

BAB III

METODE PENELITIAN

Bab III akan membahas tentang metode penelitian yang meliputi paradigma penelitian, metode, desain dan prosedur penelitian, lokasi dan sampel penelitian, perangkat program praktikum biokimia yang terdiri dari instrumen penelitian pada materi fotosintesis (bioenergi alternatif), teknik analisis data dan pengujian hipotesis.

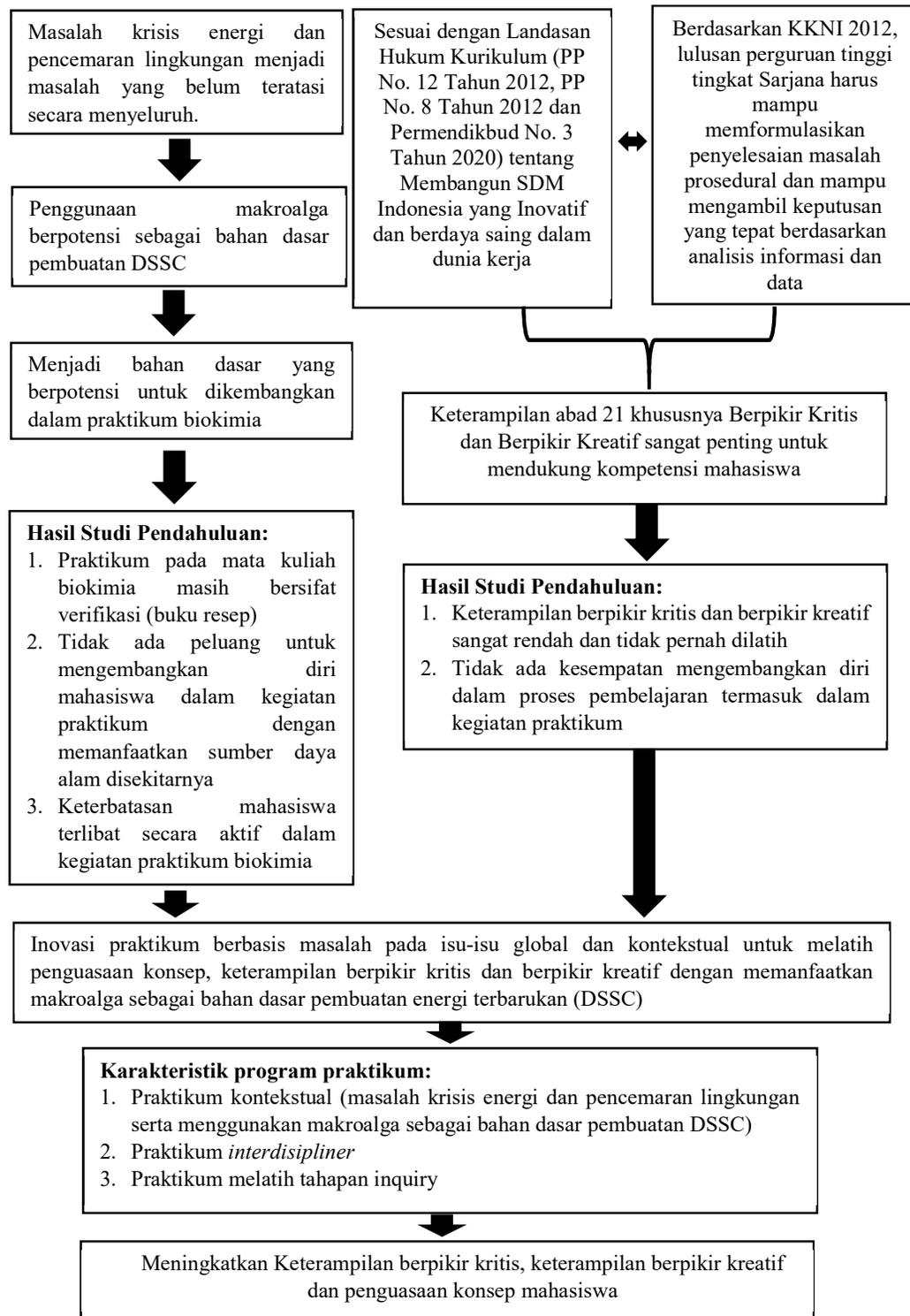
3.1. Paradigma Penelitian

Perubahan zaman yang sangat cepat meliputi perubahan sosial, budaya, dunia kerja dan kemajuan teknologi, perlu disikapi dengan cara mempersiapkan mahasiswa dengan berbagai-bagai keterampilan. Perguruan Tinggi harus merancang dan melaksanakan proses pembelajaran yang kreatif dan inovatif agar mahasiswa dapat meraih capaian pembelajaran atau perkuliahan mencakup aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan secara optimal dan selalu relevan.

Kurikulum yang diterapkan saat ini dalam Undang-undang No. 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi, Peraturan Pemerintah Nomor 8 tahun 2012 yang memuat KKNi dan Permendikbud Nomor 3 Tahun 2020 tentang standar Pendidikan Tinggi yang merupakan landasan hukum dari Kebijakan Merdeka Belajar - Kampus Merdeka (MBKM), namun sampai saat ini apa yang diharapkan untuk menjawab tuntutan tersebut di atas belum terpenuhi. Salah satu faktor yang berpengaruh adalah implementasi pembelajaran abad 21 yang meliputi berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi dan berpikir kreatif dalam perkuliahan tidak diterapkan kepada mahasiswa dengan baik. Mahasiswa tidak dilatih untuk meningkatkan keterampilan-keterampilan tersebut di atas. Hal ini dapat dilihat pada kegiatan praktikum yang masih menggunakan model tradisional yang bersifat verifikasi saja.

Keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif merupakan dua dari empat aspek penting dari pembelajaran abad ke-21 untuk dicapai dalam perkuliahan termasuk didalamnya praktikum Biokimia. Dengan kedua keterampilan yang dimiliki dapat mengembangkan penguasaan konsep fotosintesis

pada mata kuliah Biokimia. Hasil studi pendahuluan yang dilakukan sebelumnya menemukan bahwa kedua keterampilan tersebut belum pernah dilatihkan pada perkuliahan ini, sehingga turut mempengaruhi penguasaan konsep mahasiswa terhadap materi-materi yang terdapat pada mata kuliah ini. Melihat dari fenomena yang ada, maka diperlukan suatu inovasi yang terbaru untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan berpikir kreatif bersamaan dengan penguasaan konsep yang baik dari mahasiswa. Kegiatan praktikum biokimia bioenergi alternatif menggunakan makroalga ini dirancang dengan menggunakan model *problem based learning* (PBL) untuk mendukung *Education for Sustainable Development* (ESD). Dengan menggunakan pendekatan yang tepat, semua komponen yang ada pada saat praktikum seperti RPS maupun perangkat pembelajaran yang tertuang dalam program pengembangan praktikum. Penyusunan paradigma penelitian pada pengembangan praktikum bioenergi alternatif berbasis masalah yang menggunakan makroalga sebagai material dasar dalam pembuatan DSSC ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1: Paradigma Penelitian

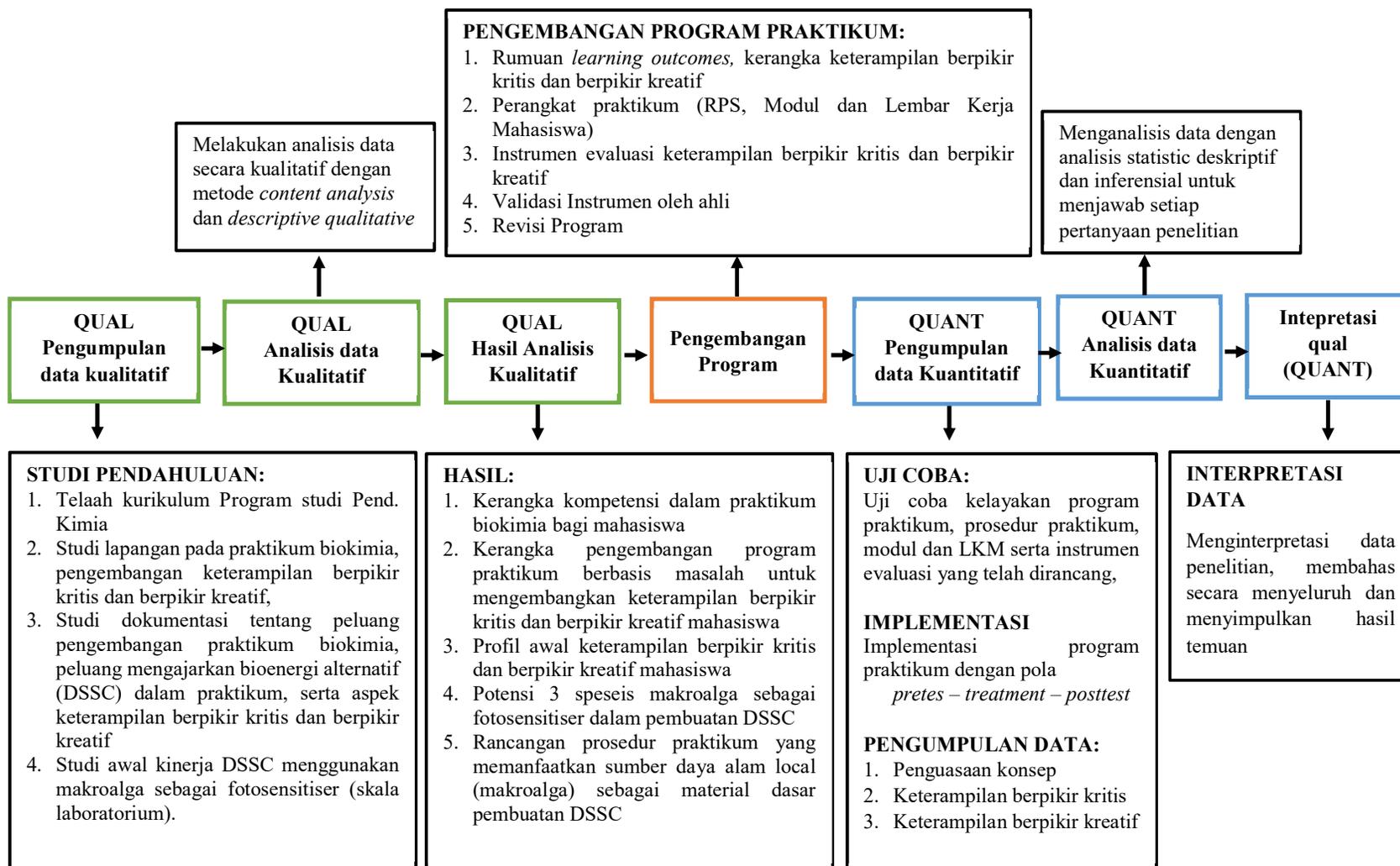
Inovasi praktikum biokimia memerlukan data kualitatif dan kuantitatif untuk saling melengkapi program praktikum yang dikembangkan supaya berjalan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Oleh karena itu, penggunaan metode penelitian campuran merupakan pilihan yang tepat karena sesuai dengan karakteristik dari penelitian ini. Pendekatan penelitian campuran mengintegrasikan pengambilan data kuantitatif dan kualitatif, melakukan interpretasi berdasarkan kedua set data tersebut untuk memahami masalah penelitian (Creswell & Clark, 2017), sehingga dapat memberikan pandangan yang lebih lengkap tentang fenomena yang diteliti.

3.2. Metode dan Desain Penelitian

Mixed methods exploratory design merupakan metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini. Gambar 3.2 menunjukkan desain penelitian dengan pendekatan pada pengembangan dan implementasi instrumen kuantitatif berdasarkan temuan kualitatif (Creswell & Clark, 2017). Desain ini, mengeksplorasi topik penelitian secara kualitatif melalui studi literatur, observasi lapangan dan studi pendahuluan dilakukan terlebih dahulu. Hasil temuan ini digunakan sebagai dasar untuk melakukan inovasi pada program praktikum yang meliputi pengembangan program praktikum berbasis masalah dengan pendekatan inquiri beserta modul praktikumnya, Lembar Kerja mahasiswa (LKM), alat ukur keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif. Pada tahap pengembangan, dilakukan uji coba kelayakan terhadap program praktikum biokimia berbasis masalah pada materi fotosintesis (pembuatan sel surya tersintetasi pewarna alami dari makroalga). Selanjutnya, program praktikum yang dikembangkan diimplementasikan dalam penelitian secara kuantitatif.

Pre-test sebagai pengukuran awal pada tahap kuantitatif dilakukan sebelum intervensi, kemudian diikuti dengan *post-test* setelah praktikum selesai dilaksanakan. Tujuannya untuk melihat hasil praktikum yang dicapai oleh mahasiswa. Analisis statistik dilakukan setelah semua data kuantitatif telah terkumpul, yang meliputi hasil *pre-test*, *post-test* dan hasil penilaian LKM. Analisis ini dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh hasil yang objektif dalam mengukur

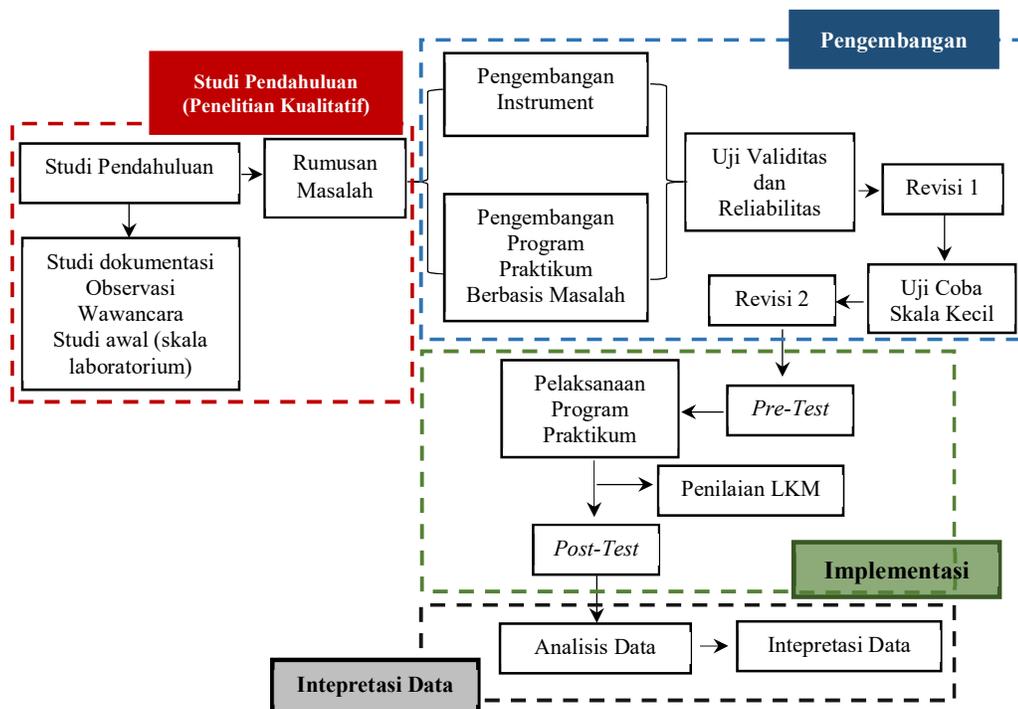
efektivitas dari intervensi yang diberikan. Hasil ini selanjutnya diinterpretasi dengan mempertimbangkan data kualitatif pada awal penelitian, yang terdiri dari observasi, studi dokumentasi dan wawancara. Metode ini menghubungkan data kualitatif dan kuantitatif yang ditemukan untuk memberikan pemahaman yang lebih lengkap terhadap masalah penelitian yang diteliti.



Gambar 3.2: Desain Penelitian *mixed methods exploratory design (QUAN emphasized)*

3.3. Prosedur Penelitian

Metode *Exploratory Sequential Design* digunakan untuk mengembangkan dan menerapkan instrumen kuantitatif berdasarkan temuan kualitatif. Asumsi utama dalam penelitian campuran adalah bahwa menggabungkan metode kuantitatif dan kualitatif secara bersamaan dapat menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam terhadap masalah dan pertanyaan penelitian. Gambar 3.3 menunjukkan prosedur penelitian yang terdiri dari empat tahapan, yaitu tahap awal yang melibatkan studi pendahuluan dengan tujuan untuk memperoleh data kualitatif yang dapat digunakan dalam pemecahan masalah. Tahap kedua merupakan fase pengembangan program praktikum, pengembangan instrumen dan untuk evaluasi praktikum. Sedangkan tahap ketiga merupakan tahapan intervensi (implementasi) program. Tahap intervensi ini melibatkan pengumpulan data kuantitatif berupa hasil evaluasi dalam bentuk tes tertulis dan data kualitatif berupa telaah pelaksanaan program. Tahap interpretasi dilakukan setelah intervensi untuk menelaah hasil akhir implementasi program melalui data kuantitatif dan kualitatif yang sudah dikumpulkan.



Gambar 3.3: Prosedur Penelitian

3.4 Lokasi dan Subjek Penelitian

Program Studi Pendidikan Kimia yang terdapat pada salah satu universitas di Provinsi Maluku merupakan lokasi penelitian ini. Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun akademik 2023/2024 dengan melibatkan 33 mahasiswa yang mengambil mata kuliah biokimia.

3.5 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang dikembangkan pada program praktikum berdasar pada pengembangan keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif. Adapun instrumen yang dikembangkan diuraikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Instrumen penelitian

No	Instrumen penelitian	Deskripsi	Uji kelayakan
1	Instrumen tes penguasaan konsep	Sebagai alat ukur yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana penguasaan konsep mahasiswa	Validitas konstruk dan konten Validitas empirik
2	Instrumen tes keterampilan berpikir kritis	Sebagai alat ukur yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana keterampilan berpikir kritis mahasiswa	Validitas konstruk dan konten Validitas empirik
3	Instrumen tes keterampilan berpikir kreatif	Sebagai alat ukur yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana keterampilan berpikir kreatif mahasiswa	Validitas konstruk dan konten Validitas empirik
4	Rubrik penilaian LKM (non-tes)	Sebagai pedoman analisis penulisan LKM mahasiswa	Validitas konstruk dan konten
5	Kuisisioner respon mahasiswa (non-tes)	Sebagai alat ukur untuk mengetahui respon mahasiswa mengenai pelaksanaan praktikum	Validitas konstruk dan konten

Tabel 3.1 menunjukkan terdapat lima instrumen penelitian (tes dan non-tes) yang dikembangkan melalui tahapan uji kelayakan konstruk dan konten, dan tambahan uji kelayakan empiris untuk instrumen tes penguasaan konsep, keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif. Sumber data untuk kelima instrumen penelitian tersebut adalah mahasiswa sebagai partisipan dalam pelaksanaan implementasi program praktikum biokimia.

3.5.1 Instrumen tes keterampilan berpikir kritis

Instrumen tes keterampilan berpikir kritis berdasar pada kerangka berpikir kritis Ennis (Ennis, 2011) yaitu: 1) Memberikan penjelasan sederhana (*elementary clarification*), 2) Membangun keterampilan dasar (*basic support*), 3) Menyimpulkan (*inference*), 4) Membuat penjelasan lebih lanjut (*advance clarification*), 5) Strategi dan taktik (*strategy and tactics*). Tabel 3.2 menunjukkan sebaran soal tes keterampilan berpikir kritis yang terdiri dari 5 soal berbentuk esai.

Tabel 3.2. Sebaran soal tes keterampilan berpikir kritis pada tiap aspek

No	Aspek keterampilan	Indikator keterampilan	Nomor soal
1	<i>Elementary Clarification</i>	Mampu memberikan klarifikasi mengenai konsep fotosintesis dan respirasi seluler	1
2	<i>Basic Support</i>	Memberikan penjelasan tentang proses awal dari reaksi fotosintesis	2
3	<i>Advance Clarification</i>	Mampu memberikan klarifikasi lanjutan tentang kinerja elektrolit dan kriteria elektrolit dalam meningkatkan kinerja DSSC	3
4	<i>Inference</i>	Mampu membuat dan mempertimbangkan suatu keputusan tentang jenis pigmen hasil karakterisasi	4
5	<i>Strategy and Tactic</i>	Mampu memberikan penjelasan secara lengkap fungsi dan kinerja dari semikonduktor	5

Setiap soal tes yang telah dikembangkan harus dapat mengukur penguasaan konsep dan indikator keterampilan berpikir kritis serta memenuhi kompetensi dasar

yang diharapkan. Soal tes yang sudah dirancang dan dikembangkan harus divalidasi oleh ahli dengan mempertimbangkan kriteria validitas dan reliabilitas sebelum digunakan. Aspek yang divalidasi meliputi penggunaan Bahasa, keterbacaan soal, kesesuaian dengan konsep, kebenaran jawaban, kesesuaian dengan indikator berpikir kritis dan kesesuaian dengan kisi-kisi soal. Setelah soal keterampilan berpikir kritis divalidasi oleh ahli selanjutnya dihitung menggunakan CVR. Hasil analisis CVR untuk soal keterampilan berpikir kritis disajikan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Hasil analisis CVR soal keterampilan berpikir kritis

Nomor soal	Indikator	Validator			Jumlah	CVR	Interpretasi
		1	2	3			
1	<i>Elementary Clarification</i>	1	1	1	3	1	Digunakan
2	<i>Basic Support</i>	1	1	1	3	1	Digunakan
3	<i>Advanced Clarification</i>	1	1	0	2	0,7	Diperbaiki
4	<i>Inference</i>	0	1	1	2	0,7	Diperbaiki
5	<i>Strategy and Tactic</i>	1	1	1	3	1	Digunakan

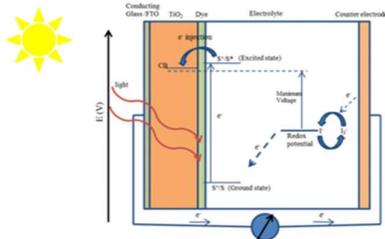
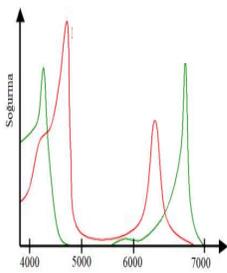
Pada Tabel 3.3 terdapat 5 soal yang diuji untuk keterampilan berpikir kritis, terdapat 3 soal dengan interpretasi dapat digunakan dan 2 soal dengan interpretasi diperbaiki. 2 soal yang diperbaiki meliputi penggunaan bahasa pada soal sehingga tidak menimbulkan kesalahan pengertian, penggunaan kalimat yang lebih baik untuk menunjukkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa dan gambar yang lebih jelas.

Setiap saran perbaikan dari validator menjadi panduan untuk melakukan perbaikan pada item soal tersebut. Saran perbaikan oleh validator ditunjukkan pada table 3.4. Setelah setiap item soal dilakukan perbaikan, dilakukan telaah kembali oleh validator dan pengisian lembar validasi.

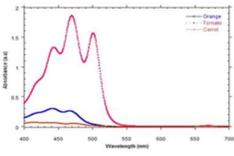
Tabel 3.4. Saran perbaikan soal dari validator

Nomor soal	Aspek	Soal	
		Sebelum perbaikan	Setelah perbaikan
3	<i>Inference</i>	Selain semikonduktor sebagai komponen penyusun DSSC, elektrolit mempunyai peran yang penting	<i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC) atau dikenal dengan sel surya organik adalah salah satu bentuk energi alternatif terbarukan yang prosesnya dikembangkan dengan meniru proses

Tabel 3.4. Saran perbaikan soal dari validator (lanjutan)

Nomor soal	Aspek	Soal	
		Sebelum perbaikan	Setelah perbaikan
	<i>Inference</i>	dalam kinerja DSSC. Bagaimana kinerja elektrolit dan kriteria pemilihan elektrolit dalam meningkatkan kinerja DSSC?	<p>fotosintesis untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Konstruksi DSSC memerlukan beberapa komponen seperti ditunjukkan pada gambar di bawah.</p>  <p>Sumber: Sharma, K., Sharma, V. & Sharma, S. S. Dye-Sensitized Solar Cells: Fundamentals and Current Status. <i>Advances in Materials Science</i>, 2019, 181 (2019). https://doi.org/10.1186/s11671-019-2760-6</p> <p>a. Berdasarkan skema gambar di atas, jelaskan fungsi elektrolit dalam DSSC.</p> <p>b. Berdasarkan fungsi yang ditemukan tersebut, analisis kriteria pemilihan elektrolit agar dapat meningkatkan kinerja DSSC?</p>
4	<i>Advance d clarification</i>	 <p>Jelaskan jenis pigmen berdasarkan serapan</p>	<p>Pada konstruksi DSSC, pigmen digunakan sebagai komponen yang berperan dalam membantu menangkap cahaya seperti halnya dalam proses fotosintesis. Sumber pigmen yang digunakan dapat berasal dari tumbuhan, alga, dll. Grafik di bawah menunjukkan spectra UV-Vis ekstrak karotenoid dari beberapa sumber bahan alam. Pada gambar yang sama ditunjukkan pula data hasil pengukuran arus listrik maupun tegangan yang dihasilkan oleh DSSC berbahan dasar ketiga ekstrak pigmen karotenoid.</p>

Tabel 3.4. Saran perbaikan soal dari validator (lanjutan)

Nomor soal	Aspek	Soal																					
		Sebelum perbaikan	Setelah perbaikan																				
	<i>Advance d clarificat ion</i>	panjang gelombang di atas!	 <table border="1" data-bbox="917 577 1286 640"> <thead> <tr> <th>Dye</th> <th>J_{sc} (mA/cm²)</th> <th>V_{oc} (V)</th> <th>FF</th> <th>η (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tomato</td> <td>0.51</td> <td>0.14</td> <td>0.37</td> <td>0.03</td> </tr> <tr> <td>Orange fruit</td> <td>0.37</td> <td>0.06</td> <td>0.58</td> <td>0.02</td> </tr> <tr> <td>Carrot</td> <td>0.36</td> <td>0.04</td> <td>0.64</td> <td>0.009</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="917 646 1156 661">A Supriyanto et al 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 432 012060</p> <p data-bbox="889 667 1333 823">Berdasarkan data di atas, analisis pengaruh serapan Panjang gelombang maupun konsentrasi pigmen untuk setiap ekstrak karotenoid terhadap efisiensi DSSC yang dihasilkan.</p>	Dye	J_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (V)	FF	η (%)	Tomato	0.51	0.14	0.37	0.03	Orange fruit	0.37	0.06	0.58	0.02	Carrot	0.36	0.04	0.64	0.009
Dye	J_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (V)	FF	η (%)																			
Tomato	0.51	0.14	0.37	0.03																			
Orange fruit	0.37	0.06	0.58	0.02																			
Carrot	0.36	0.04	0.64	0.009																			

Selain validasi konstruk juga dilakukan uji kelayakan soal secara empiris yaitu melalui analisis tingkat kesukaran soal, daya pembeda, uji validitas, dan uji reliabilitas. Tingkat kesukaran dianalisis dengan tujuan untuk mengetahui kategori tingkat kesulitan dari soal tersebut dalam bentuk bilangan yang menunjukkan apakah soal tersebut mudah, sedang, atau sulit. Sedangkan, daya pembeda soal merupakan kemampuan suatu soal untuk membedakan antara mahasiswa yang memiliki kemampuan tinggi dan rendah. Uji validitas dilakukan untuk menguji ketepatan atau ketelitian dari soal, artinya soal tersebut apakah sudah tepat mengukur apa yang seharusnya diukur. Sedangkan mengukur konsistensi soal dilakukan uji reliabilitas. Skor hasil tes semua responden dianalisis secara statistik menggunakan *software* SPSS versi 25. Tabel 3.22 menunjukkan hasil analisis kelayakan soal secara empiris.

Tabel 3.5. Hasil analisis kelayakan soal secara empiris

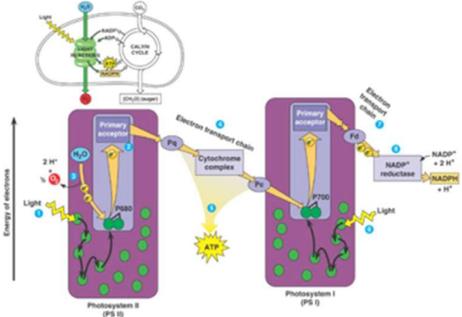
Nomor Soal	Uji Validitas		Daya Beda		Tingkat Kesukaran	
	Nilai .Sig	Ket.	Nilai pearson Correlation	Ket	Hasil	Ket
Soal 1	0.000	Valid	0.518	Baik	0.807	Mudah
Soal 2	0.000	Valid	0.496	Baik	0.602	Sedang
Soal 3	0.000	Valid	0.518	Baik	0.593	Sedang
Soal 4	0.000	Valid	0.570	Baik	0.607	Sedang
Soal 5	0.000	Valid	0.465	Baik	0.427	Sedang

Sedangkan, hasil reliabilitas soal yang mengukur keterampilan berpikir kritis memiliki nilai *cronbach alpha* sebesar 0,823 yang tergolong kategori reliabilitas tinggi. Setelah melalui proses validasi oleh pakar, dilakukan revisi dan diuji coba lapangan kemudian soal-soal tersebut direvisi kembali, sehingga memperoleh 5 soal keterampilan berpikir kritis berbentuk esai yang layak digunakan dalam penelitian. Tabel 3.6 menyajikan seluruh item soal esai untuk menilai keterampilan berpikir kritis mahasiswa.

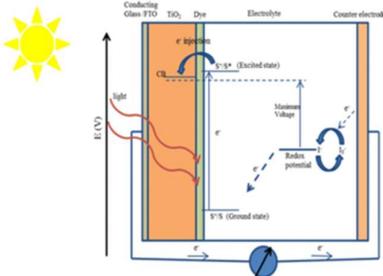
Tabel 3.6. Instrumen tes keterampilan berpikir kritis

Indikator aspek	No	Indikator	Soal	Jawaban
<p>Aspek Elementary Clarification</p> <p>Mahasiswa mampu memberikan klarifikasi mengenai konsep fotosintesis dan respirasi seluler</p>	1	<p>Mahasiswa mampu menyatakan hubungan antara fotosintesis dan respirasi seluler</p>	<p>Fotosintesis dan respirasi seluler merupakan proses biologi yang berlangsung di biosfer dan bertanggung jawab atas pertukaran oksigen dan karbondioksida antara makhluk hidup dan lingkungannya.</p> <p>Proses fotosintesis hanya dapat dilakukan oleh organisme fotoautotrof. Pada reaksi fotosintesis, karbondioksida dan air akan dikonversi menjadi glukosa dan oksigen dengan adanya energi dari sinar matahari seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ </div> <p>Berbeda dengan reaksi fotosintesis, respirasi seluler dapat berlangsung dengan dan tanpa adanya sinar matahari. Seluruh makhluk hidup akan melakukan respirasi seluler. Pada proses ini molekul glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) akan bereaksi dengan oksigen menghasilkan karbondioksida, air, dan energi dalam bentuk ATP (Adenosin trifosfat). Berdasarkan reaksi yang terjadi, identifikasi tiga (3) hubungan antara fotosintesis dan respirasi seluler?.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fotosintesis dan respirasi seluler merupakan reaksi yang berkebalikan tetapi proses yang berlangsung tidak sama (berkebalikan tetapi tidak sebaliknya). • Pereaksi yang terlibat dan produk yang dihasilkan berbeda antara reaksi fotosintesis dan respirasi seluler, • Pada proses fotosintesis dihasilkan molekul glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) dan oksigen, dari reaksi antara CO_2 dan H_2O, sedangkan pada reaksi respirasi seluler molekul glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) dan oksigen digunakan sebagai reaktan untuk menghasilkan CO_2 dan H_2O ditambah dengan energi dalam bentuk ATP. • Pada reaksi fotosintesis diperlukan cahaya matahari sebagai sumber energi untuk melangsungkan reaksi, tetapi pada reaksi respirasi seluler tidak. • Pada reaksi respirasi seluler diperlukan oksigen, sedangkan pada reaksi fotosintesis dihasilkan oksigen.

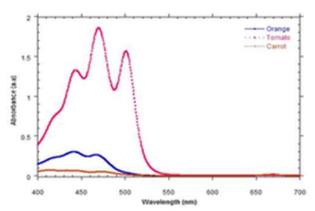
Tabel 3.6. Instrumen tes keterampilan berpikir kritis (lanjutan)

Indikator aspek	No	Indikator	Soal	Jawaban
<p>Aspek Basic Support Mahasiswa mampu memberikan penjelasan sederhana tentang proses awal dari reaksi fotosintesis</p>	2	Mahasiswa mampu menganalisis dan menjelaskan tentang proses awal dari reaksi fotosintesis	<p>Pada proses fotosintesis, cahaya matahari diperlukan sebagai sumber energi untuk melangsungkan reaksi. Dari semua radiasi Matahari yang dipancarkan, hanya panjang gelombang tertentu yang dimanfaatkan tumbuhan untuk proses fotosintesis, yaitu panjang gelombang yang berada pada kisaran cahaya tampak (380-700 nm). Penangkapan cahaya tersebut hanya terjadi pada sel-sel yang mengandung pigmen fotosintetik dan menjadi proses awal pada reaksi fotosintesis. Pigmen yang berbeda tentunya menyerap cahaya pada panjang gelombang yang berbeda.</p>  <p>Berdasarkan skema proses di atas, jelaskan proses awal berlangsungnya proses fotosintesis.</p>	<p>Cahaya tampak terdiri atas cahaya merah (610-700 nm), hijau kuning (510-600 nm), biru (410-500 nm), dan violet (< 400 nm). Masing-masing jenis cahaya berbeda pengaruhnya pada reaksi fotosintesis karena berhubungan dengan sifat pigmen penangkap cahaya. Pigmen yang berbeda menyerap cahaya pada panjang gelombang yang berbeda. Kloroplas mengandung beberapa pigmen. Sebagai contoh, klorofil a menyerap cahaya biru-violet dan merah, sementara klorofil b menyerap cahaya biru dan oranye dan memantulkan cahaya kuning-hijau. Klorofil a berperan langsung dalam reaksi terang, sedangkan klorofil b tidak secara langsung berperan dalam reaksi terang. Proses absorpsi energi cahaya menyebabkan lepasnya elektron berenergi tinggi dari klorofil a yang selanjutnya akan disalurkan dan ditangkap oleh akseptor elektron. Proses ini merupakan awal dari rangkaian panjang reaksi fotosintesis.</p>

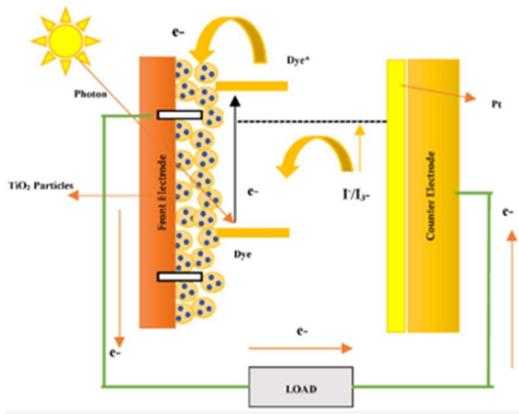
Tabel 3.6. Instrumen tes keterampilan berpikir kritis (lanjutan)

Indikator aspek	No	Indikator	Soal	Jawaban
<p>Aspek Advanced Clarification Mahasiswa mampu memberikan klarifikasi tentang kinerja elektrolit dan kriteria elektrolit dalam meningkatkan kinerja DSSC</p>	3	Mahasiswa mampu menyatakan dengan tepat kinerja dan pemilihan elektrolit yang digunakan dalam DSSC	<p><i>Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)</i> atau lebih dikenal juga dengan sel surya organik adalah salah satu bentuk energi alternatif terbarukan yang prosesnya dikembangkan dengan meniru proses fotosintesis untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Konstruksi DSSC memerlukan beberapa komponen seperti ditunjukkan pada gambar di bawah.</p>  <p>Sumber: Sharma, K., Sharma, V. & Sharma, S.S. Dye-Sensitized Solar Cells: Fundamentals and Current Status. <i>Nanoscale Research Letters</i>, 10(1), 2018. https://doi.org/10.1186/s11671-018-2760-6</p> <p>Berdasarkan skema gambar di atas, jelaskan fungsi elektrolit dalam DSSC. Berdasarkan fungsi yang ditemukan tersebut, analisis kriteria pemilihan elektrolit agar dapat meningkatkan kinerja DSSC?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fungsi elektrolit dalam sel untuk meregenerasi pewarna setelah elektron melewati pita konduksi semikonduktor nanokristalin. • Elektrolit harus memenuhi kriteria berikut: harus transparan terhadap cahaya tampak, mempunyai konduktivitas listrik-ionik yang tinggi, menghasilkan kontak yang baik dengan permukaan semikonduktor dan elektroda lawan, tidak korosif terhadap elektroda lawan dan mempunyai sifat termal yang baik, stabilitas kimia, optik, elektrokimia dan antarmuka untuk menghindari degradasi pigmen

Tabel 3.6. Instrumen tes keterampilan berpikir kritis (lanjutan)

Indikator aspek	No	Indikator	Soal	Jawaban																				
Aspek Inference Mahasiswa mampu membuat dan mempertimbangkan suatu keputusan tentang jenis pigmen hasil karakterisasi	4	Mahasiswa mampu menentukan dan menjelaskan secara tepat serapan pigmen berdasarkan hasil karakterisasi UV-Vis	<p>Pada konstruksi DSSC, pigmen digunakan sebagai komponen yang berperan dalam membantu menangkap cahaya seperti halnya dalam proses fotosintesis. Sumber pigmen yang digunakan dapat berasal dari tumbuhan, alga, dll. Grafik di bawah menunjukkan spectra UV-Vis ekstrak karotenoid dari beberapa sumber bahan alam. Pada gambar yang sama ditunjukkan pula data hasil pengukuran arus listrik maupun tegangan yang dihasilkan oleh DSSC berbahan dasar ketiga ekstrak pigmen karotenoid.</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dye</th> <th>I_{sc} (mA/cm²)</th> <th>V_{oc} (V)</th> <th>FF</th> <th>η (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tomato</td> <td>0.51</td> <td>0.14</td> <td>0.37</td> <td>0.03</td> </tr> <tr> <td>Orange fruit</td> <td>0.37</td> <td>0.06</td> <td>0.58</td> <td>0.02</td> </tr> <tr> <td>Carrot</td> <td>0.36</td> <td>0.04</td> <td>0.64</td> <td>0.009</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>A Supriyanto et al 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 432 012060</small></p> <p>Berdasarkan data di atas, analisis pengaruh serapan Panjang gelombang maupun konsentrasi pigmen untuk setiap ekstrak karotenoid terhadap efisiensi DSSC yang dihasilkan.</p>	Dye	I_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (V)	FF	η (%)	Tomato	0.51	0.14	0.37	0.03	Orange fruit	0.37	0.06	0.58	0.02	Carrot	0.36	0.04	0.64	0.009	<p>Berdasarkan grafik hasil karakterisasi, terdapat dua jenis pigmen, yaitu Klorofil a dan klorofil b.</p> <p>Klorofil a, berada pada serapan panjang gelombang 660-668 nm. Sedangkan klorofil b, berada pada serapan panjang gelombang 450-480 nm</p>
Dye	I_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (V)	FF	η (%)																				
Tomato	0.51	0.14	0.37	0.03																				
Orange fruit	0.37	0.06	0.58	0.02																				
Carrot	0.36	0.04	0.64	0.009																				

Tabel 3.6. Instrumen tes keterampilan berpikir kritis (lanjutan)

Indikator aspek	No	Indikator	Soal	Jawaban
Aspek Strategy and Tactic Mahasiswa mampu memberikan penjelasan secara lengkap fungsi dan kinerja dari semikonduktor	5	Mahasiswa mampu memberikan penjelasan dengan lengkap fungsi dan kinerja semikonduktor	<p>Semikonduktor merupakan material yang memiliki sifat kelistrikan antara konduktor dan isolator. Pada DSSC, semikonduktor yang sering digunakan adalah TiO_2. Fungsi tersebut dapat digambarkan melalui skema gambar di bawah.</p>  <p>Berdasarkan gambar ilustrasi di atas, jelaskan fungsi dari semikonduktor TiO_2 pada DSSC dan mengapa porositas yang tinggi (~50%), luas permukaan yang tinggi, dan celah pita yang lebar semikonduktor TiO_2 menentukan kinerja dari DSSC yang dikonstruksi?</p>	<p>TiO_2 memiliki indeks bias tinggi ($n = 2,5$) yang mendukung penyerapan dan dispersi cahaya dalam film semikonduktor. TiO_2 dengan struktur nanopori yaitu ukuran pori dalam skala nano akan menaikkan kinerja sistem karena struktur nanopori mempunyai karakteristik luas permukaan yang tinggi sehingga akan menaikkan jumlah <i>dye</i> yang terserap sehingga implikasinya akan menaikkan jumlah cahaya yang terabsorb.</p>

3.5.2 Instrumen tes keterampilan berpikir kreatif

Instrumen tes keterampilan berpikir kreatif mengacu pada kerangka berpikir kreatif menurut Torrance yang terdiri dari 1) *fluency*, 2) *flexibility*, 3) *elaboration*, 4) *originality* (Torrance, 1988). Tabel 3.7 menunjukkan sebaran soal tes keterampilan berpikir kreatif yang terdiri dari 5 soal berbentuk esai.

Tabel 3.7. Sebaran soal tes keterampilan berpikir kreatif pada tiap aspek

No	Aspek keterampilan	Indikator keterampilan	Nomor soal
1	<i>Originality</i>	Memberikan gagasan dalam memecahkan permasalahan emisi karbon di atmosfer dengan menggunakan energi terbarukan	6
2	<i>Elaboration</i>	Mampu membuat gagasan jawaban terhadap masalah dari struktur TiO ₂	7
		Mampu mengidentifikasi kinerja DSSC secara benar	9
		Mampu menemukan karakteristik dari sensitizer sebagai bagian yang penting dalam meningkatkan kinerja DSSC	10
3	<i>Flexibility</i>	Mampu memberikan gagasan yang beragam dalam menentukan elektroda lawan yang tepat dalam mendukung kinerja DSSC	8

Setiap soal tes yang dikembangkan harus dapat mengukur penguasaan konsep, indikator keterampilan berpikir kreatif serta memenuhi kompetensi dasar yang ditetapkan. Sebelum soal tes tersebut digunakan, proses validasi oleh ahli harus dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria validitas dan reliabilitas. Aspek penggunaan bahasa, keterbacaan soal, kesesuaian dengan konsep, kebenaran jawaban, kesesuaian dengan indikator berpikir kreatif dan kesesuaian kisi-kisi soal merupakan aspek-aspek yang divalidasi. Setelah soal keterampilan berpikir kreatif divalidasi oleh ahli, selanjutnya dihitung menggunakan CVR. Hasil analisis CVR untuk soal keterampilan berpikir kreatif disajikan pada tabel 3.8.

Tabel 3.8. Hasil analisis CVR soal keterampilan berpikir kreatif

Nomor soal	Indikator	Validator			Jumlah	CVR	Interpretasi
		1	2	3			
6	<i>Originality</i>	0	1	1	2	0,7	Diperbaiki
7	<i>Elaboration</i>	1	1	1	3	1	Digunakan
8	<i>Flexibility</i>	1	1	1	3	1	Digunakan
9	<i>Elaboration</i>	1	0	1	2	0,7	Diperbaiki
10	<i>Elaboration</i>	1	1	1	3	1	Digunakan

Pada Tabel 3.8 terdapat 5 soal yang diuji untuk keterampilan berpikir kreatif, terdapat 3 soal dengan interpretasi dapat digunakan dan 2 soal dengan interpretasi diperbaiki. 2 soal yang diperbaiki meliputi penggunaan bahasa pada soal sehingga tidak menimbulkan kesalahan pengertian, penggunaan kalimat yang lebih baik untuk menunjukkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa dan jawaban yang lebih lengkap. Setiap saran perbaikan dari validator menjadi panduan untuk melakukan perbaikan pada item soal tersebut. Saran perbaikan oleh validator ditunjukkan pada tabel 3.9. Setelah setiap item soal dilakukan perbaikan, dilakukan telaah kembali oleh validator dan pengisian lembar validasi.

Tabel 3.9. Saran perbaikan soal dari validator

Nomor soal	Aspek	Soal	
		Sebelum perbaikan	Setelah perbaikan
6	<i>Originality</i>	Penggunaan bahan bakar fosil menghasilkan emisi karbon di atmosfer meningkat secara signifikan. Salah satu solusi untuk mengurangi emisi karbon adalah penggunaan bahan bakar yang berasal dari energi terbarukan. Contohnya adalah Kendaraan listrik. Berikan gagasan anda, apakah kendaraan listrik menjadi solusi dalam mengatasi emisi karbon di atmosfer?	Penggunaan bahan bakar fosil menghasilkan emisi karbon di atmosfer meningkat secara signifikan. Salah satu solusi untuk mengurangi emisi karbon adalah penggunaan bahan bakar yang berasal dari energi terbarukan. Bagaimana tanggapan anda, apakah kendaraan listrik dapat menjadi solusi untuk mengatasi emisi karbon di atmosfer?

Tabel 3.9. Saran perbaikan soal dari validator (lanjutan)

Nomor soal	Aspek	Soal	
		Sebelum perbaikan	Setelah perbaikan
9	<i>Elaboration</i>	DSSC termasuk salah satu dari generasi ketiga teknologi fotovoltaik dan telah dipelajari secara luas karena biaya produksinya rendah. Jelaskan dengan lengkap dan benar, bagaimana kinerja dari DSSC!	DSSC merupakan salah satu generasi ketiga dari teknologi fotovoltaik yang berpotensi mengurangi emisi karbon diudara dan saat ini telah dipelajari secara luas karena biaya produksinya murah dan ramah lingkungan. Jelaskan dengan benar dan lengkap, bagaimana kinerja dari DSSC !

Selain validasi konstruk juga dilakukan uji kelayakan soal secara empiris yaitu melalui analisis tingkat kesukaran soal, daya pembeda, uji validitas, dan uji reliabilitas. Analisis tingkat kesukaran dilakukan untuk mengetahui kategori tingkat kesulitan dari soal tersebut yang menunjukkan apakah soal tersebut mudah, sedang, atau sulit. Sedangkan, daya pembeda soal merupakan kemampuan suatu soal untuk membedakan antara mahasiswa yang berkemampuan tinggi dengan mahasiswa yang berkemampuan rendah. Uji validitas untuk menguji ketepatan atau ketelitian dari soal, artinya soal tersebut apakah sudah tepat mengukur apa yang seharusnya diukur. Sedangkan mengukur konsistensi soal dilakukan uji reliabilitas. Skor hasil tes semua responden dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25. Tabel 3.10 menunjukkan hasil analisis kelayakan soal secara empiris.

Tabel 3.10. Hasil analisis kelayakan soal secara empiris

Nomor Soal	Uji Validitas		Daya Beda		Tingkat Kesukaran	
	Nilai .Sig	Ket.	Nilai pearson Correlation	Ket	Hasil	Ket
Soal 6	0.000	Valid	0.556	Baik	0.820	Mudah
Soal 7	0.000	Valid	0.499	Baik	0.615	Sedang
Soal 8	0.000	Valid	0.505	Baik	0.605	Sedang
Soal 9	0.000	Valid	0.544	Baik	0.620	Sedang
Soal 10	0.000	Valid	0.409	Baik	0.439	Sedang

Sedangkan, hasil reliabilitas soal yang mengukur keterampilan berpikir kritis memiliki nilai *cronbach alpha* sebesar 0,817 yang tergolong kategori reliabilitas tinggi. Setelah melalui proses validasi oleh pakar, dilakukan revisi dan

diuji coba lapangan kemudian soal-soal tersebut direvisi kembali, sehingga memperoleh 5 soal keterampilan berpikir kritis berbentuk esai yang layak digunakan dalam penelitian. Tabel 3.11 menyajikan seluruh item soal esai untuk menilai keterampilan berpikir kreatif mahasiswa.

Tabel 3.11. Instrumen tes keterampilan berpikir kreatif

Indikator aspek	No	Indikator soal	Soal	Jawaban
<p>Aspek Originality</p> <p>Mahasiswa mampu memberikan gagasan dalam memecahkan permasalahan emisi karbon di atmosfer dengan menggunakan energi terbarukan</p>	6	Mahasiswa mampu memberikan gagasan yang tepat terhadap penggunaan kendaraan listrik dalam mengatasi emisi karbon di atmosfer	Penggunaan bahan bakar fosil menghasilkan emisi karbon di atmosfer meningkat secara signifikan. Salah satu solusi untuk mengurangi emisi karbon adalah penggunaan bahan bakar yang berasal dari energi terbarukan. Bagaimana tanggapan anda, apakah kendaraan listrik dapat menjadi solusi untuk mengatasi emisi karbon di atmosfer?	Penggunaan energi terbarukan akan memberikan manfaat yang sangat baik bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Hal ini disebabkan karena energi terbarukan yang dapat diperbarui dan tidak menghasilkan emisi karbon. Kendaraan listrik menjadi salah satu solusi pengurangan emisi karbon di atmosfer, jika sumber bahan bakar pengisi baterai berasal dari energi terbarukan seperti sel surya, namun jika masih menggunakan bahan bakar fosil tentunya tidak akan memberikan solusi yang tepat dalam pengurangan emisi karbon di atmosfer.
<p>Aspek Elaboration</p> <p>Mahasiswa mampu membuat gagasan jawaban terhadap masalah dari struktur TiO_2</p>	7	Mahasiswa mampu menemukan jawaban yang tepat terhadap masalah dari struktur TiO_2	TiO_2 memiliki 3 bentuk struktur kristal yaitu, anatase, rutile dan brookite. Dari ketiga struktur tersebut, struktur manakah yang menunjukkan aktivitas yang lebih baik?	Secara fotokatalitik, struktur anatase menunjukkan aktivitas yang lebih baik dari segi kereaktifan dibandingkan struktur rutile. Struktur anatase memiliki luas permukaan serbuk yang lebih besar serta ukuran partikel yang lebih kecil daripada struktur lainnya. Struktur Kristal brookite sulit untuk di preparasi sehingga pada umumnya yang sering digunakan reaksi fotokatalitik adalah struktur anatase dan rutile.

Tabel 3.11. Instrumen tes keterampilan berpikir kreatif (lanjutan)

Indikator aspek	No	Indikator soal	Soal	Jawaban
				Selain itu bandgap energi anatase lebih besar dari pada rutile. Letak pita konduksi anatase lebih tinggi sehingga mampu menghasilkan superoksida serta mereduksi hidrogen menjadi air lebih baik. Hal inilah yang membuat struktur anatase memiliki aktivitas fotokatalitik yang tinggi.
Aspek Flexibility Mahasiswa mampu mengeluarkan gagasan yang beragam dalam menentukan elektroda lawan yang tepat dalam mendukung kinerja DSSC	8	Mahasiswa mampu menentukan elektroda lawan yang tepat dalam mendukung kinerja DSSC dengan beragam gagasan.	Salah satu komponen DSSC adalah elektroda lawan. Platinum, karbon nanotube, dan grafit merupakan elektroda lawan yang sering digunakan dalam DSSC. Di antara ketiga elektroda lawan tersebut, manakah yang merupakan konduktor terbaik? Berikan penjelasan anda!	Elektroda lawan harus merupakan konduktor yang baik karena mentransfer elektron dari sirkuit eksternal kembali ke elektrolit. Platinum merupakan salah satu elektroda lawan terbaik yang digunakan, karena bertindak sebagai katalis dan menyediakan arus pertukaran yang tinggi untuk bentuk reduksi oksidasi dari mediator muatan (triiodida)
Aspek Elaboration Mahasiswa mampu mengidentifikasi kinerja DSSC secara benar	9	Mahasiswa mampu menjelaskan kinerja DSSC secara benar	DSSC merupakan salah satu generasi ketiga dari teknologi fotovoltaik yang berpotensi mengurangi emisi karbon diudara dan saat ini telah dipelajari secara luas karena biaya produksinya murah dan ramah lingkungan. Jelaskan	DSSC dapat bekerja secara efisien dalam kondisi radiasi yang rendah serta dapat disensitisasi dengan pewarna sintesis dan alami. Fotoanoda semikonduktor peka warna, pewarna alami/sintesis, larutan elektrolit dengan reaksi reduksi-oksidasi dan elektroda lawan adalah komponen penyusun DSSC. Kinerja DSSC sebagian besar bergantung pada fotosensitizer yang secara

Tabel 3.11. Instrumen tes keterampilan berpikir kreatif (lanjutan)

Indikator aspek	No	Indikator soal	Soal	Jawaban
			dengan benar dan lengkap, bagaimana kinerja dari DSSC !	efektif menyerap foton dan mengubahnya menjadi elektron. Pembawa muatan yang tereksitasi kemudian ditransfer ke semikonduktor. Absorbansi dan penahan pewarna pada permukaan titanium dioksida (TiO ₂) memainkan peran penting dalam menentukan efisiensi sel
Aspek Elaboration Mahasiswa mampu menemukan karakteristik dari sensitizer sebagai bagian yang penting dalam meningkatkan kinerja DSSC	10	Mahasiswa mampu menjelaskan secara beragam karakteristik dari sensitizer sebagai material alami penunjang kinerja DSSC	Agar sensitizer dapat memenuhi fungsinya secara memadai dan efektif dalam DSSC, maka terdapat beberapa karakteristik yang harus dimiliki oleh sensitizer. Jelaskan karakteristik dimaksud!	Sensitizer harus memenuhi karakteristik berikut; (1) mempunyai spektrum serapan yang luas yang mencakup panjang gelombang dari daerah spektrum matahari tampak, serta yang dekat inframerah, (2) LUMO harus berada di atas nilai pita konduksi semikonduktor untuk memudahkan injeksi elektron, (3) HOMO harus berada di bawah potensi redoks elektrolit agar regenerasi pigmen dapat berlangsung setelah rangkaian selesai, (4) pewarna harus memiliki koefisien kepunahan molar yang tinggi, dan (5) memiliki gugus fungsi yang memfasilitasi adsorpsi molekul pewarna ke semikonduktor.

3.5.3 Rubrik penilaian Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

LKM yang dikembangkan pada penelitian ini selaras dengan rencana pelaksanaan program praktikum dan akan diisi oleh mahasiswa pada saat proses praktikum atau setelah kegiatan praktikum. LKM yang dikembangkan ini berisi pertanyaan-pertanyaan yang dapat mendorong mahasiswa dalam peningkatan penguasaan konsep, keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif. Sebelum LKM ini digunakan pada program implementasi, harus divalidasi terlebih dahulu oleh ahli dengan aspek-aspek yang sesuai dengan rencana pelaksanaan program perkuliahan.

Validasi pengembangan LKM yang dilakukan oleh validator terdiri dari aspek kesesuaian dengan model PBL, pertanyaan pada LKM, isian jawaban, indikator keterampilan berpikir kritis dan berpikir kreatif. Secara keseluruhan hasil validasi menunjukkan bahwa LKM telah sesuai dengan standar dan dapat digunakan. Walaupun ada beberapa saran perbaikan yang harus diperbaiki seperti penggunaan kalimat pada kolom isian LKM oleh mahasiswa. Adapun hasil validasi ahli pada LKM disajikan pada Tabel 3.12

Tabel 3.12. Hasil validasi LKM

No	Kriteria validasi	Validator			Rangkuman saran validator
		1	2	3	
1	Penyusunan LKM sesuai dengan model PBL	Sesuai	Kurang Sesuai	Sesuai	LKM yang disusun sesuai dengan model yang dikembangkan, namun ada perbaikan pada fenomena yang disampaikan pada setiap percobaan
2	Kesesuaian dengan topik praktikum	Sesuai	Sesuai	Sesuai	Topik praktikum sesuai, sehingga dapat diterima
3	Kesesuaian pertanyaan LKM	Sesuai	Sesuai	Sesuai	Pertanyaan pada LKM sesuai dengan topik percobaan, sehingga dapat diterima
4	Isian LKM sesuai dengan pertanyaan	Sesuai	Sesuai	Kurang Sesuai	Isian LKM harus diperbaiki pada eksperimen pembuatan semikonduktor
5	Upaya melatih keterampilan berpikir kritis	Sesuai	Sesuai	Sesuai	LKM yang dikembangkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa sehingga dapat diterima

Tabel 3.12. Hasil validasi LKM (lanjutan)

No	Kriteria validasi	Validator			Rangkuman saran validator
		1	2	3	
6	Upaya melatih keterampilan berpikir kreatif	Sesuai	Sesuai	Sesuai	LKM yang dikembangkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa sehingga dapat diterima

Hasil validasi ahli menunjukkan rubrik LKM dapat digunakan dengan perbaikan yang meliputi penyampaian fakta dapat berupa data atau masalah yang ditimbulkan akibat penggunaan bahan bakar fosil. Selain itu, perbaikan jawaban pada isian LKM harus lebih jelas sehingga tidak menimbulkan kesalahan dalam melakukan penilaian.

Penilaian keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif dilakukan terhadap setiap mahasiswa melalui hasil isian LKM selama proses praktikum atau setelah praktikum. Rubrik penilaian keterampilan berpikir kritis dan berpikir kreatif dikembangkan dengan memodifikasi acuan penilaian yang dikembangkan oleh Wang *et al.* (2018). Rubrik penilaian LKM dapat dilihat pada lampiran

3.5.4 Kuisisioner respon mahasiswa

Respon mahasiswa terhadap efektivitas suatu praktikum dapat dievaluasi melalui kuisisioner/angket. Respon mahasiswa terhadap praktikum sangat penting untuk dianalisis, karena dapat memberikan gambaran mengenai kelebihan, kekurangan, serta aspek yang perlu diperbaiki dalam pelaksanaan praktikum di masa mendatang. Penelitian ini menggunakan kuisisioner untuk mengumpulkan data mengenai respon mahasiswa terhadap praktikum biokimia bioenergi alternative khususnya pembuatan DSSC. Tabel 3.13 menunjukkan aspek-aspek respon yang diperlukan untuk mendapatkan informasi dari mahasiswa.

Tabel 3.13. Kisi-kisi kuisioner respon mahasiswa

Indikator	Pernyataan
Pengetahuan Sains	1. Saya mengetahui fungsi dan prinsip nanofotokatalis
	2. Praktikum DSSC adalah cara yang efektif untuk belajar tentang nanoteknologi dan ilmu material
	3. Eksperimen DSSC memberikan pengalaman langsung yang berharga dalam fabrikasi sel surya.
	4. Praktikum DSSC membantu saya memahami prinsip-prinsip dasar konversi energi surya
	5. Eksperimen DSSC menunjukkan aplikasi dunia nyata dari energi surya.
	6. Praktikum ini memberi saya wawasan tentang cara kerja panel surya dan sumber energi alternatif.
	7. Menurut saya, praktikum sel surya dilaboratorium membantu saya memahami prinsip reaksi fotosintesis pada tumbuhan dan alga
	8. Melakukan percobaan pembuatan DSSC meningkatkan pengetahuan saya tentang teknologi energi terbarukan
	9. Saya tahu bahwa elektrolit dapat membantu memicu reaksi redoks
	10. Saya memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang sel surya yang peka terhadap pewarna (DSSC).
Keterampilan Eksperimen	11. Percobaan DSSC meningkatkan keterampilan laboratorium praktis saya.
	12. Lembar kerja praktikum berbasis masalah tidak membantu saya memahami cara kerja seorang saintis dalam penelitian skala laboratorium .
	13. Saya yakin bahwa LKM berbasis masalah dapat membantu saya dalam menguasai tahapan eksperimen
	14. Saya bertanggung jawab dalam menyelesaikan semua tugas kelompok
Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis dan berpikir kreatif	15. Saya mampu mengidentifikasi permasalahan utama dalam proses pembuatan DSSC secara sistematis
	16. Saya dapat memberikan alasan yang logis dan bukti ilmiah terhadap keputusan yang diambil selama praktikum DSSC
	17. Saya berharap produk sel surya yang dihasilkan memiliki kinerja yang baik.
	18. Saya dapat menemukan solusi kreatif ketika terjadi kesalahan dalam praktikum DSSC
	19. Mendeteksi tegangan, hambatan dan arus dengan multimeter digital setelah menyinari sel membantu keterampilan berpikir saya
	20. Saya mampu menghubungkan konsep DSSC dengan inovasi energi terbarukan dalam kehidupan sehari-hari.

Tabel 3.13. Kisi-kisi kuisioner respon mahasiswa (lanjutan)

Indikator	Pernyataan
Sikap terhadap Keberlanjutan	21.Saya akan lebih memperhatikan isu-isu dan laporan tentang energi terbarukan
	22.Jika ada kesempatan, saya dengan senang hati akan menjadi sukarelawan di bidang teknologi energi terbarukan
	23.Saya akan mengingatkan orang-orang di sekitar saya untuk menyelamatkan planet ini dengan menghemat energi.

Instrumen penilaian respon mahasiswa divalidasi oleh ahli, dengan hasil perhitungan CVR pada Tabel 3.14.

Tabel 3.14. Hasil perhitungan CVR rubrik respon mahasiswa

No	Kriteria validasi	Validator			Jumlah	CVR
		1	2	3		
1	Aspek persepsi yang digali sudah lengkap	1	1	1	3	1
2	Aspek persepsi yang digali sesuai dengan aktivitas praktikum	1	1	1	3	1
3	Pernyataan dapat menggali persepsi mahasiswa tentang program praktikum	1	1	1	3	1
4	Pernyataan dapat menggali persepsi mahasiswa tentang peningkatan keterampilan yang mereka peroleh	1	1	1	3	1
5	Pernyataan dapat menggali persepsi mahasiswa tentang bagaimana program praktikum mendorong kerja sama dan kemandirian	1	1	1	3	1

Berdasarkan hasil analisis validasi konten dan konstruk, disimpulkan bahwa instrumen penelitian layak digunakan dalam penelitian

3.6 Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara terpadu dan sistematis untuk memperoleh informasi yang valid, reliabel, dan relevan dengan tujuan penelitian, yaitu mengetahui pengaruh inovasi praktikum biokimia pembuatan bioenergi alternatif dari makroalga terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis dan kreatif mahasiswa. Pengumpulan data dilakukan melalui empat

teknik utama, yaitu tes, penilaian LKM, kuesioner/angket, dan wawancara. Tabel 3.15 menunjukkan teknik pengumpulan data.

Tabel 3.15. Teknik pengumpulan data

No	Teknik pengumpulan data	Deskripsi	Instrumen
1	<i>Pre-test</i> dan <i>post-test</i>	Pemberian soal berbasis masalah sebelum dan sesudah praktikum untuk mengukur peningkatan keterampilan berpikir kritis dan kreatif.	Soal uraian berbasis indikator berpikir kritis dan kreatif.
2	Penilaian Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)	Analisis terhadap jawaban mahasiswa pada LKM selama praktikum. LKM berisi pertanyaan-pertanyaan eksploratif yang menuntut kemampuan berpikir tingkat tinggi.	Lembar Kerja Mahasiswa berbasis masalah yang dirancang untuk meningkatkan keterampilan berpikir mahasiswa
3	Kuesioner Persepsi Mahasiswa	Mahasiswa diminta memberikan penilaian terhadap pelaksanaan praktikum, proses pembelajaran, dan pengaruhnya terhadap keterampilan berpikir.	Kuesioner skala Likert (1–5)
4	Wawancara Semi-Terstruktur	Wawancara mendalam kepada beberapa mahasiswa terpilih untuk mendapatkan data kualitatif terkait pengalaman dan refleksi mereka selama praktikum.	Panduan wawancara

3.7 Teknik analisis data

Penelitian ini memperoleh data dalam bentuk kualitatif dan kuantitatif. Analisis data kualitatif dilakukan secara deskriptif sedangkan analisis statistik digunakan untuk data kuantitatif. Data kuantitatif diperoleh melalui tes penguasaan konsep, keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif. Data hasil penelitian kuantitatif dilaksanakan melalui uji sebagai berikut.

3.7.1 Analisis data kuantitatif

1) Uji Prasyarat

Uji prasyarat dilakukan dengan tujuan untuk melihat perbedaan antara kelompok penelitian. Uji normalitas merupakan uji prasyarat yang dilakukan

dengan tujuan untuk menentukan apakah data pada setiap kelompok terdistribusi normal atau tidak. Hasil dari uji ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk memilih jenis statistik yang tepat dalam menguji hipotesis penelitian. Data yang terdistribusi secara normal, menggunakan statistik uji parametrik sedangkan data yang terdistribusi tidak normal menggunakan analisis statistik non parametrik. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan skor *pre-test* dan *post-test*.

Uji normalitas yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan uji *one sample Shapiro-Wilk* pada perangkat lunak SPSS versi 25 karena jumlah responden kurang dari 100, serta dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% atau $\alpha=0.05$.

2) Uji Peningkatan Skor Tes

Uji peningkatan skor dilakukan dengan menganalisis hasil kerja mahasiswa melalui *pre-test* dan *post-test*. Tujuannya adalah untuk memeriksa ada atau tidak adanya peningkatan skor tes akhir yang signifikan dalam keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif. Skor gain digunakan untuk mengukur peningkatan skor mahasiswa dari sebelum mengikuti praktikum hingga selesai mengikuti praktikum. Pengukuran peningkatan tersebut menggunakan skor gain yang telah dinormalisasi, yang dikenal sebagai *N-gain* (Hake, 1998). *N-gain* dapat dihitung menggunakan rumus 3.1 berikut.

$$N\text{-gain} = \frac{\text{skor post test} - \text{skor pre test}}{100 - \text{skor pre test}} \quad (3.1)$$

Untuk menginterpretasikan *N-gain* maka digunakan acuan pada Tabel 3.16.

Tabel 3.16. Kriteria nilai *gain* (Hake, 1998)

Nilai g	Interpretasi peningkatan
$N\text{-gain} > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq N\text{-gain} \leq 0,7$	Sedang
$N\text{-gain} < 0,3$	Rendah

3) Uji Beda

Pogram praktikum dilakukan uji beda dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan penguasaan konsep, keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif sebelum dan setelah intervensi. Selain itu, tujuan uji beda ini

dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh praktikum biokimia bioenergi alternatif pembuatan DSSC terhadap peningkatan penguasaan konsep, keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif. Terdapat dua jenis pengujian yang sesuai dengan penggunaan sampel dalam penelitian ini berdasarkan hasil uji normalitas, yaitu uji parametrik t-test dan uji non-parametrik *Wilcoxon* sampel berpasangan. Dalam penelitian ini, hipotesis yang diajukan disajikan sebagai berikut.

Hipotesis penguasaan konsep

Ho : Tidak terdapat perbedaan penguasaan konsep mahasiswa antara sebelum dan sesudah praktikum pembuatan DSSC

Ha : Terdapat perbedaan penguasaan konsep mahasiswa antara sebelum dan sesudah praktikum pembuatan DSSC

Hipotesis keterampilan berpikir kritis

Ho : Tidak terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis mahasiswa antara sebelum dan sesudah praktikum pembuatan DSSC

Ha : Terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis mahasiswa antara sebelum dan sesudah praktikum pembuatan DSSC

Hipotesis keterampilan berpikir kreatif

Ho : Tidak terdapat perbedaan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa antara sebelum dan sesudah praktikum pembuatan DSSC

Ha : Terdapat perbedaan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa antara sebelum dan sesudah praktikum pembuatan DSSC

Uji korelasi *Spearman* juga dilakukan untuk mengetahui hubungan linier atau tidak antara penguasaan konsep, keterampilan berpikir kritis dan berpikir kreatif mahasiswa. Melalui analisis korelasi, dapat diketahui sejauh mana penguasaan konsep mahasiswa berkaitan dengan keterampilan berpikir kritis dan berpikir kreatif dalam konteks mahasiswa yang diteliti.

3.7.2 Analisis data kualitatif

Analisis data kualitatif menggunakan data hasil penelitian persepsi mahasiswa melalui kuesioner dan wawancara. Analisis data ini dilakukan dengan

tujuan untuk mengetahui tanggapan mahasiswa selama implementasi program praktikum. Analisis data ini mengacu pada langkah-langkah yang disampaikan oleh Creswell dan Clark (2007), yaitu:

- a) Mengolah dan mempersiapkan data untuk dianalisis. Kegiatan ini meliputi transkripsi wawancara serta pengelompokkan data ke dalam berbagai jenis sesuai dengan sumber informasinya.
- b) Membaca keseluruhan data untuk membangun pemahaman umum tentang informasi yang diperoleh dan merefleksikan maknanya secara keseluruhan.
- c) Menganalisis lebih detail dengan mengcoding data. Coding merupakan proses mengolah materi atau informasi menjadi segmen-segmen tulisan sebelum memaknainya.
- d) Proses coding diterapkan untuk mendeskripsikan setting, individu, kategori, dan tema-tema yang dianalisis. Pada langkah ini, penulis menciptakan kode-kode untuk mendeskripsikan seluruh informasi yang dianalisis.
- e) Deskripsi hasil analisis disajikan dalam bentuk narasi atau laporan kualitatif.
- f) Mengintepretasi atau memaknai data. Langkah ini membantu penulis dalam mengungkap esensi dari suatu temuan.

3.7.3 Analisis data kualitatif dan kuantitatif

Analisis data gabungan dilakukan dengan menggunakan data kuantitatif dan kualitatif untuk memperoleh makna yang menyeluruh mengenai hasil penelitian.