

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan tinggi merupakan bagian dari sistem pendidikan nasional yang memiliki peran strategis dalam mencerdaskan kehidupan bangsa dan memajukan iptek. Salah satu tujuan pendidikan tinggi sebagaimana dijelaskan dalam Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012 adalah mengembangkan potensi mahasiswa menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan YME, berakhlak mulia, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, terampil, kompeten, dan berbudaya, serta menghasilkan lulusan yang menguasai cabang iptek yang diperoleh melalui serangkaian proses pembelajaran. Dalam konteks ini, pendidikan tinggi diselenggarakan dengan prinsip keteladanan, kemampuan dan pengembangan kreativitas, serta pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa (*student centered learning*). Proses pembelajaran yang dilakukan harus bersifat interaktif, holistik, integratif, saintifik, tematik, kontekstual, efektif, dan kolaboratif yang menggambarkan karakteristik paradigma pembelajaran abad 21.

Paradigma pembelajaran abad 21 menempatkan mahasiswa sebagai insan dewasa yang memiliki kesadaran dalam mengembangkan potensi diri untuk menjadi intelektual, ilmuwan, praktisi, dan profesional yang berbudaya. Mahasiswa aktif mengembangkan potensinya melalui pembelajaran, pencarian kebenaran ilmiah, dan pengembangan suatu cabang ilmu pengetahuan dan teknologi. Mahasiswa harus diberi kesempatan mengembangkan berbagai kompetensi penting dalam rangka menyiapkan sumber daya manusia yang kompetitif dan adaptif pada era persaingan global. Pembelajaran yang diselenggarakan di perguruan tinggi harus mampu mendorong dan mengakomodasi beragam aktivitas belajar mahasiswa agar mereka memperoleh pengetahuan dan pengalaman yang beragam.

Pendidikan tinggi harus melakukan berbagai upaya untuk mengantisipasi transformasi pendidikan yang semakin cepat. Upaya yang dapat dilakukan diantaranya dengan mengadaptasi konsep pendidikan abad 21 dalam rangka menghadapi tantangan era disrupsi/era industri 4.0 (Yahya, 2018) dan mewujudkan pendidikan Indonesia Kreatif Tahun 2045 (Murti, 2013). Konsep pendidikan abad

21 pada era industri 4.0 diantaranya dicirikan oleh pembekalan dan pengembangan keterampilan abad 21 (Trilling & Fadel, 2009), penekanan pada penilaian autentik pada proses pembelajaran (Ormiston, 2011), penekanan penggunaan bahan pembelajaran berbasis teknologi informasi dan komunikasi (Yahya, 2018), dan penekanan pada pembekalan literasi baru yang terdiri atas literasi digital, literasi teknologi, dan literasi manusia (Aoun, 2017). Literasi digital ditujukan untuk meningkatkan kemampuan membaca, menganalisis, menggunakan dan mengembangkan informasi digital secara tepat; literasi teknologi ditujukan untuk meningkatkan pemahaman cara kerja dan aplikasi teknologi; dan literasi manusia ditujukan untuk meningkatkan kemampuan berkomunikasi pada dunia global (Aoun, 2017)

Menurut *21st Century Partnership Learning Framework* (BSNP, 2010), terdapat sejumlah keterampilan abad 21 yang harus dibekalkan pada peserta didik melalui pembelajaran pada era industri 4.0, yaitu keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah, kreativitas dan inovasi, keterampilan berkomunikasi dan bekerjasama, keterampilan mencipta dan membaharui, literasi teknologi informasi dan komunikasi (literasi ICT), serta literasi media. Keterampilan-keterampilan tersebut sangat penting untuk dibekalkan kepada mahasiswa agar mereka dapat beradaptasi pada berbagai tantangan era industri 4.0 yang diantaranya meliputi tantangan globalisasi (meliputi keterampilan jaringan, pemahaman proses, dan kemampuan berbahasa); meningkatnya kebutuhan akan inovasi (meliputi kreativitas, pemecahan masalah, pengetahuan mutakhir, bekerja di bawah tekanan, dan keterampilan teknis); permintaan layanan lebih tinggi (meliputi pemecahan konflik, kemampuan komunikasi, keterampilan berjejaring, dan keterampilan berkompromi); perubahan demografi dan nilai sosial (meliputi kemampuan mentransfer pengetahuan, dan fleksibilitas waktu dan tempat); peningkatan kerja virtual (meliputi fleksibilitas waktu dan tempat, keterampilan teknologi dan media, dan pemahaman keamanan teknologi informasi); pertumbuhan kompleksitas proses; perkembangan teknologi dan penggunaan data; kemampuan kerja sama dan kolaborasi (meliputi kemampuan bekerja dalam tim, kemampuan komunikasi virtual, dan keterampilan media dan teknologi informasi) (Hecklaue, dkk. 2016).

Terdapat kesesuaian antara kebutuhan pengembangan keterampilan abad 21 dan tuntutan terhadap perguruan tinggi atas kualitas lulusannya. Perguruan tinggi harus mampu menghasilkan lulusan dengan keterampilan yang responsif terhadap kompleksitas dan dinamika kebutuhan dunia kerja (Andrews & Higson, 2008), dan menghasilkan lulusan yang dapat melakukan pengembangan berkelanjutan di masyarakat (AASHE, 2010). Perguruan tinggi harus menghasilkan lulusan dengan keterampilan-keterampilan penting agar mampu beradaptasi pada isu-isu global pada era industri 4.0 seperti meningkatnya populasi dunia, masalah kesehatan dan kemiskinan (AASHE, 2010); perubahan lingkungan hidup; kemajuan bidang ICT (internet), dan diberlakukannya Masyarakat Ekonomi Asean (MEA) sejak akhir Tahun 2015. Perguruan tinggi dituntut mampu menyiapkan generasi masa depan yang sukses dalam perkembangan dunia yang semakin kompleks, interdependen, dan dikendalikan oleh derasnya arus informasi (ETS, 2003).

Pembelajaran fisika sebagai bagian dari pendidikan sains memiliki peran sentral dalam pengembangan pembelajaran berorientasi konsep pendidikan abad 21. Hal ini sesuai dengan rumusan paradigma pendidikan nasional masa depan yang menekankan bahwa pendidikan harus berorientasi pada matematika dan sains alam disertai dengan sains sosial dan humaniora dengan keseimbangan yang wajar (BNSP, 2010). Pembelajaran fisika harus ditekankan pada tujuan yang mencakup dimensi pengetahuan dan pemahaman, penggalan dan penemuan, imajinasi dan kreativitas, sikap dan nilai, serta dimensi penerapan fisika. Kelima dimensi tersebut harus dimunculkan secara bersamaan agar peserta didik mengalami proses pembelajaran bermakna. Pembelajaran ini diantaranya dicirikan oleh aktivitas yang menekankan pada proses berpikir dan bernalar melalui penyelidikan, penemuan, pemecahan masalah, dan penerapan metode ilmiah.

Pemahaman dan pengalaman peserta didik dalam pembelajaran fisika dapat dibentuk melalui apa yang dipelajari dan bagaimana cara mempelajarinya. Apa yang dipelajari berkaitan dengan pandangan tentang fisika sebagai produk dan bagaimana mempelajarinya berkaitan dengan fisika sebagai proses (Wattimena, Suhandi & Setiawan, 2014). Hal ini berimplikasi pada sebuah keniscayaan bahwa untuk menghasilkan pembelajaran fisika secara utuh, maka peserta didik harus dilibatkan dalam beragam aktivitas dengan dukungan sumber daya yang memadai,

seperti guru yang kompeten, peralatan laboratorium sesuai standar kebutuhan, dan lingkungan pembelajaran yang mendukung. Terlebih lagi pada level perguruan tinggi, bidang kajian fisika menjadi semakin luas dan banyak melibatkan konsep abstrak dan gejala/fenomena mikroskopis sehingga dibutuhkan peralatan praktikum tingkat lanjut. Berbagai sumber daya tersebut dibutuhkan agar pembelajaran fisika dapat membekalkan keterampilan abad 21 bagi peserta didik secara efektif.

Keterampilan abad 21 yang menjadi inti konsep pendidikan abad 21 dapat dikembangkan melalui proses pembelajaran fisika, baik di kelas maupun di laboratorium. Beberapa bentuk keterampilan abad 21 yang potensial dikembangkan melalui pembelajaran fisika diantaranya adalah keterampilan berpikir kritis (*critical thinking skills*), keterampilan pemecahan masalah (*problem solving skills*), dan keterampilan berpikir kreatif (*creative thinking*). Keterampilan berpikir tersebut sangat dibutuhkan dalam proses pengkonstruksian pengetahuan peserta didik lebih lanjut. Keterampilan ini akan berkembang dengan baik apabila proses pembelajaran secara sengaja diarahkan untuk mengembangkannya.

Keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*) potensial dikembangkan melalui beragam konsep dan strategi belajar yang sesuai (Penner, 1998). Terdapat beberapa alasan bagi pentingnya pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, diantaranya yaitu: (1) peserta didik dituntut memiliki kemampuan dalam memilih dan memilah informasi secara tepat diantara beragam informasi yang melingkupi kehidupannya, (2) peserta didik harus memiliki kemampuan memecahkan berbagai masalah kontekstual secara kritis dan kreatif, (3) berpikir kritis dan pemecahan masalah merupakan salah satu kunci penting bagi perkembangan kreativitas seseorang, dan (4) banyak pekerjaan yang mensyaratkan penguasaan keterampilan berpikir tingkat tinggi sebagai kunci keberhasilannya (Zamroni & Mahfudz, 2009). Menurut Feldman (2002), peserta didik akan tinggal dan bekerja di dunia yang cepat berubah, arus informasi yang kian bertambah cepat, dan persyaratan kerja yang terus menerus meningkat. Dengan banyaknya pilihan strategi dan arah yang akan dihadapi, peserta didik/pekerja pada masa sekarang memerlukan keterampilan berpikir tingkat tinggi agar mampu memutuskan pola yang paling efektif. Oleh karena itu, pembekalan keterampilan berpikir tingkat

tinggi seperti keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif, dan pemecahan masalah melalui proses pembelajaran menjadi sangat penting.

Salah satu bentuk aktivitas pembelajaran fisika yang dapat dijadikan sebagai wahana bagi pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi adalah kegiatan praktikum. Kegiatan praktikum tidak dapat dipisahkan dari pembelajaran fisika mengingat beberapa pertimbangan, yaitu praktikum dapat membangkitkan motivasi dan prestasi belajar fisika, mengembangkan keterampilan dasar bereksperimen, dan menjadi wahana belajar mengaplikasikan metode ilmiah (Hofstein & Lunetta, 2003); mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (McDermott, 1999), membekalkan kemampuan praktis (Deacon & Hajek, 2010); dan dapat digunakan sebagai wahana untuk mengkonfrontasi prakonsepsi siswa (Srisawasdi & Kroothkeaw, 2014).

Meskipun aktivitas praktikum diyakini dapat memberikan berbagai manfaat dalam pembelajaran fisika, namun pada kenyataannya belum dapat dilakukan secara maksimal di sekolah-sekolah dan LPTK di Indonesia. Hal tersebut sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu yang menemukan bahwa keterlaksanaan praktikum fisika di banyak sekolah menengah atas di Propinsi Bengkulu masih berada pada kategori rendah (Putri, Risdianto & Sutarno, 2017a; Putri & Sutarno, 2014). Terungkap bahwa rendahnya keterlaksanaan praktikum fisika disebabkan oleh minimnya peralatan praktikum di sekolah, keterbatasan waktu pembelajaran fisika, dan kesulitan guru dalam mengelola praktikum baik dalam perencanaan maupun pelaksanaannya. Juga ditemukan bahwa praktikum fisika yang sudah berhasil dilaksanakan pada level sekolah umumnya masih bersifat verifikatif (konvensional) menggunakan lembar kerja siswa (LKS) bercirikan buku resep masak (*cookbook*). Selain itu, Wattimena, Suhandi dan Setiawan (2014) menemukan bahwa praktikum fisika yang dilakukan di LPTK umumnya belum diorientasikan pada pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa calon guru fisika. Praktikum fisika yang dilakukan di banyak LPTK masih bersifat verifikatif dengan tujuan utama membuktikan (memverifikasi) kebenaran teori atau konsep yang sebelumnya dipelajari di kelas.

Model praktikum verifikasi kurang akomodatif terhadap pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi karena lebih ditujukan pada aktivitas

pembuktian kebenaran konsep dalam tataran praktik dari pada investigasi untuk memecahkan masalah secara kritis dan kreatif (McDermott, 1999). Mahasiswa umumnya tidak memiliki pemahaman yang baik terhadap tujuan kerja di laboratorium. Mahasiswa sering merasa bahwa tujuan penting dari praktikum adalah mengikuti instruksi yang terdapat pada buku penuntun praktikum dengan benar atau untuk memperoleh jawaban yang benar sesuai teori atau konsep yang sudah ada. Mahasiswa kurang menyadari dan kurang diberi ruang untuk memahami bahwa tujuan yang paling penting dari aktivitas laboratorium adalah tujuan prosedural (dimensi proses) dan konseptual yang syarat dengan proses kognitif (Hofstein & Lunetta, 2003). Praktikum verifikasi hanya fokus pada penyelesaian tugas untuk membangun pemahaman konsep yang dipelajari. Mahasiswa tidak banyak dilibatkan dalam aktivitas mengidentifikasi variabel, merumuskan hipotesis, menguji hipotesis, merancang investigasi dan analisis data, serta memberikan penjelasan (eksplanasi).

Kelemahan model praktikum verifikasi diantaranya dapat diidentifikasi berdasarkan karakteristik lembar kerja praktikum (buku penuntun praktikum) yang digunakan. Lembar kerja praktikum fisika pada model ini memuat langkah-langkah percobaan yang telah disiapkan oleh dosen secara rinci layaknya buku resep masak. Langkah-langkah tersebut merupakan prosedur baku yang harus diikuti selama aktivitas praktikum. Tugas mahasiswa hanyalah menjalankan prosedur tersebut secara benar tanpa harus banyak terlibat dalam proses berpikir untuk menghasilkan gagasan/ide-ide baru. Permasalahan pada lembar kerja praktikum biasanya dinyatakan dalam bentuk tujuan praktikum yang diberikan di bagian awal lembar kerja. Pada model ini, sebagian besar waktu mahasiswa dihabiskan untuk menjalankan aktivitas teknis dan prosedural laboratorium dengan keterampilan berpikir tingkat rendah. Kenyataan ini menyebabkan interaksi antara siswa dan guru menjadi minim. Desain aktivitas laboratorium verifikasi kurang sejalan dengan konsep pembelajaran abad 21 yang diantaranya menekankan pada pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Model aktivitas laboratorium verifikasi kurang relevan dengan konsep pembelajaran fisika abad 21 karena banyak karakteristik konsep pembelajaran abad 21 yang tidak terakomodasi dalam aktivitas praktikum verifikasi. Beberapa

karakteristik pembelajaran abad 21 yang berorientasi pada pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi diantaranya yaitu: (1) menghadirkan contoh pemodelan dan penerapan proses berpikir dalam pemecahan masalah, (2) menghadirkan pertanyaan-pertanyaan dilema dan permasalahan-permasalahan baru yang tidak biasa (*nonroutine*), dan melibatkan pendekatan/strategi pemecahan masalah, (3) melibatkan *scaffolding* (bantuan belajar), (4) memuat aktivitas latihan, elaborasi, organisasi, dan metakognisi, (5) memuat pemberian umpan balik dengan segera, spesifik, dan tepat sehingga siswa memperoleh informasi perkembangan belajarnya, (6) melibatkan siswa dalam aktivitas kolaborasi, (7) mengintegrasikan teknologi komputer dalam aktivitas pembelajaran untuk membangun keterampilan analogi verbal, berpikir logis, penalaran deduktif/induktif, inferensi, dan pemecahan masalah (Lewis & Smith, 1993). Berpikir tingkat tinggi akan muncul apabila mahasiswa dihadapkan pada permasalahan yang tidak biasa, tidak pasti, dilema, dan pilihan-pilihan yang sulit. Proses berpikir tingkat tinggi terjadi ketika mahasiswa memperoleh informasi baru, menyimpannya dalam memori, kemudian menghubungkan, menyusun kembali, dan mengembangkan informasi tersebut untuk menemukan jawaban-jawaban yang memungkinkan dalam situasi yang membingungkan/mengandung ketidakpastian (King, Goodson & Rohani, 2011). Aktivitas-aktivitas penting tersebut jarang ditemukan pada kegiatan praktikum verifikasi.

Selain beberapa keterbatasan seperti telah diuraikan di atas, Hofstein dan Lunetta (2003) menyebutkan bahwa salah satu kelemahan dalam kegiatan praktikum verifikatif adalah kurangnya pelibatan sumber daya ICT (komputer) secara maksimal dalam prosedur investigasi, visualisasi, analisis data, dan komunikasi hasil dalam beragam bentuk representasi. Penggunaan teknologi komputer umumnya hanya dalam batas untuk kepentingan penulisan laporan praktikum. Kenyataan ini belum sejalan dengan konsep pembelajaran abad 21 yang diantaranya menekankan pada penguasaan peserta didik akan teknologi informasi dan komunikasi melalui proses pembelajaran (BSNP, 2010).

Banyak manfaat yang dapat diperoleh melalui pengintegrasian teknologi komputer dalam kegiatan praktikum. Sutrisno (2012) menyatakan bahwa penggunaan teknologi komputer dalam kegiatan praktikum dapat mendorong

aktivitas: (1) membangun konsep seperti demonstrasi, simulasi konsep abstrak dan mikroskopis, organisasi data, analisis data; (2) membangun prosedur pengetahuan seperti latihan, pengamatan, pengumpulan data; dan (3) membangun ungkapan seperti melakukan presentasi, membuat peta konsep, membuat tabel data, membuat grafik atau bentuk ungkapan lainnya. Pengintegrasian teknologi ICT dalam aktivitas investigasi dapat mempromosikan literasi ICT siswa yang sangat berguna di dalam kehidupannya (ETS, 2003).

Terdapat beberapa model aktivitas laboratorium yang dapat dijadikan sebagai alternatif pilihan bagi keterbatasan model praktikum verifikasi, diantaranya yaitu model praktikum inkuiri atau *inquiry laboratory* (IL) dan praktikum berorientasi pemecahan masalah atau *problem solving laboratory* (PSL). Dibandingkan model verifikasi, kedua model tersebut lebih banyak melibatkan siswa pada proses berpikir dan membangun makna melalui serangkaian investigasi. Model IL ditujukan untuk melatih keterampilan proses sains; melatih kemampuan menetapkan hukum empiris berdasarkan bukti dan logika; berfokus pada penemuan konsep-konsep baru, prinsip, atau hubungan empiris; melatih keterampilan merancang dan melakukan penyelidikan ilmiah; serta melatih keterampilan menggunakan teknologi dan matematika dalam prosedur investigasi (Wenning, 2005). Sementara itu, model PSL ditujukan untuk melatih mahasiswa menggunakan strategi pemecahan masalah dalam memecahkan masalah (Heller & Heller, 2010). Model PSL digunakan untuk menggambarkan dan mendukung apa yang telah dipelajari melalui pemberian permasalahan baru (konteks masalah) untuk dipecahkan melalui aktivitas laboratorium. Mahasiswa harus menerapkan pengetahuan, teori dan konsep yang telah dipelajarinya, menggali informasi baru, menghubungkannya, menyusun kembali, dan mengembangkan informasi tersebut untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi. Model PSL dirancang untuk melatih, membekalkan, dan meningkatkan keterampilan pemecahan masalah.

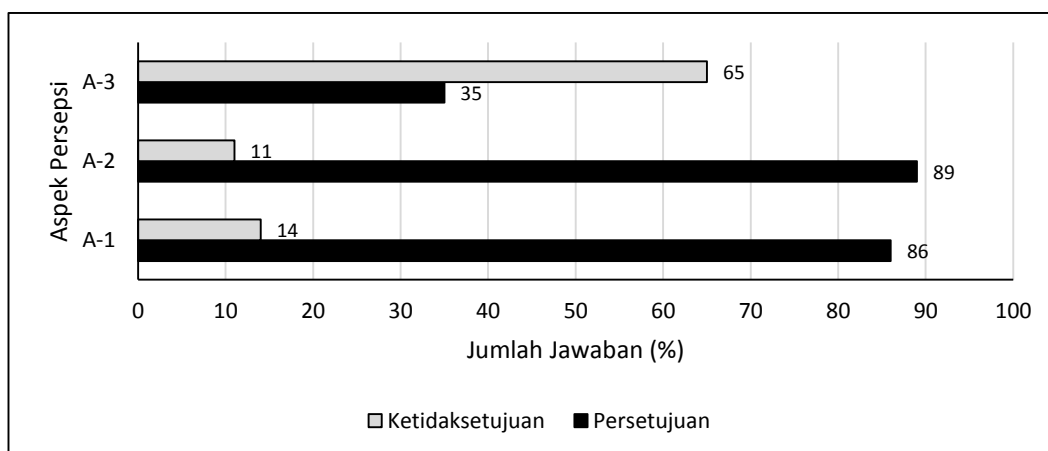
Dibandingkan model verifikasi, sintaks dan karakteristik model IL dan PSL lebih memperlihatkan tahapan-tahapan prosedur investigasi yang lebih lengkap dan mencerminkan langkah-langkah strategi pemecahan masalah yang lebih terstruktur. Sintaks model IL meliputi: pertanyaan terbuka (*open-ended inquiry question*), informasi ilmiah (*scientific background/information*), formulasi hipotesis,

pengujian hipotesis, prosedur/ desain, analisis data, kesimpulan/penegasan hasil, dan komunikasi hasil (Yager, 2009; Srisawasdi & Kroothkeaw, 2014). Sementara itu, sintaks model PSL meliputi: persiapan, konteks masalah, prediksi, pertanyaan metode, eksplorasi, pengukuran, analisis data, kesimpulan, dan komunikasi hasil (Heller & Heller, 2010). Pada kedua model aktivitas laboratorium tersebut, mahasiswa dilibatkan dalam aktivitas merumuskan prediksi, merancang dan melakukan penyelidikan ilmiah untuk menguji hipotesis, menganalisis dan menginterpretasi data, membuat kesimpulan, dan mengkomunikasikan hasil praktikum.

Meskipun tahapan dan aktivitas praktikum pada model IL dan PSL telah mencerminkan upaya untuk mendorong mahasiswa lebih banyak terlibat dalam proses berpikir dan proses sains, namun kedua model laboratorium tersebut belum memberikan penekanan pada pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi secara terstruktur, terutama pada aspek berpikir kreatif. Model tersebut lebih fokus pada upaya melatih keterampilan melakukan penyelidikan ilmiah, keterampilan menetapkan hukum empiris berdasarkan bukti (data), keterampilan proses sains, dan keterampilan menerapkan strategi pemecahan masalah. Pada tahapan praktikum, mahasiswa belum diarahkan untuk menghasilkan dan mengembangkan berbagai gagasan/ide-ide atau tindakan yang memungkinkan, serta memilih gagasan atau tindakan yang paling tepat untuk memecahkan masalah yang dihadapi dari beberapa opsi yang ada. Dengan kata lain, kedua model aktivitas laboratorium belum diarahkan untuk membekali mahasiswa pada aspek berpikir kreatif dalam prosedur pemecahan masalah (*creative problem solving*). Keterampilan pemecahan masalah secara kreatif dapat dibekalkan apabila mahasiswa dilibatkan dalam proses berpikir konvergen (*convergent tinkering*) dan berpikir divergen (*divergent thinking*) secara bersama-sama dalam proses pemecahan masalah (Parnes, 1992).

Belum maksimalnya pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui kegiatan praktikum ditunjukkan pula oleh data persepsi yang diberikan oleh 113 mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika di sebuah LPTK di Bengkulu pada Tahun Akademik 2017/2018 terkait kegiatan praktikum dan aspek keterampilan berpikir tingkat tinggi yang telah dibekalkan melalui kegiatan praktikum. Mahasiswa yang terlibat pada studi ini merupakan mahasiswa yang sedang atau

sudah pernah mengikuti kegiatan praktikum fisika. Angket persepsi terhadap kegiatan praktikum yang digunakan memuat 3 aspek persepsi yaitu motivasi praktikum, pentingnya kegiatan praktikum, dan pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui praktikum. Mahasiswa diminta memberikan persetujuan (sangat setuju atau setuju) atau ketidaksetujuan (tidak setuju atau sangat tidak setuju) terhadap setiap pernyataan yang diberikan. Berdasarkan analisis data diperoleh bahwa hampir seluruh mahasiswa menyatakan memiliki motivasi untuk melakukan praktikum fisika (A-1), hampir seluruh mahasiswa memberikan persetujuan akan pentingnya kegiatan praktikum dalam pembelajaran fisika (A-2), dan hanya sebagian kecil mahasiswa yang menyatakan bahwa praktikum yang dilakukan selama ini telah melatih dan membekalkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (A-3) atau dengan kata lain sebagian besar mahasiswa menyatakan bahwa praktikum yang telah dilakukan belum melatih dan membekalkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (A-3). Rekapitulasi hasil analisis data ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Persepsi Mahasiswa Terhadap Motivasi, Manfaat Praktikum, dan Pembekalan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Melalui Praktikum

Berdasarkan Gambar 1.1 dapat diamati bahwa hampir seluruh mahasiswa menyatakan memiliki motivasi untuk melakukan praktikum fisika (86%) dan menganggap praktikum sebagai aktivitas penting dalam pembelajaran fisika (89%). Sementara itu, pada aspek pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi, sebagian besar mahasiswa (65%) menyatakan ketidaksetujuan terhadap item persepsi yang menyatakan bahwa praktikum yang telah dilakukan selama ini dapat melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi. Secara lebih rinci, jumlah

mahasiswa yang menyatakan ketidaksetujuan bahwa praktikum yang telah dilakukan dapat melatih dan membekalkan keterampilan berpikir kritis ada sebanyak 56%, keterampilan pengambilan keputusan ada sebanyak 65%, keterampilan berpikir kreatif ada sebanyak 78%, dan keterampilan pemecahan masalah ada sebanyak 59%. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa mahasiswa memiliki persepsi bahwa praktikum fisika yang selama ini dilakukan belum melatih dan membekalkan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Selain itu, indikator lemahnya keterampilan berpikir tingkat tinggi yang dimiliki mahasiswa calon guru fisika di LPTK tersebut ditunjukkan oleh hasil studi pendahuluan terkait profil awal keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah mahasiswa. Terdapat tiga indikator berpikir kritis yang digunakan untuk mengeksplorasi keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada studi tersebut, yaitu keterampilan menggunakan strategi logis, keterampilan menerapkan prinsip fisika, dan keterampilan menarik kesimpulan berdasarkan data (Ennis, 1996). Sedangkan keterampilan pemecahan masalah dieksplorasi menggunakan indikator pemecahan masalah yang diadopsi dari kerangka kerja Docktor dan Heller (2009) yaitu keterampilan membuat sketsa fisis yang merepresentasikan masalah, keterampilan menentukan pendekatan fisika yang sesuai, keterampilan menerapkan prinsip fisika pada situasi khusus, keterampilan memformulasikan persamaan fisika, keterampilan prosedur matematis, dan keterampilan melakukan evaluasi pada pemecahan yang diperoleh. Hasil studi menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis mahasiswa berada pada kategori sedang (Sutarno, 2016) dan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa masih berada pada kategori rendah (Sutarno, Setiawan, Kaniawati & Suhandi, 2017).

Atas dasar adanya penekanan pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui proses pembelajaran pada konsep pembelajaran abad 21, kenyataan masih adanya berbagai kelemahan pada model aktivitas laboratorium verifikasi yang umumnya digunakan pada praktikum fisika, dan masih rendahnya keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa sebagaimana telah diuraikan di atas, dipandang perlu untuk mengembangkan model aktivitas laboratorium baru dengan karakteristik: (1) berorientasi pada pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi (berpikir kritis, berpikir kreatif, dan pemecahan masalah); (2) menggunakan

konteks permasalahan dunia nyata yang memuat masalah-masalah *nonroutine*, dilema, ketidakpastian, dan tantangan yang dapat mendorong dan mengarahkan mahasiswa pada proses investigasi untuk memecahkan masalah secara kritis dan kreatif; dan (3) melibatkan semaksimal mungkin teknologi komputer dalam proses investigasi, analisis data, dan komunikasi hasil praktikum.

Pengembangan model aktivitas laboratorium berorientasi pada pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang efektif diterapkan pada materi fisika tingkat lanjut perlu dilakukan mengingat sebagian besar materi fisika berisi gejala-gejala atau fenomena mikroskopis pada dimensi atom/sub atom. Untuk mengatasi keterbatasan ketersediaan peralatan lab dan keterbatasan kemampuan peralatan dalam mendeteksi fenomena-fenomena mikroskopis, maka model aktivitas lab yang dikembangkan harus melibatkan penggunaan teknologi *virtual lab* untuk memvisualisasi fenomena-fenomena mikroskopis sehingga menjadi lebih konkret dan mudah dipahami oleh mahasiswa.

1.2 Identifikasi Masalah

Mata kuliah fisika modern merupakan salah satu mata kuliah yang menempatkan kegiatan praktikum sebagai bagian penting dalam pembelajarannya. Salah satu tujuan dari mata kuliah fisika modern di salah satu LPTK di Bengkulu adalah meningkatkan pemahaman konsep dan membekali pengetahuan tentang tata cara pengukuran dan pengamatan yang berkaitan dengan materi fisika modern melalui kegiatan eksperimen, serta membekali pengalaman dalam melaksanakan kegiatan eksperimen tingkat lanjut. Konsep fisika yang terlibat dalam pembelajaran matakuliah fisika modern memiliki tingkat abstraksi dan kompleksitas yang tinggi sehingga dibutuhkan dukungan peralatan praktikum tingkat lanjut.

Berdasarkan hasil studi awal berupa wawancara dan diskusi dengan koordinator praktikum dan dosen pengampu mata kuliah fisika modern di Prodi Pendidikan Fisika di salah satu LPTK di Kota Bengkulu, didapatkan gambaran bahwa keterlaksanaan praktikum pada mata kuliah ini masih relatif rendah dengan topik-topik praktikum yang cenderung monoton dari waktu ke waktu. Selain itu, berdasarkan hasil reviu dokumen penuntun praktikum fisika modern yang digunakan, diperoleh gambaran bahwa jumlah konsep-konsep fisika modern yang telah berhasil dieksplorasi melalui kegiatan praktikum masih relatif minim dan

dengan kajian konsep masih relatif dangkal. Topik-topik praktikum fisika modern yang selama ini telah dilakukan yaitu: (1) peluruhan radioaktif (penentuan konstanta peluruhan dan waktu paroh), (2) sifat-sifat sinar laser (pengukuran panjang gelombang sinar laser), (3) sifat dielektrik bahan (pengukuran impedansi bahan), (4) spektrometer (penentuan indeks bias prisma), dan (5) interferometer (pengukuran panjang gelombang laser He-Ne).

Minimnya jumlah dan kedalaman konsep fisika modern yang telah berhasil dieksplorasi melalui kegiatan praktikum terutama disebabkan oleh minimnya ketersediaan peralatan praktikum tingkat lanjut. Kenyataan ini ditunjukkan oleh hasil *field study* yang dilakukan Sutarno (2015) yang menyatakan bahwa sarana dan prasarana laboratorium fisika di LPTK tersebut masih belum sesuai dengan standar kebutuhan minimal sehingga kurang memiliki daya dukung bagi pelaksanaan praktikum fisika. Selain karena alasan keterbatasan alat, dosen juga mengalami kesulitan baik dalam merancang desain praktikum maupun dalam mengembangkan peralatan baru. Dosen juga belum memiliki cukup waktu untuk menghasilkan berbagai alternatif solusi dalam upaya mengatasi keterbatasan yang ada. Akibatnya, bentuk dan topik praktikum pada matakuliah fisika modern dari tahun ketahun cenderung monoton dengan mempertahankan model praktikum verifikasi dengan topik-topik yang sudah biasa, dan dengan kedalaman konsep yang minimal. Model praktikum verifikasi yang selama ini diterapkan dapat berpotensi menimbulkan permasalahan dan hambatan belajar bagi mahasiswa. Aktivitas laboratorium verifikasi tidak memiliki potensi yang baik dalam membekalkan keterampilan berpikir tingkat tinggi sebagai bagian penting dari kompetensi yang harus dikuasai mahasiswa (Hofstein & Lunetta, 2003).

Mengingat karakteristik materi mata kuliah fisika modern yang lebih banyak memuat konsep-konsep mikroskopis, maka model praktikum yang dikembangkan harus melibatkan sumber daya atau media yang mampu memvisualisasikan konsep-konsep abstrak dan mikroskopis. Visualisasi konsep abstrak ke dalam bentuk yang lebih nyata bertujuan agar mahasiswa dapat memahami konsep-konsep yang dipelajari secara efektif. Model praktikum baru yang dihasilkan diharapkan dapat dijadikan sebagai alternatif pengiring (suplemen) bagi keterlaksanaan topik-topik praktikum matakuliah fisika modern yang selama ini telah berhasil dilaksanakan.

Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan keterbatasan peralatan praktikum dan banyaknya keterlibatan konsep-konsep abstrak dan mikroskopis adalah melalui penggunaan peralatan virtual (*virtual apparatus*) dalam bentuk simulasi komputer interaktif (*virtual lab*). Penggunaan *virtual lab* tepat dilakukan mengingat manfaat yang dapat dihasilkannya, diantaranya yaitu kegiatan praktikum virtual dapat memberikan efisiensi pembiayaan; memiliki kemampuan untuk memvisualisasi konsep-konsep abstrak dan mikroskopis; memiliki potensi untuk meningkatkan pemahaman konsep, dapat membekali keterampilan berpikir dan pengalaman belajar yang efektif; mampu memberikan umpan balik secara cepat atas stimulus yang diberikan (Bajpai, 2013), dan aktivitas praktikum virtual dapat disesuaikan dengan karakteristik model praktikum yang digunakan.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *virtual lab* dalam pembelajaran fisika dapat meningkatkan kinerja ilmiah (Pyatt & Sims, 2011), sikap ilmiah dan pemahaman konsep abstrak (Crippen, Archambault & Kern, 2012), keterampilan inkuiri kolaboratif (Kolloffel & DeJong, 2013), motivasi belajar dan berpikir kreatif (Ince, dkk. 2014), serta meningkatkan kemandirian belajar siswa (DeJong, Sotiriou & Gillet, 2014; Theyben, 2015). Selain itu, Srisaswadi dan Kroothkeaw (2014) menunjukkan bahwa penggunaan simulasi interaktif pada pembelajaran inkuiri dapat mendorong pengembangan konseptual siswa. Lebih lanjut, ditemukan bahwa efektivitas penggunaan *virtual lab* sama baiknya dengan *hands-on lab* dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa (Martinez, dkk. 2012; Adegoke & Chukwuneye, 2013; Darrah, dkk. 2014; Park, Lee & Han, 2015). Bahkan beberapa hasil penelitian menemukan bahwa hasil belajar siswa yang terlibat dalam praktikum virtual lebih baik dibandingkan dengan praktikum riil di laboratorium (Pyatt & Sims, 2012; Bajpay, 2013) dan lebih baik dibandingkan pembelajaran konvensional (Liu & Su, 2011; Munov, Rodriguez & DeMesa; Civelek, dkk. 2014; Taslidere, 2015).

Atas dasar pentingnya pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi bagi mahasiswa calon guru fisika, pertimbangan keterlaksanaan topik praktikum matakuliah fisika modern yang masih rendah, karakteristik konsep fisika pada matakuliah fisika modern yang abstrak dan mikroskopis, ketersediaan peralatan

praktikum tingkat lanjut yang minim, implementasi model aktivitas laboratorium verifikasi yang masih dominan, serta dengan mempertimbangkan keunggulan *virtual lab* dalam memvisualisasi konsep abstrak dan mikroskopis, maka dalam penelitian ini dilakukan pengembangan model aktivitas laboratorium berorientasi keterampilan berpikir tingkat tinggi dengan dukungan *virtual lab* sebagai peralatan praktikum. Secara spesifik pengembangan model tersebut diarahkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara kreatif mahasiswa calon guru fisika. Model aktivitas laboratorium yang dihasilkan selanjutnya disebut model *Virtual Higher Order Thinking Skills Laboratory* (model Virtual HOTS Lab).

Model aktivitas laboratorium berbasis HOTS pada dasarnya sudah pernah dikembangkan oleh Malik dkk. (2017 dan 2018) untuk materi-materi fisika dasar, disebut model HOT Lab. Namun demikian model ini tidak akomodatif untuk materi-materi fisika tingkat lanjut yang bersifat abstrak dan mikroskopis akibat keterbatasan peralatan praktikum fisika tingkat lanjut. Selain itu, aktivitas praktikum yang terdapat pada setiap tahapan model HOT Lab belum memperlihatkan secara spesifik indikator-indikator HOTS yang ingin dilatih dan ditingkatkan melalui aktivitas tersebut. Keterbatasan-keterbatasan pada model HOT Lab menekankan pada pentingnya dilakukan pengembangan model Virtual HOTS Lab yang lebih akomodatif untuk mengeksplorasi materi-materi fisika tingkat lanjut melalui aktivitas praktikum. Setiap aktivitas praktikum pada model Virtual HOTS Lab dirancang untuk meningkatkan indikator-indikator keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara kreatif sehingga perkembangan capaian mahasiswa dari waktu ke waktu untuk setiap indikator keterampilan berpikir tersebut dapat diketahui.

Model Virtual HOTS Lab menawarkan berbagai kelebihan yang tidak dapat diperoleh dari model HOT Lab, diantaranya yaitu: kegiatan praktikum menggunakan model virtual HOTS Lab dapat dilakukan dimana saja dan kapan saja (tidak terbatas waktu), memiliki kemampuan yang baik dalam mereduksi konsumsi waktu praktikum, tidak membutuhkan ruang lab dan peralatan praktikum riil, bebas dari potensi bahaya/kecelakaan kerja, berbiaya murah, tahapan praktikum lebih terstruktur dan sistematis sehingga mudah dipahami, kegiatan praktikum dapat

dilakukan secara menyenangkan, simulasi fisika interaktif yang digunakan dapat memberikan *feedback* yang lebih cepat atas manipulasi variabel yang dilakukan mahasiswa, serta dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa pada konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak dan mikroskopis.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Apakah Model *Virtual Higher Order Thinking Skills Laboratory* (Virtual HOTS Lab) yang dikembangkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis (*critical thinking skills*) dan keterampilan pemecahan masalah secara kreatif (*creative problem solving skills*) mahasiswa calon guru fisika?”

Rumusan masalah tersebut selanjutnya dirinci menjadi beberapa pertanyaan penelitian, sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik model Virtual HOTS Lab yang dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara kreatif mahasiswa calon guru fisika?
2. Bagaimana peningkatan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara kreatif mahasiswa calon guru fisika setelah mengikuti praktikum menggunakan model Virtual HOTS Lab?
3. Bagaimana efektivitas penggunaan model Virtual HOTS Lab dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara kreatif mahasiswa calon guru fisika?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan model Virtual HOTS Lab terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara kreatif mahasiswa calon guru fisika?
5. Bagaimana persepsi mahasiswa terhadap penggunaan model Virtual HOTS Lab dalam kegiatan praktikum fisika modern?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah menghasilkan model Virtual HOTS Lab yang valid dan teruji lengkap dengan perangkatnya untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara kreatif mahasiswa calon

guru fisika. Tujuan penelitian tersebut selanjutnya dirinci menjadi beberapa tujuan khusus, sebagai berikut:

1. Menghasilkan karakteristik model Virtual HOTS Lab yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara kreatif mahasiswa.
2. Memperoleh gambaran peningkatan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara kreatif mahasiswa setelah mengikuti praktikum fisika menggunakan model Virtual HOTS Lab
3. Memperoleh gambaran efektivitas penggunaan model Virtual HOTS Lab dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara kreatif mahasiswa calon guru fisika
4. Memperoleh gambaran ukuran pengaruh penggunaan model Virtual HOTS Lab terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara kreatif mahasiswa calon guru fisika
5. Memperoleh gambaran persepsi mahasiswa terhadap penggunaan model Virtual HOTS Lab dalam kegiatan praktikum fisika modern.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, sebagai berikut:

1. Secara teoretis model Virtual HOTS Lab yang dihasilkan dapat memperkaya khasanah ilmu pengetahuan terkait desain inovatif aktivitas laboratorium yang dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah secara kreatif mahasiswa calon guru fisika.
2. Secara praktis model Virtual HOTS Lab yang dihasilkan dapat diterapkan dalam perkuliahan praktikum fisika modern atau pada mata kuliah lain yang memiliki karakteristik serupa sebagai solusi alternatif bagi keterbatasan peralatan praktikum dan pengiring bagi pelaksanaan praktikum verifikasi (konvensional).

1.6 Struktur Organisasi Disertasi

Isi disertasi disajikan ke dalam lima bab di tambah daftar pustaka dan lampiran. Bab I berisi pemaparan tentang latar belakang yang melandasi pelaksanaan penelitian, identifikasi masalah, rumusan masalah, definisi operasional, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian. Bab II berisi pemaparan dan analisis teori-teori

yang melandasi penelitian, berupa kajian pustaka yang berkaitan erat dengan variabel penelitian dan kerangka pikir penelitian. Pustaka yang dikaji pada bab ini meliputi hakekat sains dan peran kegiatan praktikum dalam pengembangan ilmu fisika, peran kegiatan praktikum dalam pembelajaran fisika, potensi kegiatan praktikum dalam membekalkan literasi sains dan keterampilan abad 21, keterampilan berpikir tingkat tinggi, keterampilan berpikir kritis (definisi, pemberdayaan keterampilan berpikir kritis melalui pembelajaran, serta penilaian dan instrumen tes keterampilan berpikir kritis), keterampilan pemecahan masalah (definisi, keterampilan pemecahan masalah dalam pembelajaran fisika, pemecahan masalah secara kreatif, serta penilaian dan instrumen tes keterampilan pemecahan masalah secara kreatif), model-model praktikum fisika, praktikum riil dan praktikum virtual, kajian penelitian relevan, karakteristik materi fisika modern, kerangka pikir penelitian, dan hipotesis.

Bab III berisi pemaparan metodologi penelitian yang digunakan, meliputi desain penelitian, fase pengembangan model (tahap analisis, tahap desain, tahap pengembangan), fase pengujian efektivitas model (tahap implementasi dan tahap evaluasi), instrumen penelitian dan teknik pengumpulan data, teknik analisis data (uji validitas, uji reliabilitas, *N-gain*, uji prasyarat analisis, uji beda dua rerata, efektivitas model, ukuran dampak, data persepsi mahasiswa), hasil perancangan dan pengembangan instrumen tes dan non tes (keterampilan berpikir kritis, keterampilan pemecahan masalah secara kreatif, lembar *expert judgment* model Virtual HOTS Lab dan instrumen tes, lembar observasi keterlaksanaan model, angket persepsi mahasiswa terhadap implementasi model, lembar revidi dokumen penuntun praktikum, serta lembar persepsi mahasiswa terhadap kegiatan praktikum dan pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui kegiatan praktikum.

Bab IV berisi pemaparan hasil penelitian mulai dari tahap analisis hingga tahap evaluasi, pemaparan hasil uji coba model Virtual HOTS Lab, pemaparan hasil implementasi model Virtual HOTS Lab dan pembahasan. Bab V berisi kesimpulan, implikasi, dan rekomendasi. Bagian daftar pustaka berisi daftar seluruh literatur atau rujukan yang digunakan pada isi Disertasi. Bagian lampiran berisi dokumen-dokumen yang dihasilkan dan digunakan selama proses penelitian.