

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Penelitian**

Pendidikan tinggi merupakan bagian dari sistem pendidikan nasional dengan peran strategisnya untuk mencerdaskan kehidupan bangsa serta memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sesuai dengan nilai-nilai luhur bangsa Indonesia yang berkelanjutan. Pendidikan tinggi diperlukan dalam mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi, menghasilkan intelektual, ilmuwan, dan/atau profesional yang berkarakter tangguh serta berani membela kebenaran untuk kepentingan bangsa, dan untuk meningkatkan daya saing bangsa dalam menghadapi globalisasi di segala bidang (Undang-undang RI nomor 12 tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi).

Kualitas pembelajaran perlu ditingkatkan untuk mendukung peran strategis pendidikan tinggi tersebut. Kualitas dapat diartikan sebagai sesuatu yang baik, sedangkan pembelajaran adalah proses, cara, atau perbuatan menjadikan belajar atau kegiatan membelajarkan peserta didik. Membicarakan kualitas pembelajaran artinya membahas segala upaya yang dapat dilakukan agar terbentuk pembelajaran yang berkualitas dan luaran yang dihasilkan juga berkualitas. Mahasiswa yang berkualitas, kompetitif, berdaya pikir tinggi, fleksibel dan berbudaya dibutuhkan untuk menghadapi era globalisasi dan tetap bertahan secara produktif di abad ke-21 untuk mengimbangi perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni (IPTEKS) yang sangat pesat yang diikuti oleh perubahan ekonomi, sosial, dan budaya yang sangat cepat.

Upaya untuk membentuk mahasiswa berkualitas membutuhkan proses optimalisasi yang terus menerus pada sistem pembelajaran di perguruan tinggi. Tuntutan kualitas senantiasa berubah dari waktu ke waktu yang harus diikuti dengan perubahan kurikulum. Kurikulum disusun-ulang sedemikian rupa untuk dapat mengikuti perkembangan IPTEKS, transformasi sosial, ekonomi, dan budaya. Penyusunan kembali kurikulum tahun 2013 Program Studi Pendidikan Biologi di salah satu LPTK swasta di Kota Pekanbaru telah memunculkan Matakuliah Pilihan Biologi Molekuler dengan bobot 2 SKS. Tujuan

dimunculkannya Biologi Molekuler sebagai suatu matakuliah pilihan adalah untuk membekali mahasiswa dengan pengetahuan dan keterampilan tentang teknik dasar menganalisis molekul yang menyusun organisme. Pemahaman terhadap konten biologi molekuler menjadi dasar bagi pengembangan pengetahuan ilmu biologi secara umum.

Konten biologi molekuler memaparkan mekanisme pelaksanaan dan pengendalian proses-proses biokimia yang dihasilkan dari adanya hubungan antara struktur dan fungsi molekul-molekul hayati. Secara ringkas dapat dinyatakan bahwa dalam studi biologi molekuler yang ditelaah adalah dasar-dasar molekuler yang terdapat pada fenomena hayati. Bahan kajian utama dalam biologi molekuler adalah makromolekul hayati, khususnya asam nukleat dan protein serta proses-proses yang terlibat dalam pemeliharaan, pentransmisian, dan pengekspresian informasi biologi seperti proses replikasi yang melibatkan proses transkripsi dan translasi. Biologi Molekuler sebagai suatu disiplin ilmu telah mengalami perkembangan yang sangat pesat sejalan dengan terungkapnya mekanisme transfer informasi biologi pada bakteri dan bakteriofag. Berkembangnya teknologi DNA rekombinan atau rekayasa genetika sejak tahun 1970-an juga memberikan kontribusi yang sangat besar bagi perkembangan biologi molekuler. Proses memanipulasi DNA dengan berbagai teknik eksperimen baru menjadi dasar bagi berkembangnya biologi molekuler (Susanto, 2012).

Biologi Molekuler sebagai salah satu cabang Biologi bersifat inovatif ilmiah dan teknis sangat cepat berkembang dan memberikan pengaruh yang mendalam pada berbagai aspek kehidupan manusia. Konten biologi molekuler bersifat kompleks dan berakar pada beragam disiplin ilmu mulai dari *pure sciences* (matematika, kimia, dan fisika) hingga *applied sciences* (kedokteran dan pertanian) (Tibell & Rundgren, 2010). Perkembangan pesat ilmu Biologi Molekuler belum sepenuhnya diikuti oleh penguasaan konsep yang baik pada siswa terhadap bidang ilmu ini. Hasil kajian literatur menunjukkan masih banyak siswa yang mengalami kesulitan dalam memahami konten biologi molekuler. Hasil survei yang dilakukan terhadap mahasiswa Pendidikan Biologi di salah satu LPTK swasta di Kota Pekanbaru yang telah mengikuti matakuliah Biologi Molekuler menemukan adanya sejumlah kesulitan. Kesulitan tersebut antara lain banyak konsep yang kompleks,

sarat dengan istilah-istilah baru, dan tidak tersedia bahan ajar yang mudah dipahami. Selain hal tersebut pembahasan materi tidak kontekstual, tidak ada praktikum karena minimnya peralatan dan bahan laboratorium yang sesuai, dan perkuliahan didominasi oleh metode diskusi-presentasi.

Karakter konten yang kompleks dapat menjadi salah satu hambatan dalam memahami konsep-konsep biologi molekuler atau konsep yang relevan dengan biologi molekuler. Hasil-hasil penelitian yang menunjukkan kesulitan atau permasalahan yang muncul dalam pembelajaran biologi molekuler atau cabang Biologi yang relevan dengan biologi molekuler, misalnya: tidak memahami konsep rekayasa genetika dalam pembelajaran bioteknologi (Suryanti *et al.*, 2018); mengalami miskonsepsi pada konsep-konsep genetika molekuler seperti DNA, gen, kromosom dan sintesis protein (Nurlaila *et al.*, 2017); pemahaman yang tidak lengkap pada banyak konsep biologi molekuler yang diases dengan *Molecular Biology Capstone Assessment* (MBCA) dan terus memegang konsepsi yang salah tersebut (Couch *et al.*, 2015); kesulitan belajar salah satunya pada materi DNA dan kode genetik (Ozcan *et al.*, 2014); tidak memiliki pemahaman yang jelas tentang perbedaan antara gen (DNA) dan ekspresi gen (mRNA/protein), serta meyakini bahwa gen ada dalam suatu organisme atau sel hanya ketika gen itu diekspresikan (Wright & Newman, 2013); kesulitan dalam memahami konsep tentang protein dan sintesis protein, memiliki kesalahpahaman yang parah tentang proses sintesis protein dan struktur protein (Sinan *et al.*, 2007); siswa Slowakia memiliki pengetahuan yang rendah dan banyak kesalahpahaman tentang arti rekayasa genetika (Prokop *et al.*, 2007); siswa tidak memahami prinsip-prinsip dasar rekayasa genetika (Bal *et al.*, 2007); rekayasa genetika termasuk salah satu topik dengan tingkat kesulitan tertinggi kedua dari 36 topik biologi yang diteliti (Bahar *et al.*, 1999); dan istilah ‘kromosom’, ‘sel’ dan ‘DNA’ termasuk istilah khusus yang paling tidak dikenal oleh siswa (Jallinoja & Aro, 1999).

Selain itu, ditemukan juga siswa berpikir tidak lengkap ketika disajikan gambar dogma sentral, ditemukan kesalahan konsep pada interpretasi siswa tentang makna tanda panah transkripsi dalam representasi dogma sentral, di mana 36% siswa menjelaskan transkripsi sebagai konversi kimia dari DNA menjadi RNA atau menyatakan bahwa RNA telah ada sebelum proses transkripsi dimulai (Wright *et*

*al.*, 2014). Penelitian lain menemukan kesulitan siswa SMA dalam pembelajaran biologi molekuler yaitu kesulitan kognitif seperti menghafal istilah serta mengingat, memahami, menghubungkan, dan mengaplikasikan konsep. Penyebab kesulitan tersebut terkait dengan karakter konten materi, metode pembelajaran di kelas, dan bahan ajar yang digunakan sebagai sumber belajar utama (Rahmat *et al.*, 2008). Mahasiswa mengalami kesulitan untuk memahami kompleksitas dan saling keterkaitan proses dalam konten biologi molekuler. Contoh: mahasiswa mengetahui bahwa proses penting seperti transkripsi RNA melibatkan polimerase RNA, tapi fakta bahwa polimerase RNA itu sendiri sebenarnya merupakan suatu kompleks protein multimerik sering tidak dipahami oleh mahasiswa. Mahasiswa juga tidak memahami bahwa polimerase RNA tidak beraksi sendiri, tapi melibatkan beberapa kompleks multiprotein, dan masing-masing kompleks memainkan peranan yang penting dalam produksi RNA (McClellan *et al.*, 2005).

Berdasarkan temuan-temuan penelitian tersebut tampak bahwa permasalahan yang dihadapi siswa dalam pembelajaran biologi molekuler berakar pada pemahaman konsep yang masih rendah dan bahkan terdapat miskonsepsi di kalangan siswa. Konsep yang kurang tepat atau tidak tepat dalam pembelajaran biologi molekuler ini perlu diluruskan. Konsep merupakan hasil belajar utama dalam pendidikan yang merupakan batu pembangun dalam berpikir serta menjadi dasar bagi proses mental yang lebih tinggi, misalnya untuk mampu merumuskan prinsip dan membuat generalisasi (Dahar, 2011). Artinya, jika miskonsepsi dibiarkan dapat menyebabkan kesalahan cara berpikir pada siswa yang dapat dibawa sepanjang pembelajarannya.

Tahun 1992 *American Society for Biochemistry and Molecular Biology* (ASBMB) telah merekomendasikan kurikulum Biokimia dan Biologi Molekuler untuk tingkat sarjana. Kurikulum ini telah dimodifikasi untuk lebih menekankan keterampilan daripada teori. *American Society for Biochemistry and Molecular Biology* (ASBMB) telah menerbitkan daftar keterampilan yang harus dicapai dan hasil belajar yang direkomendasikan oleh *Association of American Colleges and Universities* (AAC & U) dalam laporannya ‘*College Learning for the New Global Century*’ pada tahun 2007. Adapun keterampilan yang perlu ditekankan dalam Kurikulum Biokimia dan Biologi Molekuler menurut ASBMB, yaitu: 1)

Kemampuan untuk mengases karya ilmiah secara kritis, 2) Keterampilan kuantitatif yang baik, 3) Kemampuan untuk merancang eksperimen dan memahami keterbatasan pendekatan eksperimen, 4) Kemampuan untuk menginterpretasi data eksperimen, 5) Kemampuan untuk merancang eksperimen lanjutan, 6) Kemampuan untuk bekerja dengan aman dan efektif dalam laboratorium, 7) Menyadari ketersediaan sumber dan bagaimana menggunakannya, 8) Kemampuan untuk menggunakan komputer sebagai alat informasi dalam penelitian, 9) Kemampuan berkolaborasi dengan peneliti lainnya, 10) Kemampuan untuk mempresentasikan hasil kerja secara oral, tulisan, dan visual bagi audiens sains dan non-sains. Adapun hasil belajar yang direkomendasikan, yaitu inkuiri dan analisis, berpikir kritis dan kreatif, komunikasi tertulis dan lisan, literasi kuantitatif, literasi informasi, serta kerja tim dan penyelesaian masalah (*problem solving*). Contoh pendekatan efektif untuk mengajarkan Biokimia dan Biologi Molekuler yang menggunakan pembelajaran aktif, misalnya *problem-based learning*, pembelajaran inkuiri berorientasi-proses, *peer-led team learning*, *just-in-time teaching* (JiTT), dan pendekatan studi kasus.

Mencermati kurikulum yang direkomendasikan oleh ASBMB tersebut, dipandang perlu untuk menerapkan inkuiri dalam pembelajaran biologi molekuler. *National Science Education Standards* (NSES) menyatakan bahwa calon guru dan guru praktik harus mengambil program sains dan belajar sains melalui inkuiri untuk mengembangkan pemahamannya terhadap sains (NRC, 1996). Oleh karena itu LPTK di perguruan tinggi sebaiknya merancang program yang berbasis inkuiri, sehingga calon guru dapat melakukan pengamatan terhadap berbagai fenomena alam, mampu membuat pertanyaan berdasarkan fenomena yang diamati, mampu mengumpulkan dan menginterpretasi data menggunakan teknologi yang sesuai, dan dapat bekerjasama dalam kelompok. Strategi pembelajaran inkuiri juga dapat melatih siswa bagaimana proses memperoleh pengetahuan seperti halnya para peneliti melakukan suatu penelitian.

Kemampuan berinkuiri merupakan salah satu standar yang dikehendaki dalam standar penyiapan guru sains. Standar tersebut menyatakan bahwa guru sains harus memahami proses, prinsip, dan asumsi berbagai metode inkuiri; dan melibatkan siswa dalam inkuiri seperti kegiatan mengobservasi, mengajukan

pertanyaan, membuat pertanyaan, mengumpulkan data dan menafsirkannya agar dapat mengembangkan dan menghubungkan konsep berdasarkan pengalaman empiris (NSTA, 2003). Salah satu tujuan utama pendidikan sains menurut *Benchmarks for Scientific Literacy* dan *National Science Education Standards* adalah untuk menghasilkan siswa yang mampu berinkuiri dalam menyelesaikan masalah. Kemampuan untuk terlibat dalam aktivitas berinkuiri dengan menggunakan metode ilmiah merupakan ciri khas dari literasi ilmiah (AAAS, 1993 dalam NSTA, 2003; NRC, 1996). Literasi ilmiah diperlukan dalam mencapai kecakapan abad ke-21 (Kemdikbud, 2019). Selain itu, reformasi pendidikan sains menekankan pentingnya pengalaman berinkuiri bagi siswa, sehingga guru harus siap dengan pengetahuan, keterampilan, dan kebiasaan berpikir untuk membimbing siswa melalui penyelidikan otentik (Windschitl, 2003). Dengan demikian, calon guru biologi selayaknya dibekali dengan pengetahuan dan kemampuan berinkuiri.

Mempelajari biologi molekuler memerlukan analisis yang cermat untuk mempermudah memahami mekanisme yang terjadi pada tingkat molekul. Misalnya, dalam memahami struktur DNA, mahasiswa menemukan masalah apakah DNA dapat diamati tanpa dikeluarkan dari sel? Lalu mahasiswa berhipotesis bahwa untuk mengamati DNA maka DNA harus dikeluarkan dari sel terlebih dahulu. Bagaimanakah cara mengeluarkan DNA dari sel? Mahasiswa menelusuri literatur untuk mengetahui cara mengeluarkan DNA dari sel, dan melakukan percobaan berdasarkan literatur yang ditemukannya. Rangkaian kegiatan yang dilakukan mahasiswa tersebut merupakan strategi inkuiri dalam rangka menjawab permasalahan yang dikemukakannya pada awal pembelajaran.

Penelitian tentang penerapan inkuiri dalam pembelajaran biologi atau laboratorium biologi telah banyak dilakukan dan terbukti berdampak positif terhadap siswa. Dampak positif tersebut misalnya terhadap kemampuan mendesain eksperimen serta menganalisis data (Oelkers, 2017); dapat membangun proses ilmiah, memungkinkan siswa yang pemula dalam proses ilmiah menjadi semakin akrab dan nyaman dalam keterampilan berbasis-inkuiri (McLaughlin & Coyle, 2016); peningkatan keterampilan proses ilmiah dan persepsi efikasi diri para calon guru dalam penggunaan laboratorium biologi (Şen & Vekli, 2016); mengembangkan kemampuan siswa untuk mengajukan pertanyaan penelitian

(Bielik & Yarden, 2016); memberikan pengetahuan ilmiah dan menumbuhkan keahlian riset dan kepercayaan diri, sehingga meningkatkan kinerja dan kepercayaan diri siswa (Gray *et al.*, 2015); meningkatkan kepercayaan diri dalam memahami laboratorium, literasi sains dasar, dan praktik ilmiah (Kudish *et al.*, 2015); dan meningkatkan capaian skor rata-rata hasil belajar (Nybo & May, 2015).

Kajian literatur menemukan bahwa pembelajaran berbasis-inkuiri dalam program laboratorium biologi dapat meningkatkan perolehan belajar. Oleh karena itu, komunitas pendidikan biologi telah membuat langkah dalam mengembangkan, menerapkan, dan mendiseminasikan kurikulum baru laboratorium berbasis-inkuiri (Beck *et al.*, 2014). Keterampilan inkuiri tepat dalam program laboratorium untuk membentuk kemampuan menganalisis masalah, merancang eksperimen; merumuskan hipotesis; mencari informasi; menghasilkan, menganalisis, dan menginterpretasi data; menguji hipotesis, melakukan pengujian statistik; menyimpulkan; menilai informasi secara kritis; berkolaborasi; dan mengomunikasikan (White *et al.*, 2013). Temuan penelitian Setiono (2019) menyatakan bahwa program praktikum anatomi tumbuhan berbasis inkuiri dapat mengembangkan *inquiry skills*, pengetahuan dan *logical thinking* mahasiswa. Berdasarkan beberapa temuan penelitian tersebut diketahui bahwa penerapan inkuiri dalam pembelajaran biologi dan laboratorium biologi memberikan dampak positif dalam hal peningkatan keterampilan proses ilmiah atau *inquiry skills*, kepercayaan diri dalam bekerja di laboratorium, literasi sains, *logical thinking* dan capaian kognitif peserta didik.

Salah satu tipe inkuiri adalah *free inquiry*. Ciri *free inquiry* adalah siswa merumuskan masalah sendiri, menghubungkan pembelajaran dengan pengetahuan sebelumnya, dan bekerja secara kolaboratif dengan berbagi dan berdiskusi bersama teman sebaya sehingga siswa termotivasi secara intrinsik untuk belajar (Roth, 1995). *Open inquiry* dalam banyak hal analog dengan '*doing science*' (Colburn, 2000). Pembelajaran *free/open inquiry* menghendaki masalah muncul dari siswa dengan bantuan arahan dari guru sampai siswa menemukan apa yang dipertanyakan dan mungkin berakhir dengan pertanyaan atau masalah baru yang perlu ditindaklanjuti pada kegiatan pembelajaran berikutnya (Rustaman, 2005). Kegiatan seperti mengajukan pertanyaan, merencanakan proses, dan mengambil kesimpulan

dalam proses *open inquiry* dilakukan oleh siswa, dan siswa bertanggungjawab langsung atas pembelajaran mereka sendiri (Blanchard *et al.*, 2010). Pembelajaran *free inquiry* digunakan pada siswa sekolah menengah di Australia (Kidman, 2012).

Pelaksanaan strategi *free inquiry* dalam penelitian ini telah menambahkan tahapan orientasi yang dilakukan di awal pembelajaran dengan cara memberikan wacana dan pertanyaan-pertanyaan orientasi untuk membantu mahasiswa dalam merumuskan masalah terkait topik yang dibahas, sehingga disebut dengan istilah *modified free inquiry*. Penelitian-penelitian sebelumnya terkait penerapan pembelajaran *free inquiry* dengan berbagai modifikasinya terbukti berdampak positif terhadap proses dan hasil belajar (Hadi *et al.*, 2018; Shofiyah, 2017; Hadiati & Pramuda, 2016; Khanafiyah & Rusilowati, 2010). Berdasarkan temuan-temuan penelitian tersebut dan karakter dari *free inquiry* maka diasumsikan mahasiswa Pendidikan Biologi sebagai calon guru biologi dapat dilatih untuk berinkuiry melalui penerapan strategi pembelajaran *modified free inquiry*.

Berdasarkan survei yang dilakukan oleh peneliti pada tahun 2016 diketahui bahwa pembelajaran biologi molekuler di Program Studi Pendidikan Biologi di salah satu LPTK swasta di Kota Pekanbaru belum dilengkapi dengan kegiatan praktikum sebagaimana yang diharapkan oleh mahasiswa. Ketiadaan praktikum disebabkan oleh fasilitas laboratorium yang belum lengkap, khususnya bahan kimia dan peralatan yang dibutuhkan untuk kegiatan praktikum teknik dasar biologi molekuler misalnya untuk analisis DNA. Pengadaan peralatan dan bahan kimia yang dibutuhkan untuk praktikum biologi molekuler memerlukan biaya yang sangat mahal sehingga belum menjadi prioritas untuk laboratorium di Program Studi Pendidikan Biologi. Selain itu, hasil penelitian pendahuluan memperlihatkan bahwa motivasi mahasiswa dalam pembelajaran biologi molekuler berada pada kategori sangat baik (45,7%) dan baik (54,3%), serta motivasi intrinsik adalah yang paling dominan (Suryanti, 2017). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Matakuliah Pilihan Biologi Molekuler diminati oleh mahasiswa. Oleh karena itu, peneliti berpendapat perlu diupayakan suatu cara untuk mengatasi keterbatasan ini.

Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) yang ekstensif telah memungkinkan pengembangan cara baru dalam pembelajaran sains. Teknologi informasi dan komunikasi memberikan fleksibilitas kepada pelajar yang terhambat



oleh proses pembelajaran tradisional (Mahanta & Sarma, 2012). Teknologi komputer sebagai bagian dari TIK mengalami perkembangan yang sangat pesat dan telah mewarnai dunia pendidikan dengan kemampuan pemrosesan informasinya yang sangat canggih. Penggunaan teknologi komputer memberikan dampak positif terhadap minat dan antusiasme peserta didik dalam proses pembelajaran, karena kecenderungan peserta didik yang umumnya menyukai hal-hal yang terkait dengan komputer. Pembelajaran sains berbasis-TIK bermanfaat untuk mengembangkan keterampilan generik sains, penguasaan konsep sains, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi pada siswa (Liliasari, 2011). Kebanyakan manfaat penggunaan teknologi pada pendidikan tinggi adalah untuk menyediakan bantuan bagi mahasiswa dan instruktur karena teknologi dapat meningkatkan efisiensi komunikasi, presentasi konten, dan hemat waktu (Swan & O'Donnell, 2009).

Rangkuman dari temuan-temuan penelitian tentang penerapan inkuiri dalam pembelajaran IPA menunjukkan bahwa ketersediaan dan pengorganisasian bahan, alat media, dan teknologi dapat menunjang pembelajaran IPA yang efektif (Rustaman, 2005). Penelitian tentang pembelajaran inkuiri yang menggunakan bantuan teknologi komputer baik berupa animasi, simulasi, atau *virtlab* telah banyak dilakukan. Beberapa dampak dari penggunaan teknologi komputer tersebut di antaranya, yaitu: efektif meningkatkan pembelajaran siswa (Xie *et al.*, 2017), mendukung siswa dalam mengartikulasikan ide-ide yang sudah ada, menambahkan ide normatif baru dan membedakannya dengan ide yang sudah ada, serta dapat merefleksikan pengalaman karena meningkatnya koherensi ide-ide siswa (Linn *et al.*, 2015), meningkatkan pembelajaran dan memperkaya pengalaman belajar siswa (Cool, 2015), meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep dan proses yang mendasar dalam kurikulum biologi molekuler di tingkat SMA meliputi struktur DNA, replikasi DNA dan sintesis protein (Rotbain *et al.*, 2008), dan membantu retensi memori jangka-panjang (McClellan *et al.*, 2005). Temuan dari beberapa penelitian di atas menunjukkan bahwa pengintegrasian teknologi komputer seperti *virtual world*, animasi, dan teknologi digital dalam pembelajaran inkuiri biologi berkontribusi terhadap kemampuan mengartikulasikan ide, merefleksikan pengalaman, memperkaya pengalaman pembelajaran, meningkatkan penguasaan konsep dan proses biologi, dan mempertahankan memori jangka-panjang siswa.

Salah satu media pembelajaran yang mengandalkan kecanggihan program komputer dan dapat membantu memperjelas materi yang kompleks dan mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium dalam pembelajaran biologi molekuler adalah *virtual laboratory (virlab)*. *Virtual laboratory* merupakan alat yang sangat baik dalam pembelajaran konvensional dan jarak jauh untuk pendidikan sains dan teknologi dengan memberikan fleksibilitas kepada siswa dan guru (Mahanta & Sarma, 2012). *Virtual laboratory* muncul sebagai solusi alternatif terhadap masalah yang terdapat dalam pembelajaran sains, dapat digunakan dalam penyajian konten materi dengan cara yang fleksibel, dan interaksi antara guru dan siswa menjadi tak terbatas oleh waktu dan tempat. Dispekulasikan bahwa penggunaan *virlab* sebagai pelengkap yang mendukung pendidikan yang sangat diperlukan berdasarkan pertimbangan ekonomi suatu negara dan antusiasme siswa (Tatli & Ayas, 2012).

Beberapa bentuk *virlab* yang telah dikembangkan dalam pembelajaran biologi molekuler atau biologi secara umum, misalnya *The Bacterial ID Virtual Labs* yang interaktif dan berpotensi tinggi pada skala inkuiri. *Vlabs* tersebut menyediakan pengalaman yang sangat menyenangkan untuk belajar secara individu, dapat digunakan sebagai bahan suplemen untuk mempersiapkan atau memperkuat *wet lab*, atau bahkan untuk menyediakan pengalaman seperti-laboratorium ketika *wet lab* tidak memungkinkan, dan berguna untuk mengungkapkan sains sebagai suatu proses dan dapat mengenalkan konsep serta metode/teknologi (Liu *et al.*, 2001). Pengembangan *Western Blotting vLAB* terbukti berpotensi besar untuk meningkatkan pengembangan keterampilan diagnostik mahasiswa terhadap penyakit (Polly *et al.*, 2014). Pengembangan *Virtual Biology Laboratory* (VBL) dapat menimbulkan sikap positif pengguna dalam pembelajaran (Swan & O'Donnell, 2009). Penggunaan *virlab Beverage-Agarose Gel Electrophoresis* (BAGE) berbasis-*web* untuk memahami prinsip elektroforesis dan mengajarkan keterampilan *problem-solving* yang diperlukan dalam pengalaman laboratorium (Cunningham *et al.*, 2006). Berdasarkan beberapa temuan penelitian tersebut diketahui bahwa pengguna memberikan respon positif terhadap penggunaan *virlab* dan terbukti bahwa *virlab* yang digunakan dapat memberikan pengalaman yang menyenangkan, meningkatkan pengembangan keterampilan

diagnostik, membantu memahami tentang prinsip elektroforesis dan mengajarkan keterampilan *problem-solving*.

*Virtual laboratory* yang digunakan dalam penelitian ini berbeda dengan kebanyakan *virllab* yang telah dikembangkan oleh para peneliti sebelumnya. *Virtual laboratory* ini dirancang dengan praktikum *wet laboratory* (*wetlab*) sebagai langkah awal dengan memanfaatkan fasilitas laboratorium yang ada, dan hasil dari kegiatan *wetlab* diinputkan untuk kegiatan *virllab*. Hal tersebut yang menjadi kebaruan (*novelty*) dalam *virllab* ini yaitu mencakup praktikum *wetlab* sehingga keterampilan *hands-on* mahasiswa sama sekali tidak dihilangkan. Berdasarkan uraian di atas, penulis berasumsi bahwa pengintegrasian *virllab* yang melibatkan *wetlab* dalam strategi pembelajaran inkuiri dapat mengoptimalkan kualitas pembelajaran biologi molekuler. Oleh karena itu peneliti telah melakukan suatu penelitian yang dikemas dengan judul “Pengembangan *Virtual Laboratory* dengan Melibatkan *Interface Wet Laboratory* (VirLab-iWeL) untuk Optimalisasi Kualitas Pembelajaran Biologi Molekuler”.

## 1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Permasalahan dalam penelitian ini secara umum dapat dirumuskan yaitu: “Bagaimana pengembangan *virtual laboratory* yang melibatkan *interface wet laboratory* (VirLab-iWeL) dapat mengoptimalkan kualitas pembelajaran biologi molekuler?” Selanjutnya rumusan masalah ini diuraikan ke dalam beberapa pertanyaan penelitian berikut:

- a. Bagaimana karakteristik VirLab-iWeL yang dikembangkan?
- b. Bagaimana efektivitas VirLab-iWeL dalam mengembangkan kemampuan berinkuiri mahasiswa?
- c. Bagaimana efektivitas VirLab-iWeL dalam meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa?
- d. Bagaimana hubungan antara kemampuan berinkuiri mahasiswa dengan penguasaan konsep biologi molekulernya ?
- e. Bagaimana tanggapan mahasiswa terhadap VirLab-iWeL yang digunakan dalam pembelajaran biologi molekuler ?

- f. Apa kendala yang dialami mahasiswa dalam penggunaan VirLab-iWeL selama pembelajaran biologi molekuler?

### 1.3 Pembatasan Masalah Penelitian

Beberapa batasan diberikan terhadap masalah yang dikaji dalam penelitian ini, yaitu:

- a. VirLab-iWeL yang dikembangkan bersifat interaktif dan mengacu kepada pembelajaran *modified free inquiry*.
- b. Konsep biologi molekuler yang diteliti terdiri dari Isolasi DNA, Elektroforesis gel agarosa, dan *Polymerase chain reaction* (PCR).
- c. Optimalisasi kualitas pembelajaran biologi molekuler maksudnya adalah mengembangkan proses pembelajaran biologi molekuler untuk meningkatkan hasil belajar mahasiswa sampai pada level yang terbaik (optimal). Cakupan proses pembelajaran yaitu pengembangan kemampuan berinkuiri, sedangkan hasil belajar yaitu peningkatan penguasaan konsep Isolasi DNA, Elektroforesis dan PCR. Apabila kemampuan berinkuiri mahasiswa dan penguasaan konsep biologi molekulernya dapat mencapai level terbaik, maka VirLab-iWeL yang dikembangkan dan diintegrasikan dalam strategi pembelajaran *modified free inquiry* dapat mengoptimalkan pembelajaran biologi molekuler.
- d. Penentuan efektivitas VirLab-iWeL terhadap kemampuan berinkuiri dan penguasaan konsep dengan cara menghitung nilai ukuran dampak (*effect size*) yang disimbolkan dengan *d*. Ada tiga kriteria efektivitas untuk nilai *d*, yaitu ‘kecil’, ‘sedang’ dan ‘besar’.
- e. Pengembangan kemampuan berinkuiri diases dengan instrumen tes kemampuan berinkuiri yang terdiri dari soal uraian (*essay test*). Perkembangan kemampuan berinkuiri ditandai dengan semakin baiknya nilai tes kemampuan berinkuiri mulai dari topik Isolasi DNA hingga ke topik PCR.
- f. Peningkatan penguasaan konsep diases dengan instrumen tes penguasaan konsep yang terdiri dari soal pilihan ganda. Peningkatan penguasaan konsep

ditandai dengan semakin meningkatnya nilai perolehan tes penguasaan konsep mulai dari topik Isolasi DNA hingga PCR.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian adalah untuk menghasilkan VirLab-iWeL yang dapat diintegrasikan dalam pembelajaran sehingga dapat mengoptimalkan pembelajaran biologi molekuler. Tujuan utama dirinci menjadi beberapa tujuan khusus yaitu:

- a. Menghasilkan program VirLab-iWeL dan menganalisis karakteristiknya.
- b. Menganalisis efektivitas VirLab-iWeL dalam mengembangkan kemampuan berinkuiri mahasiswa.
- c. Menganalisis efektivitas VirLab-iWeL dalam meningkatkan penguasaan konsep biologi molekuler.
- d. Menganalisis hubungan antara kemampuan berinkuiri dan penguasaan konsep biologi molekuler.
- e. Memperoleh tanggapan mahasiswa terhadap VirLab-iWeL yang digunakan dalam pembelajaran biologi molekuler.
- f. Menganalisis kendala yang ditemukan mahasiswa dalam penggunaan VirLab-iWeL selama pembelajaran biologi molekuler.

#### 1.5 Manfaat/Signifikansi Penelitian

Manfaat atau signifikansi temuan penelitian dapat dipaparkan dari beberapa aspek, yaitu:

##### 1. Aspek teori

Secara teori, program VirLab-iWeL dapat digunakan dalam pembelajaran biologi molekuler untuk mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium. VirLab-iWeL dapat memfasilitasi mahasiswa yang berbeda gaya belajarnya, misalnya mahasiswa ‘visual’ yang lebih berminat dengan *virlab* dan mahasiswa ‘kinestetik’ yang lebih menyukai *wetlab*.

##### 2. Aspek kebijakan

Secara implisit, hasil penelitian ini menghimbau kepada pimpinan perguruan tinggi agar dapat memprioritaskan kelengkapan fasilitas laboratorium sains untuk mendukung perkuliahan biologi molekuler.

### 3. Aspek praktik

VirLab-iWeL yang dihasilkan dapat menjadi salah satu metode alternatif dalam praktikum biologi molekuler (atau praktikum bioteknologi, genetika, biologi sel, biokimia, atau mikrobiologi) yang tidak dapat dilaksanakan karena fasilitas laboratorium yang belum lengkap, khususnya untuk topik Isolasi DNA, Elektroforesis gel, dan PCR.

### 4. Aspek isu serta aksi sosial

Secara implisit hasil penelitian ini mengajak para dosen Program Studi Pendidikan Biologi untuk:

- a. Menerapkan strategi pembelajaran *modified free inquiry* dalam perkuliahan sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan keterlibatan fisik dan kognitif mahasiswa dalam perkuliahan sehingga hasil belajar menjadi optimal, serta dapat membentuk karakter mahasiswa yang literat ilmiah.
- b. Mengembangkan atau menggunakan teknologi komputer yang dapat mendukung perkuliahan untuk membentuk karakter mahasiswa yang literat digital.

## 1.6 Struktur Organisasi Disertasi

Disertasi disusun dalam lima bab dan setiap bab diuraikan dengan urutan yang sistematis untuk menunjukkan keterkaitan antar bab sehingga membentuk kesatuan disertasi yang kompak dan utuh. Paparan kandungan setiap bab yaitu:

Bab I. Pendahuluan; diawali dengan paparan latar belakang terkait konteks penelitian tentang ‘Pengembangan *Virtual Laboratory* dengan Melibatkan *Interface Wet Laboratory* untuk Optimalisasi Kualitas Pembelajaran Biologi Molekuler’, diikuti dengan rumusan dan batasan masalah penelitian, serta penjelasan tentang tujuan dan manfaat/signifikansi penelitian.

Bab II. Kajian Pustaka; berisi paparan tentang konteks terkait dengan permasalahan atau topik penelitian yang dikaji. Paparan dibagi atas beberapa bagian yang meliputi teori konstruktivisme dalam pendidikan sains, strategi pembelajaran inkuiri, *wet laboratory* dan *virtual laboratory* dalam pembelajaran sains, penguasaan konsep, telaah terhadap topik biologi molekuler yang diteliti,

kualitas pembelajaran sains, dan paradigma penelitian. Bab ini diharapkan dapat menuntun pembaca dalam memahami ruang lingkup penelitian yang dilakukan. Paparan mengandung analisis dan sintesis terhadap teori belajar, konsep-konsep yang relevan, dan juga disertai dengan temuan-temuan penelitian terdahulu.

Bab III. Metode Penelitian; adalah bagian prosedural yang memaparkan tentang alur penelitian yang dimulai dari metode dan desain penelitian, subyek penelitian, definisi operasional, instrumen penelitian, prosedur penelitian, dan teknik analisis data.

Bab IV. Temuan dan Pembahasan; adalah bagian yang memaparkan temuan penelitian yang telah diolah dan dianalisis dengan menggunakan berbagai cara dan prosedur yang sesuai. Bab ini disajikan secara tematik di mana setiap temuan penelitian yang dipaparkan disertai dengan interpretasinya dan dilanjutkan dengan pembahasan. Pembahasan dilakukan dengan cara membandingkan temuan penelitian yang diperoleh dengan temuan-temuan penelitian sebelumnya baik yang sesuai maupun yang tidak sesuai, dan diperkaya dengan meninjau aspek-aspek belajar lainnya yang dapat mempengaruhi proses dan hasil belajar, seperti motivasi, gaya belajar, sikap dan percaya diri. Temuan penelitian dipaparkan secara berurutan sesuai dengan urutan pertanyaan penelitian.

Bab V. Simpulan, Implikasi dan Rekomendasi; bagian ini memuat paparan tentang pemaknaan dan penafsiran terhadap temuan penelitian dan pembahasannya, dan juga gagasan atau ide bermanfaat yang diajukan terkait dengan temuan penelitian. Simpulan berupa uraian sebagai jawaban terhadap rumusan masalah utama. Implikasi ditujukan bagi peneliti berikutnya yang berminat melakukan penelitian lanjutan dalam bidang yang relevan dengan penelitian ini, para pengguna temuan-temuan penelitian yang bersangkutan, para perumus kebijakan dan peraturan, dan sebagai salah satu tawaran atau metode pemecahan masalah yang ditemukan dalam dunia pendidikan, atau sebagai tindak lanjut dari temuan penelitian. Rekomendasi dimaksudkan agar penelitian lanjutan dapat berlangsung dengan lebih optimal, dapat dikembangkan lebih kompleks, atau dapat lebih difokuskan pada hal-hal yang dianggap lebih penting.