

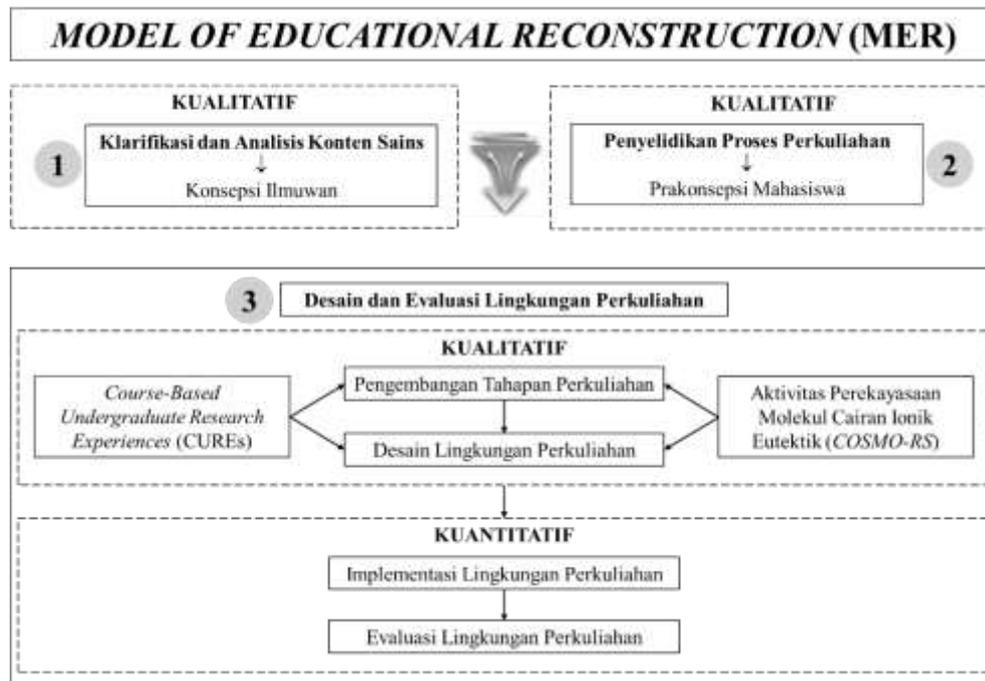
## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Desain Penelitian**

Penelitian ini menggunakan desain penelitian metode campuran dengan model Exploratory Sequential, yang menggabungkan metode kualitatif dan kuantitatif untuk mengeksplorasi suatu fenomena. Data kualitatif dikumpulkan terlebih dahulu, diikuti oleh data kuantitatif untuk menjelaskan hubungan yang ditemukan dalam data kualitatif (Creswell & Clark, 2018). Desain penelitian ini juga dipadukan dengan *Model of Educational Reconstruction* (MER) yang terdiri dari tiga tahap utama: klarifikasi dan analisis konten sains, penyelidikan proses perkuliahan, dan desain dan evaluasi lingkungan perkuliahan (Duit et al., 2012). Desain ini dipilih untuk menjawab semua pertanyaan penelitian.

Hubungan antara penelitian kualitatif, pengembangan, dan penelitian kuantitatif ditunjukkan pada Gambar 3.1. Penelitian diawali dengan pengumpulan data kualitatif untuk studi pendahuluan dan studi pustaka. Hasil analisis kualitatif dikembangkan untuk menghasilkan produk penelitian, didukung oleh data kuantitatif yang dianalisis secara statistik. Baik data kualitatif maupun kuantitatif diperoleh selama penelitian, terutama terkait dengan keterampilan berpikir sistem mahasiswa. Temuan dari data kualitatif dan kuantitatif ditafsirkan untuk menjawab pertanyaan penelitian.



Gambar 3.1. Model *Exploratory Sequential* pada Penelitian.

### 3.2 Subjek Penelitian

Penelitian ini menggunakan teknik *non-probability sampling*. Strategi ini termasuk dalam kategori *purposive sampling*. *Purposive sampling* merupakan strategi yang digunakan dengan tujuan tertentu (Creswell & Guetterman, 2019). Sampel penelitian ini meliputi mahasiswa yang terdaftar pada program sarjana kimia dan pendidikan kimia. Subjek yang digunakan adalah mahasiswa yang mengikuti perkuliahan kimia material di Universitas Negeri di Kota Bandung.

### 3.3 Partisipan Penelitian

Partisipan dalam penelitian ini adalah praktisi pendidikan yang ditunjuk sebagai ahli pembelajaran kimia dan ahli kimia untuk memvalidasi instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian. Validator terdiri dari 4 orang dengan latar belakang pendidikan Magister dan Doktor di bidang pendidikan kimia dan/atau kimia.

### 3.5 Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebasnya adalah desain pembelajaran rekayasa molekuler dalam kimia material berbasis penelitian, sedangkan variabel terikatnya adalah keterampilan berpikir sistem dan literasi berkelanjutan.

### 3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian dicantumkan pada Tabel 3.1.

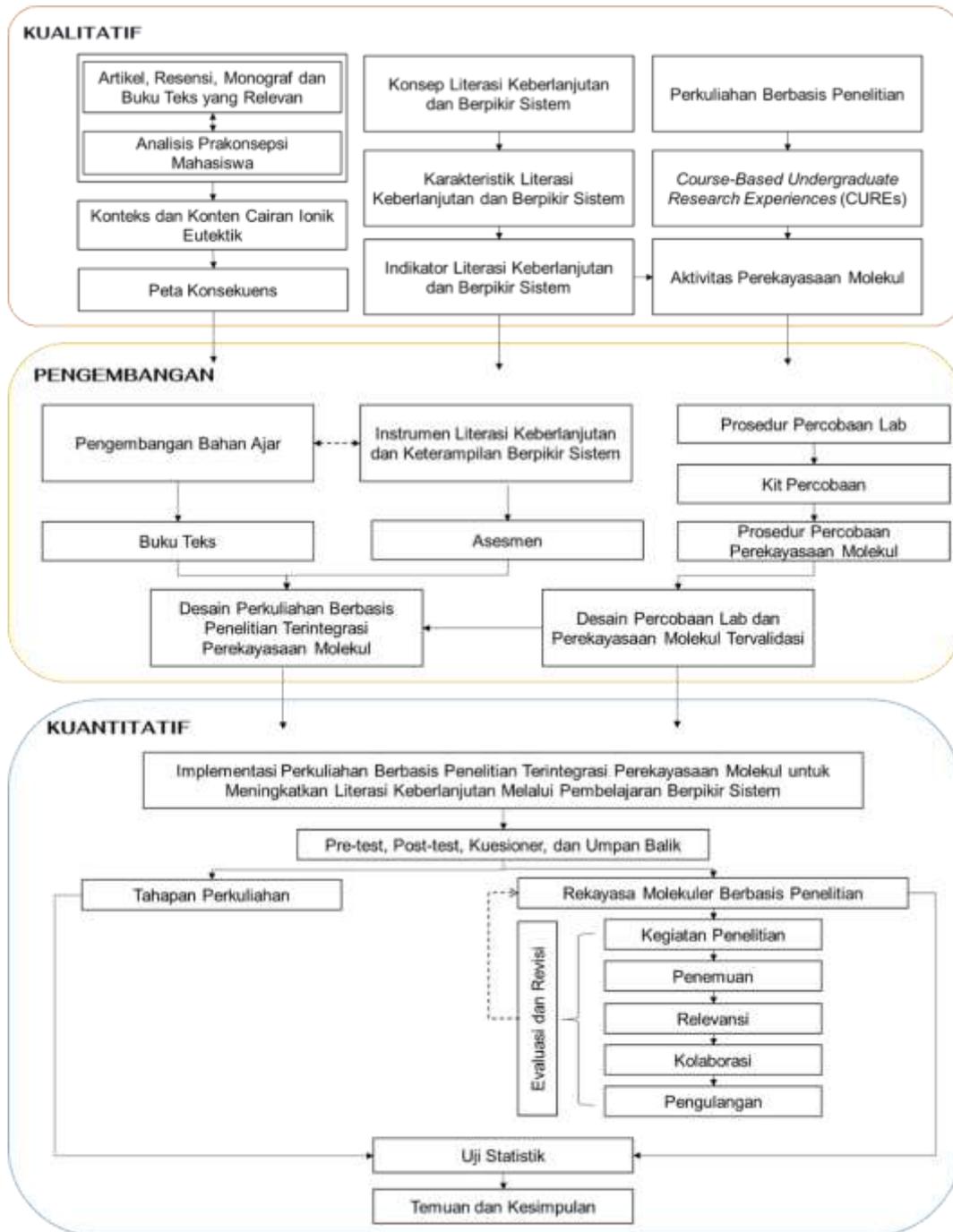
Tabel 3.1. Instrumen Penelitian

No	Rumusan Masalah	Instrumen	Data Yang Diperoleh
1.	Bagaimana hasil analisis konten terhadap berbagai literatur tentang daur ulang material logam berharga dari limbah industri secara berkelanjutan untuk aktivitas perancangan molekuler berbasis penelitian pada perkuliahan kimia material?	Lembar analisis konten kualitatif untuk mengidentifikasi konsep-konsep penting dan relevan tentang perancangan molekuler pada kimia material (Mayring, 2015).	Konsepsi ilmuwan tentang perancangan molekuler pada kimia material.
2.	Bagaimana konsepsi awal (prakonsepsi) mahasiswa kimia tentang daur ulang material logam berharga dari limbah industri secara berkelanjutan?	Pedoman wawancara prakonsepsi mahasiswa.	Transkrip wawancara mahasiswa terkait perancangan molekuler pada kimia material yang sesuai dengan konsep berpikir sistem dan literasi berkelanjutan.
3.	Bagaimana rancangan desain tahapan pembelajaran terkait aktivitas perancangan molekuler berbasis penelitian pada perkuliahan kimia material melalui kerangka berpikir sistem untuk meningkatkan literasi berkelanjutan?	Desain pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan analisis konten dan prakonsepsi mahasiswa.	Tahapan pembelajaran perancangan molekuler pada kimia material berbasis penelitian untuk menguatkan literasi berkelanjutan melalui konsep berpikir sistem yang tervalidasi.

No	Rumusan Masalah	Instrumen	Data Yang Diperoleh
4.	Bagaimana hasil implementasi desain tahapan pembelajaran terkait aktivitas perancangan molekul berbasis penelitian pada perkuliahan kimia material melalui kerangka berpikir sistem untuk meningkatkan literasi keberlanjutan?	Video pembelajaran LKM	Transkrip pembelajaran Pola pengetahuan
5.	Bagaimana profil keterampilan berpikir sistem mahasiswa pada pembelajaran terkait aktivitas perancangan molekul berbasis penelitian pada perkuliahan kimia material?	Repertory Grid yang diadaptasi dari Keynan et al., (2014). Peta Konsep yang diadaptasi dari Tripto et al., (2013). Soal Tes Kemampuan Berpikir Sistem (Orgill, 2019).	Profil berpikir sistem mahasiswa sebelum dan setelah pembelajaran.
6.	Bagaimana profil literasi keberlanjutan mahasiswa pada pembelajaran terkait aktivitas perancangan molekul berbasis penelitian pada perkuliahan kimia material?	Soal Tes Literasi Keberlanjutan berdasarkan Décamps et al. (2017).	Profil literasi keberlanjutan mahasiswa sebelum dan setelah pembelajaran.
7.	Bagaimana persepsi mahasiswa terhadap pembelajaran terkait aktivitas perancangan molekul berbasis penelitian pada perkuliahan kimia material melalui kerangka berpikir sistem untuk meningkatkan literasi keberlanjutan?	Angket persepsi mahasiswa	Deskripsi tanggapan mahasiswa terkait pembelajaran perancangan molekul berbasis penelitian pada kimia material.

### 3.7 Alur Penelitian

Alur penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2.



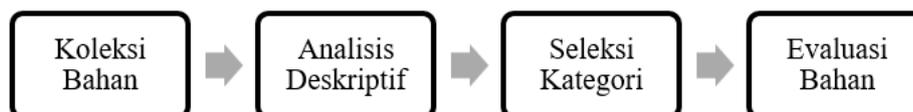
Gambar 3.2. Alur Penelitian.

### 3.8 Prosedur Penelitian

Berdasarkan alur penelitian pada Gambar 3.2 di atas, maka prosedur penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut ini.

#### 1. Klarifikasi dan Analisis Konten Sains

Penelitian ini difokuskan pada cairan ionik dalam kimia material dan literasi keberlanjutan serta keterampilan berpikir sistem. Tujuannya adalah untuk memahami konsepsi ilmuwan tentang rekayasa molekuler dalam kimia material dan merekonstruksinya untuk meningkatkan literasi keberlanjutan pada mahasiswa dan guru kimia. Analisis dilakukan dengan menggunakan buku teks, monograf, dan artikel yang relevan, mengikuti langkah-langkah umum analisis konten kualitatif menurut Seuring et al. (2016).



Gambar 3.3. Tahap Analisis Konten Kualitatif

#### 2. Studi Prakonsepsi

Konsep kognitif pertama mahasiswa tentang topik pembelajaran berkembang. Wawancara terstruktur digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang konsep awal mahasiswa. Wawancara terstruktur adalah proses yang digunakan untuk memperoleh informasi dari responden menggunakan serangkaian pertanyaan yang disiapkan oleh pewawancara dan didokumentasikan secara standar. Pengumpulan data menggunakan wawancara memiliki keuntungan karena menyediakan informasi yang mendalam (Gurel et al., 2015).

#### 3. Desain dan Evaluasi Pembelajaran

- a) Studi ini berfokus pada desain dan evaluasi sistem untuk mahasiswa sarjana kimia dan pendidikan kimia. Capaian pembelajaran dianalisis untuk membuat capaian subpembelajaran yang disesuaikan dengan literasi keberlanjutan dan

pemikiran sistem. Literasi keberlanjutan didasarkan pada Decamps, dkk. (2017), sementara keterampilan berpikir sistem didasarkan pada model hierarki pemikiran sistem Orgill (2019). Tahapan pembelajaran divalidasi menggunakan metode triangulasi.

- b) Tahap pengembangan juga dilakukan pada buku teks tentang kimia material, berdasarkan analisis konsep ilmuwan. Untuk menilai pemikiran sistem mahasiswa sebelum dan sesudah pembelajaran, konsep seperti peta konsep, kisi repertoar, dan profil literasi keberlanjutan digunakan.
- c) Peta konsep melibatkan mahasiswa yang menuliskan setidaknya 15 konsep yang terkait dengan kimia material, membuat kalimat logis yang berisi dua konsep, dan membuat peta konsep yang terkait dengan kimia logam tanah jarang atau kimia komposit alami.
- d) Kisi repertoar digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir sistem melalui wawancara dan kuesioner. Kisi tersebut terdiri dari tiga bagian: elemen, konstruksi, dan peringkat. Elemen mengeksplorasi pemahaman mahasiswa tentang sistem yang kompleks, sementara konstruksi menggambarkan interpretasi mahasiswa tentang elemen dan hubungannya. Skala digunakan untuk menunjukkan kekuatan hubungan antara setiap elemen dan konstruksi yang dibuat. Wawancara dilakukan selama 15 hingga 20 menit untuk setiap mahasiswa.
- e) Tes Berpikir Sistem dan Literasi Keberlanjutan. Tes ini terdiri atas 20 pertanyaan yang mencakup seputar pengetahuan pada topik pembelajaran.

#### 4. Rekonstruksi Simulasi Interaktif Rekayasa Molekuler

Rekonstruksi simulasi interaktif mempertimbangkan indikator dan tujuan pembelajaran yang diperoleh dari hasil analisis perkuliahan, konsepsi ilmuwan dan profil mahasiswa. Pada aktivitas perancangan molekuler menggunakan perangkat lunak kimia komputasi, mahasiswa diminta untuk memprediksi struktur yang stabil dan sifat-sifat dari EILs, serta mensimulasikan interaksi yang efektif antara EILs dan REEs. EILs yang akan dimodelkan dalam penelitian ini adalah betain-

asam lemak. Perangkat lunak yang digunakan adalah COSMO-RS (Han et al., 2018; Lorenzo-Llanes et al., 2025). Sementara itu, di laboratorium, mahasiswa akan melakukan sintesis EILs sesuai dengan hasil pemodelan molekul (mensintesis EILs yang stabil secara struktur berdasarkan hasil perhitungan simulasi molekul). EILs selanjutnya digunakan untuk memungut ulang REEs dari limbah elektronik. Rancangan percobaan ini (aktivitas perekayasa molekuler dan eksperimen laboratorium) akan dituangkan dalam bentuk lembar kerja mahasiswa (LKM) dan KIT praktikum. LKM dikembangkan dengan mengacu pada tahapan perkuliahan berbasis penelitian.

### 3.9 Teknik Analisis Data

Setelah melakukan pengumpulan data, maka data yang diperoleh akan dianalisis data dengan cara sebagai berikut.

#### 1) Analisis Konsepsi Ilmuwan

Penelitian ini menggunakan metode analisis isi kualitatif untuk memahami perspektif ilmuwan mengenai topik kimia unsur transisi, dengan fokus pada buku dan artikel, serta analisis deskriptif untuk mengumpulkan informasi tentang pokok bahasan. Hasil analisis disajikan ke dalam Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2. Format Analisis Konten

Konsep Konten Terkait	Hasil Analisis
....	....

Konsep kimia material diperoleh dengan menganalisis isi berbagai literatur. Untuk menunjukkan konsep-konsep tersebut secara terkait, diperlukan untuk menyusun hubungan antara setiap konsep, dengan tujuan mengamati pola hubungan dan interaksi setiap komponen yang terlibat. Konsep-konsep yang memiliki kesamaan dapat dikelompokkan. Setelah mengkategorikan sains, teknologi, dan teknik, konsep-konsep tersebut dikelompokkan menjadi peta konsep

sebagai visualisasi untuk menunjukkan bagaimana pendidik dapat membantu mahasiswa bergerak melampaui pemikiran reduksionis dan melihat sistem konsep dan topik yang saling berhubungan.

## 2) Analisis Konsepsi Awal (Prakonsepsi) Mahasiswa

Transkrip wawancara diperiksa menggunakan pendekatan *Qualitative Content Analysis* (QCA) (Mayring, 2015). Analisis data dilakukan dalam tahap-tahap berikut: Menyunting bahasa transkrip untuk meningkatkan keterbacaan, menganalisis pernyataan dalam kaitannya dengan konsep yang mendasarinya, dan mengkategorikan jawaban (Niebert & Gropengiesser, 2014).

## 3) Analisis Hasil Pembelajaran

Analisis hasil pembelajaran juga didasarkan pada desain pembelajaran dan sintaks dalam LKM. Temuan rekaman video dicocokkan dengan tahapan desain pembelajaran, dan kesesuaiannya dinilai.

## 4) Analisis Soal Tes Berpikir Sistem dan Literasi Keberlanjutan Mahasiswa

Studi ini mengumpulkan data profil literasi keberlanjutan mahasiswa dari hasil pra-tes dan pasca-tes. Data dianalisis dengan mengubah skor menjadi nilai, menentukan rata-rata kelas dan rata-rata indikator, dan menghitung N-Gain. Perbedaan hasil belajar antara dua kelas dibandingkan dan disajikan menggunakan statistik deskriptif dalam persentase dan diagram batang.

Tujuan uji N-Gain adalah untuk mengetahui peningkatan hasil belajar mahasiswa sebelum dan sesudah implementasi. Rumus perhitungan N-Gain ( $g$ ) ditunjukkan pada (1) dan kategori indeks N-Gain disajikan pada Tabel 3.3, di mana jika  $g > 0,70$ , hasil belajar mahasiswa meningkat pesat; jika  $0,30 \leq g \leq 0,70$ , peningkatan hasil belajar mahasiswa berada pada kategori sedang; dan jika  $g < 0,30$ , peningkatan hasil belajar mahasiswa berada pada kategori rendah.

$$N - Gain = \frac{((Skor\ post-test)-(Skor\ pre-test))}{((Skor\ ideal)-(Skor\ pre-test))} \quad (1)$$

Tabel 3.3. Kategori Indeks N-Gain

Batas	Kategori
$g > 0.70$	Tinggi
$0.30 \leq g \leq 0.70$	Sedang
$g < 0.30$	Rendah

#### 5) Analisis Profil Berpikir Sistem

Keterampilan berpikir sistem mahasiswa dinilai menggunakan dua instrumen terpisah: kisi repertoar dan peta konsep. Hasil yang dikumpulkan menggunakan instrumen ini diperiksa secara kualitatif dan kuantitatif.

1. Kisi Repertoar. Hasil kisi repertoar mahasiswa diperiksa secara kualitatif. Pemeriksaan data kisi repertoar setiap mahasiswa dilakukan dengan memetakan konstruk yang dikembangkan oleh mahasiswa terhadap indikasi pemikiran sistem model hierarkis, yang memiliki tiga tingkatan: analisis, sintesis, dan eksekusi.
2. Peta Konseptual. Hasil peta konsep mahasiswa dievaluasi secara kualitatif untuk memetakan pemikiran sistem mahasiswa menggunakan model hierarkis pemikiran sistem.

#### 6) Analisis Persepsi Mahasiswa Terhadap Perkuliahan

Statistik deskriptif digunakan untuk menguji persepsi mahasiswa terhadap kuliah yang dikumpulkan melalui survei berbasis Likert. Diagram batang digunakan untuk menggambarkan distribusi persentase pernyataan skala Likert untuk setiap pernyataan, diikuti dengan perbandingan persepsi masing-masing mahasiswa.

### 3.10 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Universitas Negeri di Kota Bandung dengan kurun waktu selama kurun waktu satu tahun seperti yang disajikan pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4. Jadwal Penelitian

No.	Jenis Kegiatan	Bulan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Penyusunan Proposal	■									
2.	Analisis Konten		■								
3.	Analisis Isi			■							
4.	Penelitian Pembelajaran				■						
5.	Desain dan Evaluasi Pembelajaran				■	■					
6.	Rekonstruksi Aktivitas Perekayasaan Molekuler				■	■	■				
7.	Penilaian Ahli terhadap Produk Aktivitas Perekayasaan Molekuler					■					
8.	Uji Coba Terbatas terhadap Produk Aktivitas Perekayasaan Molekuler						■				
9.	Pengolahan Data						■	■			
10.	Analisis Hasil							■	■	■	
11.	Penyusunan Laporan/Tesis								■	■	■