

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem pendidikan setiap negara merupakan dasar untuk kemajuan dan dasar untuk masa depan negaranya. Suksesnya suatu sistem pendidikan ditandai dengan adanya keseimbangan antara tradisi dan mampu beradaptasi dengan tren sosial saat ini. Abad ke-21 adalah abad di mana informasi sangat berharga dan orang yang menguasai banyak informasi akan menjadi orang yang selalu dibutuhkan orang lain (Nefianthi, 2015). Untuk mempersiapkan diri dalam menghadapi abad ke-21, masyarakat pendidikan yang ada di sekolah perlu banyak belajar untuk berpikir kritis dalam menghadapi berbagai masalah yang dihadapi dengan menggunakan dan mengevaluasi informasi yang ada di sekeliling kita.

Revolusi industri 4.0 di abad ke-21 ini sangat berdampak diberbagai bidang kehidupan termasuk bidang pendidikan. Pendidikan yang dibutuhkan untuk menjawab permasalahan yang terjadi akibat revolusi industri ke-4 ini adalah pendidikan yang bersifat solutif dan cepat. Revolusi insdustri ke-4 merupakan peningkatan revolusi industri ke-3, yakni kemajuan teknologi baru mengaburkan garis antara fisik, digital dan dunia biologis. Artinya antara fisik, digital dan biologis terintegrasi pada revolusi industri ke-4. Kemajuan ini dipimpin oleh munculnya kecerdasan buatan (*artificial intelligent*), robotika, internet, bio dan nanoteknologi, *3-D printing, material science, quantum computing and energy storage* (Diwan, 2017).

Pendidikan pada abad ke-21 identik dengan kemajuan teknologinya, dimana teknologi menjadi bagian yang integral dengan kehidupan pebelajar. Penggunaan teknologi digital dalam pembelajaran merupakan salah satu solusi dalam memecahkan masalah yang dihadapi di abad ke-21 (Widowati, Nurohman, & Setyowarno, 2017). Pendidikan di era digital merupakan pendidikan yang harus mengintegrasikan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) ke dalam seluruh mata pelajaran. Menjawab tantangan pendidikan di era digital ini, maka pendidik dan siswa di abad ke-21 harus mampu berkomunikasi dan beradaptasi mengikuti

perkembangan zaman dalam hal ini perkembangan teknologi. Pembelajaran dengan mengintegrasikan teknologi digital didalamnya sangat bermanfaat yaitu untuk meningkatkan akses pendidikan, meningkatkan efisiensi serta kualitas pembelajaran dan pengajaran.

Dalam pembelajaran Biologi, kemajuan teknologi digital ini dapat dimanfaatkan oleh pendidik untuk mengajarkan materi-materi yang bersifat abstrak, dinamis dan kompleks bagi peserta didik melalui animasi dan simulasi. Pendidik diharapkan dapat memanfaatkan teknologi secara optimal dalam kegiatan pembelajaran sehingga aktivitas pembelajaran menjadi efisien dan inovatif.

Keterampilan yang dibutuhkan untuk menjawab dampak revolusi industri ke-4 dalam pembelajaran di abad ke-21 ini terdiri dari *critical thinking and problem solving; communication and collaboration; dan creativity and innovation* (Partnership for 21st Century Skills, 2007, 2015) yang dikenal dengan keterampilan 4C. Kegiatan menalar atau berpikir tidak pernah terlepas dalam kehidupan manusia sehari-hari. Kemampuan berpikir merupakan aspek yang penting dan sangat dibutuhkan oleh setiap individu untuk mengatasi berbagai permasalahan dalam kehidupan. Begitu juga dengan pendidik, dalam membelajarkan siswa di abad ini sangat penting mengembangkan kemampuan berpikir kritis. Kemampuan berpikir kritis guru meliputi: guru mampu memilih, mengimplementasikan, serta menginovasikan pembelajaran sesuai dengan kemampuan dan tuntutan abad yang akan digunakan oleh siswa dalam kehidupan mereka untuk bertahan hidup dimasa depan. Kemampuan berpikir kritis juga dianggap sebagai salah satu keterampilan esensial yang berpengaruh langsung terhadap kesuksesan akademik dan profesional siswa di masa yang akan datang (Quitadamo, I.J, et al. 2008).

Biologi merupakan salah satu ilmu yang termasuk kedalam rumpun sains. Dalam pembelajaran biologi selain teori, terdapat kegiatan observasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, pengujian hipotesis melalui eksperimen, penarikan kesimpulan, serta penemuan teori dan konsep melalui kegiatan praktikum. Kegiatan ini dikenal sebagai metode ilmiah perlu dibelajarkan kepada siswa agar pemahaman konseptual yang cukup terhadap mata pelajaran biologi. Pemahaman konseptual yang cukup akan mendorong kemampuan berpikir kritis siswa. Kemampuan ini

diperlukan ketika siswa melakukan serangkaian tahapan metode ilmiah terutama pada tahap observasi dan merumuskan masalah. Pada tahap ini diperlukan kemampuan berpikir kritis agar dapat menemukan suatu masalah dari hasil observasi terhadap suatu peristiwa tertentu. Tanpa adanya kemampuan berpikir kritis, sulit menemukan suatu permasalahan dalam proses mengamati suatu peristiwa (Rianita, Djatmika, & Manahal, 2017).

Pendidik telah mengimplementasikan berbagai pembenaran untuk mengajar tentang hakikat/ sifat sains. Sebagai contoh, Matthews (1997) berpendapat bahwa hakikat sains melekat pada banyak masalah kritis dalam pendidikan sains khususnya biologi, termasuk perdebatan evolusi/ penciptaan, hubungan antara sains dan agama, dan penggambaran batas antara sains dan non-sains. Pembenaran paling dasar untuk mengajarkan hakikat sains adalah hanya untuk membantu siswa mengembangkan pandangan yang akurat tentang apa itu sains, termasuk jenis pertanyaan yang dapat dijawab sains, bagaimana sains berbeda dari disiplin ilmu lain, dan kekuatan dan keterbatasan pengetahuan ilmiah (Bell, 2008).

Proses sains selain teori sebaiknya diajarkan melalui praktikum, tetapi hal ini pun jarang dilakukan oleh para pendidik karena beberapa alasan, diantaranya tidak ada waktu khusus untuk praktikum, tidak memadai alat-alat dan bahan praktikum, dan sebagian lagi tidak menguasai cara kerja di laboratorium (Muhamad, Ahmad, & Maklumat, 2012). Padahal praktikum memegang peran penting di dalam pembelajaran sains. Praktikum dapat dilakukan untuk membuktikan suatu teori maupun mengkonfirmasi suatu teori yang ada. Selain itu dalam kegiatan praktikum sangat dimungkinkan adanya penerapan beragam keterampilan proses sains sekaligus pengembangan sikap ilmiah yang mendukung proses perolehan pengetahuan (produk keilmuan) dalam diri siswa.

Menurut Hodson (1992), di dalam belajar sains terdapat tiga aspek yang harus tercakup dalam pendidikan sains, yaitu: 1) Belajar sains (*learning science*), menyangkut pemerolehan konsep-konsep ilmiah sehingga menjadi akrab dengan teori ilmiah. 2) Belajar tentang sains (*learning about science*), pemahaman tentang hakekat sains dan praktik ilmiah dengan apresiasi terhadap hubungan yang kompleks antara sains, teknologi, dan masyarakat. 3) Mengerjakan sains (*doing*

science), meliputi pemerolehan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan agar tertanam inkuiri ilmiah serta mampu menggunakan keahlian tersebut untuk melakukan inkuiri yang sebenarnya, baik melalui arahan secara langsung dibawah bimbingan guru maupun dilakukan oleh siswa secara mandiri. Berdasarkan hal yang dikemukakan Hodson jelas bahwa belajar sains bukan hanya belajar konsep tetapi mencakup hakekat sains, praktik ilmiah, inkuiri ilmiah dan hubungan sains, teknologi. Sejalan dengan pendapat Hodson, McDonald dan Schneberger (2008) menjelaskan pengetahuan sains tidak cukup hanya diucapkan tentang keberadaan sesuatu tetapi harus dijelaskan mengapa dan bagaimana sesuatu tersebut terjadi. Praktikum merupakan alternatif pembelajaran yang mampu mengembangkan kemampuan berfikir kritis dan kreatif dalam menganalisis serta memecahkan masalah serta mampu membangun pengetahuan (Ariyati, 2010).

Kenyataannya, praktikum yang seharusnya menunjang proses belajar mengajar dalam biologi masih jarang dilakukan oleh pendidik di sekolah. Berbagai masalah yang diutarakan oleh pendidik sehingga kegiatan praktikum di laboratorium menjadi tidak dapat dilaksanakan. Permasalahan tersebut seperti jadwal kegiatan praktikum yang tidak ada dikarenakan pendidik mengejar target menyelesaikan materi sesuai dengan silabus yang sangat padat, sarana dan prasarana yang tidak mendukung, alat dan bahan yang kurang lengkap, tidak tersedianya penuntun praktikum dan lembar kerja praktikum, serta waktu untuk kegiatan praktikum yang terbatas.

Selain dari permasalahan diatas, keterbatasan biaya yang diperlukan untuk menyediakan peralatan dan bahan praktikum menyebabkan peralatan laboratorium di sekolah sangat minim dan kualitasnya rendah sehingga kurang memadai dalam menunjang pelaksanaan praktikum. Jika dipaksakan melakukan eksperimen dengan peralatan tersebut, hasilnya tidak dapat digunakan untuk membangun konsep, prinsip, hukum dan teori yang seharusnya dipahami oleh siswa. Selain itu, terdapat pertimbangan yang memungkinkan resiko kecelakaan pada saat melakukan kegiatan di laboratorium. Pernyataan ini diperkuat oleh Yuniarti (2012) yang menyatakan laboratorium sering tidak digunakan karena keterbatasan alat, bahan serta faktor risiko kecelakaan.

Permasalahan-permasalahan tersebut dapat diatasi dengan media pembelajaran berbasis digital. Teknologi berbasis digital dapat digunakan untuk menambah pemahaman peserta didik tentang pengetahuan sains dan proses sains melalui multimedia. Teknologi berbasis digital merupakan cara menyampaikan materi dengan menggunakan sumber-sumber yang berbasis mikroprosesor. Berbagai alat-alat praktikum yang tidak ada dalam laboratorium dapat divisualkan di dalam media berbasis digital. Penggunaan media ini juga lebih efektif dan efisien dari segi waktu serta tidak tergantung pada cuaca. Pembelajaran disekolah terbiasa dalam penggunaan media pembelajaran cetak namun masih minim penggunaan media berbasis digital sebagai sarana pembelajaran. Media pembelajaran berbasis digital yang dapat digunakan dalam kegiatan laboratorium adalah *virtual laboratory*.

Virtual laboratory dapat menjawab keterbatasan-keterbatasan dan kesulitan dalam pelaksanaan kegiatan laboratorium di sekolah. *Virtual lab* termasuk ke dalam multimedia berbasis digital. Salah satu pembelajaran yang dapat mengoptimalkan multimedia audio visual adalah pembelajaran biologi, karena di dalam materi biologi terdapat beberapa materi yang harus divisualisasikan karena sifatnya yang abstrak atau sulit diamati, kompleksitas skill yang harus di aplikasikan, dan butuh pengalaman langsung yang kompleks, namun masih terdapat beberapa hambatan yakni keterbatasan indra, waktu, ruang, dan sarana prasarana.

Virtual lab memungkinkan pendidik untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis terkait literasi teknologi karena *virtual lab* mengintegrasikan konten dan proses pembelajaran dengan teknologi yang merupakan ciri khas dari pendidikan 4.0, sehingga pendidik harus memiliki literasi ICT. Penelitian yang dilakukan oleh (Yuniarti, 2012) menyatakan pembelajaran dengan menggunakan *virtual lab* juga mendapatkan proses berpikir secara mendalam terhadap hal-hal yang mulanya bersifat abstrak (dalam hal ini sistem pernapasan manusia), kemudian dapat divisualisasikan dengan animasi komputer sehingga hal tersebut dapat berada dalam jangkauan pengalaman siswa serta pengetahuan dan penalaran biologi. Berpikir secara mendalam ini merupakan bagian dari kemampuan berpikir kritis. Penggunaan *virtual lab* dapat membantu meningkatkan kemampuan berpikir

kritis tanpa meninggalkan pemahaman hakikat dari pembelajaran biologi itu sendiri.

Praktikum dengan *virtual lab* mampu berintegrasi dengan baik dalam menganalisa masalah maupun persoalan yang ada sehingga dapat memunculkan ide-ide penalaran yang logis dengan membuat pertimbangan yang masuk akal yang merupakan indikator kemampuan berpikir kritis. Hal ini sejalan pendapat Liliarsari (2010) bahwa kemampuan berpikir kritis menggunakan dasar berpikir menganalisis argumen dan memunculkan wawasan terhadap tiap-tiap interpretasi untuk mengembangkan pola penalaran yang kohesif dan logis, kemampuan memahami asumsi, memformulasi masalah, melakukan deduksi dan induksi serta mengambil keputusan yang tepat. Penelitian yang dilakukan oleh Fonna, Adlim, & S., (2013) menghasilkan penerapan *virtual lab* mampu memberikan daya kritis terhadap siswa dalam menganalisa dan memahami sistem pernafasan pada manusia. Kemampuan menganalisis ini diperlukan mengingat sistem pernafasan merupakan salah satu fungsional dari anatomi dan fisiologi pada manusia yang tidak dapat dilihat secara nyata dan sering dipelajari secara abstrak.

Pentingnya pendidik memiliki kemampuan berpikir kritis dalam memilih dan mengimplementasikan teknologi dalam pembelajaran adalah pertama, pendidik tidak serta merta menerapkan teknologi baik dalam media pembelajaran, bahan ajar, maupun proses pembelajaran didalam kelas. Kedua, pendidik perlu membantu siswa dalam memberikan penjelasan terkait konten maupun nilai-nilai dalam proses pembelajaran sehingga siswa mampu mengkonstruksi dan menverivikasi pengetahuan yang mereka terima. Pernyataan ini diperkuat dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Gunawan, & Liliarsari (2012) yang menyebutkan bahwa laboratorium virtual efektif meningkatkan disposisi befikir kritis mahasiswa calon guru.

Biologi mempelajari ilmu kehidupan, yang merupakan alam dan masalah ilmiah, sehingga diperlukan pemahaman tentang hakikat ilmu pengetahuan/ *Nature of Science* (NoS). Belajar biologi dengan mempelajari sifatnya dan dibelajarkan sesuai dengan hakikatnya merupakan salah satu hal yang sangat penting bagi guru sains, terutama calon guru dan guru biologi agar memperoleh pengetahuan. Dalam

pembelajaran biologi juga harus memperhatikan bahwa pembelajaran biologi sebagai bagian dari sains harus memperhatikan karakteristik biologi sebagai proses dan sebagai produk. Pentingnya memahami NoS untuk pendidik karena NoS digunakan dalam (1) memahami sains dan mengelola objek dan proses teknologi dalam kehidupan sehari-hari, (2) pengambilan keputusan tentang masalah sosiologis, (3) menilai sains sebagai bagian dari budaya kontemporer, (4) membantu mengembangkan pemahaman tentang norma-norma komunitas ilmiah yang mewujudkan komitmen moral tentang nilai-nilai umum kepada masyarakat, dan (5) memfasilitasi pembelajaran mata pelajaran sains (Driver, Rosalind; John Leach, 1996).

Proses pembelajaran sains menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi agar menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah. Pembelajaran sains merupakan integrasi antara proses inkuiri dan pengetahuan, merupakan proses konstruksi pengetahuan melalui aktivitas berpikir, mengembangkan keterampilan menjelajah lingkungan dan memecahkan masalah, menjadi wahana bagi peserta didik untuk mempelajari diri sendiri dan alam sekitar, melakukan eksperimen untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi, serta prospek pengembangan lebih lanjut dalam menerapkannya di dalam kehidupan sehari-hari (Trianto, 2011).

Pendidik, dalam hal ini calon guru dan guru biologi harus memiliki kompetensi sebagai pendidik. Standar Kompetensi Guru Pemula/SKGP mengisyaratkan bahwa calon guru harus memiliki 4 kompetensi yaitu penguasaan bidang studi, pemahaman tentang peserta didik, penguasaan pembelajaran yang mendidik, serta pengembangan keprofesionalan dan kepribadian. Salah satu butir kompetensi dalam rumpun kompetensi penguasaan pembelajaran antara lain menguasai model, pendekatan, strategi, dan metode pembelajaran sesuai materi pelajaran. Dengan demikian, baik guru maupun calon guru perlu dan penting memiliki penguasaan konsep-konsep dasar (konten) yang kuat sekaligus kemampuan untuk membelajarkan konsep-konsep (pedagogi) tersebut dengan baik dan benar.

Dalam membelajarkan biologi baik calon guru maupun guru biologi harus memahami dengan baik hakikat dari pembelajaran biologi agar, informasi yang akan disampaikan kepada peserta didik tersampaikan sesuai dengan tujuan dari pembelajaran tersebut. Pembelajaran biologi yang sarat dengan materi yang bersifat abstrak menuntut calon guru maupun guru biologi mengintegrasikan pembelajaran agar pembelajaran dapat berlangsung dengan semestinya.

Biologi menyediakan ruang untuk mengintegrasikan teknologi dalam kegiatan pembelajaran dalam bentuk tutorial, *drills and practice*, simulasi, dan permainan. Dalam memfasilitasi pembelajaran sains yang dipadukan dengan teknologi digital di abad ke-21 ini, rancangan *virtual lab* mampu meningkatkan pemahaman hakikat sains/ *Nature of Science* (NoS) guru dan calon guru biologi. *Virtual lab* merupakan kegiatan melakukan simulasi lingkungan laboratorium riil dan didefinisikan sebagai lingkungan belajar dimana siswa mengubah pengetahuan teoritis mereka menjadi pengetahuan praktis dengan melakukan percobaan (Tatli & Ayas, 2013). Penggunaan *virtual lab* mendorong aktivitas peserta didik dan guru mengatur kegiatannya sendiri sehingga memperoleh konsep yang berguna dan mengarah ke generalisasi yang bermakna.

Terlepas dari ini semua, *virtual lab* untuk pembelajaran biologi hendaknya dikembangkan oleh ahli biologi dan ahli TIK sehingga menghasilkan produk berupa *virtual lab* yang sangat baik dan sesuai dengan konsep yang sebenarnya. Berkembangnya berbagai macam *virtual lab* menuntut guru untuk mampu memilih dan mengimplementasikan *virtual lab* yang sesuai dengan tuntutan pembelajaran serta tanpa menghilangkan hakikat pembelajaran yang sesungguhnya. Pemilihan ini dilatarbelakangi oleh pemahaman guru terhadap hakekat pembelajaran biologi/ *Nature of Science* (NoS) yang disandingkan dengan kemampuan berfikir kritis sehingga guru dapat menentukan *virtual lab* yang baik dan bisa digunakan dalam proses praktikum tanpa menghilangkan hakekat dari pembelajarannya.

Salah satu proses seleksi dalam menentukan *virtual lab* yang akan digunakan oleh pendidik dalam kegiatan praktikum adalah dengan cara melakukan *wet lab* prosedur yang terdapat pada *virtual lab* yang sudah dikembangkan sebelumnya atau *virtual lab* yang sudah tersedia dan bisa langsung digunakan. Dalam proses ini

sangat diperlukan kemampuan berpikir kritis dan hakikat sains/ *Nature of Science* (NoS) calon guru dan guru biologi dalam kegiatan praktikum. Berdasarkan permasalahan-permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka penulis berniat untuk melakukan penelitian yang berjudul “Kemampuan Berpikir Kritis dan Pemahaman NoS Calon Guru dan Guru Biologi Melalui *Virtual Lab* dalam Kegiatan Praktikum”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah “Bagaimana kemampuan berpikir kritis dan pemahaman hakikat sains /*Nature of Science* (NoS) calon guru dan guru biologi PPG dalam kegiatan praktikum melalui *virtual lab*?”

1.3. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, dapat ditulis pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan berpikir kritis calon guru dan guru biologi dalam kegiatan praktikum setelah melakukan *virtual lab* dan *wet lab* prosedur yang terdapat pada *virtual lab*?
2. Bagaimana perbandingan antara kemampuan berpikir kritis calon guru dengan guru biologi dalam kegiatan praktikum setelah melakukan *virtual lab* dan *wet lab* prosedur yang terdapat pada *virtual lab*?
3. Bagaimana pemahaman hakikat sains/ *Nature of Science* (NoS) calon guru dan guru biologi dalam kegiatan praktikum setelah melakukan *virtual lab* dan *wet lab* prosedur yang terdapat pada *virtual lab*?
4. Bagaimana perbandingan antara pemahaman hakikat sains/ *Nature of Science* (NoS) calon guru dengan guru biologi dalam kegiatan praktikum setelah melakukan *virtual lab* dan *wet lab* prosedur yang terdapat pada *virtual lab*?

1.4. Batasan Penelitian

Batasan masalah berfungsi untuk memperjelas dan memfokuskan pokok permasalahan penelitian. Agar penelitian lebih terarah, maka pada penelitian ini masalah dibatasi pada:

1. Kemampuan berpikir kritis dan pemahaman hakikat sains/ *Nature of Science* (NoS) yang diukur pada penelitian ini adalah kemampuan berpikir kritis dan pemahaman hakikat sains/ *Nature of Science* (NoS) calon guru dan guru biologi PPG.
2. Calon guru pada penelitian ini adalah calon guru biologi yang telah menyelesaikan perkuliahan S1 dan belum memiliki pengalaman mengajar.
3. Guru biologi pada penelitian ini dibatasi pada guru biologi yang sedang mengikuti program Pendidikan Profesi Guru (PPG) di Universitas Negeri di Bandung yang rata-rata pengalamannya 7 tahun.

1.5. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan berpikir kritis dan pemahaman hakikat sains/ *Nature of Science* (NoS) calon guru dan guru biologi dalam kegiatan praktikum terhadap *virtual lab*.

1.6. Manfaat/ Signifikansi Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak dalam dunia pendidikan khususnya pendidikan biologi. Manfaat dari penelitian ini adalah pendidik, baik calon guru maupun guru biologi hendaknya mampu lebih selektif dalam memilih *virtual lab* yang sudah dikembangkan. Pemilihan *virtual lab* hendaknya sesuai dengan tujuan pembelajaran, tujuan praktikum serta hakikat dari pembelajaran biologi itu sendiri. Proses pemilihan *virtual lab* dapat dilakukan dengan melakukan *wet lab* prosedur pada *virtual lab* yang akan digunakan dalam pembelajaran. Lebih lanjut manfaat lain dari penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan memperkaya kajian ilmiah dalam bidang ilmu pendidikan Biologi, khususnya dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hakikat sains / *Nature of Science* (NoS) calon guru dan guru biologi dalam memilih dan memanfaatkan teknologi digital dalam pembelajaran biologi khususnya dalam kegiatan praktikum.

b. Manfaat Praktik

1) Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menambah ilmu pengetahuan peneliti dalam hal memilih dan mengimplementasikan teknologi dalam pembelajaran khususnya *virtual lab* sebagai alternatif kegiatan praktikum riil di laboratorium. Selain itu, penelitian ini juga dapat memberikan manfaat kepada peneliti dalam hal mengetahui cara menganalisis kemampuan berpikir kritis dan pemahaman hakikat sains/ *Nature of Science* (NoS) calon guru dan guru biologi dalam kegiatan praktikum sebagai keterampilan yang sangat dibutuhkan dalam pendidikan di abad ke-21.

2) Bagi Guru dan Calon Guru

Penelitian ini juga bermanfaat bagi guru dan calon guru biologi dalam hal meningkatkan kemampuan berpikir kritis dalam memilih dan mengintegrasikan *virtual lab* yang benar dalam proses pembelajaran khususnya pada kegiatan praktikum melalui *virtual lab*. Bagi calon guru dan guru biologi, penelitian ini juga bermanfaat dalam hal mengembangkan pemahaman hakikat sains/ *Nature of Science* (NoS) dalam menghadapi pendidikan di abad ke-21 dalam pembelajaran biologi khususnya pada kegiatan praktikum.

3) Bagi Peneliti Selanjutnya

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya dalam mengembangkan *virtual lab* yang benar, yang sesuai dengan *wet lab* yang dilakukan di laboratorium, serta memperhatikan hakikat sains/ *Nature of Science* (NoS) dalam pembelajaran biologi khususnya dalam kegiatan praktikum. Penelitian

ini juga dapat digunakan sebagai referensi dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemahaman hakikat sains/ *Nature of Science* (NoS) calon guru dan guru biologi sesuai dengan desain *wet lab* prosedur yang terdapat pada *virtual lab*.

1.7. Struktur Organisasi

Penulisan tesis terdiri dari lima bagian, yang selanjutnya disebut bab. Bab I merupakan bab pendahuluan yang terdiri dari latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah, pertanyaan penelitian, batasan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur organisasi penulisan tesis. Bagian kedua selanjutnya disebut Bab II merupakan kajian pustaka dari berbagai sumber yakni jurnal nasional dan internasional serta buku teks yang memuat kajian variabel-variabel penelitian. Dalam hal ini menguraikan teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yakni praktikum dalam pembelajaran biologi, *virtual lab* dalam pembelajaran biologi, kemampuan berpikir kritis, hakikat sains/ *Nature of Science* (NoS), praktikum uji kandungan protein pada bahan makanan, dan kegiatan praktikum enzim katalase. Bab III menjelaskan metodologi penelitian yang berisi definisi operasional, desain penelitian, variabel penelitian, lokasi dan subjek penelitian. Tidak hanya itu, pada Bab III ini juga menjelaskan prosedur penelitian, teknik pengumpulan data, analisis data dan alur penelitian. Ketiga bab awal tesis ini dikenal dengan draft proposal penelitian.

Bagian selanjutnya yaitu Bab IV yang mengemukakan tentang temuan selama penelitian dan pembahasan. Pada bab ini dijelaskan temuan penelitian termasuk didalamnya pengolahan data penelitian serta analisis data dari temuan penelitian. Data dianalisis sesuai dengan penjabaran yang dijelaskan pada Bab III. Data temuan penelitian ini juga dikonfrontasi dengan penelitian terdahulu yang relevan. Selanjutnya hasil temuan penelitian dibahas secara komprehensif. Penjabaran ini juga disesuaikan dengan dasar-dasar atau teori-teori yang sudah ada. Setelah Bab IV dijelaskan dan dianalisis, Bab V merupakan bab akhir dari tesis yaitu simpulan, implikasi dan rekomendasi. Simpulan merupakan hasil dari temuan yang sudah dianalisis berdasarkan literatur. Simpulan ini juga merupakan jawaban dari

pertanyaan penelitian yang terdapat pada Bab I. Implikasi dan rekomendasi ditulis setelah simpulan, yang dapat ditujukan kepada para pembuat kebijakan, kepada para pengguna hasil penelitian yang bersangkutan, kepada peneliti berikutnya yang berminat untuk melakukan penelitian lanjutan, dan kepada pemecahan masalah di lapangan atau *follow up* dari hasil penelitian.