BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cryptogamae merupakan salah satu mata kuliah wajib yang harus ditempuh oleh mahasiswa Program studi Biologi. Kurikulum tersebut menuntut mahasiswa memahami prinsip dasar taksonomi tumbuhan rendah, sistem klasifikasi, bagan dikotomi, mengidentifikasi dan mendeskripsikan tentang penggolongan tata nama ilmiah untuk diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Berdasarkan unsur kontennya mata kuliah Cryptogamae memuat berbagai sub bab diantaranya yaitu algae, fungi, lichenes, lumut, dan tumbuhan paku yang berhubungan dengan pendidikan nilai religinya (Yudianto, 1992). Mata kuliah ini memiliki bobot tiga sks dengan sub bab mata kuliah Cryptogamae yang dipilih topik penelitian adalah algae. Algae merupakan sub bab mata kuliah yang mempelajari algae mikroskopis dan makroskopis. Algae mikroskopis terdiri atas Cyanophyta, Chrysophyta, Chlorophyta mikroskopis, sedangkan algae makroskopis terdiri atas Chrysophyta**,** Pheophyta**,** Rhodophyta. Ciri-ciri algae termasuk organisme eukariotik, memiliki klorofil, berfotosintesis, mempunyai pigmen fotosintetik, bersifat uniseluler/multiseluler, dan produsen utama dalam rantai makanan mahkluk hidup (Lee, 2008). Karakteristik mata kuliah Cryptogamae membekali mahasiswa dengan kemampuan mengidentifikasi, menganalisis, berinkuiri, mengklasifikasi, dan membuat kunci dikotomi (Edelmann *et al*., 2016; Sanjayanti, 2019a).

Beberapa penelitian terkait algae yaitu kurangnya pengetahuan/pemahaman mahasiswa dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasikan algae akan menimbulkan miskonsepsi (Maskour *et al*., 2019). Belajar konsep algae membutuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi karena algae berukuran mikro dan memiliki kesamaan bentuk (Pardeshi & Deshmukh, 2019). Meskipun demikian, dengan menekankan kemampuan investigasi dan observasi yang mendalam selama praktikum mahasiswa mampu menghadapi tantangan dan hambatan belajar algae, sehingga dapat memunculkan ide penelitian yang futuristik (Horikawa *et al*., 2015).

Karakteristik materi algae mikroskopis dan makroskopis sangat kompleks sehingga membutuhkan kemampuan bernalar dan pengetahuan awal mahasiswa (Yenilmez *et al*., 2005). Pemahaman pengetahuan awal konsep algae sangat penting bagi mahasiswa sebelum memulai perkuliahan, pengetahuan awal bisa diperoleh dari praktikum ketika SMA dan melihat vidio tentang pembelajaran algae. Beberapa faktor kendala mahasiswa biologi non pendidikan semester 2 ketika belajar materi algae mikroskopis dan masih kurang dalam mengevaluasi/mensintesis karena beberapa alasan yaitu [1] mahasiswa mengalami masa transisi dari siswa SMA ke mahasiswa perguruan tinggi, [2] kurangnya fasilitas laboratorium disekolah, [3] membutuhkan banyak waktu dan tenaga, [4] peran guru ketika di SMA sebagian besar masih kurang mengkombinasikan antara teori, konsep, dan kegiatan praktikum (Anggraeni, 2001; Rustaman, 2003).

Sub bab mata kuliah konsep algae mengintegrasikan antara praktikum, teori, prinsip, dan konsep materi Biologi sehingga mahasiswa dapat memunculkan ide dan pengetahuan baru (Novak, 1981). Karakteristik materi biologi membutuhkan kemampuan berpikir tingkat tinggi seperti berpikir kritis, logis, analitis, dan pada umumnya melatih aktivitas *hands on* selama praktikum. Praktikum merupakan bagian dari pembelajaran sains yang bertujuan untuk memberi kesempatan kepada mahasiswa untuk melakukan pengujian hipotesis atau observasi objek secara nyata berkaitan dengan konsep atau teori sebagai seorang peneliti (Rustaman , 2003). Mahasiswa pada umumnya sebagai agen produksi, penggerak riset yang memiliki kapabilitas untuk dipaksa, dan dibimbing secara bertahap yang berhubungan dengan informasi keterampilan berpikir kritis dan menulis ilmiah (Rustaman, 2019c). Pentingnya keterampilan menulis ilmiah bagi mahasiswa dapat didasari kegiatan praktikum bereksperimen (Tonissen *et al*., 2014). Sehubungan dengan itu, mahasiswa biologi non pendidikan semester 2 memiliki kurikulum, visi ,dan misi berbeda dengan mahasiswa pendidikan biologi. Perbedaan tersebut menjadi landasan belajar meneliti dan menulis sebagai ilmuwan/peneliti, dalam hal ini berkaitan erat dengan literasi kompetensi abad ke-21.

Kompetensi abad ke-21 merupakan kompetensi utama yang harus dimiliki mahasiswa supaya mampu berkarir dalam kehidupan nyata. Masyarakat abad ke-21 memiliki potensi antara lain: [1] informatif, terlibat dan aktif, [2] melek dalam kewarganegaraan, [3] mahir dalam mata pelajaran akademik inti dan pengetahuan interdisipliner, seperti literasi lingkungan, literasi menulis, komunikasi ilmiah, kecakapan hidup, informasi, media dan teknologi (literasi informasi, literasi media, literasi ICT, diberdayakan dengan kompetensi global dan keterampilan abad ke-21, [4] mampu berpartisipasi dengan aman, cerdas, produktif, dan bertanggung jawab dalam dunia digital; mencapai kesiapan kewarganegaraan bersama keahlian pada abad ke-21. Kerangka kerja P21 pada pembelajaran abad ke-21 telah memberi informasi bahwa literasi abad ke-21 menjadi dasar persiapan dan komitmen menuju kesuksesan pada pembelajaran di perkuliahan/Universitas dan karir dimasa depan (P21, 2011;P21, 2014).

Peran belajar biologi dalam penguasaan keterampilan abad ke-21 sangat strategis dengan dibuktikan sebagai abad biologi dan tahun 2010-2020 sebagai dekade keanekaragaman hayati (Rustaman, 2019b). Indonesia merupakan negara maritim sebagian besar memiliki lautan yang luas sehingga berpotensi mempunyai keanekaragaman hayati yang tinggi dan beragam terutama algae, meskipun demikian ternyata masih kurang diberdayakan dan dimanfaatkan. Salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk mendukung literasi keanekaragaman hayati pada mahasiswa dengan mengkombinasikan antara praktikum, model pembelajaran, konsep algae, dan keterampilan menulis ilmiah melalui pembelajaran 6E *learning by design*. Pembelajaran 6E *learning by design* menyediakan pembelajaran bagi pendidik dan peserta didik menerapkan teknologi dan keterampilan berpikir inkuiri. Sehubungan dengan itu, maka pembelajaran ini memadukan antara ide kreatif yang relevan dengan desain *engineer*, teknologi, dan konsep algae secara interdisipliner secara terarah dan terinformasi, sehingga diharapkan mahasiswa dapat berinovasi membuat berbagai produk *engineer*/olahan makanan dan minuman dari algae yang bermanfaat bagi masyarakat. Ide/gagasan inovatif mahasiswa dalam membuat produk *engineer* bermanfaat mempersiapkan persaingan produk dan variasi kreativitas menuju revolusi

industri 4.0 dan *sosiety* 5.0. Tahapan 6E *Learning by design* terdiri atas yaitu *engage*, *explore*, *explain*, *engineer*, *enrich*, *evaluate* (Burke, 2014). Beberapa penelitian sebelumnya terkait pembelajaran 6E *learning by design* antara lain memfasilitasi mahasiswa untuk mendesain secara kreatif perangkat asisten IoT untuk para lansia (Chung *et al*., 2018). Lebih, lanjut memfasilitasi kemampuan berpikir logis dan mengidentifikasi algae (Sanjayanti, 2019a). Pembelajaran 6E *learning by design* menumbuhkan sikap inkuiri dan literasi teknologi (Lin *et al*., 2019); meningkatkan desain saintifik ilmiah (Sulistiowati *et al*., 2019). Penekanan desain *engineer* dan teknologi membantu mahasiswa dapat mengambil keputusan sendiri dan mampu memberikan solusi setiap permasalahan dalam kehidupan sehari-hari (National Research Council, 2012). Hasil penelitian-penelitian sebelumnya belum terdapat penelitian tentang pembelajaran 6E *Learning by design* memfasilitasi keterampilan menulis selama praktikum. Menulis merupakan bagian dari profesional pekerjaan yang sangat dihargai dan dihormati bagi dunia pendidikan karena berkontribusi berkarya dengan menuangkan sebagian besar ide/gagasan untuk kemajuan ilmu pengetahuan. Disamping itu, pula penulis/peneliti akan merasa “puas” dan “bangga” karena karya risetnya dibaca oleh semua orang (Walkington, 2015).

Keterampilan riset merupakan keterampilan yang harus dimiliki mahasiswa untuk dapat berperan aktif dalam menyelesaikan tugas utama akademiknya. Melalui inkuiri mahasiswa dapat memberikan kontribusi intelektual, sehingga terbentuk disiplin ilmu, mampu menganalisis secara terperinci, dan saran yang sesuai tentang topik akan yang dilakukan peneliti termasuk merumuskan masalah, merujuk pada sumber referensi, dan menjelaskan temuan dalam bentuk laporan penelitian (Wenzel, 1997). Keterampilan meneliti penting sebab membantu mahasiswa mengidentifikasi masalah, mengumpulkan sumber daya informasi dalam mengatasi masalah, mendapatkan penelitian yang kualitas, dan menghasilkan solusi efektif untuk masalah tersebut. Keterampilan riset menjadi kunci seorang mahasiswa dapat menyelesaikan masalah penelitian, meningkatkan kesadaran dosen, dan mahasiswa tentang proses pengembangan keterampilan penelitian (Willison & O’Regan, 2007).

Beberapa keterampilan yang harus dimiliki peneliti untuk meningkatkan kualitas penelitian yaitu kreativitas, *judgement*, komunikasi, organisasi, dan ketekunan (Showman *et al*., 2013). Penelitian adalah sebuah kunci solusi dari semua tantangan dan masalah manusia. Jika masalah diartikulasikan dengan baik dan logistik, maka seorang peneliti dengan keterampilan prasyarat yang dimiliki akan melakukan penelitian terus-menerus sehingga dapat menawarkan solusi dan menyelesaikan setiap masalah yang muncul. Penelitian dapat digambarkan seperti mencari informasi dengan hati-hati dan dengan metode tertentu. Semua penelitian harus dimulai dengan tinjauan literatur yang valid dan sumber yang relevan. Hal ini terjadi mahasiswa dapat mengambil setiap keputusan dan mengumpulkan informasi berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti lain. Beberapa keuntungan dalam melakukan penelitian adalah meningkatkan retensi mahasiswa dan keterikatan terhadap disiplin ilmu penelitian, menumbuhkan penemuan pengetahuan yang baru, mengubah sikap dan pola pikir mahasiswa terhadap pembelajaran, mempromosikan jalur karir peneliti dan meningkatkan kemampuan intelektual mahasiswa (Wiik *et al*., 2014).

Beberapa penelitian sebelumnya terkait keterampilan riset antara lain untuk menghasilkan suatu penelitian dengan baik mahasiswa harus memiliki keterampilan riset dengan baik, sebab baik buruknya kualitas hasil penelitian tergantung dari keterampilan riset peneliti tersebut (Solihat *et al*., 2016). Pemahaman pengetahuan dan keterampilan riset yang benar harus dimiliki oleh mahasiswa sejak awal perkuliahan supaya terhindar dari berbagai kesalahan yang akan dihadapi oleh peneliti/saintis dalam beberapa hasil penelitian telah dipublikasikan sebelumnya (Cumming, 2014). Keterampilan riset meningkatkan kualitas pribadi, karir, keterampilan manajemen diri, pengetahuan, kemampuan intelektual, dan perilaku profesional dalam melakukan penelitian (Vitae, 2010a; Vitae, 2010b; Bray & Boon, 2011). Kualitas riset akan mempengaruhi aspirasi penelitian karir masa depan (Adedokun *et* al., 2013). Lebih lanjut, keterampilan tersebut mengembangkan pengetahuan dan pengalaman siswa belajar proyek penelitian biologi tentang teknik rekayasa pengolahan pangan mengunakan LMS berbasis *Google Classroom* dan Edmodo (Sutia, 2018; Sari; 2018).

Literasi menulis dan melakukan riset mempersiapkan mahasiswa menghadapi tantangan dunia kerja abad ke-21 (Bandaranaike, 2018). Keterampilan riset penting dalam pembelajaran di Universitas karena membantu dosen meningkatkan keterampilan mengajar dalam membelajarkan suatu konten/materi kepada mahasiswa, memiliki tingkat otonomi sangat tinggi, dan pendidikan masa depan melalui peningkatan kualitas kompetensi tenaga kerja (Willison & O'Regan, 2007; Anderson *et al*., 2015; Bandaranaike, 2018;). Perguruan tinggi sebagai wadah terciptanya manusia unggul masa depan yang didalamnya terdapat mahasiswa yang siap berkontribusi membangun bangsa dan negara. Oleh karena itu, penting bagi dosen memahami perbedaan arah dan tujuan karier mahasiswa. Keterampilan riset menjadi fundamental dalam persyarat kurikulum pendidikan tinggi untuk mempersiapkan ilmuwan masa depan. Kemampuan dasar meneliti mahasiswa biasanya dimiliki ketika akan mengambil jurusan biologi sewaktu SMA. Pemberian kesempatan peserta didik memilih jurusan yang diminati secara mandiri merupakan bagian dari konsep belajar seumur hidup. Pembelajaran seumur hidup memperkuat para pelajar dalam mengembangkan sikap positif, kreativitas, berbicara, mendengarkan, dan potensi keterampilan berpikir tingkat tinggi guna mendapatkan kualitas hidup yang tinggi (Demirel, 2009). Artinya, keterampilan riset seharusnya dimiliki oleh siswa SMA yang akan memilih masuk perguruan tinggi sebagai dasar belajar (Kiley & Wisker, 2009)

Keterampilan meneliti mahasiswa akan sangat menunjang ketika mendapatkan pembimbingan intentif dari mentor/dosen. Pentingnya peran mentor yang memiliki keahlian meneliti yang mumpuni dalam proses belajar dan menyediakan lingkungan belajar yang memadai berakibat mempengaruhi keterampilan dasar meneliti secara psikologis, mental, dan memotivasi belajar menjadi calon peneliti (Lo *et al*., 2014). Mahasiswa sebagai calon peneliti dipersiapkan untuk memiliki keterampilan riset yang berkualitas karena merupakan salah satu kunci visi lulusan suatu perguruan tinggi. Pembekalan keterampilan riset mahasiswa semester awal pada mata kuliah Botani Crytogamae sub bab algae relevan dengan langkah perguruan tinggi dalam upaya mengpublikasikan hasil penelitian para akademisi dari berbagai bidang untuk

menghindari plagiarisme (Masic, 2014). Publikasi akan membentuk pengetahuan dasar munculnya penelitian baru, penerapan temuan, dan manfaat positifnya dapat mempengaruhi masyarakat luas (Kaur, 2013). Pembekalan keterampilan riset yang dibiasakan pada mahasiswa pemula akan melatih kemampuan bernalar dan berpikir logis. Hal ini akan mempengaruhi proses perkembangan calon peneliti ketika mahasiswa mampu menunjukkan kreativitas pemikirannya, kemandirian berpikir, menggeneralisasi, berpikir sistem, dan mencari jawabannya atas penelitian yang dilakukannya (Mccurdy *et al*., 2013; Lamanauskas & Augiene, 2015).

Kerangka keterampilan riset yang digunakan pada pembelajaran 6E *learning by design* dalam program praktikum algae mikroskopis dan makroskopis yaitu kerangka *Research Skill Development* (RSD) yang dirancang pada tahun 2006 Willison & O'Regan (2007) bertujuan memaparkan langkah yang akan dilakukan dosen dalam memfasilitasi mahasiswa melalui keterampilan meneliti dan kemajuan berpikir. Kemudian diperbarui tahun 2018 dan dikombinasikan dengan Taksonomi bloom (Blooms *et al*., 1956) bertujuan memfasilitasi dosen mengembangkan keterampilan meneliti secara eksplisit dan koheren dalam pembelajaran yang terintegrasi dengan literasi akademik (Willison, 2018). Kerangka ini memberi kesempatan terhadap mahasiswa untuk mengembangkan keterampilan meneliti dan otonomi penelitiannya sesuai perkembangan ilmu pengetahuan. Tingkat otonomi yang dipilih oleh peneliti yaitu *scaffolded research* level 3 (Willison & Pijlman, 2016), merupakan kerangka kerja konseptual bagi para calon peneliti masa depan, karena mahasiswa yang digunakan subjek penelitian adalah mahasiswa pemula semester 2 yang membutuhkan bimbingan penelitian lebih intensif. Meskipun demikian, dalam mengambil keputusan topik penelitian mereka melakukannya sendiri, hal ini positif untuk melatih kemandirian mahasiswa sesuai parameter yang ditetapkan. Aspek *scaffolded research* terdiri atas *embark & clarify, find & generate*, e*valuate & reflect, organise & manage***,** *analyse & synthesise*, dan *communicate & apply* (Willison, 2018). *Research Skill Development* (RSD) *scaffolded research* level 3 tidak hanya mendorong mahasiswa meningkatkan kemampuan kognitifnya dan afektifnya.

Kemampuan afektif terdiri atas *curious*, *determined*, *discerming*, *harmonizing*, *creative*, *constructive* (Krathwohl, 2002; Willison, 2009). Tuntutan kebutuhan peneliti semakin tahun semakin tinggi seiring dengan perkembangan dunia pendidikan. Hal ini dibuktikan dari beberapa penelitian di Indonesia menyatakan tren peningkatan jumlah publikasi ilmiah dari tahun ke tahun terutama penelitian bidang biologi karena karakteristik bidang ilmu tersebut kaya akan keanekaragaman hayati maritimnya (Amelia & Rahmaida, 2017). Berdasarkan latar belakang diatas maka peneliti melakukan penelitian tentang pembelajaran 6E *learning by design* pada konsep algae untuk membekali keterampilan riset mahasiswa.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah "Bagaimana pembelajaran 6E *learning by design* pada konsep algae dapat membekali keterampilan riset mahasiswa Biologi?**".**

1.3 Pertanyaan Penelitian

Permasalahan rumusan penelitian supaya lebih jelas dan terarah dapat dirinci menjadi beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut;

1. Bagaimana keterlaksanaan implementasi pembelajaran 6E *learning by design* pada praktikum algae dalam membekali keterampilan riset mahasiswa?
2. Bagaimana efektivitas implementasi pembelajaran 6E *learning by design* pada praktikum algae dapat membekali keterampilan riset mahasiswa?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini yaitu pembelajaran 6E *learning by design* pada konsep algae dapat membekali keterampilan riset mahasiswa. Secara khusus dan lebih rinci tujuan dari penelitian diuraikan sebagai berikut;

1. Untuk mengambarkan keterlaksanaan implementasi 6E *learning by design* pada praktikum algae dalam membekali keterampilan riset mahasiswa
2. Untuk mendeskripsikan efektivitas implementasi 6E *learning by design* pada praktikum algae dalam membekali keterampilan riset mahasiswa

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini supaya lebih fokus pada masalah dalam penelitian maka perlu dibatasi diantaranya sebagai berikut;

1. Algae yang digunakan untuk membuat produk adalah algae makrokopis terdiri atas Chlorophyta, Phaeophyta, dan Rhodophyta.
2. Pembelajaran 6E *learning by design* secara efektif membekali keterampilan riset mahasiswa melalui mengkaji artikel ilmiah, penulisan proposal keterampilan riset, mengidentifikasi dan berkomunikasi pada konsep algae, dan respon mahasiswa terhadap pembelajaran 6E *learning by design*.

1.6 Manfaat Penelitian

1.6.1. Manfaat dari segi teori

Secara teoritis, penelitian ini dapat berkontribusi melengkapi penelitian sebelumnya yang lebih mengarah kepada kemampuan mahasiswa dalam menganalisis dan mengklasifikasikan algae. Dampak implementasi pembelajaran 6E *learning by design* secara langsung berkontribusi menerapkan konsep dan teori algae dalam membekali keterampilan riset mahasiswa

1.6.2. Manfaat dari segi kebijakan

Melalui penelitian ini dapat diperoleh informasi mengenai model pembelajaran alternatif sebagai dasar kebijakan menetapkan mahasiswa non pendidikan biologi yang memiliki bekal keterampilan riset untuk berkontribusi terhadap perkembangan publikasi ilmiah, PKM (Program Kreativitas Mahasiswa), dan pembuatan jurnal ilmiah/artikel ilmiah hasil penelitian.

1.6.3. Manfaat dari segi praktik

Secara praktis, kerangka penelitian ini bermanfaat bagi mahasiswa, guru biologi, dan dosen di bidang yang lain. Bagi mahasiswa melalui penelitian ini dapat diperoleh pengalaman belajar 6E *learning by design* memadukan antara memadukan antara ide/gagasan yang relevan dengan menekankan desain *engineer*, teknologi, dan konsep secara interdisipliner.

1.7. Struktur Organisasi Tesis

Penulisan tesis ini terdiri dari lima bab yang disusun secara sistematis. Bab pertama berisi tentang pendahuluan yang menjadi bagian awal dari tesis ini. Bagian pendahuluan terdiri dari (a) latar belakang berisi pemaparan karakteristik mata kuliah Cryptogamae, peran pembelajaran biologi dalam penguasaan keterampilan abad ke-21, pentingnya keterampilan riset bagi mahasiswa, kerangka keterampilan riset, dan pembelajaran 6E *learning by design* (b) rumusan masalah terdiri atas dua pertanyaan yang dijabarkan lebih rinci sebagai fokus pelaksanaan penelitian, (c) tujuan penelitian memaparkan keterlaksanaan dan efektivitas implementasi pembelajaran 6E *learning by design* pada praktikum algae dalam membekali keterampilan riset mahasiswa, (d) batasan penelitian terdiri dari atas batasan masalah peneliti dalam melakukan penelitian, (f) manfaat penelitian berupa segi teori, segi kebijakan, dan segi praktik, (e) struktur organisasi tesis berisi penyusunan dan pemaparan hasil laporan penelitian.

Bab kedua memaparkan dasar kajian teori terkait fokus penelitian relevan yang digunakan dalam penelitian yang terdiri atas (a) penerapan pembelajaran 6E *learning by design*, (b) keterampilan riset, (c) mengkaji artikel ilmiah, (d) kemampuan berpikir logis, (e) mengidentifikasi dan berkomunikasi, (f) analisis dan paparan materi algae, (g) hasil penelitian yang relevan.

Bab ketiga memaparkan penjelasan secara terperinci mengenai metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini. Adapun sub bab yang dijelaskan, sebagai berikut; (a) metode penelitian, (b) definisi operasional (c) partisipan, (d) tempat dan waktu penelitian, (e) prosedur penelitian terdiri atas tahap persiapan, tahap perencanaan, tahap pelaksanaan, dan tahap akhir pelaksanaan penelitian, (f) teknik pengumpulan data, (g) instrumen penelitian terdiri atas panduan penulisan proposal keterampilan riset, rubrik penulisan proposal keterampilan riset, *Test of Logical Thinking* (TOLT), kuisioner kemampuan mengkaji artikel ilmiah, rubrik kinerja mahasiswa menggunakan mikroskop, kuisioner kemampuan mengidentifikasi algae mikroskopis dan makroskopis, kuisioner terhadap keterampilan berkomunikasi

mahasiswa, kuisioner wawancara, respon mahasiswa terhadap pembelajaran 6E *learning by design*, rubrik powerpoint produk *engineer* mahasiswa, (h) teknik analisis data, dan (i) rancangan penelitian.

Bab keempat memaparkan tentang temuan dan pembahasan yang disajikan secara tematik. Temuan penelitian secara umum disajikan pada awal bab ini diikuti pemaparan data dan pembahasan hasil penelitian yang diperoleh. Adapun sub bab yang dijelaskan terdiri dari (a) keterlaksanaan implementasi pembelajaran 6E *learning by design* pada konsep algae dalam membekali keterampilan riset mahasiswa, (b) efektivitas implementasi pembelajaran 6E *learning by design* pada praktikum algae dalam membekali keterampilan riset mahasiswa. Efektivitas diukur dari kemampuan mahasiswa mengkaji artikel ilmiah, menulis proposal keterampilan riset, mengidentifikasi dan berkomunikasi, respon mahasiswa terhadap pembelajaran 6E *learning by design*, (c) keunggulan dan keterbatasan pembelajaran 6E *learning by design*.

Bab kelima memaparkan tentang simpulan hasil temuan dan pembahasan penelitian, implikasi, dan rekomendasi. Kesimpulan berisi uraian singkat hasil implementasi pembelajaran 6E *learning by design* pada konsep algae dalam membekali keterampilan riset mahasiswa.