya dalam kegiatan kolaborasi merencanakan dan melaksanakan pemecahan masalah	80	20
4	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar melatih saya dalam mengevaluasi dan menilai suatu pendapat atau klaim yang dikemukakan seseorang	90	10
5	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar melatih saya dalam menyusun suatu <i>reasoning</i> atau <i>explanation</i> untuk mendukung ide/gagasan yang diajukan dalam pemecahan masalah	90	10
6	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar dapat meningkatkan pemahaman konsep Fisika Dasar yang digunakan dalam pemecahan masalah dunia nyata	90	10
7	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar dapat meningkatkan kemampuan saya dalam membuat rancangan kegiatan praktikum	90	10
8	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar dapat meningkatkan kemampuan saya dalam menggunakan alat ukur dan dalam melakukan pengukuran	90	10

No	Pernyataan	Jumlah responden (%)	
		Menyatakan persetujuan	Menyatakan ketidaksetujuan
9	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar dapat meningkatkan kemampuan saya dalam mengajukan prediksi suatu fenomena fisis	90	10
10	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar dapat meningkatkan kemampuan saya dalam menggunakan <i>software</i> pengolah data hasil penyelidikan	90	10
11	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar dapat meningkatkan kemampuan saya dalam membuat representasi grafik dari data hasil pengukuran dengan bantuan TIK	90	10
12	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar dapat meningkatkan kemampuan saya dalam menginterpretasi sebuah grafik untuk menentukan suatu besaran fisis yang tercakup	90	10
13	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar memberikan pengalaman baru bagi saya dalam bereksperimen	100	0
14	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar lebih menarik dibanding model praktikum yang digunakan sebelumnya	90	10
15	Penggunaan model <i>HOT-Lab</i> dalam praktikum Fisika Dasar lebih memberikan tantangan dibanding model praktikum yang digunakan sebelumnya	90	10

Penggunaan model *HOT-Lab* dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar mendapatkan respons yang positif dari hampir seluruh mahasiswa yang menjadi subyek uji coba dalam lingkup yang lebih luas.

H. Pembahasan Hasil Pengembangan Model *HOT-Lab*

Berdasarkan paparan hasil pengembangan model dan LKM *HOT-Lab* yang dimulai dari tahap perancangan hingga tahap revisi produk model *HOT-Lab* atas dasar hasil uji coba lapangan dalam skala terbatas dan skala lebih luas, dapat disarikan bahwa produk model *HOT-Lab* yang dihasilkan untuk kegiatan praktikum Fisika Dasar yang berorientasi pembekalan dan pelatihan keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif, dan keterampilan berkomunikasi tertulis dan lisan terkait materi Fisika Dasar memiliki karakteristik sebagai

berikut: (a) berlandaskan teori konstruktivisme, (b) berorientasi pada pemecahan masalah melalui aktivitas praktikum, (c) berorientasi pada pembekalan dan pelatihan *transferable skills* yang mencakup: keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif dan keterampilan berkomunikasi, (d) terdiri atas sebelas tahapan aktivitas praktikum yang tercakup dalam tiga sesi utama dari model *HOT-Lab*, yaitu: sesi pra-lab, sesi lab, sesi pasca lab, (e) terdapat *real world problem* sebagai titik tolak kegiatan praktikum yang mengandung berbagai keterbatasan (*constrain*), (f) *setting* kegiatannya kooperatif-kolaboratif, (g) menggunakan bantuan *ICT* dalam proses pengolahan datanya, dan (h) memiliki kekuatan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif dan keterampilan berkomunikasi secara tertulis dan lisan.

Jika dibandingkan dengan karakteristik model *problem solving laboratory* yang dikembangkan oleh Heler and Heler (2010) di University of Minnesota USA, terdapat beberapa perbedaan yaitu pada sesi pra-lab, ada tahapan di mana mahasiswa harus memilih salah satu alternatif solusi atas masalah kontekstual yang dihadapi dari sekian banyak solusi yang disajikan dalam *real world problem*. Pemilihan ini harus dilakukan oleh mahasiswa dengan menggunakan penalaran dan pemikiran logisnya didasarkan pada wawasan pengetahuan konten yang dimilikinya sebagai *reasoning* dari pemilihan solusi alternatif tersebut. Tahapan ini diusulkan untuk dapat lebih melatih lagi keterampilan berpikir tingkat tinggi yang mencakup keterampilan berpikir kritis (berpikir evaluatif) dan keterampilan berpikir kreatif (berpikir alternatif) di kalangan para mahasiswa. Dengan demikian diharapkan peran dan fungsi model *HOT-Lab* dapat lebih optimal lagi dalam membekalkan *transferable skills* di kalangan para mahasiswa. Perbedaan lain dengan model *problem solving lab* adalah adanya sesi pasca-lab yang diorientasikan pada pembekalan kemampuan berkomunikasi secara lisan. Sesuai dengan tujuannya maka pada sesi ini diisi oleh kegiatan presentasi oral dan diskusi hasil kegiatan praktikum oleh setiap kelompok praktikum. Adanya kegiatan ini diharapkan pembekalan keterampilan komunikasi ilmiah menjadi lebih lengkap mencakup dua aspek komunikasi yaitu komunikasi tertulis yang dibekalkan pada sesi-lab dan aspek komunikasi lisan.

Berdasarkan data hasil uji coba implementasi produk model *HOT-Lab* dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar, diketahui bahwa penerapan model *HOT-Lab* memiliki efektivitas yang tinggi dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif dan keterampilan berkomunikasi tertulis dan lisan. Hasil penelitian ini sejalan dengan esensi dari pengembangan *HOT Lab* itu sendiri. Seperti yang dipaparkan di muka, aktivitas *HOT-Lab* merupakan aktivitas berorientasi pemecahan masalah yang dikonstruksi berdasarkan kerangka *critical and creative problem solving* yang berorientasi pada pelatihan keterampilan berpikir kritis dan kreatif dalam memecahkan masalah.

Ketika dibandingkan dengan penggunaan model *Verification-Lab*, penggunaan model *HOT-Lab* dapat lebih meningkatkan keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif dan keterampilan berkomunikasi ilmiah. Hasil ini dapat diterima dan dipahami karena model *Verification-Lab* hanya berorientasi pada pembuktian kebenaran konsep fisika yang telah diinformasikan sebelumnya dalam kegiatan tatap muka di kelas. Kirschner & Meester (1988) menyatakan bahwa kegiatan praktikum verifikasi lebih berorientasi pada pembuktian keberlakuan prinsip, hukum, azas dan konsep yang dipelajari. Mahasiswa dalam kegiatan *Verification-Lab* hanya dituntut untuk melaksanakan atau mengikuti seluruh tahapan kegiatan yang diberikan tanpa diperbolehkan untuk melakukan kreasi atau modifikasi sehingga tidak memfasilitasi dan mempromosikan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Wieman, 2015; Karelina & Etkina, 2007).

Sebagai titik tolak kegiatan praktikum, dalam model *HOT-Lab* disajikan *real world problem*. *Real world problem* berbentuk wacana yang bersifat kontekstual yang memuat masalah dunia nyata yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari oleh mahasiswa. *Real world problem* merupakan tipe permasalahan yang memiliki solusi yang tidak definitif (*ill-defined solution*) (Leak et al., 2017). Penggunaan tipe permasalahan seperti ini sangat tepat dan efektif untuk melatih keterampilan berpikir kritis (Dam & Volman, 2004) dan melatih keterampilan berpikir kreatif (Mumford et al., 2012). *Real world problem* didesain dengan banyak mengandung batasan (*constrain*) dalam pemecahannya. Keterbatasan yang dihadapi akan mendorong orang untuk berpikir

alternatif, memikirkan cara lain, metode lain, teknik lain atau pendekatan lain, untuk dapat memecahkan permasalahan yang dihadapi. Berpikir alternatif memiliki kesamaan makna dengan berpikir kreatif yang kadang-kadang menelurkan suatu alternatif yang baru dan orisinal yang tidak biasa. Sehingga wajar jika penggunaan model *HOT-Lab* dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif dalam *problem solving*. Aspek keterampilan berpikir kreatif yang dapat dibangun antara lain *fluency*, *flexibility*, *elaboration*, dan *originality*. *Real world problem* menyajikan berbagai solusi alternatif atas masalah yang dihadapi, dimana mahasiswa harus memilih dan menentukan salah satu dari sekian banyak solusi yang ditawarkan. Mahasiswa harus berpikir evaluatif untuk dapat memilih solusi yang paling tepat yang disajikan dalam *real world problem*, dengan menggunakan segenap pengetahuan yang dimilikinya untuk menilai keuntungan dan kerugian, kekuatan dan keterbatasan dari setiap alternatif solusi yang ditawarkan untuk kemudian melakukan pengambilan keputusan (*decision-making*) lengkap dengan *reasoning*-nya. Berpikir evaluatif memiliki kesamaan arti dengan berpikir kritis, sehingga wajar jika penggunaan model *HOT-Lab* dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dalam *problem solving*. Tinureh et al. (2017) menyatakan bahwa terdapat empat domain berpikir kritis spesifik untuk kategori berpikir kritis: *Problem solving* dan *decision-making*, yaitu: 1) *identify the best among a number of alternatives in solving problems*, 2) *examine the relevance of procedures in solving scientific problems*, 3) *recognize the features of a problem and adjust solution plan accordingly*, dan 4) *evaluate solutions to a problem & make sound decisions on the basis of evidence*.

Gambar 12 menunjukkan hasil pengisian LKM *HOT-Lab* pada tahap pemilihan dan evaluasi ide untuk *real world problem* yang disajikan pada Gambar 11 terkait materi hukum Hooke yang dilakukan oleh kelompok 4 pada pra lab dan sesi lab.

Menentukan dan Mengevaluasi ide

Kelompok 4 memilih ide yang dikemukakan oleh Arif, yaitu pegas yang tersedia ($k = 50 \text{ N/m}$) dipotong menjadi dua bagian dan yang digunakan hanya satu potong pegas saja ke dalam rangkaian. Alasannya, memotong merupakan kebalikan dari menyambung. Dari perkuliahan telah diperoleh pengetahuan bahwa ketika dua pegas satu sama lain disambung secara seri maka ukurannya akan bertambah panjang tetapi koefisiennya akan menjadi menjadi lebih kecil. Kebalikan dari itu mestinya jika ada sebuah pegas yang ukurannya cukup panjang kemudian dipotong maka ukurannya akan memendek, sejalan dengan pemendekan ukuran pegas, koefisiennya akan membesar. Dengan cara demikian maka kebutuhan akan pegas yang koefisiennya 100 N/m dapat dipenuhi.

Gambar 12. Hasil pemilihan dan evaluasi ide oleh kelompok 4

Mahasiswa pada Kelompok 4 telah dapat menggunakan pengetahuan awal dan penalaran yang mereka miliki untuk mengevaluasi berbagai alternatif solusi yang diajukan dan memilih satu yang paling tepat melalui kegiatan diskusi kelompok.

Gambar 13 menunjukkan hasil jawaban Kelompok 4 atas pertanyaan konseptual terkait materi hukum Hooke yang diajukan dalam LKM pada sesi pra-lab.

Menurut hukum Hooke $k = F/\Delta x$, pada grafik di samping $F/\Delta x$ adalah kemiringan grafik linier $F = f(\Delta x)$. Jadi nilai koefisien pegas $k =$ kemiringan dari grafik $F = f(\Delta x)$. Karena kemiringan grafik adalah $\text{tg } \theta$, maka $k = \text{tg } \theta$.

Pertambahan panjang total pegas adalah jumlah pertambahan jarak antar ring pegas ketika dibebani.

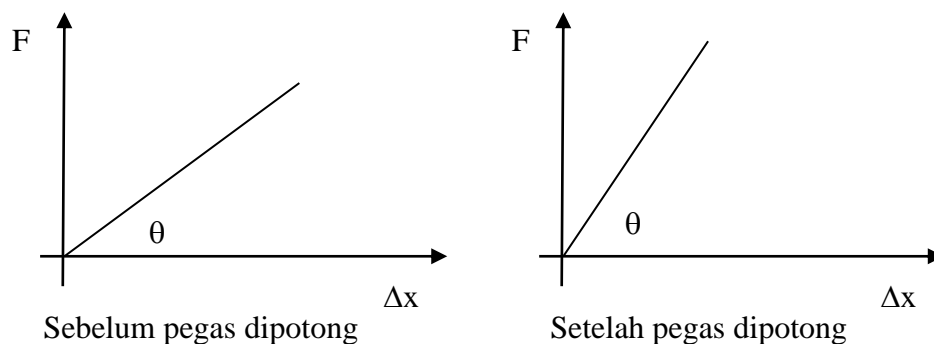
$$\Delta x = n \cdot \Delta s$$

Ketika dibebani dengan beban yang sama, maka pertambahan jarak antar ring untuk pegas yang belum dipotong sama dengan pegas yang telah dipotong yaitu Δs . Tetapi karena jumlah ring (n) untuk pegas yang telah dipotong lebih sedikit, maka pertambahan panjang total (Δx) untuk pegas yang telah dipotong lebih kecil dari pertambahan panjang total (Δx) untuk pegas yang belum dipotong.

Karena Δx nya lebih kecil maka koefisien pegas untuk pegas yang telah dipotong menjadi lebih besar dari koefisien pegas sebelum dipotong, menurut persamaan hukum Hooke :

$$k = \frac{F}{\Delta x}$$

Jadi sketsa grafik F (berat beban) fungsi Δx untuk pegas setelah dipotong kemiringannya lebih curam yang menandakan koefisien pegasnya lebih besar dari pegas sebelum dipotong.



Gambar 13. Jawaban kelompok 4 atas pertanyaan konseptual

Mahasiswa pada kelompok 4 telah bisa mengaplikasikan konsep hukum Hooke yang dimilikinya untuk dapat menjawab pertanyaan konseptual terkait persoalan praktikum yang dihadapi yaitu tentang hubungan koefisien pegas dengan panjang pegas.

Gambar 14 menunjukkan kesimpulan yang didapat Kelompok 4 atas permasalahan praktikum yang dihadapi.

Hasil percobaan yang didapat sesuai dengan prediksi yang diajukan, bahwa koefisien pegas setelah dipotong lebih besar dari koefisien pegas sebelum dipotong. Jika pegas dipotong menjadi dua bagian yang sama panjang, maka koefisien potongan pegas nilainya dua kali lebih besar dari koefisien pegas sebelum dipotong.

Berdasarkan kesimpulan percobaan ini maka koefisien pegas bergantung pada panjang pegas. Dengan demikian untuk memenuhi kebutuhan pegas yang koefisiennya = 100 N/m, kami menggunakan pegas yang ada ($k = 50$ N/m) dengan cara memotongnya menjadi dua bagian yang sama panjang.

Gambar 14. Kesimpulan hasil kegiatan *HOT-Lab*

Kelompok 4 telah berhasil mendapatkan kesimpulan hasil kegiatan *HOT-Lab* yang sesuai dengan prediksi yang mereka ajukan sesuai jawaban atas pertanyaan konseptual yang mereka berikan.

Dari keseluruhan proses yang telah dilaksanakan oleh Kelompok 4 dan hasil-hasil yang diperolehnya, tampak bahwa Kelompok 4 telah melaksanakan kegiatan *HOT-Lab* dengan baik dan telah mendapatkan hasil kegiatan yang baik pula. Diyakini dengan proses dan hasil yang diperoleh tersebut para mahasiswa di kelompok 4 telah mendapatkan pembekalan berbagai keterampilan yang tercakup

dalam *transferable skills* seperti: keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif, keterampilan pemecahan masalah, kemampuan kolaborasi dan kemampuan pengambilan keputusan. Disamping itu, para mahasiswa pada kelompok 4 juga telah mendapatkan penguatan dan pengayaan konsep hukum Hooke yang sebelumnya telah mereka miliki.

Sebenarnya hasil evaluasi secara keseluruhan, semua kelompok kegiatan *HOT-Lab* telah dapat melaksanakan dan mendapatkan hasil kegiatan *HOT-Lab* sebagaimana yang didapat kelompok 4. Jadi seluruh mahasiswa telah mendapatkan keterampilan dan pengetahuan sebagaimana yang didapat oleh kelompok 4. Kekeliruan dan kendala yang dihadapi oleh setiap kelompok pada saat melaksanakan kegiatan *HOT-Lab* akan segera ditemukan oleh instruktur yang setiap saat mengawasi dan memfasilitasi mereka, dan akan segera difasilitasi kegiatan diskusi kelompok untuk mengatasi kendala dan merevisi kekeliruan yang terjadi.

Gambar 15 menunjukkan proses didkusi kelompok pada saat sesi lab model *HOT-Lab* guna menentukan suatu kesepakatan.



Gambar 15. Proses diskusi kelompok pada saat penentuan kesepakatan

Dalam menentukan rangkaian alat percobaan untuk kepentingan pengukuran variabel praktikum, terkadang setiap mahasiswa mengajukan bentuk rangkaian alat percobaan, sehingga untuk satu kelompok terdapat beberapa bentuk rangkaian percobaan yang diajukan. Jika ini terjadi maka terdapat berbagai alternatif rangkaian alat percobaan. Mereka telah menunjukkan kemampuan berpikir alternatif yang merupakan bagian dari berpikir kreatif. Demikian juga

dengan bentuk tabel dan langkah-langkah percobaan, sangat boleh jadi akan muncul berbagai bentuk tabel dan langkah percobaan, yang menunjukkan kemampuan berpikir kreatif *fluency* dan *flexibility*. Bahkan tak jarang mereka harus mengkreasi rangkaian alat percobaan sendiri manakala mereka tidak mendapatkan peralatan tersebut di laboratorium tempat mereka bekerja. Untuk satu tema praktikum tertentu kadang-kadang mereka harus merancang sendiri rangkaian alat percobaan, alat dan bahan percobaan serta prosedur percobaannya. Jika ini terjadi kemampuan mereka dalam berpikir kritis dan berpikir kreatif akan lebih terlatih lagi. Gambar 16 menunjukkan contoh rangkaian alat yang dikembangkan mahasiswa untuk melaksanakan kegiatan praktikum dengan model *HOT-Lab* pada materi perpindahan kalor.

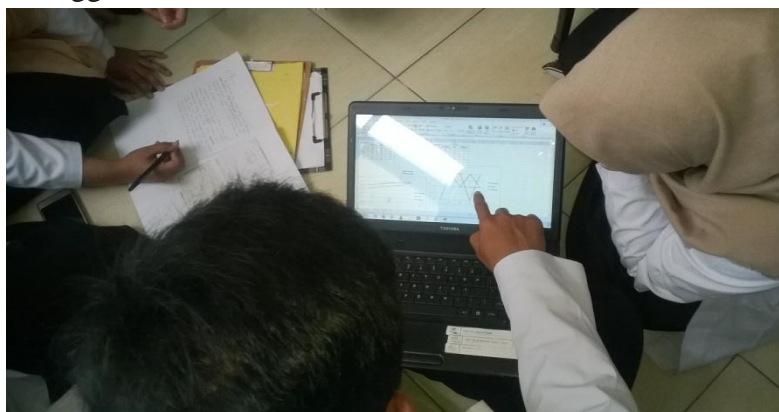


Gambar 16. Rangkaian alat percobaan yang didesain oleh mahasiswa untuk kegiatan *HOT-Lab*

Tahap pengukuran yang diorientasikan pada pengumpulan data, juga dapat melatih keterampilan berpikir kritis dan kreatif. Dalam pengukuran terkadang ada kendala dengan keterbatasan alat atau ada alat yang dibutuhkan kondisinya rusak. Agar pengukuran dapat dilakukan kadang-kadang mahasiswa harus berpikir secara alternatif untuk menentukan alat pengganti yang dapat digunakan. Dalam menentukan alat alternatif ini terkadang mereka harus melakukan elaborasi kaitan antar konsep yang ada karena penentuan alat pengganti harus berdasarkan kaitan antar konsep Fisika. Dalam hal ini keterampilan berpikir kreatif elaborasi dapat terbangun. Terkait dengan data hasil pengukuran harus dievaluasi validitasnya, kecukupannya untuk pengambilan kesimpulan dan kekeliruan yang mungkin terjadi dalam pengukuran. Evaluasi validitas, kecukupan data dan kekeliruan

dalam pengukuran merupakan bagian dari keterampilan berpikir kritis kategori *reasoning*. Menurut Tinureh et al. (2017) domain keterampilan berpikir kritis spesifik untuk kategori ini antara lain: *evaluate the validity of data, recognize errors of measurement, interpret the results of an experiment, and detect ambiguity and misuse of definitions*.

Tahap pengolahan dan analisis data ditunjang oleh penggunaan ICT dengan melibatkan multi-representasi. Penggunaan ICT dapat menunjang terhadap literasi ICT yang dimiliki mahasiswa, sedangkan pelibatan multi-representasi dalam penyajian dan pengolahan data dapat melatih kemampuan berkomunikasi tertulis aspek kemampuan multirepresentasi. Levy et al. (2008) mengklasifikasikan kemampuan berkomunikasi menjadi: 1) mencari informasi, 2) membaca ilmiah, 3) mendengarkan dan mengamati, 4) menulis ilmiah, 5) merepresentasikan informasi dalam berbagai modus representasi (mulirepresentasi), dan 6) mempresentasikan pengetahuan. Selain melatih kemampuan komunikasi, tahap pengolahan data juga melatih keterampilan berpikir kritis kategori *hypothesis testing*. Tinureh et al. (2017) menyatakan bahwa domain keterampilan berpikir kritis spesifik untuk kategori ini antara lain: *interpret a relationship between variables, infer a correct statement from a given data set, and judge the credibility of an information source*. Gambar 17 menunjukkan mahasiswa sedang melakukan proses pengolahan dan analisis data praktikum menggunakan bantuan ICT.

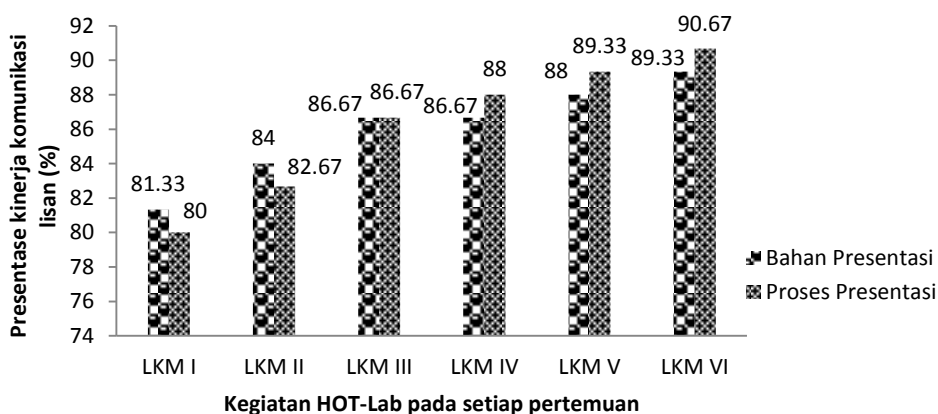


Gambar 17. Proses analisis data berbantuan ICT

Tahap penarikan kesimpulan juga melatih keterampilan berpikir kritis kategori *hypothesis testing* dan *argument analysis*. Tinureh et al. (2017)

menyatakan bahwa domain keterampilan berpikir kritis spesifik yang sesuai untuk kategori-kategori ini adalah *recognize the need for more information in drawing conclusions, identify when causal claims can and cannot be made, draw valid inferences from a given tabular or graphical information, check for adequate sample size and possible bias when a generalization is made, and criticize the validity of generalizations in an experiment*. Pada tahap penarikan kesimpulan dalam kegiatan *HOT-Lab* ada proses konfirmasi kesimpulan dengan prediksi, jika kesimpulan yang didapat dari kegiatan praktikum sudah sesuai dengan prediksi yang diajukan pada saat sebelum kegiatan praktikum dilaksanakan, maka tidak ada masalah, tetapi ketika kesimpulan yang didapat tidak sesuai dengan prediksi yang diajukan, maka kelompok praktikan tersebut menghadapi masalah, mereka harus segera menelusuri dan melakukan evaluasi untuk memutuskan apakah kesimpulan yang tidak tepat atau prediksi yang keliru.

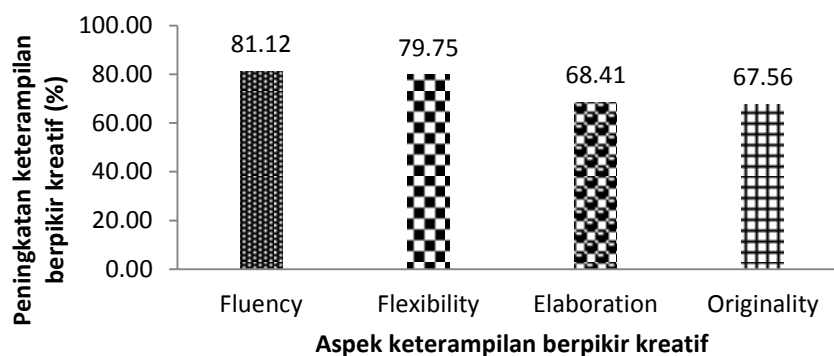
Tahap presentasi hasil kegiatan praktikum pada sesi pasca-praktikum dapat melatih keterampilan komunikasi lisan. Adanya *feedback* dan komentar dosen setiap kali mereka mempresentasikan hasil kegiatan praktikum, lambat laun akan terus meningkatkan keterampilan mereka dalam berkomunikasi secara lisan. Hal ini teramati dari keterampilan ini yang terus berkembang dari satu pertemuan ke pertemuan lain dan pada akhirnya mereka dapat memperoleh capaian keterampilan berkomunikasi lisan yang tinggi. Gambar 18 menunjukkan diagram perkembangan keterampilan komunikasi secara lisan dari pertemuan ke pertemuan kegiatan praktikum yang dilaksanakan.



Gambar 18. Perkembangan keterampilan komunikasi lisan

Hasil-hasil penelitian tersebut sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh para peneliti di manca negara yang menyebutkan bahwa aktivitas yang berbasis pemecahan masalah dapat melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi dalam hal ini keterampilan berpikir kritis dan kreatif (Raiyn & Tilchin, 2015; Seechaliao, 2017). Kegiatan *HOT-Lab* yang menggunakan tipe permasalahan *ill-defined problem*, melatih mahasiswa untuk berpikir secara alternatif sehingga keterampilan mahasiswa dalam memproduksi ide dapat dilatihkan.

Diantara aspek keterampilan berpikir kreatif yang dilatihkan, aspek keterampilan *originality* dan *elaboration* mengalami peningkatan paling rendah diantara aspek-aspek yang lainnya seperti ditunjukkan pada Gambar 19. Hal tersebut dapat dipahami, karena meskipun kedua aspek ini difasilitasi untuk terbangun melalui kegiatan praktikum, namun karena persoalan yang dihadapi masih standar serta alat dan bahan praktikum yang disediakan masih cukup memadai, maka aspek *originality* dan *elaboration* kurang terfasilitasi secara optimal melalui penerapan model *HOT-Lab* yang dikembangkan.



Gambar 19. Peningkatan aspek keterampilan berpikir kreatif terkait materi hukum Hooke

Namun demikian secara keseluruhan, berdasarkan paparan di atas dapat disimpulkan bahwa pada setiap tahapannya, model *HOT-Lab* ini memiliki kekuatan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif. Tipe kegiatan praktikum yang berorientasi pada pemecahan permasalahan seperti ini memfasilitasi mahasiswa untuk membangun keterampilan berpikir tingkat tinggi (Suprpto, et al., 2017).

Meskipun hasil analisis menunjukkan hasil positif dalam implementasi *HOT-Lab*, namun demikian terdapat hambatan yang membuat peningkatan keterampilan tidak meningkat secara signifikan terutama di awal kegiatan. Hambatan nyata yang dapat terjadi adalah beban kognitif yang dialami mahasiswa karena aktivitas pemecahan masalah dalam kegiatan praktikum didasarkan pada penerapan konsep Fisika yang relevan, maka keberhasilan mahasiswa melewati setiap tahap kegiatan *HOT-Lab* dari awal kegiatan hingga akhir kegiatan sangat ditentukan oleh kemampuan kognitif yang dimiliki mahasiswa. Beban kognitif ini sering terjadi dalam implementasi kegiatan pemecahan permasalahan (Sweller, 1988). Pada kasus ini, mahasiswa yang memiliki kemampuan kognitif pada level rendah akan kesulitan dalam mengikuti langkah-langkah pemecahan masalah, sehingga ada baiknya sebelum mereka masuk sesi laboratorium harus dipastikan memiliki pengetahuan kognitif yang baik. Namun demikian terlepas dari adanya kekurangan tersebut, model *HOT-Lab* sangat potensial untuk dijadikan alternatif bagi mahasiswa untuk memberikan pengalaman dan melatih keterampilan abad 21 diantaranya keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif dan berkomunikasi ilmiah.

Kefektifan model *HOT-Lab* dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif, dan keterampilan berkomunikasi tertulis dan lisan, juga ditunjang oleh keterlaksanaan tahapan-tahapan LKM *HOT-Lab* dengan baik selama kegiatan praktikum Fisika Dasar. Hasil baik dari suatu aktivitas akan didapat jika prosesnya dilaksanakan secara baik. Karena pemilikan keterampilan berpikir tingkat tinggi sangat ditentukan oleh kemauan dan kerja keras dari individu yang bersangkutan, maka para mahasiswa yang mengikuti bagian demi bagian dari model *HOT-Lab* secara sungguh-sungguh dan seksama segala petunjuk yang diberikan, tentu akan mendapatkan manfaat sebesar-besarnya dalam upaya peningkatan keterampilan tingkat tinggi. Di bagian hasil telah dipaparkan bahwa hampir seluruh tahapan kegiatan *HOT-Lab* dapat dilaksanakan baik oleh mahasiswa sebagai praktikan maupun oleh dosen sebagai fasilitator. Diyakini peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan keterampilan

berkomunikasi ilmiah yang dicapai oleh para mahasiswa sangat ditunjang oleh keterlaksanaan seluruh tahapan kegiatan *HOT-Lab*.

Peranan yang baik dari model *HOT-Lab* yang dikembangkan dalam memfasilitasi terjadinya peningkatan keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif dan keterampilan berkomunikasi tertulis dan lisan juga dirasakan betul oleh para mahasiswa. Ini setidaknya terlihat dari respons mereka terhadap pernyataan-pernyataan yang diberikan seputar model *HOT-Lab* dan penggunaannya dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar yang diberikan pada setiap akhir kegiatan praktikum. Hampir seluruh mahasiswa menyatakan persetujuan bahwa: model *HOT-Lab* yang digunakan dosen dapat memfasilitasi terjadinya peningkatan keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif dan keterampilan berkomunikasi tertulis dan lisan sehingga cukup menjanjikan digunakan untuk kegiatan praktikum Fisika Dasar yang berorientasi pembekalan dan pelatihan keterampilan berpikir tingkat tinggi bagi para mahasiswa calon guru Fisika.

I. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data terkait pengembangan model *Higher Order Thinking Laboratory (HOT-Lab)*, dapat ditarik kesimpulan telah dihasilkan produk model *HOT-Lab* teruji dan valid untuk kegiatan praktikum Fisika Dasar mahasiswa calon guru Fisika terkait materi Fisika Dasar. Model *Higher Order Thinking Laboratory (HOT-Lab)* memiliki karakteristik sebagai berikut: (a) berlandaskan teori konstruktivisme, (b) berorientasi pada kegiatan pemecahan masalah dengan mengaplikasikan konsep Fisika Dasar, (c) berorientasi pada pembekalan keterampilan berpikir kritis dan kreatif dalam pemecahan masalah, (d) menggunakan *real world problem* sebagai titik tolak kegiatan praktikum, e) menggunakan bantuan teknologi informasi dan komunikasi (TIK), dan f) *setting* kegiatannya kooperatif-kolaboratif.

J. Rekomendasi

Berdasarkan kesimpulan dan temuan dalam pengembangan model *HOT-Lab* ini, diajukan beberapa rekomendasi sebagai berikut:

1. Produk model *HOT-Lab* yang dihasilkan dapat digunakan oleh para dosen pengampu matakuliah Fisika Dasar di program studi Pendidikan Fisika dalam melaksanakan kegiatan praktikum Fisika Dasar.
2. Dapat dikembangkan lebih lanjut LKM *HOT-Lab* untuk konten-konten Fisika Dasar yang lainnya sehingga perbendaharaan LKM *HOT-Lab* untuk kegiatan praktikum Fisika Dasar menjadi lebih lengkap.

K. Implikasi

Implikasi apabila model *HOT-Lab* ini akan digunakan dalam kegiatan praktikum Fisika Dasar pada mahasiswa calon guru fisika, antara lain:

1. Perlu ketersediaan alat dan bahan yang memadai untuk seluruh konsep yang tercakup pada semua materi Fisika Dasar yang akan dipraktikumkan.
2. Perlu ketersediaan perangkat TIK yang memadai untuk *mensupport* kegiatan praktikum.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajeyalemi. (1993). *Teaching science by inquiry in the secondary school*. Second Edition, Columbus: Charles E. Merrill Publishing Company.
- Balcar, J., Blažičková, J., Braňka, J., Czesaná, V., Gavenda, M., & Grygerová, Š. (2011). *Transferability of skills across economic sectors: Role and importance for employment at European level*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Billet. (1996). *Learning and teaching concept: A strategy for testing applications of theory*. London: Academic Press Inc. Ltd.
- Binkley, M. dkk. (2012). Defining twenty-first century skills. Dalam P. Griffin, B. McGaw, & E. Care (Penyunting), *Assessment and teaching of 21st century skills*. (hlm. 17-66). New York: Springer.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R.R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy Press.
- Brewe, E., Kramer, L., & O'Brein, G (2009). Modeling instruction: Positive attitudinal shifts in introductory physics measures with class. *Physics Review Special Topics Physics Educational Resource*. 5 (1): 013102.

- Borg, W.R & Gall, M.D. (1983). *Educational research: An introduction*. 4th Ed. New York & London: Longman, Inc.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32–42.
- Bybee, R. (2000). Teaching science as inquiry. Dalam J. Minstrel & E. H. Van Zee (Penyunting), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (pp. 20–46). Wasington, DC: American Association for the Advancement of Science (AAAS).
- Carin, Arthur & Sund, R.B. (1997). *Teaching science through discovery* (6 edition). Ohio: Meril Publishing Company.
- Chang, Y., Li B. D., Chen, H. C., & Chiu, F. C. (2015), Investigating the synergy of creative thinking and creative thinking in the course of integrated activity in Taiwan. *Educational Psychology*, 35 (3), 341–360.
- Cohen, L., Manion, L., Lecturer, P., Morrison, K., & Lecturer, S. (2007). *Research methods in education* (6th ed.). Oxon: Routledge.
- Dam, G. T., & Volman, M. (2004). Critical thinking as a citizenship competence: teaching strategies. *Learning and Instruction*, 14 (4), 359–379
- Denicolo & Revees. (2013). what are transferable skills and why they are needed? Retrieved June 21, 2015, from [http://www.sagepub.com/upm-data/58777 Denicolo & Reeves.pdf](http://www.sagepub.com/upm-data/58777_Denicolo%20%26%20Reeves.pdf).
- Etkina, E., Murthy, S., & Zou, X. (2006). Using introductory labs to engage student in eksperimental design. *American Journal of Physics*. 74 (11), 979-986.
- Gipps. (1994). *Learning cooperative learning via cooperative learning: A source book of lesson plans for teacher education on cooperative learning*. Singapore: Regional Language Center.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66 (1), 64-74.
- Heller, P. & Heller, K. (2010). Problem solving labs, in cooperative group problem solving in physics. *Research Report*. Departement of physics university of Minnesota, (Online). Tersedia: <http://www.umn.org>. (2 Maret 2016).

- Hidayati, N. (2012). *Penerapan metode praktikum dalam pembelajaran kimia untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa*. [online] tersedia: <http://jurnal.ipa.com/2015/01/02>. [diakses 16 Januari 2015].
- Hegarty-Hazel, E. (1990). The student laboratory and the science curriculum: An overview. Dalam E. Hegarty-Hazel (Penyunting), *The student laboratory and the science curriculum* (hlm. 3-26). London: Routledge.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 71 (256), 33-40.
- _____. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22 (1), 85-142.
- Hofstein, A & Lunnetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201–217.
- _____. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty first century. *Science Education*, 88 (1), 28-54.
- Karelina, A., & Etkina, E. (2007). Acting like a physicist : Student approach study to experimental design. *Physical Review Physics Education Research*, 3(2), 1-12.
- Kaya, H., & Boyuk, U. (2011). Attitude towards physics lessons and physicals experiments of the high school students. *European J of Physics Education*, 2 (1), 23-31.
- Kirschner, P. A., & Meester, M. A. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives. *Higher Education*, 17 (1), 81–98.
- Koponen, T. I., & Mantyla, T. (2003). *Generative role of experiments in physics and in teaching physics: A suggestion for epistemological reconstruction*. Finland: Department of Physical Sciences, University of Helsinki.
- Krajcik, J., Blumenfeld, B., Marx, R., & Soloway, E. (2001). Instructional, curricular, and technological supports for inquiry in science classrooms. Dalam J. Minstrell & E. Van Zee (Penyunting), *Inquiring into inquiry: Science learning and teaching* (hlm. 283-315). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science Press.

- Kristiono. (2014). *Pengembangan model praktikum kontekstual pada praktikum Fisika Dasar untuk meningkatkan keterampilan generik sains dan pemahaman konsep*. (Disertasi). Sekolah Pascasarjana, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. Dalam D. L. Gabel (Penyunting), *Handbook of research on science teaching and learning* (hlm. 94-130). New York: Macmillan.
- Leak, A. E., Rothwell, S. L., Olivera, J., Zwickl, B., Vosburg, J., & Martin, K. N. (2017). Examining problem solving in physics-intensive PhD. research. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 1-13
- Levy, O. S., Eylon, B. S., & Scherz Z. (2008). Teaching communication skills in science: Tracing teacher change. *Teaching and Teacher Education*, 24 (2), 462-477.
- Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and centers for contemporary teaching. Dalam B. J. Fraser & K. G. Tobin (Penyunting), *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer.
- Lunette, V. N., & Hofstein (1991). Simulation and laboratory practical activity. Dalam B. E. Woolnough (Penyunting), *Practical Science* (hlm. 125-137). Milton Keynes: Open University Press.
- Mariana, A. M. I. (2005). *Hakikat pendidikan sains*. Bandung: Depdiknas Dirjen Dikdasmen P3G IPA.
- McDermott, C. L. (1999). A perspective on teacher preparation in physics and other sciences. *American Journal of Physics*, 58 (8), 734-742.
- Millar, R. (2004a). High school science laboratory: role and vision. *Paper Prepared for the Meeting: National Academy of Science*. Washington, DC. 3-4 Juni 2004. (Online). (Tersedia: <http://www7.nationalacademies.org/bose/millar-draft-paper-jun-04.pdf>. diakses 18/06/2015).
- Millar, R. (2004b). The role practical work in the teaching and learning of science. *Paper Prepared for the Committee: High School Science Laboratories: Role and Vision*, National Academy of Sciences. Washington, DC. Oktober 2004. (Online). (Tersedia: <http://id.scribd.com/doc/11195279/The-role-of-practical-work-in-the-teaching-and-learning-of-science>. diakses 19/06/2015).
- Moore, G. (1999). *Writing test item to evaluate higher order thinking*. Boston: Allyn and Bacon.

- Mumford, M. D., Medeiros, K. E., & Partlow, P. J. (2012). Creative thinking : processes , strategies , and knowledge. *Journal of Creative Behavior*, 46 (1), 30–47.
- Murphy, H. (1997). The role of instructional variables in conceptual change in high school physics topics. *Journal of Research In Science Teaching*, 31(9), 933-946.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- _____. (2000). *Inquiry and the national science education standard a guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nurhadi. (2002). *Pendekatan kontekstual*. Jakarta: Depdiknas.
- Ojediran I A, Oludipe D I, Ehindero O J (2014). Impact of laboratory-based instructional intervention on the learning outcomes of low performing senior secondary students in physics. *Creative Education*, 5, 197-206.
- Peraturan Presiden Nomor 8 tahun 2012 tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia.
- Penner, D. E., Lehrer, R., & Schauble, L. (1998). From physical models to biomechanics: A design based modeling approach. *The Journal of the Learning Sciences*, 7 (3&4), 429–449.
- Polman, J. L. (1999). *Designing project-based science: Connecting learners through guided inquiry*. New York: Teachers College Press.
- Raiyn, J., & Tilchin, O. (2015). Higher-order thinking development through adaptive problem-based learning. *Journal of Education and Training Studies*, 3(4), 93–100.
- Roth, W. M., & Roychoudhury, A. (1993). The development of science process skills in authentic contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (2), 127–152.
- Roth, W. M. (1995). *Authentic science: Knowing and learning in open-inquiry science laboratories*. Dordrecht: Kluwer.
- Seechaliao, T. (2017). Instructional strategies to support creativity and innovation in education. *Journal of Education and Learning*, 6 (4), 201–208.

- Steinbach, R. (2002). *Succesful lifelong learning*. Alih bahasa: Kumala Insiwi Suryo. Jakarta: Balai Pustaka.
- Subali, B & Elianawati. (2010). Penerapan model praktikum sebagai upaya untuk memperbaiki kualitas pelaksanaan praktikum Fisika Dasar. *Jurnal Dosenan DIPA FMIPA*. UNNES.
- Sukmara, D. (2007). *Implementasi life skill dalam KTSP melalui model manajemen potensial kodrati*. Bandung: Mughni Sejahtera.
- Suprpto, E., Fahrizal, F., Priyono, P., & Basri, K. (2017). The application of problem-based learning strategy to increase high order thinking skills of senior vocational school students. *International Education Studies*, 10(6), 123–129.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12 (2), 257–285.
- Szott, A. (2014). Open-ended laboratory investigations in a high school physics course: The difficulties and rewards of implementing inquiry-based learning in a physics lab. *The Physics Teacher*, 52 (17), 17-21.
- Tamir, P. (2005). An inquiry oriented laboratory examination. *Journal of Educational Measurement*, 11 (1), 25-33.
- Tiruneh, D. T., De Cock, M., Weldeslassie, A. G., Elen, J. & Janssen, R. (2017). Measuring critical thinking in physics: development and validation of a critical thinking test in electricity and magnetism. *Int J of Sci and Math Educ*, 15 (4), 663–682.
- Tipler, P. (1998). *Fisika untuk sains dan teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Tobin, K. G. (1990). Research on science laboratory activities. in pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90 (5), 403–418.
- Tsai, C. dan Tuan, H. (2006). *Investigating the inquiri-based instruction effects the 8th graders' perceptions about learning environments in the Physical Science*. Hongkong: APERA Conference.
- Ünal, C & Özdemir, Ö. F. A physics laboratory course designed using problem-based learning for prospective physics teacher. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 1(1), 29-33.
- Van Heuvelen, A. (2001). The workplace, student minds, and physics learning systems. *Journal American of Physics*, 69 (11), 1139-1146.

- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. New York: Cambridge University Press.
- Wenning, C. J. (2006). A framework for teaching the nature of science. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 3 (3), 3-10.
- _____. (2011). Experimental inquiry in introductory physics courses. *Journal of Physics Teacher Education*, 6 (2), 2-8.
- Wieman, C. (2015). Comparative cognitive task analyses of experimental science and instructional laboratory courses. *The Physics Teacher*, 53(349), 2013–2016.
- Williams, S. M., & Hmelo, C. E. (1998). Guest editors' introduction. *The Journal of the Learning Sciences*, 7 (3), 265–270.
- Woolnough, B. E. (1994). Why students choose physics or reject it. *Physics Education*, 29 (6), 368-374.
- Woolnough, B. & Allsop, T. (1985) *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zegekwa, N. (2011). Students' attitudes towards advanced level physics practical work. *Journal of Education*, 1 (2), 31-35.