

BAB III

METODE PENELITIAN

Bab ini merupakan bagian prosedural yang menjelaskan tentang sistematika penelitian yang terdiri dari desain dan metode penelitian yang digunakan, subyek yang terlibat, definisi operasional, instrumen yang digunakan, prosedur, dan teknik analisis data yang dilakukan.

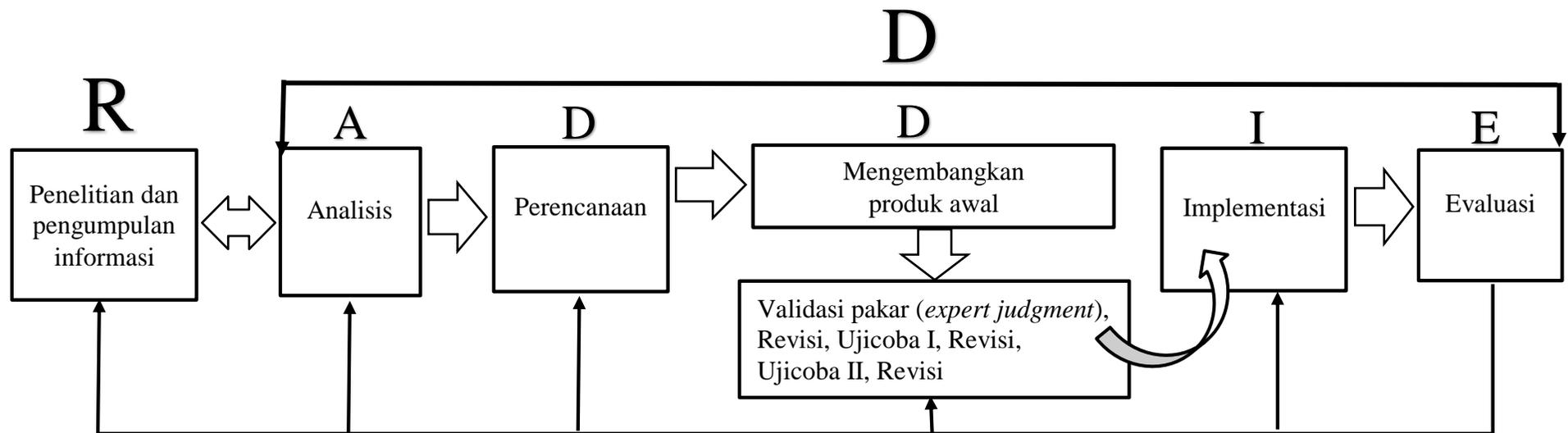
3.1 Metode dan Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development, R & D*) yang mengacu pada model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*). Model ADDIE merupakan salah satu model yang paling banyak digunakan sebagai pedoman dalam merancang pengajaran yang efektif pada lingkungan apapun, secara *online* maupun tatap muka. Setiap fase pada model ADDIE saling berhubungan dan berinteraksi sesamanya (Aldoobie, 2015). Secara keseluruhan tahapan dalam model ADDIE merupakan bagian '*Development*' dari R & D, sedangkan tahap *Analysis* pada model ADDIE saling melengkapi dengan bagian '*Research*' pada R & D. Kaitan antara metode R & D dengan model ADDIE dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Desain penelitian untuk uji coba I dan II adalah *one-group pretest-posttest design*, dimana tidak ada kelompok kontrol namun informasi tentang subjek penelitian dapat diperoleh dari data *pretest* (Tuckman, 1978; Fraenkel & Wallen, 2006). Sementara itu, untuk tahap implementasi digunakan *quasi-experimental design*.

3.2 Subyek Penelitian

Subyek untuk uji coba keterbacaan instrumen tes penguasaan konsep adalah mahasiswa Tadris IPA-Biologi yang mengontrak matakuliah pilihan Biologi Molekuler di salah satu LPTK di Jawa Barat yang berjumlah 40 orang. Subyek untuk uji coba I penggunaan *Virtual Laboratory-interface Wet Laboratory* (VirLab-iWeL) adalah mahasiswa Pendidikan Biologi di salah satu LPTK swasta di Kota Pekanbaru berjumlah 28 orang, sedangkan untuk uji coba II sebanyak 41 orang



Gambar 3.1 Hubungan antara R & D dengan Model ADDIE

mahasiswa di institusi yang sama pada kelas yang berbeda. Ujicoba I dilakukan untuk menganalisis keterlaksanaan pengintegrasian program VirLab-iWeL dalam pembelajaran biologi molekuler berstrategi *modified free inquiry*, sedangkan ujicoba II untuk menganalisis keberfungsian program VirLab-iWeL dalam mengoptimalkan pembelajaran biologi molekuler.

Subyek untuk tahap implementasi program VirLab-iWeL adalah mahasiswa Pendidikan Biologi di salah satu LPTK swasta di Kota Pekanbaru yang berjumlah 31 orang (kelas eksperimen) dan 35 orang (kelas kontrol). Pembelajaran biologi molekuler di kelas eksperimen dilaksanakan dengan strategi *modified free inquiry* dengan pengintegrasian program VirLab-iWeL, sedangkan di kelas kontrol strategi *modified free inquiry* tanpa program VirLab-iWeL. Diagram *quasi-experimental design* pada fase implementasi dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1
Perlakuan terhadap Kelas Penelitian

Kelas	Perlakuan	Postes
Eksperimen	Program VirLab-iWeL dengan strategi <i>modified-free inquiry</i>	√
Kontrol	Strategi <i>modified-free inquiry</i>	√

3.3 Definisi Operasional

Variabel penelitian didefinisikan secara operasional seperti berikut:

- a. Pengembangan VirLab-iWeL; merupakan kegiatan yang diawali dengan pengukuran *need assessment* terhadap pembelajaran biologi molekuler untuk mengidentifikasi masalah yang dihadapi mahasiswa, dan ditindaklanjuti dengan merancang pembelajaran yang meliputi kegiatan praktikum *wet laboratory* dan *virtual laboratory*. Data hasil praktikum mengisolasi DNA secara *wet laboratory* di-input-kan ke dalam menu praktikum elektroforesis *virtual* yang terdapat dalam aplikasi VirLab-iWeL. Praktikum PCR dilakukan secara *virtual*.
- b. Optimalisasi kualitas pembelajaran biologi molekuler; merupakan upaya untuk mengembangkan proses dan hasil pembelajaran biologi molekuler sampai pada level optimal dengan mengintegrasikan program VirLab-iWeL dalam strategi pembelajaran *modified free inquiry*. Keberhasilan optimalisasi dianalisis dengan menghitung besarnya ukuran dampak (*effect size*) VirLab-iWeL terhadap kemampuan berinkuiri dan penguasaan konsep biologi

molekuler. Nilai ukuran dampak yang berada pada kriteria ‘sedang’ atau ‘besar’ menunjukkan bahwa pengintegrasian VirLab-iWeL dalam strategi pembelajaran *modified free inquiry* dapat mengoptimalkan kualitas pembelajaran biologi molekuler.

- c. Kemampuan berinkuiri; adalah penguasaan keterampilan berinkuiri yang diperoleh dan dimiliki mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran biologi molekuler dengan pengintegrasian VirLab-iWeL dalam langkah-langkah strategi pembelajaran *modified free inquiry*. Tahapan inkuiri White *et al.*, (2013) dan *framework* inkuiri yang dikembangkan oleh Pedaste *et al.*, (2015) diadaptasi untuk diterapkan dalam penelitian ini. Tahapan inkuiri dalam pelaksanaan strategi pembelajaran *modified free inquiry* dimulai dengan tahap orientasi, merumuskan masalah, membuat hipotesis, mengumpulkan informasi atau data, mengomunikasikan temuan, dan menyimpulkan. Secara operasional, mahasiswa yang memiliki kemampuan berinkuiri dapat menyelesaikan soal-soal tes kemampuan berinkuiri pada topik Isolasi DNA, Elektroforesis gel agarosa, dan PCR. Setiap topik terdiri dari lima soal uraian yang mewakili setiap keterampilan inkuiri.
- d. Penguasaan konsep biologi molekuler; adalah kemampuan mahasiswa memahami dan menggunakan konsep-konsep Isolasi DNA, Elektroforesis gel agarosa, dan PCR untuk mengolah informasi terkait fenomena biologi molekuler sehingga dapat menjelaskan fenomena tersebut. Secara operasional, mahasiswa dikatakan menguasai konsep apabila dapat menjawab soal-soal pada tes penguasaan konsep dengan baik. Tes penguasaan konsep terdiri dari 66 soal objektif pilihan berganda (topik Isolasi DNA = 26, Elektroforesis = 19, dan PCR = 21 butir soal. Soal disusun mengacu pada dimensi proses kognitif dalam Revisi Taksonomi Pendidikan Bloom yang terdiri dari jenjang kognitif mengingat (C1), memahami (C2), mengaplikasikan (C3), menganalisis (C4), mengevaluasi (C5) dan mencipta (C6) (Anderson & Krathwohl, 2015).

3.4 Instrumen Penelitian

Penelitian R & D ini mengembangkan produk berupa VirLab-iWeL yang digunakan dalam pembelajaran biologi molekuler. Selama proses pengembangan produk hingga implementasinya digunakan beberapa instrumen penelitian baik berupa tes maupun non tes. Instrumen tes kemampuan berinkuiri digunakan untuk mengukur kemampuan berinkuiri dan tes penguasaan konsep untuk mengukur penguasaan konsep mahasiswa. Instrumen non tes berupa angket tanggapan mahasiswa terhadap penggunaan VirLab-iWeL, angket penilaian diri berskala *Likert* untuk menjangkau data sikap mahasiswa terhadap strategi pembelajaran *modified free inquiry*, lembar kerja inkuiri mahasiswa (LKIM), lembar observasi aktivitas berinkuiri, dan panduan wawancara. Pemetaan hubungan antara pertanyaan penelitian, sumber data, teknik dan instrumen penelitian serta jenis data dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2
Hubungan Pertanyaan Penelitian dengan Instrumen Penelitian

No.	Pertanyaan penelitian	Sumber data	Teknik pengumpul data	Instrumen pengumpul data	Jenis data
1	Bagaimana karakteristik VirLab-iWeL yang dikembangkan?	Mahasiswa	- Wawancara - Angket	- Panduan wawancara Angket penilaian VirLab-iWeL	Kualitatif
2	Bagaimana efektivitas VirLab-iWeL dalam mengembangkan kemampuan berinkuiri?	Mahasiswa	- Tes - Observasi - Analisis dokumen LKIM - Angket	- Soal-soal tes esai - Lembar observasi - LKIM - Angket	Kuantitatif dan kualitatif
3	Bagaimana efektivitas VirLab-iWeL dalam meningkatkan penguasaan konsep biologi molekuler?	Mahasiswa	Tes	Soal-soal tes objektif pilihan berganda	Kuantitatif
4	Bagaimana hubungan antara kemampuan berinkuiri mahasiswa dengan penguasaan konsep biologi molekulernya?	Mahasiswa	Tes	Soal-soal tes esai dan objektif pilihan berganda	Kuantitatif
5	Bagaimana tanggapan mahasiswa terhadap VirLab-iWeL yang digunakan dalam pembelajaran biologi molekuler?	Mahasiswa	- Angket - Wawancara	- Angket skala sikap - Panduan wawancara	Kualitatif

Lanjutan Tabel 3.2:

6	Apa kendala yang dialami mahasiswa dalam penggunaan VirLab-iWeL selama pembelajaran biologi molekuler?	Mahasiswa	- Angket - Wawancara	- Angket - Panduan wawancara	Kualitatif
---	--	-----------	-------------------------	---------------------------------	------------

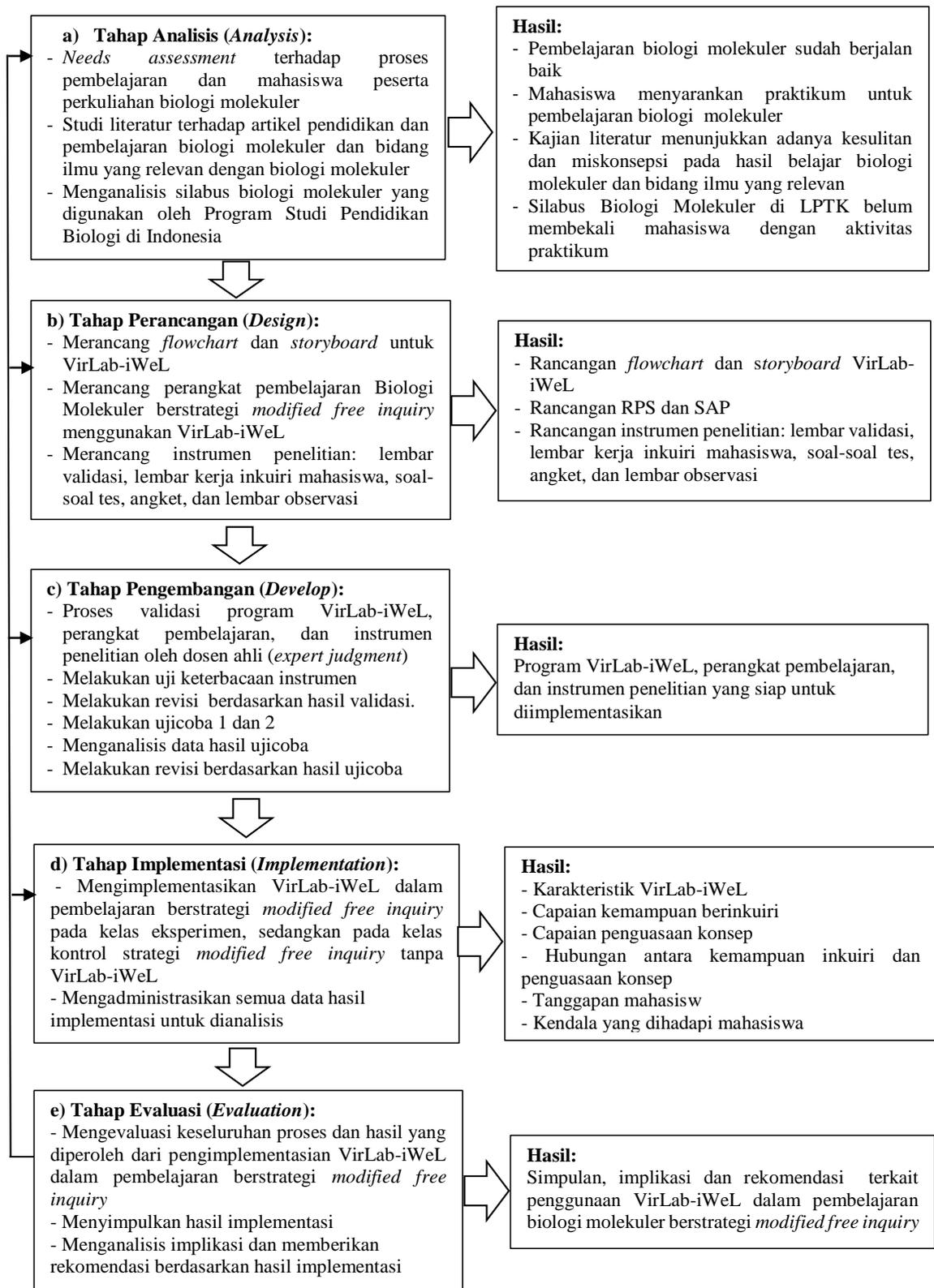
3.5 Prosedur Penelitian

Rancangan langkah-langkah yang runtut, sistematis dan terarah dalam penelitian ini digambarkan pada suatu bagan alur yang sistematis seperti pada Gambar 3.2. Tampak pada gambar tersebut ada lima tahapan yang harus dilakukan untuk tercapainya tujuan penelitian, yaitu tahapan *Analysis*, *Design*, *Develop*, *Implementation* dan *Evaluation*. Kegiatan yang dilakukan pada setiap tahapan diuraikan sebagai berikut:

3.5.1 Tahap Analisis (*Analysis Phase*)

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah penelitian *needs assessment* terhadap proses pembelajaran biologi molekuler, survei terhadap kebutuhan mahasiswa dalam pembelajaran biologi molekuler, dan menganalisis motivasi mahasiswa dalam perkuliahan biologi molekuler. Selain itu juga dilakukan penelusuran dan penelaahan terhadap artikel hasil penelitian terkait proses dan hasil pembelajaran biologi molekuler, dan silabus biologi molekuler yang digunakan oleh beberapa LPTK. Tahap analisis diharapkan menjadi pijakan kuat dan mendasar dalam penelitian pengembangan ini. Hasil penelitian *need assessment* diuraikan sebagai berikut:

- a) Analisis terhadap motivasi belajar biologi molekuler diperoleh data bahwa 45,7% mahasiswa motivasinya sangat baik dan 54,3% motivasinya baik (Suryanti, 2017). Diasumsikan bahwa dengan motivasi yang baik ini prestasi belajar mahasiswa dapat lebih ditingkatkan lagi jika diberi perlakuan yang tepat.
- b) Data dari angket tertutup menunjukkan bahwa: minat mahasiswa terhadap matakuliah biologi molekuler sangat tinggi (94,9%), bermanfaat bagi mahasiswa (92,8%), materi biologi molekuler bersifat kompleks, banyak istilah asing, dan membosankan (77,4%), mahasiswa yang memiliki bahan ajar biologi molekuler (79%), dosen pengampu menguasai materi,



Gambar 3.2 Kerangka Alur Penelitian

semangat, dan melibatkan mahasiswa secara aktif dalam pembelajaran (97,3%), dan pembelajaran biologi molekuler memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dan menggunakan media pembelajaran yang berupa *powerpoint presentation* dan *video* (94,2%).

- c) Berdasarkan angket terbuka diperoleh masukan dan saran untuk pembelajaran biologi molekuler selanjutnya, yaitu: peralatan laboratorium harus dilengkapi supaya mahasiswa dapat melakukan percobaan; materinya lebih disederhanakan agar mudah dipahami; dosen hendaklah memberikan penguatan setelah mahasiswa melakukan presentasi; hendaknya dosen menggunakan metode atau model pembelajaran yang menarik, aplikatif, bermakna, disertai contoh yang kontekstual; pembahasan materi hendaknya dilengkapi dengan media pembelajaran dan video yang relevan dengan materi yang dibahas dan penggunaan TIK lebih ditingkatkan lagi; hendaknya dosen membuat buku ajar biologi molekuler yang mudah dipahami dan menarik karena materi biologi molekuler ini berguna bagi guru IPA; bobot matakuliah agar ditingkatkan menjadi 3 SKS karena materinya luas dan memerlukan pembahasan yang lebih mendalam; dan hendaknya matakuliah ini disajikan di pagi hari karena memerlukan konsentrasi yang tinggi untuk memahaminya.

Berdasarkan temuan dari *need assessment* tersebut dapat dinyatakan bahwa masih terdapat peluang upaya untuk lebih mengoptimalkan pembelajaran biologi molekuler dengan mengadakan praktikum atau kegiatan sejenis praktikum, penggunaan metode atau strategi pembelajaran yang lebih menarik, dan pengintegrasian TIK yang lebih relevan dalam pembelajaran.

Penelaahan terhadap hasil-hasil penelitian terkait proses dan hasil pembelajaran biologi molekuler dan disiplin ilmu yang beririsan dengan biologi molekuler seperti genetika, bioteknologi, biokimia, biologi sel, mikrobiologi, dan fisiologi ditemukan masih terdapat keterbatasan-keterbatasan dalam proses dan hasil pembelajarannya, artinya masih terbuka peluang upaya untuk terus mengoptimalkan kualitas proses dan hasil pembelajaran biologi molekuler. Selanjutnya, penelusuran dan telaah terhadap silabus biologi molekuler pada LPTK

yang memiliki Program Studi Pendidikan Biologi di Indonesia (Lampiran A) diperoleh informasi berikut:

- a) Silabus A: tidak membahas teknik dasar dalam biologi molekuler beserta praktikumnya. Konsep-konsep yang dibahas mirip dengan konsep pada matakuliah Biologi Sel dan Genetika. Metode/strategi pembelajaran yang digunakan adalah metode konvensional yang umumnya digunakan pada perkuliahan klasikal.
- b) RPS-B: sudah memuat topik tentang teknik dasar biologi molekuler seperti Isolasi DNA, Elektroforesis gel, *Polymerase chain reaction* (PCR) dan *DNA sequencing*, namun tujuan pembelajaran dari topik-topik tersebut masih pada tahap kognitif yaitu ‘memahami’, dan metode yang digunakan juga mendukung untuk pengembangan kognitif saja. Mahasiswa belum dibekali dengan kegiatan yang dapat menstimulasi kemampuan psikomotornya, misalnya dengan kegiatan praktikum (*wetlab*).
- c) Silabus C: rancangan pembelajaran sangat kaya dengan topik tentang teknik-teknik dalam biologi molekuler, namun Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar yang ditetapkan masih pada tahap kognitif yaitu ‘memahami’. Metode pembelajaran yang digunakan adalah metode konvensional berupa ceramah dan tanya jawab. Mahasiswa belum dibekali dengan kegiatan yang dapat menstimulasi kemampuan psikomotornya, misalnya dengan kegiatan praktikum (*wetlab*).

Hasil penelitian *need assessment* menuntun suatu upaya yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu mengembangkan VirLab-iWeL yang diintegrasikan dalam pembelajaran biologi molekuler berstrategi *modified free inquiry*, dengan harapan upaya ini dapat mengoptimalkan pembelajaran biologi molekuler. Secara khusus, pengembangan VirLab-iWeL ditujukan untuk membantu mahasiswa calon guru biologi memahami teknik dasar dalam menganalisis DNA.

3.5.2 Tahap Perancangan (*Design Phase*)

Pada tahapan ini dilakukan penentuan topik biologi molekuler untuk *wetlab* dan *virlab*, membuat *flowchart* untuk program VirLab-iWeL, dan merancang

perangkat pembelajaran serta instrumen penelitian. Hasil rancangan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3
*Deskripsi Rancangan VirLab-iWeL, Perangkat Pembelajaran,
dan Instrumen Penelitian*

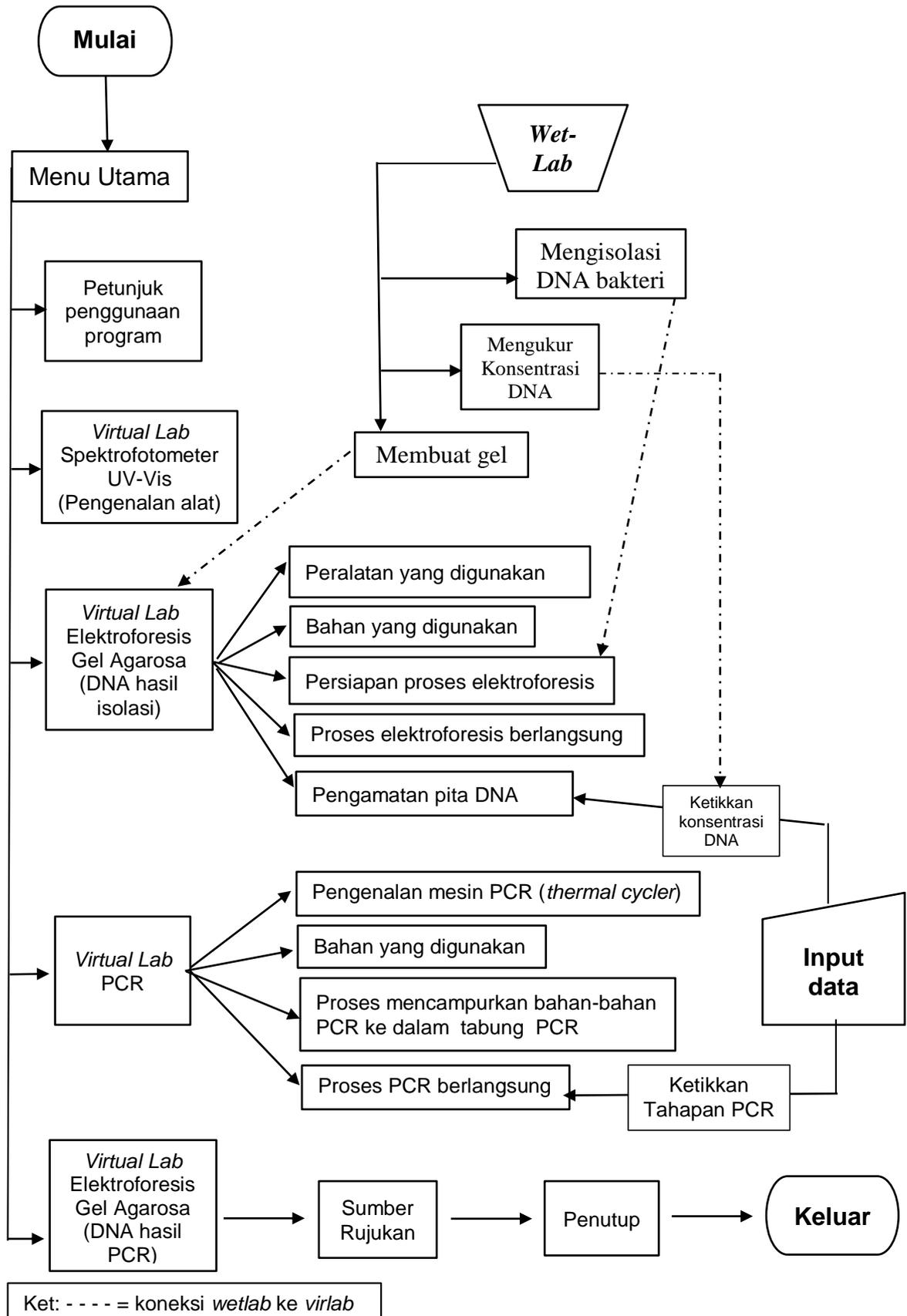
Komponen	Deskripsi
Topik yang dipilih	Berdasarkan telaah terhadap beberapa silabus Biologi Molekuler dan buku-buku teks biologi molekuler maka ditetapkan tiga topik yang dikaji dalam penelitian ini, yaitu Isolasi DNA, Elektroforesis gel agarosa, dan <i>Polymerase chain reaction</i> (PCR). Ketiga topik ini merupakan teknik dasar dalam kajian biologi molekuler, bahkan juga dalam matakuliah Mikrobiologi, Genetika, Biologi Sel, Fisiologi, dan Biokimia. Jika ditinjau buku teks SMA kelas XII, terdapat topik bahasan tentang 'Rekayasa Genetika', dimana topik ini memerlukan pengetahuan tentang teknik dasar biologi molekuler
<i>Flowchart</i> VirLab-iWeL	Dapat dilihat pada Gambar 3.3
Rencana Pembelajaran Semester (RPS)	<ul style="list-style-type: none"> - RPS Biologi Molekuler dibuat berdasarkan sintaks <i>modified free inquiry</i> yang melibatkan aktivitas praktikum <i>wetlab</i> dan pengintegrasian <i>virlab</i> (program VirLab-iWeL) - Format RPS mengacu pada Permenristekdikti Nomor 44 Tahun 2015 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi (SNPT) - RPS memuat nama program studi, nama dan kode mata kuliah, semester, sks, nama dosen pengampu; capaian pembelajaran lulusan yang dibebankan pada mata kuliah; kemampuan akhir yang direncanakan pada tiap tahap pembelajaran untuk memenuhi capaian pembelajaran lulusan; bahan kajian yang terkait dengan kemampuan yang akan dicapai; metode pembelajaran; waktu yang disediakan untuk mencapai kemampuan pada tiap tahap pembelajaran; pengalaman belajar mahasiswa yang diwujudkan dalam deskripsi tugas yang harus dikerjakan oleh mahasiswa selama satu semester; kriteria, indikator, dan bobot penilaian; dan daftar referensi yang digunakan
Satuan Acara Perkuliahan (SAP)	<ul style="list-style-type: none"> - SAP merupakan penjabaran dari RPS - SAP memuat kegiatan pembelajaran yang dilakukan untuk satu topik bahasan selama satu atau beberapa kali pertemuan - SAP mengandung komponen-komponen: identitas matakuliah, kemampuan akhir yang direncanakan, indikator capaian, tujuan pembelajaran, materi pembelajaran, strategi, metode dan media pembelajaran, kegiatan pembelajaran, penilaian/asesmen, dan sumber belajar
Instrumen tes kemampuan berinkuiri	Berupa pertanyaan esai yang dibuat berdasarkan konten teori dan teknik laboratorium yang disajikan dalam bentuk narasi, gambar, rancangan prosedur praktikum, atau penyajian data dalam suatu tabel. Setiap topik terdiri dari lima pertanyaan yang disesuaikan dengan indikator keterampilan inkuiri yang telah ditetapkan yaitu merumuskan masalah, membuat hipotesis, mengumpulkan data dan informasi untuk pengujian hipotesis, mengomunikasikan temuan, dan menyimpulkan
Instrumen tes penguasaan konsep	<ul style="list-style-type: none"> - Terdiri dari pertanyaan objektif pilihan berganda dengan empat pilihan jawaban - Kisi-kisi soal mengandung tujuan pembelajaran, nomor soal, butir soal, jenjang kognitif, skor soal, dan kunci jawaban - Butir-butir soal dibuat berdasarkan telaah terhadap RPS Biologi Molekuler yang telah divalidasi, lalu ditetapkan indikator capaian yang akan diukur, tujuan pembelajaran, dan dituliskan butir soal beserta kunci jawabannya

Lanjutan Tabel 3.3:

Instrumen non tes	a) Lembar Kerja Inkuiri Mahasiswa (LKIM); terdiri dari komponen nama dan nomor mahasiswa, petunjuk kegiatan, judul topik, kemampuan akhir yang direncanakan, indikator capaian, tujuan pembelajaran, pertanyaan orientasi, wacana, dan rangkaian pertanyaan yang harus dijawab secara mandiri terkait sintaks <i>modified free inquiry</i> , dan pertanyaan-pertanyaan untuk diskusi kelompok
	b) Lembar observasi aktivitas berinkuiri; merupakan daftar cek yang berisi nama mahasiswa dalam tiap kelompok dan jenis-jenis aktivitas inkuiri. Observer memberikan tanda centang pada aktivitas inkuiri tertentu yang ditampilkan oleh mahasiswa
	c) Angket tanggapan mahasiswa terhadap program VirLab-iWeL dalam pembelajaran biologi molekuler berstrategi <i>modified free inquiry</i> berskala <i>Likert</i> ; terdiri dari empat aspek yang diases yaitu inovasi, motivasi, efektivitas, dan penyajian praktikum. Berdasarkan empat aspek tersebut dikembangkan menjadi pernyataan-pernyataan dengan empat skala jawaban (sangat setuju, setuju, kurang setuju, dan tidak setuju). Angket diisi oleh mahasiswa setiap kali satu topik selesai dibahas
	d) Angket penilaian diri mahasiswa terhadap strategi pembelajaran <i>modified free inquiry</i> berskala <i>Likert</i> ; terdiri dari pernyataan-pernyataan sikap terhadap topik dan aktivitas inkuiri yang dilakukan selama proses pembelajaran. Angket ini memiliki empat skala jawaban (sangat setuju, setuju, kurang setuju, dan tidak setuju). Angket diisi oleh mahasiswa setiap kali satu topik selesai dibahas

Rancangan program VirLab-iWeL didahului dengan membuat diagram alir (*flowchart*) (Gambar 3.3). *Flowchart* merupakan diagram yang merepresentasikan suatu alur atau proses yang dibuat dengan menggunakan simbol-simbol tertentu yang menggambarkan urutan proses dan hubungan antara praktikum *wetlab* dengan *virlab*. Berdasarkan *flowchart* tersebut dibuat *storyboard* untuk aplikasi VirLab-iWeL. *Storyboard* memuat rangkaian proses yang terdapat di dalam aplikasi VirLab-iWeL berupa potongan-potongan kegiatan yang saling bersambungan antara satu *slide* dengan *slide* berikutnya.

Aplikasi VirLab-iWeL dibuat dengan menggunakan aplikasi *Adobe Flash CS 6* dengan *ActionScript 3.0* yang mengacu pada *storyboard* yang telah divalidasi. *Adobe Flash* merupakan *software* multimedia yang berubah nama dari *Macromedia Flash*. *Flash* sudah dipakai luas sejak puluhan tahun yang lalu untuk membuat animasi pada halaman *website*, profil perusahaan, *compact disk* interaktif, *game*, dan lainnya. Belakangan ini penggunaan *Flash* berkembang pesat untuk pembuatan *game* pada perangkat seluler seperti *handphone*, PDA, dan sebagainya. Jika dibandingkan dengan *software-software* terkenal lainnya, maka *Flash* berada pada posisi moderat dengan kemampuannya untuk menggambar sekaligus menganimasikannya. Meskipun efek gambarnya tidak secanggih dan seberagam



Gambar 3.3 Rancangan *Flowchart* untuk Aplikasi VirLab-iWeL

Evi Suryanti, 2020

PENGEMBANGAN VIRTUAL LABORATORY DENGAN MELIBATKAN INTERFACE WET LABORATORY UNTUK OPTIMALISASI KUALITAS PEMBELAJARAN BIOLOGI MOLEKULER

Adobe Photoshop, namun cukup untuk menghasilkan gambar objek-objek yang terlihat cantik dan artistik. Salah satu fasilitas yang terdapat dalam *Adobe Flash CS 6* adalah *ActionScript 3.0*. *ActionScript* merupakan bahasa pemrograman pada *Flash* yang digunakan untuk mengontrol objek, navigasi, animasi, dan lainnya agar program yang dibuat lebih interaktif (Hidayatullah *et al.*, 2011).

3.5.3 Tahap Pengembangan (*Develop Phase*)

Kegiatan yang dilakukan pada tahap pengembangan yaitu:

a) Proses validasi RPS dan SAP Biologi Molekuler

RPS dan SAP divalidasi oleh dua orang validator yang merupakan dosen ahli dalam bidang Botani Molekul (Validator I) dan Biokimia (Validator II). Hasil validasi yaitu RPS dan SAP Biologi Molekuler perlu diperbaiki pada bagian indikator capaian agar sesuai dengan pengalaman belajar, dan pada tahapan kegiatan *wetlab* dan *virlab* lebih ditonjolkan lagi. RPS dan SAP yang direvisi digunakan untuk ujicoba lapangan (Lampiran B dan C). Hasil validasi serta revisi RPS dan SAP dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4
Deskripsi Hasil Validasi dan Revisi RPS dan SAP Biologi Molekuler

Komponen yang dinilai	Validator I	Validator II	Hasil revisi
RPS	Sudah baik	<ul style="list-style-type: none"> Ada beberapa indikator capaian yang harus diperbaiki untuk disesuaikan dengan pengalaman belajar. Dapat digunakan dengan sedikit perbaikan 	Menambahkan kata 'mampu' pada indikator capaian, misalnya: Mampu menentukan peralatan yang akan digunakan untuk mengisolasi DNA dari bakteri <i>E. coli</i>
SAP: Isolasi DNA	Tahap <i>wetlab</i> tidak tampak	<ul style="list-style-type: none"> Perbaiki redaksi kalimat Dapat digunakan dengan sedikit perbaikan 	Ditambahkan kalimat berikut: ' <i>Mahasiswa melakukan kegiatan wetlab sebagai salah satu cara untuk mengumpulkan data</i> ' pada tahap mengumpulkan data.
SAP: Elektroforesis gel agarosa	Lebih ditonjolkan kegiatan <i>virlab</i> -nya	Dapat digunakan tanpa perbaikan	Ditambahkan kalimat: ' <i>Mahasiswa melakukan kegiatan elektroforesis secara wetlab (membuat gel agar-agar) dan virlab (persiapan DNA sampel untuk loading sampai dengan pengamatan pita DNA) untuk mengumpulkan data terkait dengan hipotesis yang diajukan</i> ' pada tahap mengumpulkan data.

Lanjutan Tabel 3.4:

SAP: PCR	Kegiatan <i>virlab</i> harus lebih eksplisit	<ul style="list-style-type: none"> • Skenario melakukan praktikum <i>virlab</i> perlu diperbaiki • Dapat digunakan dengan sedikit perbaikan 	Ditambahkan kalimat: ' <i>Mahasiswa melakukan percobaan PCR secara virtual pada laptopnya karena tidak memiliki fasilitas untuk melakukan teknik PCR secara nyata</i> ' pada tahap mengumpulkan data.
----------	--	---	---

b) Proses validasi VirLab-iWeL

Program VirLab-iWeL divalidasi oleh dosen ahli Biokimia (Validator I) dan dosen ahli Kecerdasan Buatan (Validator II). Masukan dari para validator yaitu: pada aspek tampilan penyajian dapat memotivasi mahasiswa untuk menjalankan aplikasi, namun perlu ditingkatkan pada penampilan teks dan warna. Ditinjau dari aspek konten tidak terlalu sulit namun memacu mahasiswa untuk belajar mandiri, sebaiknya ditambahkan prinsip dasar pengkopian DNA pada bagian teori pengenalan. Masukan dari validator didiskusikan dengan tim pembimbing, kemudian dilakukan perbaikan terhadap VirLab-iWeL sesuai dengan saran dari validator dan juga ditambahkan konten tentang aplikasi cara membuat *primer* pada bagian PCR *virtual*. Instrumen yang digunakan dalam validasi VirLab-iWeL dapat dilihat pada Lampiran D.

c) Proses validasi instrumen penelitian

1. Instrumen Tes

Proses validasi dilakukan oleh dosen ahli Botani Molekuler (Validator I) dan dosen ahli Biokimia (Validator II). Hasil validasi dapat dirangkum sebagai berikut, yaitu: Untuk tes kemampuan berinkuiri, tata kalimat soal dan kunci jawaban diperbaiki, rujukan untuk tahapan inkuiri harus dinyatakan, beberapa pertanyaan sebaiknya diarahkan kepada substansi yang dibahas. Untuk tes penguasaan konsep, beberapa butir pengecoh diperbaiki dan beberapa pertanyaan belum terarah kepada substansi yang dibahas. Hasil validasi menunjukkan bahwa instrumen tes ini perlu direvisi. Selanjutnya dengan pertimbangan dari tim pembimbing dan masukan dari dosen validator dilakukan revisi terhadap instrumen tes tersebut sehingga dapat digunakan untuk ujicoba lapangan. Pengembangan semua instrumen tes kemampuan berinkuiri dan penguasaan konsep yang digunakan pada tahap analisis keterbacaan, ujicoba dan implementasi dapat dilihat pada lampiran E dan F.

2. Instrumen non tes

Validasi juga dilakukan terhadap instrumen-instrumen non tes, dan ringkasan hasil validasinya yaitu: untuk rubrik penilaian kinerja praktikum Isolasi DNA sebaiknya dilengkapi dengan menilai substansi materi praktikum, sedangkan untuk rubrik penilaian laporan praktikum, angket penilaian diri, dan lembar observasi aktivitas berinkuri sudah baik. Instrumen non tes tersebut direvisi berdasarkan pertimbangan dari tim pembimbing dan masukan dari dosen validator, dan digunakan dalam ujicoba lapangan. Semua instrumen non tes yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Lampiran G.

d) Analisis keterbacaan instrumen tes penguasaan konsep

Instrumen tes penguasaan konsep untuk analisis keterbacaan terdiri dari 28 butir soal untuk Isolasi DNA, 19 butir untuk Elektroforesis, dan 21 butir untuk PCR. Tes diujicobakan kepada 40 orang mahasiswa Tadris IPA-Biologi di salah satu LPTK di Jawa Barat yang mengontrak matakuliah pilihan Biologi Molekuler pada semester ganjil tahun 2017/2018. Ujicoba tes dilakukan sebelum instrumen selesai divalidasi oleh dosen ahli karena mengikuti jadwal perkuliahan mahasiswa pada topik yang relevan. Kisi-kisi awal soal tes penguasaan konsep berdasarkan jenjang kognitif dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5
Kisi-Kisi Soal Tes Penguasaan Konsep untuk Uji Keterbacaan Berdasarkan Jenjang Kognitif

Topik	Nomor soal						Jumlah soal
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Isolasi DNA	4,5,6,7,8,16,24	1,2,9,10,11,12,13,14,18,19,20,22,23,25,26,27,28	3,15,17,21	-	-	-	28
Elektroforesis	4,5,6,7,8,9	1,2,10,11,12,14,16,17,19	-	3,13,15,18	-	-	19
PCR	3,4,5,7	1,2,6,8,9,11,13,14,16,17,18	10,21	15,20	19	12	21
Jumlah (%)	17 (25%)	37 (54,41%)	6 (8,82%)	6 (8,82%)	1 (1,47%)	1 (1,47%)	68

(Sumber: Lampiran F.1)

Data pada Tabel 3.5 menunjukkan kisi-kisi soal tes penguasaan konsep pada awalnya mengandung butir-butir soal dengan jenjang kognitif C1 dan C2 yang dominan. Distribusi tingkat kesukaran soal berdasarkan hasil tes keterbacaan dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Evi Suryanti, 2020

PENGEMBANGAN VIRTUAL LABORATORY DENGAN MELIBATKAN INTERFACE WET LABORATORY UNTUK OPTIMALISASI KUALITAS PEMBELAJARAN BIOLOGI MOLEKULER

Tabel 3.6
Tingkat Kesukaran Soal Tes Penguasaan Konsep Berdasarkan Hasil Tes Keterbacaan

Topik	Jumlah soal (%)			Jumlah soal
	Mudah	Sedang	Sukar	
Isolasi DNA	7 (25%)	15 (53,57%)	6 (21,43%)	28
Elektroforesis	9 (47,37%)	6 (31,58%)	4 (21,05%)	19
PCR	3 (14,29%)	12 (57,14%)	6 (28,57%)	21

(Sumber: Lampiran F.1.1)

Data pada Tabel 3.6 menunjukkan soal tes penguasaan konsep pada topik Isolasi DNA dan PCR memiliki jumlah butir soal dengan tingkat kesukaran ‘sedang’ lebih banyak dibandingkan dengan butir soal yang ‘mudah’ dan ‘sukar’. Soal tes pada topik Elektroforesis terdiri dari hampir separuh jumlah butir soalnya adalah ‘mudah’. Data pada Tabel 3.6 ini berhubungan dengan data pada Tabel 3.5 yang menunjukkan komposisi soal tes penguasaan konsep dominan pada jenjang kognitif yang rendah karena banyak soal dengan tipe C1 dan C2. Terkait dengan hasil analisis statistik tersebut dan keputusan yang dibuat maka dilakukan perbaikan terhadap instrumen tes penguasaan konsep. Selanjutnya instrumen tes hasil revisi digunakan untuk ujicoba lapangan.

e) Pelaksanaan ujicoba I

Ujicoba pertama dilakukan untuk menganalisis keterlaksanaan pengintegrasian program VirLab-iWeL dalam pembelajaran Biologi Molekuler berstrategi *modified free inquiry*. Subyek penelitian adalah mahasiswa Pendidikan Biologi berjumlah 28 orang di salah satu LPTK swasta di Kota Pekanbaru yang mengambil matakuliah pilihan Biologi Molekuler pada semester genap tahun 2017/2018. Kegiatan ini dilakukan pada bulan Februari-April 2018. Pembelajaran Biologi Molekuler berlangsung dengan strategi *modified free inquiry* dan pengintegrasian program VirLab-iWeL selama pembelajaran. Setiap kali selesai satu topik mahasiswa diminta untuk memberikan tanggapannya terhadap penggunaan VirLab-iWeL melalui angket berskala *Likert*. Adapun proses keterlaksanaan pembelajaran selama ujicoba I diuraikan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7
Deskripsi Proses Pembelajaran Selama Ujicoba I

Tahapan <i>modified free inquiry</i>	Pengamatan terhadap keterlaksanaan program
Topik: Isolasi DNA	
Orientasi terhadap masalah	<ul style="list-style-type: none"> - Diawali dengan mengadakan pretes kemampuan berinkuiri dan penguasaan konsep tentang isolasi DNA. - Sebanyak sembilan orang (32,14%) mahasiswa (I-13, I-24, I-06, I-25, I-21, I-28, I-27, I-26, I-29) berusaha memberikan respon dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan orientasi. - Sebagian besar mahasiswa terlihat serius mengikuti perkuliahan.
Merumuskan masalah	<ul style="list-style-type: none"> - Kebanyakan mahasiswa masih terlihat kebingungan pada saat membuat pertanyaan rumusan masalah secara individu, saling melihat ke arah teman, namun mahasiswa tetap mencoba menuliskannya pada lembar kerjanya masing-masing. - Tidak ada yang berani menyampaikan rumusan masalah yang dibuatnya.
Membuat hipotesis	Mahasiswa tampak kebingungan dan ada yang bertanya apa itu hipotesis? Namun, mahasiswa berusaha untuk menuliskan hipotesisnya pada lembar kerjanya.
Mengumpulkan data	<ul style="list-style-type: none"> - Pada saat aktivitas kelompok terlihat interaksi mahasiswa cukup baik. - Saat praktikum <i>wetlab</i> Isolasi DNA berlangsung, terjadi penumpukan mahasiswa pada beberapa titik karena bergantian untuk menggunakan alat seperti sentrifus (hanya 1 unit), vorteks (hanya 1 unit), dan mikropipet (2 unit 1 mL, 2 unit 200 μL, dan 2 unit 10 μL). - Hampir semua mahasiswa terlibat aktif dalam praktikum mengisolasi DNA - Praktikum berlangsung lama (14.00 – 18.10 WIB).
Mengomunikasikan temuan	<ul style="list-style-type: none"> - Mahasiswa yang mencoba menyampaikan pendapatnya pada saat presentasi kelompok adalah I-13, I-19, I-12, I-21, I-23, I-25, I-21, I-28, I-02, I-10, I-08, I-07, I-18, I-29 (50%).
Menyimpulkan	<ul style="list-style-type: none"> - Mahasiswa yang mencoba menyampaikan simpulan yang dibuat oleh kelompoknya adalah I-19, I-16, I-10, I-27, I-03, I-14, I-18, I-26, I-29 (32,14%) - Memberikan postes kemampuan berinkuiri dan penguasaan konsep tentang isolasi DNA dengan soal yang sama pada saat pretes
Topik: Elektroforesis gel agarosa	
Orientasi terhadap masalah	<ul style="list-style-type: none"> - Diawali dengan mengadakan pretes kemampuan berinkuiri dan penguasaan konsep tentang elektroforesis gel agarosa - Mahasiswa yang merespon pertanyaan orientasi: I-19, I-24, I-23, I-25, I-21, I-02, I-18 (25%)
Merumuskan masalah	<ul style="list-style-type: none"> - Kebanyakan mahasiswa masih terlihat kebingungan pada saat membuat pertanyaan rumusan masalah secara individu, namun mahasiswa tetap mencoba melengkapi LKM-nya masing-masing. - I-19 dan I-24 berani menyampaikan pertanyaan rumusan masalah yang dibuatnya.
Membuat hipotesis	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada mahasiswa yang berani menyampaikan hipotesisnya secara lisan, mereka hanya menuliskannya pada lembar kerjanya.

Lanjutan Tabel 3.7:

Mengumpulkan data	<ul style="list-style-type: none"> - Setiap kelompok aktif berdiskusi sebelum praktikum. - Mahasiswa terlihat bersemangat melakukan praktikum membuat gel. - Mahasiswa banyak menghabiskan waktu untuk berdiskusi dalam menghitung bubuk agar yang harus ditimbang oleh kelompoknya sesuai dengan konsentrasi gel yang akan dibuat, dan juga berdiskusi tentang cara mengencerkan larutan bufer TBE 10X menjadi 1X. - Hampir semua kelompok membuat gel lebih dari satu kali karena mereka merasa salah dalam menghitung dan menimbang bubuk agar yang digunakannya. - Hampir semua mahasiswa terlihat bersemangat, berdiskusi dan bekerjasama menyelesaikan tugas kelompoknya. Secara keseluruhan, setiap kelompok berhasil membuat gel, meskipun ada yang terlalu padat karena kesalahan dalam menentukan bubuk agar yang ditimbang. - Saat kegiatan <i>virtual</i>, banyak mahasiswa yang tidak membawa laptop, dan mereka bekerjasama dengan teman sekelompok yang memiliki laptop. Pada saat kegiatan <i>virtual</i> tidak ada mahasiswa yang bertanya.
Mengomunikasikan temuan	Mahasiswa yang menyampaikan pendapatnya adalah I-19, I-24, I-06, I-23, I-15, I-21, I-10, I-03, I-18 (35,71%).
Menyimpulkan	<ul style="list-style-type: none"> - Mahasiswa yang tampil untuk menyampaikan simpulan kelompoknya yaitu I-19, I-21, I-25, I-21, I-10, I-08, I-27, I-03, I-07, I-18, I-26, I-29 (42,86%). - Memberikan postes kemampuan berinkuiri dan penguasaan konsep tentang elektroforesis gel agarosa dengan soal yang sama pada saat pretes
Topik: PCR	
Orientasi terhadap masalah	<ul style="list-style-type: none"> - Diawali dengan mengadakan pretes kemampuan berinkuiri dan penguasaan konsep tentang PCR - Mahasiswa yang menjawab pertanyaan orientasi yaitu I-11, I-13, I-19, I-24, I-21, I-06, I-23, dan I-25 (28,57%).
Merumuskan masalah	Tidak ada mahasiswa yang berani menyampaikan pertanyaan rumusan masalahnya, hanya menuliskannya di LKM
Membuat hipotesis	Tidak ada mahasiswa yang berani menyampaikan hipotesisnya, hanya menuliskannya di LKM
Mengumpulkan data	<ul style="list-style-type: none"> - Program <i>virtlab</i> di laptop mahasiswa ada yang tidak bisa <i>running</i>, sehingga dosen menayangkannya dengan LCD sebagai solusi agar mahasiswa bisa menggunakannya. - Mahasiswa diberi kesempatan untuk berdiskusi dengan teman sekelompok saat praktikum <i>virtual</i> tersebut. - Mahasiswa dipersilahkan untuk bertanya, namun tidak ada yang bertanya.
Mengomunikasikan temuan	Mahasiswa yang tampil menyampaikan temuan atau pendapatnya adalah I-27, I-29, I-11, I-16, I-04, I-15 (21,43%)
Menyimpulkan	<ul style="list-style-type: none"> - Mahasiswa yang menyampaikan simpulan kelompoknya adalah I-11, I-16, I-04, I-15 (14,29%). - Memberikan postes kemampuan berinkuiri dan penguasaan konsep tentang PCR dengan soal yang sama pada saat pretes

Berdasarkan Tabel 3.7 tampak bahwa tingkat keterlibatan mahasiswa dalam tahapan *modified free inquiry* masih rendah pada ketiga topik terutama pada tahapan merumuskan masalah dan membuat hipotesis. Mahasiswa terlihat bersemangat mengikuti kegiatan *wetlab* Isolasi DNA, namun ada yang berkomentar

bahwa praktikumnya terlalu lama. Pada kegiatan *virtual* diketahui banyak mahasiswa yang tidak membawa laptop, dan juga pada laptop tertentu aplikasi *virtual* tidak bisa dijalankan. Namun, secara umum pembelajaran terlaksana sesuai dengan skenario pembelajaran yang telah disusun dan VirLab-iWeL dapat digunakan dalam pembelajaran biologi molekuler.

Hasil analisis angket tanggapan mahasiswa terhadap kegiatan praktikum *wetlab* dan *virlab* dalam pembelajaran biologi molekuler berstrategi *modified free inquiry* pada ketiga topik dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8
Tanggapan Mahasiswa terhadap Penggunaan Virlab-iWeL pada Ujicoba I

Topik	Tanggapan mahasiswa
Isolasi DNA (<i>wetlab</i> dan strategi <i>modified free inquiry</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Metode ini merupakan yang pertama dialami (85%) - Termotivasi oleh metode pembelajaran yang dilakukan (92%) - Efisien dan efektif untuk meningkatkan pemahaman terhadap konsep Isolasi DNA (98%) - Praktikum <i>wetlab</i> 'Isolasi DNA' memfasilitasi untuk memahami konsep Isolasi DNA dengan lebih baik (100%) - Prosedur praktikum Isolasi DNA yang telah dilakukan ringkas, jelas dan mudah dipahami (96%) <p><u>Kesimpulan:</u> Secara rerata 94,2% mahasiswa memberikan tanggapan positif terhadap kegiatan <i>wetlab</i> mengisolasi DNA dalam pembelajaran biologi molekuler berstrategi <i>modified free inquiry</i>, dan 5,8% mahasiswa yang memberikan tanggapan negatif.</p>
Elektroforesis gel agarosa (<i>wetlab</i> dan <i>virlab</i> serta strategi <i>modified free inquiry</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Pembelajaran Elektroforesis gel dengan <i>wetlab</i> dan <i>virlab</i> ini merupakan yang pertama dialami (100%) - Dapat memotivasi untuk mempelajari Biologi Molekuler dengan lebih baik (95%) - Efisien dan efektif untuk menggantikan praktikum Elektroforesis gel yang sebenarnya (88%) - Prosedur praktikumnya memfasilitasi untuk memahami konsep Elektroforesis gel agarosa dengan baik karena ringkas, jelas, menarik, dan mudah dipahami (94%) <p><u>Kesimpulan:</u> Secara rerata 94% mahasiswa memberikan tanggapan positif terhadap penggunaan Elektroforesis gel <i>virtual</i> dalam pembelajaran biologi molekuler berstrategi <i>modified free inquiry</i>, dan 6% mahasiswa yang memberikan tanggapan negatif.</p>
PCR (<i>virlab</i> dan strategi <i>modified free inquiry</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Pembelajaran dengan praktikum PCR <i>virtual</i> ini merupakan yang pertama dialami (98%) - Dapat memotivasi untuk mempelajari Biologi Molekuler dengan lebih baik (96%) - Efisien dan efektif untuk menggantikan praktikum PCR yang sebenarnya (86%) - Prosedur praktikum PCR <i>virtual</i> memfasilitasi untuk memahami konsep PCR dengan baik karena ringkas, jelas, menarik, dan mudah dipahami (93%)

Lanjutan Tabel 3.8:

Kesimpulan:
Secara rerata 93% mahasiswa memberikan tanggapan positif terhadap kegiatan praktikum PCR <i>virtual</i> pada konsep PCR dalam pembelajaran biologi molekuler berstrategi <i>modified free inquiry</i> , dan 7% mahasiswa yang memberikan tanggapan negatif.

Data pada Tabel 3.8 menunjukkan bahwa secara rerata hampir semua mahasiswa (93,73%) memberikan tanggapan positif terhadap penggunaan aplikasi VirLab-iWeL dalam pembelajaran biologi molekuler berstrategi *modified free inquiry*. Hanya sebagian kecil mahasiswa (6,27%) yang memberikan tanggapan negatif. Temuan ini mengindikasikan bahwa VirLab-iWeL memberikan kontribusi positif terhadap pembelajaran biologi molekuler. Perbaikan terhadap program VirLab-iWeL setelah ujicoba I tidak dilakukan karena tidak ada masukan dari mahasiswa.

Analisis terhadap hasil tes kemampuan berinkuiri mahasiswa pada pretes dan postes ditemukan bahwa penggunaan VirLab-iWeL dalam pembelajaran berstrategi *modified free inquiry* berpengaruh terhadap kemampuan inkuiri hanya pada topik Elektroforesis, sedangkan untuk topik Isolasi DNA dan PCR tidak berpengaruh. Kisi-kisi soal tes kemampuan berinkuiri yang digunakan pada tahap ujicoba I dapat dilihat pada Tabel 3.9 dan analisis butir soal berdasarkan hasil tes disajikan pada Tabel 3.10.

Tabel 3.9
Kisi-Kisi Soal Tes Kemampuan Berinkuiri untuk Ujicoba I

Keterampilan inkuiri	Jumlah butir soal		
	Isolasi DNA	Elektroforesis	PCR
Merumuskan masalah	1	1	1
Membuat hipotesis	1	1	1
Mengumpulkan informasi dan data	1	1	1
Mengomunikasikan temuan	1	1	1
Menyimpulkan	1	1	1
Total soal	5	5	5

(Sumber: Lampiran E.1)

Tabel 3.10
Rekapitulasi Analisis Butir Soal Tes Kemampuan Berinkuiri pada Ujicoba I

Topik	Jumlah soal					
	Pretes			Postes		
	Mudah	Sedang	Sukar	Mudah	Sedang	Sukar
Isolasi DNA	-	-	5	-	-	5
Elektroforesis	-	-	5	-	1	4
PCR	-	-	5	-	-	5

(Sumber: Lampiran E.1.1)

Semua soal tersebut kembali digunakan untuk ujicoba II dengan melakukan perbaikan pada beberapa soal (Lampiran E.1.1).

Analisis terhadap hasil tes penguasaan konsep diketahui bahwa penggunaan VirLab-iWeL dalam pembelajaran biologi molekuler berstrategi *modified free inquiry* berpengaruh terhadap penguasaan konsep pada topik Isolasi DNA dan PCR, sedangkan untuk topik Elektroforesis tidak berpengaruh. Kisi-kisi soal tes penguasaan konsep yang digunakan pada ujicoba I dapat dilihat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11
*Kisi-Kisi Soal Tes Penguasaan Konsep pada Ujicoba I
Berdasarkan Jenjang Kognitif*

Topik	Nomor soal						Jumlah soal
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Isolasi DNA	22,26	1,2,3, 6,7,8,9, 10,11,14, 15,16,17, 19,21, 23,24, 25	4,12, 13, 20	18	5	-	26
Elektroforesis	5	1,2,4,9, 10,11,12, 14,16,17, 19	-	3,7,8, 13,15,18	6	-	19
PCR	3,4	1,2,6,7,8,9, 11,13,14, 16,17,18	10,21	5,15,20	19	12	21
Komposisi (%)	5 (7,57)	41 (62,12)	6 (9,09)	10 (15,15)	3 (4,54)	1 (1,51)	66

(Sumber: Lampiran F.2)

Komposisi soal tes penguasaan konsep untuk ujicoba I yang tampak pada Tabel 3.11 didominasi oleh soal tipe C2. Analisis butir soal tes penguasaan konsep berdasarkan hasil ujicoba I dirangkum seperti pada Tabel 3.12.

Tabel 3.12
*Rekapitulasi Analisis Butir Soal Penguasaan Konsep
Berdasarkan Hasil Ujicoba I*

Topik	Jumlah soal (%)					
	Pretes			Postes		
	Mudah	Sedang	Sukar	Mudah	Sedang	Sukar
Isolasi DNA	8	16	2	8	17	1
Elektroforesis	1	13	5	2	14	3
PCR	1	11	9	8	11	2

(Sumber: Lampiran F.2.1)

Data pada Tabel 3.12 menunjukkan dominasi butir soal pada tingkat kesukaran ‘sedang’ baik pada pretes maupun postes. Data ini sejalan dengan kisi-kisi soal pada Tabel 3.11 di mana soal tes didominasi oleh jenjang kognitif C2 (memahami). Secara keseluruhan, butir soal tes penguasaan konsep digunakan pada tahap ujicoba II dengan melakukan perbaikan tata kalimat pada beberapa soal.

Berdasarkan analisis dan refleksi terhadap data hasil ujicoba I maka tindakan yang dilakukan adalah meninjau kembali soal tes kemampuan berinkuiri untuk topik Isolasi DNA dan PCR, sedangkan untuk tes penguasaan konsep yang ditinjau adalah soal-soal pada topik Elektroforesis. Tindakan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3.13.

Tabel 3.13
Perbaikan terhadap Soal-Soal Tes Setelah Ujicoba I

Tes Kemampuan berinkuiri (Isolasi DNA):
<p><u>Wacana soal nomor 1:</u></p> <p>Langkah awal dalam mengisolasi DNA dari sel adalah memecahkan dinding sel atau jaringan yang akan diisolasi DNA-nya. Pemecahan dinding sel ini dapat dilakukan secara fisik, kimiawi dan enzimatik. Tiga kelompok mahasiswa melakukan percobaan mengisolasi DNA kromosom dari bakteri <i>Escherichia coli</i>. Bahan-bahan yang digunakan untuk memecahkan dinding sel bakteri adalah:</p> <p>Kelompok A: menggunakan detergen cair Kelompok B: menggunakan lisozim Kelompok C: menggunakan etanol</p> <p><u>Diperbaiki menjadi:</u></p> <p>Langkah awal dalam mengisolasi DNA adalah memecahkan (melisis) dinding sel atau jaringan yang akan diisolasi DNA-nya. Pemecahan dinding sel ini dapat dilakukan secara fisik, kimiawi, dan enzimatik. Mahasiswa kelas Biologi Molekuler akan melakukan percobaan mengisolasi DNA kromosom dari bakteri <i>Escherichia coli</i>. Bahan-bahan kimia yang akan diuji efektifitasnya dalam memecahkan dinding sel bakteri adalah deterjen cair 20%, etanol 96%, dan deterjen bubuk 20%.</p> <p><u>Soal nomor 3:</u></p> <p>Berikut ini adalah contoh judul rancangan percobaan yang akan dilakukan dalam suatu kelas Biologi Molekuler: “Pengaruh Berbagai Konsentrasi Deterjen Cair dan Lisozim terhadap Tingkat Kemurnian DNA Kromosomal Bakteri <i>Escherichia coli</i> Hasil Isolasi”. Berdasarkan judul percobaan tersebut:</p> <ol style="list-style-type: none"> Bagaimana cara menentukan konsentrasi deterjen cair dan lisozim yang akan digunakan dalam percobaan? Bagaimana cara menentukan tingkat kemurnian DNA hasil isolasi? <p><u>Diganti menjadi:</u></p> <p>Jelaskan 5 jenis peralatan yang diperlukan dalam percobaan mengisolasi DNA dari bakteri <i>E. coli</i> serta fungsi alat-alat tersebut!</p>

Lanjutan Tabel 3.13:

Soal nomor 4:

Tabel berikut adalah data hasil percobaan isolasi DNA dengan menggunakan tiga metode isolasi yang berbeda ditinjau dari beberapa aspek:

Tabel. Variasi Metode Isolasi DNA

Aspek	Metode X	Metode Y	Metode Z
Waktu	15 menit	12 menit	120 menit (2 jam)
Biaya	± Rp. 30.000	± Rp. 50.000	± Rp. 500.000
Kemudahan	Sangat mudah	Mudah	Rumit
Kemurnian DNA	Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi

Pertanyaan: Berdasarkan data pada tabel di atas, apakah temuan yang bisa Anda ungkapkan?

Diganti menjadi:

Dari kajian literatur ditemukan banyak variasi metode untuk mengisolasi DNA bakteri *E. coli*. Tabel 1 menyajikan dua metode untuk mengisolasi DNA bakteri *E. coli*.

Tabel 1. Metode Isolasi DNA Bakteri *E. coli*

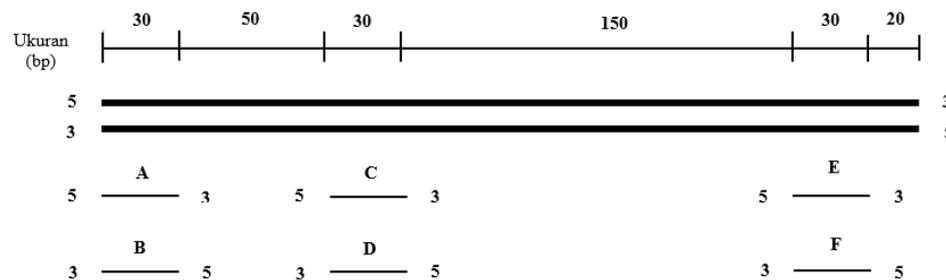
Aspek	Metode X	Metode Y
Waktu yang diperlukan	90 menit (1,5 jam)	150 menit (2,5 jam)
Bahan kimia yang dibutuhkan	Banyak dan mahal	Sedikit dan murah
Peralatan yang diperlukan	Kurang lengkap/terbatas	Tersedia lengkap
Prosedur kerja	Mudah	Mudah
Tingkat kemurnian DNA	Sangat Baik	Cukup baik

Berdasarkan Tabel 1 di atas, metode manakah yang digunakan jika Anda akan mengisolasi DNA dari lima sampel makanan yang diduga mengandung bakteri *E. coli* pada satu kali waktu praktikum? Mengapa Anda memilih metode tersebut? Jelaskan alasan Anda.

PCR:

Soal nomor 4:

Dua garis hitam tebal menunjukkan fragmen DNA dari gen asing *E. coli* yang memiliki 310 pasangan basa (bp). Di atas fragmen DNA tersebut, dinyatakan ukuran dari berbagai segmen DNA (dalam pasangan basa/*base pairs*), sedangkan di bawahnya terdapat berbagai *primer* yang dilabeli dengan huruf A-F.



Pertanyaan: Temuan apakah yang bisa Anda ungkapkan dari data pada gambar di atas?

Diperbaiki menjadi:

Pertanyaan:

Jika *primer-primer* A-F digunakan dalam amplifikasi fragmen DNA tersebut, maka pasangan *primer* manakah yang tepat digunakan dan berapakah ukuran fragmen DNA yang dihasilkannya?

Lanjutan Tabel 3.13:

Penguasaan konsep (Elektroforesis):
Ada lima soal yang diperbaiki tata kalimatnya agar lebih sistematis, yaitu nomor 3, 14, 16, 17, 19
<p><u>Soal nomor 3:</u> Pada saat elektroforesis berlangsung, DNA bergerak di sepanjang gel agarosa. Mengapa DNA dapat bergerak di sepanjang gel agarosa?</p> <p>A. karena DNA yang bermuatan lebih ringan sehingga mudah dialirkan oleh arus listrik di dalam wadah (<i>chamber</i>) elektroforesis</p> <p>B. karena molekul DNA yang bermuatan negatif dapat bergerak bebas di dalam wadah (<i>chamber</i>) elektroforesis meskipun tanpa diberi arus listrik</p> <p>C. karena DNA bermuatan negatif sehingga akan bergerak menuju kutub positif apabila diberi arus listrik di dalam wadah (<i>chamber</i>) elektroforesis</p> <p>D. karena molekul DNA yang bermuatan positif lebih mudah bergerak daripada molekul DNA yang tidak bermuatan apabila diberi arus listrik</p> <p><u>Diperbaiki menjadi:</u> Pada saat elektroforesis berlangsung, molekul DNA dapat bergerak di sepanjang gel agarosa karena:</p> <p>A. Molekul DNA bermuatan lebih ringan sehingga mudah dialirkan oleh arus listrik di dalam wadah (<i>chamber</i>) elektroforesis</p> <p>B. Molekul DNA yang bermuatan negatif dapat bergerak bebas di dalam wadah (<i>chamber</i>) elektroforesis meskipun tanpa diberi arus listrik</p> <p>C. Molekul DNA bermuatan negatif sehingga akan bergerak menuju kutub positif apabila diberi arus listrik di dalam wadah (<i>chamber</i>) elektroforesis</p> <p>D. Molekul DNA yang bermuatan positif lebih mudah bergerak daripada molekul DNA yang tidak bermuatan apabila diberi arus listrik</p>
<p><u>Soal nomor 14:</u> Mengapa kulit kita tidak boleh terpapar langsung dengan pewarna etidium bromida?</p> <p>A. karena kebersihan diri penting dalam pekerjaan laboratorium</p> <p>B. karena etidium bromida dapat menyebabkan kanker</p> <p>C. karena etidium bromida akan meninggalkan noda pada kulit</p> <p>D. karena etidium bromida dapat menyebabkan iritasi pada kulit</p> <p><u>Diperbaiki menjadi:</u> Kulit kita tidak boleh terpapar langsung dengan pewarna etidium bromida karena bahan kimia ini dapat</p> <p>A. Mengganggu kebersihan diri</p> <p>B. Menyebabkan kanker</p> <p>C. Meninggalkan noda pada kulit</p> <p>D. Menyebabkan iritasi pada kulit</p>
<p><u>Soal nomor 16:</u> Cara kerja etidium bromida sebagai pewarna gel agarosa adalah sebagai berikut, kecuali:</p> <p>A. etidium bromida menginterkalasi (menyisip ke dalam) DNA dan akan berpendar pada saat disinari oleh UV sehingga menampilkan pita-pita DNA pada gel.</p> <p>B. etidium bromida memendarkan sinar UV karena berkolaborasi dengan larutan bufer TAE sehingga pita-pita DNA menjadi tampak pada gel.</p> <p>C. etidium bromida terlebih dahulu menggandakan molekul DNA menjadi sangat banyak sehingga tampak sebagai pita-pita DNA yang terang dan jelas</p> <p>D. etidium bromida mewarnai gel agarosa sehingga DNA ikut terwarnai dan tampak sebagai pita-pita DNA yang berwarna terang di dalam gel agarosa</p> <p><u>Diperbaiki menjadi:</u> Cara kerja etidium bromida sebagai pewarna gel agarosa adalah sebagai berikut, kecuali:</p> <p>A. Menginterkalasi (menyisip ke dalam) DNA dan akan berpendar pada saat disinari oleh UV sehingga menampilkan pita-pita DNA pada gel.</p> <p>B. Memendarkan sinar UV karena berkolaborasi dengan larutan bufer TAE sehingga pita-pita DNA menjadi tampak pada gel.</p>

Lanjutan Tabel 3.13:

<p>C. Menggandakan molekul DNA menjadi sangat banyak sehingga tampak sebagai pita-pita DNA yang terang dan jelas</p> <p>D. Mewarnai gel agarosa sehingga DNA ikut terwarnai dan tampak sebagai pita-pita DNA yang berwarna terang di dalam gel agarosa</p>
<p><u>Soal nomor 17:</u> Berikut ini adalah kegunaan dari teknik elektroforesis gel agarosa, kecuali:</p> <p>A. Untuk memisahkan fragmen DNA yang berbeda ukurannya</p> <p>B. Untuk mengetahui ukuran fragmen DNA</p> <p>C. Untuk memurnikan fragmen DNA</p> <p>D. Untuk memisahkan fragmen DNA yang sama ukurannya</p> <p><u>Diperbaiki menjadi:</u> Kegunaan dari teknik elektroforesis gel agarosa adalah untuk, kecuali:</p> <p>A. Memisahkan fragmen DNA yang berbeda ukurannya</p> <p>B. Mengetahui ukuran fragmen DNA</p> <p>C. Memurnikan fragmen DNA</p> <p>D. Memisahkan fragmen DNA yang sama ukurannya</p>
<p><u>Soal nomor 19:</u> Pergerakan molekul DNA selama proses elektroforesis dipengaruhi oleh beberapa faktor. Berikut ini adalah faktor-faktor memengaruhi pergerakan molekul DNA yaitu:</p> <p>A. larutan bufer elektroforesis, ukuran molekul DNA, cetakan DNA, <i>chamber</i>, voltase, dan jenis <i>power supply</i></p> <p>B. ukuran molekul DNA, konsentrasi gel agarosa, bentuk molekul DNA, voltase, dan jenis <i>power supply</i></p> <p>C. ukuran molekul DNA, konsentrasi gel agarosa, <i>chamber</i> yang digunakan, voltase, dan larutan bufer elektroforesis</p> <p>D. ukuran molekul DNA, konsentrasi gel agarosa, bentuk molekul DNA, voltase, dan larutan bufer elektroforesis</p> <p><u>Diperbaiki menjadi:</u> Pergerakan molekul DNA selama proses elektroforesis dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu</p> <p>A. larutan bufer elektroforesis, ukuran molekul DNA, cetakan DNA, <i>chamber</i>, voltase, dan jenis <i>power supply</i></p> <p>B. ukuran molekul DNA, konsentrasi gel agarosa, bentuk molekul DNA, voltase, dan jenis <i>power supply</i></p> <p>C. ukuran molekul DNA, konsentrasi gel agarosa, <i>chamber</i> yang digunakan, voltase, dan larutan bufer elektroforesis</p> <p>D. ukuran molekul DNA, konsentrasi gel agarosa, bentuk molekul DNA, voltase, dan larutan bufer elektroforesis</p>

f) Pelaksanaan ujicoba II

Ujicoba II dilaksanakan dengan tujuan untuk menganalisis keberfungsian program VirLab-iWeL dalam optimalisasi pembelajaran biologi molekuler. Subyek penelitian adalah mahasiswa Pendidikan Biologi yang paralel pada lembaga yang sama yang juga mengontrak matakuliah pilihan Biologi Molekuler dengan jumlah 41 orang. Pelaksanaannya pada bulan Maret-Mei 2018 untuk ketiga topik. Jadi kegiatan ujicoba II dilakukan pada saat ujicoba I masih berlangsung. Hasil ujicoba

I pada bulan Februari langsung dianalisis dan direfleksi untuk digunakan sebagai masukan bagi ujicoba II pada bulan Maret. Hasil analisis dan refleksi terhadap ujicoba I pada bulan Maret dijadikan masukan untuk ujicoba II pada bulan April. Jumlah pertemuan dalam ujicoba II lebih sedikit dibandingkan dengan ujicoba I karena masa perkuliahan untuk semester genap sudah hampir berakhir dan akan diadakan ujian akhir semester (UAS). Proses keterlaksanaan pembelajaran selama ujicoba II dapat dilihat pada Tabel 3.14.

Tabel 3.14
Deskripsi Proses Pembelajaran Selama Ujicoba II

Tahapan <i>modified free inquiry</i>	Pengamatan terhadap keterlaksanaan program
Topik: Isolasi DNA	
Orientasi terhadap masalah	Mahasiswa yang menjawab pertanyaan orientasi dari dosen yaitu II-7, II-9, II-18, II-23, II-33, II-29, dan II-35 (17,07%).
Merumuskan masalah	<ul style="list-style-type: none"> - Mahasiswa terlihat berusaha untuk membuat pertanyaan rumusan masalah, ada yang membolak-balik buku teks dan bahan materi cetak yang dibawanya, menulis dan menghapus tulisannya, dan ada juga yang bertanya kepada peneliti. - Peneliti mengulangi lagi memberikan pengarahan kepada mahasiswa. - Mahasiswa tetap melanjutkan menuliskan pertanyaan di LKM individu menurut pemahaman mereka. - Mahasiswa yang berani menyampaikan pertanyaan yang mereka buat adalah II-9, II-16, II-33, II-1, dan II-36 (12,19%)
Membuat hipotesis	<p>Mahasiswa hanya menuliskannya di LKM, tidak ada yang mau menyampaikan hipotesis yang dibuatnya.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kira-kira pukul 16.00 WIB perkuliahan dihentikan karena ada diantara mahasiswa yang akan mengikuti perkuliahan dengan dosen lain, meskipun aktivitas kelompok belum selesai. Jadi peneliti meminta mereka untuk berdiskusi di luar jam kuliah dengan teman sekelompoknya dan melengkapi LKM kelompok dengan hasil diskusi mereka.
Mengumpulkan data	<ul style="list-style-type: none"> - Praktikum Isolasi DNA dimulai hampir pukul 14.00 WIB pada pertemuan berikutnya. - Peneliti memberikan pengarahan tentang kegiatan praktikum yang akan dilakukan, mahasiswa menyimak dengan serius. - Selama praktikum mahasiswa terlihat bersemangat, bahkan ada yang salah prosedur sehingga mereka mengulanginya. - Praktikum selesai hampir pukul 17.00 WIB dan belum sempat untuk mendiskusikan hasil praktikum, sehingga pertemuan diakhiri dan dilanjutkan pada pertemuan berikutnya.
Mengomunikasikan temuan	<ul style="list-style-type: none"> - Pertemuan ini melanjutkan topik Isolasi DNA, mahasiswa mempresentasikan hasil praktikum sebelumnya dan hasil LKM kelompoknya. - Mahasiswa yang tampil yaitu II-7, II-33, II-8, II-29, II-37, II-16, II-3, dan II-14 (19,51%). - Peneliti memberi kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya.
Menyimpulkan	Mahasiswa yang menyampaikan simpulan kelompoknya adalah II-7, II-33, II-8, II-29, dan II-37, sedangkan kelompok yang lain belum menyelesaikan simpulannya.

Lanjutan Tabel 3.14:

Topik: Elektroforesis gel agarosa	
Orientasi terhadap masalah	Mahasiswa yang menjawab pertanyaan-pertanyaan orientasi yaitu II-9, II-10, II-16, II-18, II-23, II-31, II-33, II-30, II-28, dan II-41 (24,39%).
Merumuskan masalah	- Mahasiswa terlihat bingung saat diminta membuat pertanyaan rumusan masalah. - Mahasiswa secara mandiri melengkapi LKM individunya, termasuk menuliskan pertanyaan yang dibuatnya.
Membuat hipotesis	Mahasiswa menuliskan hipotesisnya di LKM - Pukul 15.15 WIB aktivitas berkelompok dimulai. - Peneliti meminta mahasiswa agar bekerja lebih cepat untuk menuntaskan LKM kelompok. - Karena sudah hampir pukul 16.00 WIB peneliti menghentikan perkuliahan, dan meminta mahasiswa agar melanjutkan diskusi di luar jam kuliah untuk menghemat waktu. - Peneliti mengingatkan agar semua mahasiswa membawa laptop untuk pertemuan praktikum berikutnya. - Pada pertemuan berikutnya, hampir semua mahasiswa sudah menyiapkan diri untuk praktikum karena sudah membuat perhitungan berapa gram bubuk agar-agar yang akan ditimbang dan bagaimana cara mengencerkan larutan bufer TBE 10X menjadi 1X, kecuali ada satu kelompok yang tidak paham cara membuat larutan TBE 1X. Kelompok tersebut segera bertanya ke kelompok lain. - Mahasiswa bekerja dengan cepat karena ada yang akan mengikuti perkuliahan berikutnya dengan dosen lain. - Selanjutnya peneliti meminta mahasiswa melanjutkan ke praktikum <i>virtual</i> , tetapi banyak mahasiswa yang tidak membawa laptop. Akhirnya mereka meminjam laptop teman sekelompok, kondisi seperti ini kurang efisien untuk pembelajaran. - Tidak ada mahasiswa yang bertanya tentang kegiatan <i>wetlab</i> dan <i>virtual</i> . - Hampir pukul 16.00 WIB sore praktikum telah selesai.
Mengumpulkan data	
Mengomunikasikan temuan	Semua kelompok berhasil membuat gel, dan peneliti meminta utusan setiap kelompok untuk memaparkan di <i>white board</i> bagaimana cara membuat perhitungan pengenceran larutan TBE dan berapa gram agar-agar yang ditimbang. - Menurut peneliti, semua kelompok memahami prosedur membuat gel dan cara menghitung dan menakar bahan-bahan yang diperlukan, ditinjau dari apa yang mereka tuliskan di <i>white board</i> , meskipun redaksi kalimatnya ada yang kurang tepat. - Hanya dua kelompok yang sempat menyampaikan simpulannya yang disampaikan oleh II-24 dan II-28.
Menyimpulkan	
Topik: PCR	
Orientasi terhadap masalah	Beberapa orang mahasiswa menjawab pertanyaan orientasi, yaitu II-6, II-11, II-19, II-7, dan II-14 (12,19%). - Mahasiswa berusaha untuk membuat pertanyaan rumusan masalah dan menuliskannya di LKM masing-masing. - Tidak ada yang berani menyampaikan rumusan masalah yang dituliskannya.
Merumuskan masalah	- Disebabkan waktu yang mendesak, mahasiswa diminta untuk melanjutkan kerja kelompok di luar kelas untuk melengkapi LKM kelompok. - Peneliti juga meminta mahasiswa supaya melakukan praktikum <i>virtual</i> di laptop masing-masing dan saling berdiskusi dengan teman sekelompok.
Membuat hipotesis	Aktivitas ini dikerjakan mahasiswa di luar jam perkuliahan.
Mengumpulkan data	Pada pertemuan di kelas peneliti memberi kesempatan kepada mahasiswa untuk melengkapi LKM bagi yang belum lengkap, dan

Lanjutan Tabel 3.14:

	meminta mahasiswa untuk membuka laptopnya dan mengulangi lagi praktikum <i>virtual</i> -nya. Namun masih tetap ada mahasiswa yang tidak membawa laptop meskipun telah diingatkan pada pertemuan sebelumnya. Mahasiswa yang berusaha menyampaikan data-data yang diperolehnya adalah II-7, II-36, dan II-14.
Mengomunikasikan temuan	<ul style="list-style-type: none"> - Kira-kira pukul 15 WIB kurang, peneliti meminta setiap kelompok memaparkan hasil temuan dan sekaligus simpulan dari kelompoknya secara bergantian. - Mahasiswa bersemangat memaparkan hasil kerjanya, namun tidak ada mahasiswa kelompok lain yang menanggapi, mahasiswa hanya mendengarkan saja. - Mahasiswa yang tampil adalah II-21, II-35, II-15, II-23, II-2, II-12, dan II-4 (17,07%). - Setelah semua kelompok presentasi, peneliti memberi kesempatan mahasiswa untuk bertanya tentang apa yang masih diragukan tentang topik PCR, namun tidak ada mahasiswa yang bertanya.
Menyimpulkan	Utusan kelompok yang menyampaikan simpulan dari kelompoknya adalah II-19, II-21, II-29, dan II-35.

Tabel 3.14 mengindikasikan bahwa pada ujicoba II proses pembelajaran biologi molekuler berlangsung agak tergesa-gesa. Perlu diketahui bahwa mahasiswa pada kelas ini berasal dari kelas dan tingkat yang berbeda, sehingga rentan terhadap perubahan atau penggantian jadwal kuliah oleh dosen lain karena jadwal UAS semakin dekat. Adakalanya lembar kerja yang belum lengkap harus dikerjakan di luar jam perkuliahan, begitu juga diskusi kelompok ditambah di luar jam perkuliahan. Hasil analisis terhadap angket tanggapan mahasiswa terhadap kegiatan pembelajaran dengan program VirLab-iWeL berstrategi *modified free inquiry* pada ujicoba II dapat dilihat pada Tabel 3.15.

Tabel 3.15

Tanggapan Mahasiswa terhadap Penggunaan VirLab-iWeL pada Ujicoba II

Topik	Tanggapan mahasiswa
Isolasi DNA (<i>wetlab</i> dan strategi <i>modified free inquiry</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Metode ini merupakan yang pertama dialami (86,25%) - Termotivasi oleh metode pembelajaran yang dilakukan (88,75%) - Efisien dan efektif untuk meningkatkan pemahaman terhadap konsep Isolasi DNA (91,25%) - Praktikum <i>wetlab</i> 'Isolasi DNA' memfasilitasi untuk memahami konsep Isolasi DNA dengan lebih baik (93,75%) - Prosedur praktikum Isolasi DNA yang telah dilakukan ringkas, jelas dan mudah dipahami (90%) <p><u>Kesimpulan:</u> Secara rerata 89,94% mahasiswa memberikan tanggapan positif terhadap kegiatan <i>wetlab</i> mengisolasi DNA dalam pembelajaran biologi molekuler berstrategi <i>modified free inquiry</i>, dan 10,06% mahasiswa yang memberikan tanggapan negatif.</p>
Elektroforesis gel agarosa (<i>wetlab</i> dan <i>virLab</i> serta strategi <i>modified free inquiry</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Pembelajaran Elektroforesis gel secara <i>wetlab</i> dan <i>virLab</i> ini merupakan yang pertama dialami (91,47%) - Dapat memotivasi untuk mempelajari Biologi Molekuler dengan lebih baik (97,56%)

Lanjutan Tabel 3.15:

	<ul style="list-style-type: none"> - Efisien dan efektif untuk menggantikan praktikum Elektroforesis gel agarosa yang sebenarnya (86,59%) - Prosedur praktikumnya memfasilitasi untuk memahami konsep Elektroforesis gel agarosa dengan baik karena ringkas, jelas, menarik, dan mudah dipahami (92,07%) <p><u>Kesimpulan:</u> Secara rerata 91,92% mahasiswa memberikan tanggapan positif terhadap penggunaan Elektroforesis gel <i>virtual</i> dalam pembelajaran biologi molekuler berstrategi <i>modified free inquiry</i>, dan 8,08% mahasiswa yang memberikan tanggapan negatif.</p>
PCR (<i>virlab</i> dan strategi <i>modified free inquiry</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Pembelajaran dengan praktikum PCR <i>virtual</i> ini merupakan yang pertama dialami (92,69%) - Dapat memotivasi untuk mempelajari Biologi Molekuler dengan lebih baik (92,68%) - Efisien dan efektif untuk menggantikan praktikum PCR yang sebenarnya (68,30%) - Prosedur praktikum PCR <i>virtual</i> memfasilitasi untuk memahami konsep PCR dengan baik karena ringkas, jelas, menarik, dan mudah dipahami (88,42%) <p><u>Kesimpulan:</u> Secara rerata 85,52% mahasiswa memberikan tanggapan positif terhadap kegiatan praktikum PCR <i>virtual</i> pada konsep PCR dalam pembelajaran biologi molekuler berstrategi <i>modified free inquiry</i>, dan 14,48% mahasiswa yang memberikan tanggapan negatif.</p>

Data pada Tabel 3.15 memperlihatkan bahwa secara rerata sebagian besar mahasiswa (89,13%) memberikan tanggapan positif terhadap penggunaan program VirLab-iWeL dalam pembelajaran biologi molekuler, dan sebagian kecil mahasiswa (10,87%) yang memberikan tanggapan negatif. Berdasarkan pengamatan dan temuan peneliti selama proses ujicoba II, maka perbaikan terhadap aplikasi VirLab-iWeL dilakukan pada bagian animasi elektroforesis, penambahan keterangan pada gambar, dan melengkapi sumber pustaka.

Analisis terhadap hasil tes kemampuan berinkuiri mahasiswa diketahui bahwa penggunaan VirLab-iWeL dalam pembelajaran berstrategi *modified free inquiry* berpengaruh terhadap kemampuan inkuiri pada topik Isolasi DNA dan Elektroforesis, sedangkan untuk topik PCR tidak berpengaruh. Kisi-kisi soal tes kemampuan berinkuiri yang digunakan pada ujicoba II sama dengan ujicoba I seperti terlihat pada Tabel 3.9. Rangkuman analisis butir soal berdasarkan hasil tes kemampuan berinkuiri setelah ujicoba II disajikan pada Tabel 3.16.

Tabel 3.16
Rekapitulasi Analisis Butir Soal Tes Kemampuan Berinkuiri pada Ujicoba II

Topik	Jumlah soal					
	Pretes			Postes		
	Mudah	Sedang	Sukar	Mudah	Sedang	Sukar
Isolasi DNA	-	-	5	-	1	4
Elektroforesis	-	-	5	-	-	5
PCR	-	-	5	-	-	5

(Sumber: Lampiran E.2.1)

Data pada Tabel 3.16 menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan data pada Tabel 3.10, di mana hanya satu soal yang berkriteria ‘sedang’, dan yang lainnya berkriteria ‘sukar’ berdasarkan hasil tes mahasiswa. Berdasarkan pertimbangan maka untuk soal tes kemampuan berinkuiri topik PCR tidak dilakukan perbaikan karena sudah sesuai dengan tujuan pembelajaran dan langkah-langkah strategi *modified free inquiry* yang digunakan. Selanjutnya tes kemampuan berinkuiri digunakan dalam tahap implementasi.

Analisis terhadap hasil tes penguasaan konsep diketahui bahwa penggunaan VirLab-iWeL dalam pembelajaran berstrategi *modified free inquiry* berpengaruh terhadap penguasaan konsep pada ketiga topik. Kisi-kisi soal tes penguasaan konsep yang digunakan pada ujicoba II sama dengan ujicoba I seperti yang disajikan pada Tabel 3.11. Analisis butir soal tes penguasaan konsep berdasarkan hasil ujicoba II dirangkum seperti pada Tabel 3.17.

Tabel 3.17
 Rekapitulasi Hasil Analisis Butir Soal Penguasaan Konsep
 Berdasarkan Hasil Ujicoba II

Topik	Jumlah soal (%)					
	Pretes			Postes		
	Mudah	Sedang	Sukar	Mudah	Sedang	Sukar
Isolasi DNA	5	16	5	7	15	4
Elektroforesis	1	12	6	1	12	6
PCR	1	12	8	3	13	5

(Sumber: Lampiran F.3.1)

Data pada Tabel 3.17 menunjukkan tingkat kesukaran soal tes penguasaan konsep dominan pada kriteria ‘sedang’. Secara keseluruhan, butir soal tes penguasaan konsep digunakan pada tahap implementasi karena dari awal penyusunan sudah dirancang sesuai dengan tujuan pembelajaran pada tiap topik.

3.5.4 Tahap Implementasi (*Implementation Phase*)

Tahap ini merupakan pelaksanaan pembelajaran biologi molekuler dengan strategi *modified free inquiry* dan mengintegrasikan program VirLab-iWeL pada kelas eksperimen, sedangkan pada kelas kontrol pembelajaran juga dengan strategi *modified free inquiry* tetapi tanpa pengintegrasian VirLab-iWeL. Para observer dilengkapi dengan instrumen lembar pengamatan aktivitas berinkuiry dan kinerja praktikum dan diberitahu tugasnya selama penelitian berlangsung. Mahasiswa yang menjadi subyek penelitian dipersiapkan dan dikenalkan dengan program VirLab-iWeL yang diintegrasikan dalam pembelajaran biologi molekuler khususnya pada topik Isolasi DNA, Elektroforesis gel agarosa, dan PCR; serta strategi pembelajaran *modified free inquiry* yang digunakan selama penelitian berlangsung. Mengadministrasikan semua data hasil implementasi program VirLab-iWeL untuk dianalisis. Kisi-kisi soal tes kemampuan berinkuiry dan penguasaan konsep yang digunakan pada tahapan implementasi sama dengan yang digunakan pada ujicoba I dan II seperti terlihat pada Tabel 3.9 dan 3.11.

3.5.5 Tahap Evaluasi (*Evaluation Phase*)

Tahap mengevaluasi keseluruhan proses dan hasil pengimplementasian VirLab-iWeL Biologi Molekuler dalam pembelajaran berstrategi *modified free inquiry* dilakukan dengan menggunakan berbagai instrumen. Proses pembelajaran dievaluasi dengan lembar observasi dan lembar kerja mahasiswa, sedangkan hasil belajar dievaluasi dengan instrumen tes. Pengisian angket dan wawancara terhadap mahasiswa dilakukan pada akhir setiap topik. Hasil evaluasi diadministrasikan dan dianalisis untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian yang telah dikemukakan. Berdasarkan pembahasan terhadap temuan-temuan penelitian dapat ditarik simpulan yang menjawab rumusan masalah utama dalam penelitian. Implikasi dan rekomendasi diberikan terkait dengan manfaat dari VirLab-iWeL dan hal-hal positif yang diperoleh selama penelitian. Keterbatasan atau kelemahan dalam penelitian juga dievaluasi sebagai bahan penelitian lanjutan dan masukan bagi peneliti berikutnya yang berminat pada bidang yang sama.

3.6 Teknik Analisis Data

Data yang bersifat kuantitatif dianalisis dengan menggunakan program *Statistical Package for Social Science (SPSS) for Windows*, sedangkan data kualitatif dianalisis secara statistik deskriptif untuk menemukan kecenderungan yang muncul dari data penelitian.

3.6.1 Analisis Butir Soal Obyektif

a) Analisis validitas

Analisis validitas yang dilakukan terhadap instrumen tes (kemampuan berinkuri dan penguasaan konsep) adalah validitas logis dan empiris. Validitas logis meliputi validitas isi dan konstruk. Mulai dari awal penyusunan instrumen tes telah dirancang dengan teliti, disesuaikan dengan materi yang dibahas, mengacu pada kisi-kisi soal, dan disesuaikan dengan tujuan pembelajaran yang akan dicapai, sehingga setelah instrumen selesai maka validitas logis dapat dipenuhi. Hal ini didukung oleh pernyataan Surapranata (2009) bahwa jika suatu tes yang dibuat telah mengacu pada apa yang hendak diukur dan sesuai dengan konstruksi teoritik yang dibuat maka validitas logis sudah terpenuhi. Validitas logis disebut juga dengan analisis kualitatif yaitu menganalisis soal ditinjau dari aspek isi (materi), teknis (konstruksi), dan editorial (bahasa).

Validitas empiris dilakukan dengan mengujicobakan instrumen tes dalam pembelajaran biologi molekuler. Hasil tes diskor dan dianalisis dengan pengolah data SPSS. Berdasarkan analisis SPSS dilakukan perbaikan terhadap instrumen tes sehingga layak untuk diimplementasikan. Penentuan validitas butir soal didasarkan pada uji hipotesis dengan kriteria:

t_{hitung} positif, dan $t_{hitung} > t_{tabel}$ = butir soal signifikan

t_{hitung} negatif, dan $t_{hitung} < t_{tabel}$ = butir soal non signifikan

b) Analisis reliabilitas dan konsistensi tes

Berdasarkan skor hasil tes pada kegiatan ujicoba lapangan juga dianalisis reliabilitas tes dengan bantuan program SPSS. Kriteria untuk koefisien reliabilitas tes (r) mengacu pada Cohen *et al.* (2007) seperti pada Tabel 3.18.

Tabel 3.18
Kriteria untuk Koefisien Reliabilitas

Interval nilai r	Interpretasi
$> 0,90$	Sangat tinggi
$0,80 - 0,90$	Tinggi
$0,70 - 0,79$	Cukup reliabel
$0,60 - 0,69$	Sedikit/minimal
$< 0,60$	Rendah

Reliabilitas juga dapat ditentukan dari konsistensi internal instrumen tes berdasarkan nilai α setiap butir soal yang diperoleh dari pengujian. Menurut Nunnally (1972 dalam Surapranata, 2009) konsistensi internal didasarkan pada homogenitas atau korelasi antar skor jawaban pada setiap butir soal. Korelasi rerata antar butir soal yang tinggi maka reliabilitasnya juga tinggi. Teknik konsistensi internal dapat digunakan untuk butir soal yang dikotomi seperti soal pilihan berganda.

c) Analisis daya pembeda

Analisis daya pembeda butir soal dilakukan dengan menggunakan program SPSS, dan kriteria yang digunakan seperti Tabel 3.19.

Tabel 3.19
Kriteria untuk Indeks Daya Pembeda

Interval daya pembeda	Interpretasi
$DP \leq 0,00$	Sangat Jelek
$0,00 < DP \leq 0,20$	Jelek
$0,20 < DP \leq 0,40$	Cukup
$0,40 < DP \leq 0,70$	Baik
$0,70 < DP \leq 1,00$	Sangat Baik

Ket: DP = daya pembeda

d) Analisis tingkat kesukaran

Analisis tingkat kesukaran butir soal dilakukan dengan menggunakan program SPSS, dan kriteria yang digunakan seperti pada Tabel 3.20.

Tabel 3.20
Kriteria untuk Indeks Kesukaran

Interval indeks kesukaran	Interpretasi
$IK = 0,00$	Terlalu Sukar
$0,00 < IK \leq 0,30$	Sukar
$0,30 < IK \leq 0,70$	Sedang
$0,70 < IK \leq 1,00$	Mudah
$IK = 1,00$	Terlalu Mudah

Ket: IK = indeks kesukaran

3.6.2 Analisis efektivitas VirLab-iWeL terhadap kemampuan berinkuiri dan penguasaan konsep

a) Menghitung *n-gain*

Pengujian efektivitas untuk data ujicoba I dan II dilakukan dengan menghitung besarnya skor *gain* yang dinormalisasi (*N-gain* atau $\langle g \rangle$) dengan persamaan Hake (1998 dalam Meltzer, 2002) sebagai berikut:

$$N - gain = \frac{\text{skor postes} - \text{skor pretes}}{\text{skor maksimum} - \text{skor pretes}}$$

dengan: *N-gain* = rerata peningkatan skor; skor postes = skor rerata postes; skor pretes = skor rerata pretes; skor maksimum = skor ideal dari tes tersebut. Adapun kriteria untuk nilai *N-gain* mengacu pada Tabel 3.21.

Tabel 3.21
Kriteria Peningkatan Hasil Belajar

Interval nilai <i>N-gain</i>	Interpretasi
$N-gain > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq N-gain \leq 0,70$	Sedang
$N-gain < 0,3$	Rendah

Efektivitas VirLab-iWeL terhadap kemampuan berinkuiri dan penguasaan konsep dikatakan tinggi jika nilai *N-gain* juga tinggi, dan begitu sebaliknya. Penghitungan *N-gain* dilakukan terhadap data hasil ujicoba I dan II, sedangkan pada tahap implementasi efektivitas dianalisis dengan menghitung nilai ukuran dampak (*effect size*).

b) Ukuran dampak (*effect size*)

Pengujian efektivitas pada tahap implementasi dilakukan dengan menghitung nilai *effect size*. Menurut Coe (2000 dalam Cohen *et al.*, 2007) efektivitas suatu perlakuan dapat diukur dengan *effect size*, yaitu cara sederhana untuk menghitung perbedaan di antara dua kelompok misalnya kelompok eksperimen dan kontrol. Pengujian *effect size* dilakukan dengan bantuan Kalkulator Statistik Online yang tersedia di laman <http://www.socscistatistics.com/effectsize/Default3.aspx>. Kriteria untuk nilai *d* Cohen mengacu kepada Coe (2002 dalam Cohen *et al.*, 2007) menurut Tabel 3.22.

Tabel 3.22
Kriteria untuk Nilai d Cohen

Interval nilai <i>d</i> Cohen	Interpretasi
$0,8 \leq d < 2,0$	Pengaruhnya besar
$0,2 \leq d < 0,8$	Pengaruhnya sedang
$0,0 \leq d < 0,2$	Pengaruhnya kecil

3.6.3 Uji prasyarat

Uji prasyarat dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS yang meliputi uji normalitas, uji homogenitas, dan uji perbedaan antara dua kelas penelitian yang diteliti.

3.6.4 Uji korelasi antara kemampuan berinkuiri dengan penguasaan konsep

Pengujian korelasi dilakukan untuk menentukan derajat kekuatan dan arah hubungan antara kemampuan berinkuiri dan penguasaan konsep. Disebabkan ada kelompok data penelitian yang tidak berdistribusi normal, maka analisis korelasional yang dilakukan merujuk kepada metode *rank Spearman* dengan menggunakan *software* SPSS. Besar kecilnya hubungan antara dua variabel dinyatakan oleh koefisien korelasi yang nilainya berkisar antara -1 hingga +1. Tanda positif atau negatif menunjukkan arah hubungan, dimana tanda positif menunjukkan hubungan yang searah, artinya jika satu variabel naik maka variabel yang lain akan naik. Tanda negatif menunjukkan hubungan yang tidak searah, artinya kenaikan variabel yang satu belum tentu diikuti oleh variabel yang lain. Koefisien korelasi = 0 menunjukkan tidak adanya hubungan antar variabel. Kriteria untuk koefisien korelasi mengacu kepada Borg (1963 dalam Cohen *et al.*, 2007) seperti Tabel 3.23.

Tabel 3.23
Kriteria untuk Koefisien Korelasi

Interval koefisien korelasi	Interpretasi
$> 0,85$	derajat hubungan yang kuat
$0,66 - 0,85$	derajat hubungan yang cukup akurat
$0,36 - 0,65$	derajat hubungan yang signifikan/berarti
$0,20 - 0,35$	derajat hubungan yang kecil (dapat diabaikan)

3.6.5 Uji regresi antara kemampuan berinkuiri dengan penguasaan konsep

Diasumsikan dalam penelitian ini kemampuan inkuiri sebagai variabel bebas atau prediktor (X) dan penguasaan konsep sebagai variabel terikat atau respon (Y).

Melalui *analysis of variance* (ANOVA) dapat ditentukan linieritas regresi berdasarkan nilai signifikansi (*Sig.*) dengan ketentuan:

Nilai *Sig.* < 0,05, maka model regresi adalah linier.

Nilai *Sig.* > 0,05, maka model regresi tidak linier.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan program SPSS.

3.6.6 Analisis statistik deskriptif untuk data kualitatif

a) Analisis data laporan praktikum

Penskoran laporan praktikum didasarkan pada rubrik penilaian laporan praktikum di mana skor maksimum adalah 20 dan skor minimum adalah 0. Nilai laporan praktikum ditentukan dengan rumus berikut:

$$\text{Nilai laporan praktikum (\%)} = \frac{\text{skor perolehan}}{\text{skor maksimum}} \times 100$$

Selanjutnya nilai yang diperoleh diinterpretasikan berdasarkan kriteria pada Tabel 3.24.

Tabel 3.24

Kriteria Penilaian Laporan Praktikum

Interval nilai	Interpretasi
80-100	Tinggi sekali
70-79	Tinggi
50-69	Cukup
0-49	Rendah

b) Analisis data angket berskala Likert

Setiap pernyataan positif pada angket berskala Likert diberi skor 4 (Sangat Setuju), 3 (Setuju), 2 (Kurang Setuju), dan 1 (Tidak Setuju). Sebaliknya, untuk pernyataan negatif diberi skor 1 (Sangat Setuju), 2 (Setuju), 3 (Kurang Setuju) dan 4 (Tidak Setuju). Cara pengolahan data dengan menghitung jumlah tanggapan untuk setiap skala pada setiap pernyataan dan dinyatakan dalam persentase. Selanjutnya angka persentase dijumlahkan dengan ketentuan berikut:

- a. Untuk pernyataan positif = tanggapan 'Sangat Setuju' (4) dan 'Setuju' (3) dijumlahkan dan diinterpretasikan sebagai tanggapan positif, sedangkan tanggapan 'Kurang Setuju' (2) dan 'Tidak Setuju' (1) dijumlahkan dan diinterpretasikan sebagai tanggapan negatif.

- b. Untuk pernyataan negatif = tanggapan ‘Sangat Setuju’ (1) dan ‘Setuju’ (2) dijumlahkan dan diinterpretasikan sebagai tanggapan negatif, sedangkan tanggapan ‘Kurang Setuju’ (3) dan ‘Tidak Setuju’ (4) dijumlahkan dan diinterpretasikan sebagai tanggapan positif.

Sebagai ringkasan, hubungan antara pertanyaan penelitian dengan prosedur analisis data dan pengujian statistik yang dilakukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut dinyatakan dalam Tabel 3.25.

Tabel 3.25
Pertanyaan Penelitian dan Analisis Statistiknya

No.	Pertanyaan penelitian	Uji statistik
1	Bagaimana karakteristik VirLab-iWeL yang dikembangkan?	Deskriptif
2	Bagaimana efektivitas VirLab-iWeL dalam mengembangkan kemampuan berinkuiri mahasiswa?	Deskriptif Uji normalitas Uji perbedaan Uji hipotesis <i>N-gain</i> Ukuran dampak
3	Bagaimana efektivitas VirLab-iWeL dalam meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa?	Deskriptif Uji normalitas Uji perbedaan Uji hipotesis <i>N-gain</i> Ukuran dampak
4	Bagaimana hubungan antara kemampuan berinkuiri mahasiswa dengan penguasaan konsep biologi molekulernya ?	Deskriptif Uji korelasi Uji regresi
5	Bagaimana tanggapan mahasiswa terhadap VirLab-iWeL yang digunakan dalam pembelajaran biologi molekuler?	Deskriptif
6	Apa kendala yang dialami mahasiswa dalam penggunaan VirLab-iWeL selama pembelajaran biologi molekuler?	Deskriptif