

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Kegiatan percobaan kimia, tidak pernah lepas dari penggunaan bahan-bahan yang memberikan dampak buruk bagi lingkungan, dari mulai penggunaan pereaksi, metode percobaan, sampai limbah yang terbentuk saat percobaan selesai. Kebutuhan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dari kegiatan penelitian kimia, dapat terealisasi melalui pendekatan baru, sehingga dapat menjadi salah satu solusi untuk pencegahan kerusakan lebih lanjut dari kegiatan-kegiatan penelitian kimia. Saat ini, pada berbagai aspek kehidupan, mulai dari pemerintahan, ekonomi, hingga tingkat pendidikan, masyarakat sudah mulai menyadari pentingnya menjaga keberlanjutan hidup (Hameed, 2018; Herranen *et al.*, 2018; Rieckmann, 2017). Keberlanjutan telah dibingkai dalam forum yang terkoordinasi dengan berbagai target yang ingin dicapai, yaitu *Sustainability Development Goals* (SDGs) (Rieckmann, 2017; UNESCO, 2017). Implementasi keberlanjutan dalam program pendidikan kimia tercermin dalam kerangka *green chemistry* (Mulyanti *et al.*, 2019; Wardencki *et al.*, 2005; Warner *et al.*, 2004).

Green chemistry adalah suatu pendekatan dalam sintesis, proses, dan penggunaan bahan kimia yang aman bagi kesehatan dan ramah terhadap lingkungan (Kumar & Sharma, 2016; Brar *et al.*, 2014; Chanshetti, 2014; Dennis *et al.*, 2009;; Warner *et al.*, 2004). *Green chemistry* merupakan rangkaian upaya para ahli kimia untuk berkontribusi dalam mencapai keberlanjutan kehidupan di bumi yang pelaksanaannya sebagian besar dilakukan pada saat percobaan kimia organik, seperti pada reaksi sintesis senyawa organik (Andraos, 2016; Rajkotia, 2015; Teimouri, 2013). Pendekatan-pendekatan tersebut dikembangkan pada tahun 1990 oleh Paul Anastas dan John Warner, disebut dengan prinsip-prinsip *green chemistry*, terangkum menjadi 12 prinsip. Prinsip-prinsip tersebut meliputi pencegahan pembentukan limbah, ekonomi atom, meminimalisir penggunaan bahan kimia yang tidak ramah lingkungan, penguraian penggunaan pelarut dan bahan tambahan lain yang berbahaya, efisiensi penggunaan energi, penggunaan bahan-bahan terbarukan, pengurangan hasil samping reaksi, pemilihan katalis yang bekerja secara selektif dan efektif, pembentukan produk yang mudah terdegradasi, pengawasan terhadap pembentukan limbah selama reaksi, dan pencegahan kecelakaan akibat bahan kimia seperti keracunan, kebakaran, dan ledakan.

Beberapa penelitian terkait sintesis *green chemistry* telah banyak dilakukan, seperti pada prinsip *economy atom*, yakni memaksimalkan penggunaan bahan-bahan pereaksi pada proses sintesis (Dighore *et al.*, 2014; Zeng *et al.*, 2014). Implementasi lain dari prinsip *green chemistry* adalah pada sintesis senyawa organik, dengan menggunakan bahan dan proses yang tidak toksik, baik terhadap kesehatan maupun lingkungan (Priani dkk, 2017; Setiawati *et al.*, 2017; Patil & Chavan, 2015). Telah dilakukan juga implementasi prinsip *green chemistry* pada penggunaan bahan terbarukan, sehingga mudah diperoleh dan murah harganya (Davids *et al.*, 2016; Khan *et al.*, 2016; Sonthalia, Daulatabad, & Sarkar, 2016; Pintus *et al.*, 2015;).

Pada sintesis senyawa organik, kebutuhan katalis menjadi bagian penting, implementasi prinsip *green chemistry* pada penggunaan katalis, dapat dilakukan melalui pemilihan katalis yang aman pada proses sintesis senyawa organik (Luo *et al.*, 2016; Sheikh & Nazeruddin, 2016; Chandgude & Dömling, 2016; Gbaguidi, 2015; Dighore *et al.*, 2014; Keuseman & Morrow, 2014;; Wahab, 2014; Zhang *et al.*, 2014). Hal lain yang menjadi penting dalam menerapkan prinsip *green chemistry* adalah produk hasil sintesis harus dirancang, sehingga saat tidak digunakan lagi, produk akan mudah terdegradasi, tidak berbahaya dan tidak bertahan di lingkungan (Veethahavya *et al.*, 2016; Chandima *et al.*, 2015; Genovese *et al.*, 2014; Rapa *et al.*, 2014; Hamieh *et al.*, 2013; Kong *et al.*, 2014; Prashar & Kumar, 2012).

Kurikulum pendidikan kimia menjadi upaya pendidikan tinggi dalam menjadikan mahasiswa calon guru kimia, sebagai calon guru yang kompeten di bidangnya (Lipton, 2020; Cooper *et al.*, 2019). Salah satu kompetensi yang harus dibekali kepada calon guru kimia adalah konsep-konsep dasar reaksi kimia organik (Kolopajlo, 2017). Kimia organik adalah bagian penting dari kehidupan manusia dan sangat banyak contoh yang kontekstual dari kehidupan sehari-hari, dari mulai bahan makanan sampai pakaian yang dikenakan (Chhangani & Hussain, 2018). Pengetahuan akan kimia organik tentunya menjadi tuntutan bagi calon guru kimia dalam memahaminya, sebagai bekal kelak saat menjadi guru sesuai profesinya (Rasidi & Nuruddin, 2019; Rahma, 2017). Pengetahuan tentang senyawa-senyawa kimia organik, tentunya dilandasi dengan pemahaman konsep-konsep dasar dari reaksi yang menyertai pembentukan dari senyawa organik (sintesis senyawa organik).

Perkuliahan kimia organik adalah salah satu yang wajib ditempuh oleh mahasiswa pendidikan kimia, baik pada perguruan tinggi dalam negeri maupun di luar negeri. Kimia

organik di pelajari salah satunya pada kegiatan praktikum, praktikum kimia organik meliputi proses sintesis, isolasi dari bahan alam, dan identifikasi senyawa organik (Costantino & Barlocco, 2019; Mancheño *et al.*, 2019). Salah satu pokok bahasan pada praktikum kimia organik adalah sintesis senyawa organik. Sintesis senyawa organik merupakan serangkaian kegiatan reaksi untuk membentuk senyawa organik, salah satunya adalah reaksi substitusi.

Kegiatan percobaan sintesis senyawa organik di laboratorium menjadi hal yang sangat biasa bagi mahasiswa pendidikan kimia, meski percobaan terkadang berjalan dengan waktu yang panjang dan menggunakan bahan-bahan kimia yang tidak ramah lingkungan. Praktikum sintesis senyawa organik tidak lepas dari penggunaan pelarut-pelarut yang mudah menguap (Mancheno *et al.*, 2019; Pruthu, 2014), dan katalis dari asam kuat dengan konsentrasi yang tinggi (Senaratne *et al.*, 2003). Kegiatan praktikum pun tidak lepas dengan penggunaan bahan-bahan yang mahal dengan jumlah yang tidak sedikit (Hintermann & Wong, 2017).

Kebutuhan untuk menerapkan prinsip-prinsip *green chemistry*, pada kegiatan pembelajaran menjadi fokus yang mulai dikembangkan di berbagai lembaga pendidikan, seperti pada kegiatan praktikum senyawa organik (Mulyanti *et al.*, 2019). Selama ini praktikum di laboratorium masih sekedar mengajarkan bagaimana penerapan sintesis senyawa organik secara praktis, namun baik bahan-bahan maupun proses kegiatan masih belum menerapkan prinsip-prinsip *green chemistry* (Mulyanti *et al.*, 2019).

Melalui penerapan prinsip-prinsip *green chemistry*, mahasiswa akan terbimbing untuk dapat menguasai konsep-konsep utama dari proses sintesis senyawa organik, (Cannon & Warner, 2011; Dennis *et al.*, 2009). Prinsip-prinsip *green chemistry* meliputi pengetahuan mulai dari pereaksi, proses, energi yang dibutuhkan sampai produk yang dihasilkan. Secara tidak langsung mahasiswa yang menerapkan prinsip-prinsip *green chemistry*, juga harus dapat menguasai konsep-konsep dasar dari kimia organik. Penerapan prinsip-prinsip *green chemistry* pada praktikum reaksi substitusi senyawa organik, diharapkan akan membantu mahasiswa menguasai konsep reaksi substitusi senyawa organik yang sudah dipelajari sebelumnya, yakni pada perkuliahan di dalam kelas.

Sintesis senyawa organik meliputi berbagai macam reaksi, salah satunya adalah reaksi substitusi. Suatu senyawa yang mengalami reaksi substitusi dan membentuk senyawa baru, merupakan bagian dari kegiatan sintesis senyawa organik. Pembelajaran reaksi substitusi senyawa organik dilaksanakan baik secara teoritis di kelas maupun praktis di laboratorium (Lipton, 2020; Widarti *et al.*, 2017; Wang, 2016) sebagai implementasi nyata dari teori-teori

tentang reaksi substitusi yang sudah diperoleh di dalam kelas (Arts & Honors, 2013). Praktikum reaksi substitusi senyawa organik yang berbasis *green chemistry* dapat diterapkan, yakni mahasiswa mengusulkan modifikasi reaksi yang *green*, dengan umpan balik dari pengajar. Mahasiswa mencari informasi dari berbagai literatur, serta memilih proses yang paling *green* untuk diterapkan pada praktikum yang akan mereka laksanakan.

Kegiatan pembelajaran praktikum melalui perancangan desain praktikum oleh mahasiswa, membutuhkan keterampilan berpikir kreatif bagi mahasiswa yang melaksanakannya. Mahasiswa dituntut untuk dapat menemukan masalah dan solusi yang tepat dari praktikum yang dirancang dengan menerapkan prinsip-prinsip *green chemistry*, pada setiap tahapan kegiatan praktikum, sehingga dibutuhkan kreativitas bagi mahasiswa untuk menentukan komponen-komponen praktikum yang terbaik dengan berbasis *green chemistry*. Salah satu proses kreatif yang dapat diterapkan di dalam pembelajaran adalah dengan memanipulasi objek (Graham *et al.*, 2014.; Stuhlfaut & Bergh, 2012; Ibrakovid & Bognar, 2009).

Selain aspek kreativitas, keterampilan yang juga harus dimiliki oleh mahasiswa calon guru adalah keterampilan generik sains (Mulyani *et al.*, 2016). Keterampilan generik sains menjadi bagian dari telaah berpikir kritis, seperti melakukan pengamatan langsung dan tidak langsung (Rosa & Azizah, 2017). Kedua pengamatan akan dapat dilakukan dengan baik, jika mahasiswa dapat secara kritis menganalisis apa saja yang menjadi bagian pengamatan keduanya. Generik sains merupakan keterampilan yang harus dimiliki setiap mahasiswa sains terlebih lagi saat pelaksanaan praktikum, karena keterampilan generik sains (KGS) akan sangat menunjang pelaksanaan praktikum bagi mahasiswa, khususnya mahasiswa calon guru yang kelak akan menjadi guru, dan menjadi contoh bagi siswa-siswanya saat mengajarkan kimia dan praktikumnya.

Melalui strategi pembelajaran partisipatif, pelaksanaan keterampilan generik sains menjadi lebih menyenangkan, bermakna dan menarik (Madar, 2015). Keterampilan generik sains yang harus dikuasai mahasiswa pada praktikum kimia organik meliputi pengamatan langsung, pengamatan tidak langsung, kesadaran tentang skala besaran, bahasa simbolik, inferensi logika, pemodelan matematika, membangun konsep, dan tilikan ruang (Brotosiswoyo, 2000). Pada praktikum perkuliahan kimia organik yang selama ini sudah dilakukan meliputi praktikum destilasi, tes kelarutan dan rekristalisasi, komposisi rantai hidrokarbon, alkohol fenol, aldehida dan keton. Kegiatan praktikum tersebut dapat

dilaksanakan dengan menggunakan penerapan keterampilan generik sains observasi dan inferensi logis (Sudarmin & Haryani, 2015). Selanjutnya, pada pelaksanaan praktikum, asesmen berbasis keterampilan generik sains dapat diterapkan baik pada kegiatan pra maupun post praktikum (Jusniar, Sumiati, & Anwar, 2014).

Keterampilan berpikir kreatif dan generik sains sejalan dengan capaian mata kuliah praktikum sintesis senyawa organik, yakni mampu menentukan kondisi yang diperlukan untuk melangsungkan sintesis senyawa organik dan isolasi bahan alam dan melakukannya (Mulyanti *et al.*, 2019). Kemampuan mahasiswa dalam menentukan kondisi praktikum, tentunya membutuhkan kreativitas yang mumpuni. Hal lain yang juga harus dapat mahasiswa kuasai adalah kemampuan menganalisis selama kegiatan praktikum, seperti pengamatan langsung dan tidak langsung secara molekular, selama kegiatan praktikum untuk mencapai pemahaman konseptual dapat dicapai melalui keterampilan generik sains (Hakim, 2014).

Sudah banyak penelitian yang mengembangkan praktikum sintesis senyawa organik, khususnya pada praktikum reaksi substitusi. Namun, masih terdapat beberapa kelemahan terkait pelaksanaan pembelajaran selama praktikum berlangsung. Seperti senyawa yang digunakan cukup kompleks, sehingga cukup sulit untuk mencapai target pembelajaran kimia organik. Begitu juga dengan praktikum yang dilakukan dengan kit skala kecil (*small kit lab*), besar kemungkinan gagal, jika tidak dilakukan dengan hati-hati (Zakaria *et al.*, 2012). Selanjutnya, meskipun bahan dan metode yang diterapkan mudah dan murah, namun identifikasi senyawa memerlukan biaya tinggi seperti penggunaan peralatan NMR, MS dan IR (Steele *et al.*, 2020; Singh *et al.*, 2019). Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pengembangan praktikum reaksi substitusi senyawa organik yang dapat diimplementasikan bagi mahasiswa pendidikan kimia, dengan menerapkan prinsip-prinsip *green chemistry*, serta dapat mencapai tujuan pembelajaran praktikum reaksi substitusi senyawa organik baik secara konseptual maupun prosedural.

Saat ini, baik kegiatan pembelajaran teoritis maupun praktis, sudah mulai mengadopsi pembelajaran jarak jauh (Gamage *et al.*, 2020; Varela & Fedynich, 2020). Kondisi pandemik menjadi awal dari perubahan desain pembelajaran, yang sebelumnya dilaksanakan dengan tatap muka luring, menjadi tatap muka secara daring (Houseknecht & Bates, 2020; Núñez & Leeuwner, 2020). Hal ini pun menjadi tuntutan pada pembelajaran praktikum bagi para mahasiswa calon guru kimia, salah satunya adalah praktikum reaksi substitusi senyawa

organik (Anzovino *et al.*, 2020; Healy & Blade, 2020; Reynders & Ruder, 2020). Praktikum melalui media daring dapat dilakukan dengan berbagai platform *online*, seperti *zoom meeting*, *google meet*, dan lain-lain (Saefurohman *et al.*, 2021; Sheth, 2020).

Kegiatan praktikum secara daring tidak dapat sepenuhnya menggantikan praktikum yang selama ini dilakukan secara luring, seperti keterampilan *hands on*, kontak langsung dengan peralatan dan bahan-bahan di laboratorium, serta kegiatan praktikum secara berkelompok untuk membangun aspek kolaboratif (Howitz *et al.*, 2020). Berbagai upaya telah dilakukan oleh para pengajar di pendidikan tinggi, untuk tetap mengakomodasi aspek-aspek keterampilan mahasiswa agar dapat dikuasai dengan baik, meski pembelajaran dilaksanakan secara daring (Giri & Dutta, 2020; Guo *et al.*, 2020). Pembelajaran praktikum secara daring, dapat menjadi solusi bagi tema-tema praktikum kimia organik, khususnya pada sintesis yang senantiasa membutuhkan waktu percobaan yang panjang. Dengan pelaksanaan daring, hambatan waktu pada kegiatan praktikum menjadi tidak ada sama sekali (Houseknecht & Bates, 2020).

Keterampilan yang tetap harus dipelajari mahasiswa, diantaranya adalah melatih mahasiswa untuk tetap terampil dalam mendesain rancangan praktikum yang akan dipelajari (kreativitas) (Castro & Zermeño, 2020; Fontana, 2020). Keterampilan lain yang harus mahasiswa miliki adalah kecakapan dalam memaparkan temuan praktikum dalam bentuk laporan praktikum (Zemel *et al.*, 2021). Keterampilan yang harus mahasiswa miliki adalah pengamatan dari mulai yang teramati oleh panca indra, sampai penalaran secara molekular, sehingga pada akhirnya akan terbangun konsep setelah dilaksanakannya pembelajaran praktikum.

Kebutuhan akan pembelajaran praktikum reaksi substitusi senyawa organik secara daring belum dapat mengakomodasi aspek kreativitas mahasiswa, karena mahasiswa hanya menyaksikan video praktikum dan dilanjutkan dengan analisis melalui laporan (Blizak *et al.*, 2020; Nataro & Johnson, 2020). Praktikum reaksi substitusi senyawa organik secara daring pun, masih jauh dalam mencapai keberhasilan dari sisi penguasaan konsep mahasiswa, sebagai pondasi utama pemahaman sintesis senyawa organik (Hill *et al.*, 2019; Pölloth *et al.*, 2019). Masih dibutuhkan suatu desain praktikum reaksi substitusi senyawa organik, yang dilaksanakan secara daring dan dapat menggali aspek kreativitas mahasiswa, keterampilan dalam menganalisis hasil pengamatan praktikum, serta dapat meningkatkan konsep-konsep dasar dari proses sintesis.

Berdasarkan pemaparan dari berbagai literatur, praktikum reaksi substitusi senyawa organik belum berorientasi pada proses yang aman, serta karakter dari senyawa yang digunakan yang masih rumit. Pada penelitian ini dikembangkan praktikum sintesis senyawa organik berbasis *green chemistry*, meliputi reaksi substitusi dari bahan yang ramah lingkungan, murah, dan mudah didapatkan. Praktikum dilaksanakan secara daring, sebagai menjawab permasalahan pembelajaran praktikum secara daring, dengan kondisi pandemik saat ini yang menuntut pembelajaran praktikum di laboratorium untuk dilaksanakan secara daring. Hal ini yang menjadi pertimbangan pelaksanaan praktikum ini, diimplementasikan secara daring, kepada mahasiswa calon guru kimia, dengan persiapan secara luring sebelumnya untuk membuat video pelaksanaan praktikum di laboratorium.

Prinsip-prinsip *green chemistry* pada penelitian ini, meliputi; 1) *economy atom*, 2) meminimalisir penggunaan bahan kimia yang bersifat toksik dan berbahaya terhadap kesehatan dan lingkungan, 3) menghindari penggunaan pelarut, agen pemisah, dan lain-lain yang berbahaya dan tidak terlalu diperlukan, 4) efisiensi energi dari sisi ekonomi dan dampak terhadap lingkungan, 5) pemilihan katalis yang bekerja secara selektif dan efektif, 6) pencegahan kecelakaan akibat bahan kimia seperti keracunan, kebakaran, dan ledakan. Praktikum reaksi substitusi senyawa organik yang dikembangkan, dapat menerapkan prinsip-prinsip *green chemistry* dan dapat meningkatkan keterampilan generik sains, seperti pengamatan langsung, pengamatan tidak langsung, dan membangun konsep (Brotosiswoyo, 2000), dan berpikir kreatif mahasiswa calon guru kimia.

1.2. Rumusan Masalah Penelitian

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah “Bagaimana pengaruh praktikum reaksi substitusi senyawa organik berbasis *green chemistry* terhadap penguasaan konsep, keterampilan berpikir kreatif, dan generik sains calon guru kimia yang dilaksanakan secara daring?”. Secara sistematis pertanyaan penelitian tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana mendesain dan mengimplementasi praktikum reaksi substitusi senyawa organik berbasis *green chemistry* secara daring yang dikembangkan dalam penelitian ini?
2. Bagaimana pengaruh praktikum reaksi substitusi senyawa organik berbasis *green chemistry* secara daring terhadap penguasaan konsep calon guru kimia?
3. Bagaimana pengaruh praktikum reaksi substitusi senyawa organik berbasis *green chemistry* secara daring terhadap kemampuan berpikir kreatif calon guru kimia?

4. Bagaimana pengaruh praktikum reaksi substitusi senyawa organik berbasis *green chemistry* secara daring terhadap keterampilan generik sains calon guru kimia?

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dipaparkan, berikut adalah batasan masalah pada penelitian ini:

1. Media daring yang digunakan adalah platform *zoom meeting* dengan sarana *breakout room* untuk diskusi mahasiswa secara berkelompok.
2. Praktikum reaksi substitusi senyawa organik yang diteliti dibatasi pada tema substitusi mentol dengan pereaksi *Lucas* untuk mensintesis mentil klorida.
3. Keterampilan pada penelitian ini meliputi keterampilan berpikir kreatif (dua indikator yakni kelancaran dan fleksibilitas) dan keterampilan generik sains (meliputi pengamatan langsung, pengamatan tidak langsung, dan membangun konsep).

3.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan praktikum reaksi substitusi senyawa organik berbasis *green chemistry* secara daring, yang dapat meningkatkan keterampilan generik sains dan berpikir kreatif bagi calon guru kimia.

3.2. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan dalam rangka peningkatan keterampilan generik sains, berpikir kreatif dan penguasaan konsep mahasiswa calon guru kimia.

3.3. Penjelasan Istilah

Penjelasan istilah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Praktikum reaksi substitusi senyawa organik berbasis *green chemistry*

Praktikum reaksi substitusi senyawa organik pada penelitian ini adalah kegiatan praktikum yang dilaksanakan secara daring. Praktikum membahas tentang reaksi substitusi (sintesis mentil klorida) dengan menggunakan bahan yang ramah lingkungan berupa mentol (Hintermann & Wong, 2017; Clayden *et al.*, 1963), katalis yang ramah lingkungan yakni pereaksi *Lucas*, dan dengan metode yang mudah, murah, dan ramah lingkungan. Prinsip-prinsip *green chemistry* mengadopsi 12 prinsip yang diusulkan Anastas dan Warner (Ravichandran, 2011; Wardencki & Namiećenik, 2005; Warner *et al.*, 2004).

2. Praktikum reaksi substitusi senyawa organik berbasis *Green Chemistry* secara daring

Tahapan pembelajaran secara daring dibagi menjadi dua bagian:

- a. Dua pertemuan pertama, untuk menggali aspek kreativitas mahasiswa, melalui media *zoom meeting* dan fitur *breakout room*, sebagai sarana diskusi mahasiswa mendesain rancangan praktikum sintesis mentil klorida berbasis *green chemistry*.
- b. Dua pertemuan lagi adalah analisis video praktikum. Desain praktikum yang sudah diuji coba secara prosedur, selanjutnya dikemas dalam bentuk video dan diunggah ke media daring *Youtube*. Link *Youtube* selanjutnya dibagikan kepada mahasiswa selama kegiatan pembelajaran, untuk dapat dianalisis dan diamati.
- c. Keterampilan Generik Sains (KGS)

Keterampilan generik sains menurut Broto Siswoyo (2000) pada praktikum sintesis senyawa organik meliputi; Pengamatan langsung, pengamatan tidak langsung, dan membangun konsep.

- d. Keterampilan Berpikir Kreatif

Keterampilan berpikir kreatif memiliki beberapa karakteristik yang didefinisikan sebagai berikut:

- a. Kelancaran, kemampuan dalam menciptakan ide baru yang banyak,
- b. Fleksibilitas, kemampuan seseorang dalam menyesuaikan ide kreatif dengan berbagai permasalahan yang harus diselesaikan (Piaw, 2004).

3.4. Struktur Organisasi

Disertasi ini disusun oleh lima bab, yang disertai dengan Daftar Pustaka dan Lampiran. Bab I berisi pendahuluan, meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan struktur organisasi penelitian. Bab II berisi kajian pustaka, terkait telaah literatur *green chemistry*. *Green chemistry* dibahas dari mulai pengertian, sejarah singkat, implementasi pada berbagai kajian, sampai implementasinya pada proses reaksi substitusi senyawa organik. Bab II juga berisi kajian teoritis pada keterampilan generik sains dan berpikir kreatif, lalu dilanjutkan dengan kajian teori tentang desain pembelajaran praktikum reaksi substitusi senyawa organik secara daring, dari sisi teori dan praktis (penelitian rujukan). Bab III merupakan metode penelitian yang diterapkan, diawali dengan paradigma penelitian, desain penelitian, subjek penelitian, instrumen, dan teknik analisis data yang digunakan. Bab IV adalah hasil dan pembahasan, meliputi pembahasan penelitian pendahuluan, pengembangan prosedur percobaan, lalu dilanjutkan dengan implementasi desain praktikum. Sebelum dilakukan implementasi dari desain praktikum yang

dikembangkan, terlebih dahulu peneliti mengembangkan butir soal, sebagai instrumen untuk mengukur ketercapaian pembelajaran pada aspek keterampilan generik sains dan berpikir kreatif mahasiswa pada konsep reaksi substitusi. Bab V berisi kesimpulan yang merupakan jawaban dari pertanyaan penelitian dan tujuan penelitian. Disamping itu, terdapat rekomendasi terhadap penelitian untuk dikembangkan lebih lanjut.