

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu permasalahan penting dalam pembelajaran fisika adalah rendahnya kualitas pembelajaran pada berbagai jenjang pendidikan. Kualitas proses dan hasil belajar fisika ditentukan oleh banyak faktor, salah satunya ketersediaan sarana laboratorium. Kegiatan laboratorium merupakan hal yang penting dilaksanakan dalam pembelajaran fisika, karena melalui kegiatan laboratorium aspek produk, proses, dan sikap peserta didik dapat lebih dikembangkan. Setiawan (2009) menyatakan bahwa melalui pembelajaran fisika berbasis kegiatan laboratorium dapat meningkatkan penguasaan konsep, keterampilan generik sains, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Kemampuan-kemampuan tersebut sangat penting untuk membekali peserta didik dalam memecahkan berbagai persoalan yang dihadapi di masyarakat.

Pelaksanaan praktikum dalam fisika sangat penting dalam rangka mendukung pembelajaran dan memberikan penekanan pada aspek proses. Hal ini didasarkan pada tujuan pembelajaran fisika sebagai proses yaitu meningkatkan kemampuan berpikir peserta didik, sehingga mereka tidak hanya mampu dan terampil dalam bidang psikomotorik, melainkan juga mampu berpikir sistematis, obyektif, dan kreatif. Sinaradi (1998) menyatakan bahwa untuk memberikan penekanan lebih besar pada aspek proses, peserta didik perlu diberikan keterampilan seperti mengamati, menggolongkan, mengukur, berkomunikasi, menafsirkan data, dan bereksperimen secara

bertahap sesuai dengan tingkat kemampuan berpikir anak dan materi pelajaran yang sesuai dengan kurikulum.

Hasil analisis terhadap kurikulum fisika sekolah menunjukkan bahwa penyelenggaraan kegiatan laboratorium sangat dibutuhkan untuk menunjang keberhasilan pembelajaran. Keberhasilan penyelenggaraan kegiatan laboratorium sangat bergantung pada peran guru. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan guru fisika dalam merancang dan melaksanakan percobaan masih relatif rendah. McDermot (1990) menyatakan bahwa salah satu faktor penting yang mempengaruhi rendahnya kinerja guru IPA (fisika) adalah kurang baiknya proses penyiapan guru IPA.

Berangkat dari kenyataan ini tampaknya upaya peningkatan kualitas guru melalui pendidikan calon guru harus terus-menerus dilakukan. Salah satunya dengan membekali mereka pengetahuan dan pengalaman langsung dalam melakukan percobaan-percobaan fisika, termasuk percobaan yang melibatkan konsep-konsep fisika yang abstrak dengan pemanfaatan teknologi informasi yang relevan. Hal ini diperlukan karena selain tidak tersedianya peralatan laboratorium yang memadai di Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK), juga karena tidak semua percobaan dapat dilakukan secara langsung di laboratorium. Diantaranya percobaan dalam perkuliahan Fisika Modern.

Fisika Modern merupakan salah satu matakuliah penting dalam fisika, karena mendasari beberapa matakuliah lanjutan lainnya diantaranya Fisika Kuantum, Fisika Zat Padat, Fisika Statistik dan Fisika Inti. Secara umum

konsep Fisika Modern meliputi: teori relativitas khusus, teori kuantum untuk radiasi elektromagnetik dan materi, atom-atom serupa hidrogen, atom-atom berelektron banyak, fisika inti, dan sistem-sistem atomik. Berdasarkan analisis pada sebaran materi dan percobaan dalam perkuliahan Fisika Modern, dapat diketahui sebaran eksperimen yang mungkin dilakukan untuk mendukung pembelajarannya. Berdasarkan data eksperimen yang dapat dilakukan tersebut dapat diketahui bahwa banyak eksperimen yang dapat dilakukan pada materi teori kuantum radiasi. Rincian eksperimen untuk setiap konsep diberikan pada

Tabel 1.1

Tabel 1.1 Sebaran Eksperimen Setiap Konsep Fisika Modern

Pokok Bahasan	Sub Pokok Bahasan	Eskperimen
Teori Relativitas Khusus	Postulat relativitas khusus, Dilatasi waktu, Efek Doppler, Pengerutan panjang, Paradox kembar, Relativitas massa, Massa dan energi, Partikel tak bermassa, Transformasi Lorentz	Percobaan Michelson-Morley, Efek Doppler
Teori Kuantum Radiasi Elektromagnetik dan Materi	Teori Foton, Radiasi Termal, Efek fotolistrik, Efek Compton, Produksi pasangan	Radiasi Benda Hitam, Efek Fotolistrik, Efek Compton, Produksi pasangan
	Gelombang de Broglie, Difraksi Elektron, Asas ketidakpastian Heisenberg	Interferensi Kuantum, Difraksi Elektron
Struktur Atom	Model Atom, Atom Bohr, Hamburan Partikel Alfa, Hamburan Rutherford, Orbit Elektron, Efek Zeeman, Spin Elektron	Pancaran Radiasi, Percobaan Zeeman, Percobaan Stern-Gerlach
Atom Berelektron Banyak	Asas larangan Pauli, Atom berelektron banyak, Susunan berkala Transisi Elektron dalam sinar-X	Partikel dalam Kotak, Spektrum sinar X, Model kulit atom, Penyerapan sinar X

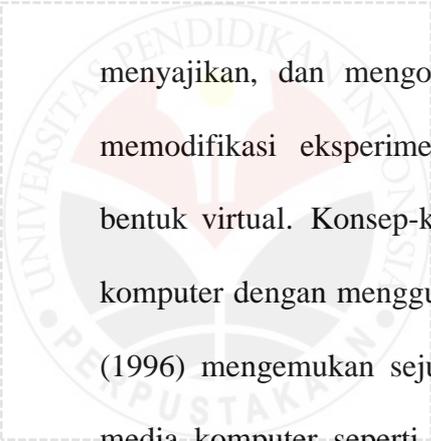
Dalam penelitian ini topik yang dipilih adalah teori kuantum radiasi elektromagnetik dan materi yang meliputi teori foton, efek fotolistrik, efek Compton, produksi pasangan, gelombang de Broglie, difraksi elektron, dan prinsip ketidakpastian Heisenberg. Pemilihan topik ini didasarkan pada hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan sebelumnya yang menunjukkan karakteristik yang khusus dari topik ini, diantaranya tingkat kesulitan yang lebih tinggi dan banyaknya percobaan yang mungkin dilakukan secara virtual sehingga model yang dikembangkan dapat memberikan sumbangan yang lebih besar terhadap perolehan hasil belajar dan tingkat berpikir mahasiswa.

Selain pemilihan topik yang tepat, dalam studi pendahuluan juga teridentifikasi adanya beberapa permasalahan dalam pembelajaran fisika modern di LPTK yang perlu mendapatkan perhatian serius, diantaranya: *Pertama*, pembelajaran yang lebih menekankan pada aspek pemodelan matematis, kurangnya pendekatan konseptual, sehingga mahasiswa hanya menghafal rumus-rumus. *Kedua*, model evaluasi yang digunakan belum menyentuh konsep mendasar dalam fisika modern. Alat evaluasi yang digunakan umumnya hanya berbentuk pembuktian persamaan dan perhitungan matematis. Tidak ada pertanyaan teoritik yang dapat digunakan mengukur sejauh mana penguasaan konseptual mahasiswa terhadap proses-proses penting dalam fisika modern. *Ketiga*, tidak pernah dilakukannya percobaan yang dapat mendukung penguasaan konsep mahasiswa baik di laboratorium ataupun secara virtual. Hal ini disebabkan tidak tersedianya peralatan laboratorium fisika modern yang memadai. Alat yang ada di LPTK,

khususnya di Mataram, hanya pencacah Geiger Counter yang digunakan dalam eksperimen peluruhan radioaktif. *Keempat*, masih rendahnya perolehan hasil belajar mahasiswa pada matakuliah fisika modern yang menunjukkan adanya kesulitan mahasiswa memahami konsep-konsep fisika modern yang diajarkan (Gunawan, 2009).

Berdasarkan analisis konsep fisika modern, khususnya pada konsep teori kuantum radiasi di atas dapat diketahui bahwa sebagian besar konsepnya adalah konsep yang abstrak, sehingga sulit dipahami oleh mahasiswa. Percobaan-percobaan yang ada dalam konsep ini juga memerlukan alat yang harganya relatif mahal dan tidak terjangkau bagi sebagian LPTK. Hal ini menyebabkan tidak semua LPTK memiliki alat-alat dimaksud. Selain itu, tidak semua eksperimen tersebut dapat dilakukan secara riil di laboratorium, sehingga menyebabkan tidak dilaksanakannya kegiatan eksperimen untuk mendukung pembelajaran fisika modern, khususnya pada konsep teori kuantum radiasi. Hal ini kemudian berimplikasi pada rendahnya tingkat penguasaan konsep fisika modern mahasiswa. Untuk itu diperlukan upaya pengembangan alternatif kegiatan laboratorium pada materi fisika modern.

Kesulitan yang dialami mahasiswa dalam memahami konsep fisika yang abstrak seperti konsep teori kuantum radiasi dalam fisika modern dapat dibantu dengan memanfaatkan teknologi komputer, baik dalam proses pembelajaran maupun kegiatan laboratorium melalui *virtual laboratory*. Finkelstein (2005) mengatakan bahwa komputer dapat digunakan untuk menunjang pelaksanaan praktikum fisika baik untuk mengumpulkan data,



menyajikan, dan mengolah data. Komputer juga dapat digunakan untuk memodifikasi eksperimen dan menampilkan eksperimen lengkap dalam bentuk virtual. Konsep-konsep fisika tersebut direalisasikan dalam program komputer dengan menggunakan piranti lunak yang mudah dipelajari. Heinich (1996) mengemukakan sejumlah bentuk interaksi dapat dimunculkan melalui media komputer seperti penyajian praktik dan latihan, tutorial, permainan, simulasi, penemuan, dan pemecahan masalah.

Pemanfaatan simulasi komputer dalam *virtual laboratory* fisika modern diharapkan dapat meningkatkan pemahaman konsep calon guru. Jimoyiannis (2001) menyatakan bahwa simulasi komputer dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran karena dapat membantu siswa mengatasi kelemahannya dalam teori dan pengembangan pemahaman konsep fisika. Zacharia (2003) menyatakan bahwa penggunaan simulasi interaktif membantu mahasiswa memvisualisasikan masalah dan pemecahannya, juga dapat menumbuhkan sikap positif terhadap fisika. Menurut Jong (1999), pemanfaatan multimedia dalam pembelajaran mendorong mahasiswa untuk belajar proses penemuan (*discovery learning process*).

Penggunaan model *virtual laboratory* juga diharapkan dapat meningkatkan keterampilan generik sains peserta didik. Menurut Brotosiswoyo (2001), terdapat keterampilan berpikir yang bersifat generik yang dapat dimunculkan melalui pembelajaran fisika yaitu: pengamatan langsung, pengamatan tak langsung, kesadaran akan skala besaran, kemampuan menggunakan bahasa simbolik, kemampuan berpikir dalam

kerangka taat azas, kemampuan inferensi logika, kemampuan memahami hukum sebab akibat, kemampuan membuat model matematik, dan kemampuan membangun konsep abstrak.

Setiawan (2009) menemukan bahwa siswa yang belajar menggunakan *virtual laboratory* memiliki kemampuan inferensi logika yang lebih baik dibanding siswa yang belajar secara konvensional. Selain temuan di atas, terdapat beberapa penelitian relevan lainnya yang menunjukkan bahwa penggunaan teknologi komputer melalui simulasi interaktif, *e-learning*, maupun *virtual laboratory* memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan penguasaan konsep maupun keterampilan berpikir peserta didik. Rincian lengkapnya diberikan pada Tabel.1.2

Tabel 1.2. Beberapa Penelitian yang Relevan

Peneliti dan Tahun	Hasil Penelitian
Finkelstein, et.al. (2005). <i>Physics Education Research</i> Vol. 1. Pp.1-8	Software pembelajaran untuk menunjukkan bahwa belajar melalui lab. virtual lebih baik dibandingkan melalui kegiatan lab yang riil pada beberapa topik fisika.
C.J. Keller, N.D. (2005). <i>Physics Education Research</i> 1, 010103	Software pembelajaran interaktif dan analisis efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan mengingat kembali.
Finkelstein.N.D, et. All. (2005). <i>The Physics Teacher</i> Vol. 76. Pp.1-8	Software yang dirancang sebagai virtual lab dan menganalisis kemampuannya dalam menggantikan lab. Riil untuk meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa.

Tabel 1.2. Beberapa Penelitian yang Relevan (lanjutan)

Peneliti dan Tahun	Hasil Penelitian
Dancy. M.H (2006). <i>Physics Education Research</i> Vol. 2, pp. 1 – 7	Software pembelajaran untuk menggantikan <i>Traditional Hands-On Laboratories</i> dengan simulasi komputer, menganalisis keunggulan dan kelemahannya.
Junglas. P. (2006). <i>Global J. of Engng. Educ.</i> Vol.10, No.2	Software pembelajaran interaktif termodinamika untuk meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan siswa.
Perkins. K, et.all. (2007). <i>The Physics Teacher</i> . Vol 44. Pp. 18 – 23	Kumpulan simulasi interaktif pada beberapa materi penting fisika yang mendorong motivasi dan dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa.
Ingerman, A. et.all. (2007). <i>Journal of Nordina</i> . (1). Pp. 1 - 14	Software pembelajaran interaktif dan variasi fokus siswa ketika menggunakannya.
Nurmi. S et.al (2007). <i>Learning, Media, and Technology</i> Vol. 32 (1)	Software pembelajaran interaktif dan analisis kemampuannya dalam perubahan konseptual siswa.
Zacharias. Z. (2008). <i>American Journal of Physics</i> . 76 . Pp. 426 – 430	Software pembelajaran interaktif dan analisis perbandingan pengaruhnya dengan manipulasi lab secara langsung pada materi suhu dan kalor.
Landau. D.P, et.all.(2008). <i>American Journal of Physics</i> 76 . Pp. 445 – 452	Simulasi komputer dapat digunakan untuk menjelaskannya dimanika spin dengan baik karena dapat menampilkan prosesnya secara lengkap.
McKagan et al. (2008). <i>American Journal of Physics</i> (76) 406 – 417	Pengembangan simulasi interaktif dan analisis hasilnya pada materi mekanika kuantum. Simulasi interaktif yang dihasilkan membantu mahasiswa mengatasi kesulitan belajarnya
Wiyono, K. et al. (2009). <i>JPP IPA</i> . Vol. III. No. 2	Model multimedia interaktif pada teori relativitas dapat meningkatkan keterampilan generik sains siswa
Rizali, O. et al (2009). <i>JPP IPA</i> . Vol III. No.3	Penggunaan media simulasi virtual dapat meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa pada materi listrik statis.
Setiawan, A. et al. (2009). Laporan Penelitian.	Penggunaan laboratorium virtual fisika modern dapat meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan generik sains siswa.

Studi terhadap kemampuan berpikir siswa mengungkapkan bahwa keterampilan berpikir kritis tidak berkembang tanpa usaha secara eksplisit dan sengaja ditanamkan dalam pengembangannya (Zohar, 1994). Seorang peserta didik tidak dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritisnya dengan baik jika tidak dilatih berpikir secara kritis dalam bidang studi yang dipelajarinya (Meyers, 1986). Sejalan dengan hal tersebut Gunawan (2008) menemukan bahwa adanya hubungan linier antara keterampilan generik sains dan keterampilan berpikir kritis calon guru seperti adanya peningkatan kemampuan menarik kesimpulan pada calon guru setelah mereka memiliki kemampuan inferensi logika yang baik.

Keterampilan generik sains diharapkan dapat menjadi dasar untuk peningkatan keterampilan disposisi berpikir kritis mahasiswa calon guru. Abdurrahman (2010) menemukan bahwa pembelajaran dengan multipel representasi dengan bantuan eksperimen virtual memberikan pengaruh yang signifikan pada penguasaan konsep fisika kuantum, keterampilan generik sains dan disposisi berpikir kritis calon guru fisika.

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini telah dikembangkan suatu model *virtual laboratory* fisika modern sebagai solusi alternatif terbatasnya fasilitas laboratorium, khususnya pada konsep teori kuantum radiasi. Model laboratorium virtual dibuat dalam bentuk software pembelajaran yang memuat ringkasan materi, percobaan fisika yang bersifat interaktif, lembar kerja mahasiswa, dan alat evaluasi untuk mengukur pemahaman mereka terhadap materi yang dipelajari. Model laboratorium ini

diharapkan dapat meningkatkan penguasaan konsep, keterampilan generik sains, dan disposisi berpikir kritis peserta didik.

B. Rumusan Masalah

Masalah utama dalam penelitian ini adalah ”Bagaimana model *virtual laboratory* fisika modern dan pengaruhnya terhadap peningkatan penguasaan konsep, keterampilan generik sains, dan disposisi berpikir kritis mahasiswa calon guru?”.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk menemukan jawaban atas pertanyaan penelitian berikut:

1. Bagaimana karakteristik model *virtual laboratory* fisika modern yang berorientasi pada pengembangan keterampilan generik sains dan disposisi berpikir kritis?
2. Bagaimana peningkatan penguasaan konsep fisika modern mahasiswa setelah pembelajaran dengan model *virtual laboratory*?
3. Bagaimana peningkatan keterampilan generik sains mahasiswa setelah pembelajaran dengan model *virtual laboratory*?
4. Bagaimana peningkatan disposisi berpikir kritis mahasiswa setelah pembelajaran dengan model *virtual laboratory*?
5. Bagaimana tanggapan dosen dan mahasiswa terhadap model *virtual laboratory* fisika modern yang telah dikembangkan?
6. Apa kekuatan dan kelemahan model *virtual laboratory* fisika modern yang telah dikembangkan?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sebuah model *virtual laboratory* pada materi fisika modern dan meningkatkan penguasaan konsep, keterampilan generik sains, dan disposisi berpikir kritis mahasiswa calon guru.

D. Kontribusi Penelitian

Kontribusi dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan salah satu alternatif model pembelajaran dan praktikum dalam fisika modern dalam upaya meningkatkan penguasaan konsep, keterampilan generik sains, dan disposisi berpikir kritis calon guru.
2. Memberikan suatu kerangka pemikiran dalam rangka perbaikan pendidikan guru fisika di Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK), khususnya dalam kegiatan laboratorium dan penguasaan materi subyek fisika modern dan keterampilan berpikir calon guru untuk meningkatkan mutu guru fisika di lapangan.
3. Memberikan pengalaman langsung kepada mahasiswa dalam melakukan eksperimen fisika modern. Kemampuan-kemampuan yang diperoleh mahasiswa dalam pembelajaran ini dapat dikembangkan sendiri ketika mahasiswa mempelajari topik fisika lainnya.
4. Model *virtual laboratory* fisika modern yang dikembangkan terdapat beberapa percobaan virtual yang dapat dilakukan untuk mendukung pembelajaran, termasuk beberapa percobaan fisika modern yang selama ini tidak pernah dilakukan karena keterbatasan alat dan bahan, diantaranya

percobaan spektrum radiasi benda hitam, efek fotolistrik, interferensi kuantum, dan difraksi elektron.

5. Selain pengembangan model *virtual laboratory* fisika modern, dalam penelitian ini juga telah dilakukan analisis konsep fisika modern, khususnya pada topik teori kuantum radiasi, sehingga mudah dipahami dan dapat meningkatkan keterampilan berpikir peserta didik. Desain pembelajaran yang didukung model *virtual laboratory* memberikan suatu cara pandang dan pendekatan yang berbeda dalam belajar fisika modern maupun dalam kegiatan laboratorium sebagai pendukungnya.
6. Pengembangan model *virtual laboratory* fisika modern dilengkapi dengan LKM yang dapat membantu mahasiswa dalam menemukan sendiri konsep fisika modern yang diinginkan serta meningkatkan keterampilan generik sains dan disposisi berpikir kritis mahasiswa.

E. Penjelasan Istilah

Untuk lebih fokusnya penelitian ini, maka perlu dibuat penjelasan istilah sebagai berikut:

1. *Virtual laboratory* merupakan sebuah ruang kerja elektronik untuk kolaborasi eksperimen dalam penelitian atau kegiatan kreatif lainnya dimana pengadaan dan hasil eksperimen didistribusikan menggunakan teknologi informasi dan komunikasi. Model *virtual laboratory* yang dibuat termasuk dalam kategori laboratorium virtual hibrida (*hybrid virtual laboratory*), yang merupakan perpaduan antara pengembangan berbasis teori dan eksperimen (Harms, 2000).

2. Fisika modern merupakan salah satu konsep dalam fisika yang merujuk pada konsep setelah teori fisika klasik. Materi fisika modern dalam penelitian ini hanya terbatas pada konsep teori kuantum radiasi elektromagnetik dan materi. Pemilihan materi ini didasarkan pada hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan yang menunjukkan adanya kesulitan yang lebih tinggi, keperluan pada eksperimen yang lebih besar, serta abstraknya konsep sehingga perlu divisualisasikan (Gunawan, 2009).
3. Keterampilan generik sains merupakan keterampilan umum yang bisa dikembangkan melalui pembelajaran sains, termasuk fisika (Brotosiswoyo, 2001). Indikator keterampilan generik sains yang dikembangkan dalam penelitian ini hanya pada enam dari sembilan indikator yang ada, yaitu: pengamatan tak langsung, kesadaran akan skala besaran, inferensi logika, hukum sebab akibat, pemodelan matematik, dan membangun konsep. Hal ini didasarkan pada pertimbangan karakteristik konsep fisika modern terpilih dan model pembelajaran yang diterapkan.
4. Disposisi berpikir kritis merupakan kecenderungan untuk berpikir kritis, yang terdiri dari tujuh indikator (Facione, 2009). Indikator disposisi berpikir kritis yang telah dikembangkan adalah: mencari kebenaran (*truthseeking*), berpandangan terbuka (*open-mindedness*), bersifat sistematis (*systematicity*), bersifat analitis (*analyticity*), dan rasa ingin tahu (*inquisitiveness*). Pemilihan ini didasarkan pada kesesuaian karakteristik dengan materi, keterpaduan dengan indikator keterampilan generik sains dan model pembelajaran yang akan diterapkan.

5. Pembelajaran konvensional dapat diartikan sebagai kegiatan pembelajaran yang dilakukan dosen melalui pemberian informasi, demonstrasi, eksperimen, diskusi, latihan soal, dan tanya jawab. Dalam penelitian ini kegiatan demonstrasi dan eksperimen tidak dapat dilakukan karena tidak adanya alat eksperimen fisika modern yang tersedia di laboratorium.

F. Sistematika Penulisan

Penulisan disertasi ini dibagi menjadi lima pokok bahasan, dengan rincian sebagai berikut: Bab I memuat latar belakang masalah, rumusan masalah beserta pertanyaan penelitiannya, tujuan penelitian, kontribusi penelitian, dan penjelasan istilah dalam penelitian. Pada bagian ini juga diberikan alternatif solusi yang ditawarkan untuk menyelesaikan masalah yang ada. Bab II memuat penjelasan teoritis tentang variabel-variabel dalam penelitian seperti laboratorium virtual, penguasaan konsep, keterampilan generik sains, dan disposisi berpikir kritis, serta deskripsi konsep fisika modern yang dinyatakan pada tabel hasil analisis konsep. Bab III menjelaskan metode penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi, termasuk instrumen yang digunakan, dan proses pengolahan datanya. Bab IV menjelaskan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan disertai pembahasan pada kecenderungan dan temuan-temuan menarik dalam penelitian. Bab V sebagai penutup, digunakan untuk memaparkan kesimpulan dari temuan yang merupakan jawaban dari pertanyaan penelitian pada Bab I. Selain itu, rekomendasi diberikan sebagai tindak lanjut dan masukan pada penelitian-penelitian lanjutan