

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

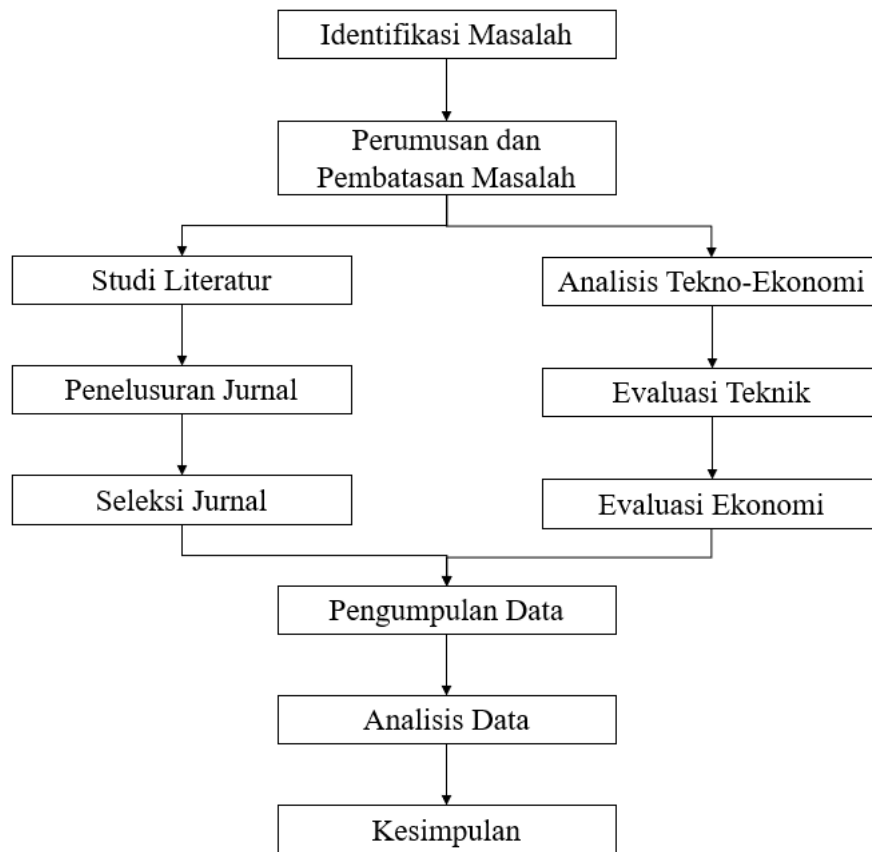
#### **3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian**

Penelitian yang berjudul ‘Pungut Ulang Logam Tanah Jarang dari Limbah Elektronik Menggunakan Cairan Ionik Terfungsionalisasi Karboksilat: Studi Literatur dan Analisis Tekno-Ekonomi’ ini termasuk ke dalam jenis *literature review* dengan pendekatan penelitian berupa *traditional narrative review*.

*Literature review* adalah sebuah metode *desk-based* yang melibatkan analisis pengetahuan eksplisit dan menjelaskan serta menilai suatu topik secara kritis. Dalam penulisan *literature review* dapat menggunakan salah satu pendekatan yang disebut *traditional literature review* atau *traditional narrative review*, yaitu sebuah metode penelitian yang melibatkan peninjauan bahan yang terpublikasi, terkadang bahkan yang tidak terpublikasi. *Traditional review* biasanya dibuat secara kritis, tidak sepenuhnya deskriptif, dan ditulis dengan gaya naratif. Jenis pemikiran ini biasanya tentang membentuk suatu argumen atau analisis kritis yang dapat didukung dengan bukti dan diperkuat dengan contoh yang tepat (Jessen, *et al.*, 2011).

#### **3.2 Alur dan Diagram Alir Penelitian**

Penelitian ini diawali dengan (1) menentukan topik yang akan ditinjau beserta ruang lingkupnya; (2) mencari dan mengidentifikasi artikel jurnal yang relevan; (3) mengkaji elemen-elemen yang ada pada artikel jurnal dengan topik yang hampir sama; (4) menyatukan hasil analisis terhadap jurnal-jurnal tersebut dalam bentuk suatu simpulan kolektif; (5) menulis dan merangkai hasil tinjauan tersebut menjadi suatu bentuk pembahasan yang utuh. Kemudian, (6) analisis tekno-ekonomi dilakukan terhadap proses pungut ulang unsur tanah jarang menggunakan cairan ionik terfungsionalisasi karboksilat. Secara garis besar, alur penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.3 Penelusuran Artikel Jurnal Rujukan

Jurnal rujukan yang akan dikaji pada penelitian ini ditelusuri melalui berbagai media penelusuran jurnal ilmiah seperti Google Scholar, Science Direct, American Chemical Society (ACS) Publications, Royal Society of Chemistry (RSC) Publications, dan Research Gate. Kata kunci yang digunakan untuk menelusuri jurnal-jurnal tersebut adalah *rare earth recovery using ionic liquid*, *rare earth recovery using fatty acid ionic liquid*, *rare earth recovery using carboxylic acid ionic liquid*, *rare earth recovery using carboxyl ionic liquid*, *rare earth recovery from electronic waste*, *fatty acid ionic liquid*, *carboxylic acid ionic liquid*, *carboxyl ionic liquid*, *vegetable oil ionic liquid*, dan sebagainya. Hasil penelusuran artikel jurnal dicantumkan pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Hasil Penelusuran Artikel Jurnal

No.	Media Penelusuran Jurnal	Jumlah Perolehan Jurnal
1.	ScienceDirect	48
2.	ACS Publications	17
3.	RSC Publications	11
4.	Research Gate	8
5.	Google Scholar	17
<b>Total</b>		<b>101</b>

### 3.4 Seleksi Artikel Jurnal Rujukan

Artikel jurnal rujukan yang telah diperoleh akan dieliminasi dan diklasifikasikan berdasarkan kesesuaian topik dan isi beserta data di dalamnya. Jumlah artikel jurnal yang tereliminasi dicantumkan pada Tabel 3.2 berikut dan Tabel 3.3 menunjukkan klasifikasi artikel jurnal. Kemudian, artikel jurnal yang telah diklasifikasi akan dinilai kelengkapan data dan kualitasnya. Kelengkapan data terdiri dari data metode sintesis, metode ekstraksi dan pelucutan, sifat fisikokimia, dan kemampuan ekstraksi ILs. Kelengkapan data dinilai sangat baik jika memuat 4 jenis data tersebut; baik jika memuat minimal 2 dari 4 jenis data tersebut; dan kurang baik jika hanya memuat 1 dari 4 jenis data tersebut. Kualitas jurnal dinilai berdasarkan nilai SJR (*Scimago Journal Rank*).

Tabel 3.2 Eliminasi Artikel Jurnal

No.	Faktor Eliminasi	Science Direct	ACS Publications	RSC Publications	Research Gate	Google Scholar
1.	Bukan ILs dengan kation atau anion gugus karboksilat	34	9	4	6	14

2.	Bukan untuk proses pungut ulang REEs	12	5	6	2	3
Total		46	14	10	8	17
<b>Total Semua</b>		<b>95</b>				

Tabel 3.3 Klasifikasi Artikel Jurnal

No.	Faktor Klasifikasi	Science Direct	ACS Publications	RSC Publications	Research Gate	Google Scholar
1.	ILs berbasis gugus karboksilat untuk proses pungut ulang REEs	0	1	-	-	1
2.	ILs berbasis asam lemak untuk proses pungut ulang REEs	2	1	-	-	-
3.	ILs berbasis minyak nabati untuk proses pungut ulang REEs	-	-	1	-	-
Total		2	2	1	0	1
<b>Total Semua</b>		<b>6</b>				

Dari hasil eliminasi dan klasifikasi serta penilaian artikel jurnal rujukan di atas, maka diperoleh hasil seleksi yang terdiri dari 6 artikel jurnal rujukan. Hasil seleksi ini disajikan pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Hasil Seleksi Artikel Jurnal Rujukan

No.	Referensi	Judul Artikel	Kelengkapan Data	Kualitas Jurnal
1.	Chen <i>et al.</i> , 2015	Ph-Controlled Selective Separation of Neodymium (III) and Samarium (III) from Transition Metals with Carboxyl Functionalized Ionic Liquids	Sangat Baik	Q1 (SJR: 1.88)
2.	Parmentier, <i>et al.</i> , 2015	Selective Extraction of Metals from Chloride Solutions with The Tetraoctylphosphonium Oleate Ionic Liquid	Sangat Baik	Q1 (SJR: 0.88)
3.	Su, <i>et al.</i> , 2020	Phenoxy Dicarboxylate Type Functionalized Ionic Liquids for Selective Recovery of Valuable Metals	Sangat Baik	Q1 (SJR: 0.88)
4.	Li, Zeng <i>et al.</i> , 2020	Functionalized Ionic Liquids Based on Vegetable Oils for Rare Earth Elements Recovery	Sangat Baik	Q1 (SJR: 0.75)
5.	Chen, <i>et al.</i> , 2020	A Recovery Strategy of Sm, Co for Waste Smco Magnets by Fatty Acid Based Ionic Liquids	Baik	Q1 (SJR: 1.09)
6.	Li, Xiao, <i>et al.</i> , 2020	Recovery of REEs from Leaching Liquor of Ion-Adsorbed-Type Rare Earths	Sangat Baik	Q1 (SJR: 0.94)

	Ores Using Ionic Liquid Based on Cooking Oil		
--	---	--	--

### 3.5 Abstraksi Artikel Jurnal Rujukan

Berikut ini adalah rincian abstrak dari keenam artikel jurnal rujukan yang telah diseleksi.

Tabel 3.5 Abstraksi Artikel Jurnal Rujukan

No.	Judul Artikel/Referensi/Abstrak
	Ph-Controlled Selective Separation of Neodymium (III) and Samarium (III) from Transition Metals with Carboxyl Functionalized Ionic Liquids (Chen <i>et al.</i> , 2015)
1.	Pemulihan logam tanah jarang dari bahan limbah sangat penting karena risiko yang terkait dengan persediaan yang rendah di masa depan. Dalam karya ini, cairan ionik hidrofobik 1- alkilkarboksilat-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide, $[(CH_2)_nCOOHmin][Tf_2N]$ ( $n = 3, 5, 7$ ), disintesis dan digunakan untuk memisahkan neodymium (III) dari Fe(III) dan samarium (III) dari Co(II) dalam larutan air. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi pelarut seperti rasio volume fase, waktu kontak, nilai pH fase air, panjang rantai alkil dari cairan ionik, dan suhu sistem diperiksa secara sistematis. Ditemukan bahwa efisiensi ekstraksi maksimum dari ion logam yang diselidiki adalah sebesar 99%, dan Sm(III) dan Nd(III) dapat dipisahkan secara selektif dari Co(II) dan Fe(III), dengan faktor pemisahan 104 -105, hanya dengan modulasi pH fase air. Setelah ekstraksi, sekitar 97% ion logam dapat dipisahkan dari fase cairan ionik dalam satu langkah pemisahan dengan menggunakan HCl encer atau asam oksalat, dan cairan ionik akan diperoleh kembali dan digunakan kembali dalam proses ekstraksi berikutnya. Hasil ini menunjukkan bahwa cairan ionik yang dikembangkan di sini berguna untuk pemulihan selektif logam tanah jarang dari magnet permanen NdFeB dan SmCo.

2.	<p style="text-align: center;">Selective Extraction of Metals from Chloride Solutions with The Tetraoctylphosphonium Oleate Ionic Liquid (Parmentier, <i>et al.</i>, 2015)</p> <p>Perilaku ekstraksi pelarut dari serangkaian ion logam (<math>\text{Li}^+</math>, <math>\text{Na}^+</math>, <math>\text{K}^+</math>, <math>\text{Mg}^{2+}</math>, <math>\text{Ca}^{2+}</math>, <math>\text{Mn}^{2+}</math>, <math>\text{Fe}^{3+}</math>, <math>\text{Co}^{2+}</math>, <math>\text{Ni}^{2+}</math>, <math>\text{Cu}^{2+}</math>, <math>\text{Zn}^{2+}</math>, <math>\text{In}^{3+}</math>, <math>\text{La}^{3+}</math>, <math>\text{Nd}^{3+}</math>, <math>\text{Sm}^{3+}</math>, <math>\text{Dy}^{3+}</math>, <math>\text{Er}^{3+}</math>, <math>\text{Yb}^{3+}</math>) dari larutan berair larutan umpan klorida oleh <i>non-fluorinated fatty-acid-based ionic liquid</i> (IL) tetraoctylphosphonium oleate [P8888][oleat] telah diselidiki sebagai fungsi dari pH. Kemungkinan untuk mengekstrak logam klorida dari larutan berair melalui anion atau kation dari IL [P8888][oleat] hidrofobik, jenuh air dengan viskositas rendah telah dieksploitasi. [P8888][oleat] dapat dianggap sebagai IL bifungsional atau biner. Pada nilai pH tinggi (<math>\text{pH} &gt; 5</math>), semua logam diekstraksi melalui anion oleat, sedangkan beberapa logam transisi diekstraksi pada konsentrasi HCl tinggi dan dengan demikian nilai pH rendah sebagai kompleks kloro anionik dalam kombinasi dengan kation [P8888]. Perbedaan satu unit pH diamati antara kurva ekstraksi (%E sebagai fungsi pH) dari logam transisi dan ini dari logam tanah jarang. Tanah jarang tidak diekstraksi pada nilai pH rendah, sedangkan beberapa logam transisi (Fe, Mn, Co, Zn, Cu, In) diekstraksi. Hal ini membuat [P8888][oleat] ekstrak yang menjanjikan untuk pemisahan logam transisi dari tanah jarang. Hal ini juga menunjukkan bahwa IL besar dan rantai panjang ini memiliki viskositas yang sangat rendah karena penyerapan air.</p>
3.	<p style="text-align: center;">Phenoxy Dicarboxylate Type Functionalized Ionic Liquids for Selective Recovery of Valuable Metals (Su, <i>et al.</i>, 2020)</p> <p>Delapan cairan ionik fungsional (ILs) disintesis oleh trihexyl (tetradecyl)phosphonium chloride ([P<sub>6,6,6,14</sub>]Cl) dan asam fenoksi dikarboksilat dipelajari untuk pemulihan logam berharga dalam makalah ini. Pengaruh panjang rantai alkil dan isomerisme strukturalnya pada sifat fisikokimia IL telah ditentukan. Ditemukan bahwa IL memiliki kemampuan ekstrak yang lebih tinggi terhadap RE (La(III), Nd(III),</p>

	<p>Eu(III), Lu(III), Y(III)), Cu(II) dan Zn(II) daripada beberapa ion logam lainnya (Mg(II), Ca(II), Sr(II), Mn(II), Co(II), Ni(II)). Selain itu, Cu(II) dan Zn(II) dapat dengan mudah dilepaskan dari IL yang dimuat RE(III) menggunakan larutan amonium hidroksida. Eksperimen lebih lanjut menunjukkan bahwa ion logam yang diekstraksi dengan lemah dapat secara efektif digosok dan dilucuti dengan larutan NaCl, sehingga logam yang diekstraksi secara istimewa dengan kemurnian tinggi dapat diperoleh. Penerapan sistem pemulihan yang diusulkan secara efektif ditunjukkan oleh fakta bahwa 100 wt.% Cu(II) dan 99,9 wt.% La(III) dapat diperoleh dalam masing-masing proses pemisahan Cu(II)/Co(II) dan La( III)/Ni(II).</p>
	<p style="text-align: center;">Functionalized Ionic Liquids Based on Vegetable Oils for Rare Earth Elements Recovery (Li, Zeng <i>et al.</i>, 2020)</p>
4.	<p>Cairan ionik fungsional (FILs) berdasarkan minyak nabati telah disintesis secara langsung dan digunakan untuk pertama kalinya untuk mengekstraksi unsur tanah jarang (REE). Gas karbon dioksida diperkenalkan untuk berhasil melepaskan FIL yang dimuati REE dengan adanya air. Proses ekstraksi baru mengungkapkan beberapa keuntungan dari aksesibilitas, biokompatibilitas dan keberlanjutan serta efisiensi biaya.</p>
	<p style="text-align: center;">A Recovery Strategy of Sm, Co for Waste SmCo Magnets by Fatty Acid Based Ionic Liquids (Chen, <i>et al.</i>, 2020)</p>
5.	<p>Pemulihan dan pemisahan samarium(III) dan kobalt(II) yang lebih bersih dan berbiaya lebih rendah dari limbah magnet SmCo dapat secara efektif mengurangi risiko pasokan logam strategis. Berdasarkan tujuan ini, keluarga cairan ionik berbasis asam lemak (FAILs) yang terbarukan, berbiaya rendah, biokompatibel, tidak beracun, termasuk [N1888][DA], [N1888][LA] dan [N1888][PA] disintesis dan dikembangkan untuk pemisahan Sm(III)/Co(II) dari larutan simulasi samarium-kobalt. Faktor efek, yaitu waktu kesetimbangan, konsentrasi molar FAILs, konsentrasi agen penggaraman dan pH awal larutan berair diselidiki. Mekanisme</p>



	<p>ekstraksi diusulkan menjadi asosiasi ion dengan analisis kemiringan dan FT-IR. Di bawah kondisi ekstraksi yang dioptimalkan, produk <math>\text{CoCl}_2</math> (99,5%) dengan kemurnian lebih tinggi diperoleh dengan proses ekstraksi-stripping-washing sederhana dengan konsumsi <math>\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4</math> dan <math>\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}</math>. Air limbah asin yang dihasilkan dengan konsentrasi lebih rendah dari proses dapat didaur ulang. <math>\text{Sm}_2\text{O}_3</math> dengan kemurnian 99% diperoleh dengan memanggang <math>\text{Sm}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3</math> pada suhu <math>800^\circ\text{C}</math> selama dua jam. Seluruh prosesnya sederhana dan berkelanjutan, menggambarkan potensinya untuk aplikasi industri.</p>
6.	<p style="text-align: center;">Recovery of REEs from Leaching Liquor of Ion-Adsorbed-Type Rare Earths Ores Using Ionic Liquid Based on Cooking Oil (Li, Xiao, <i>et al.</i>, 2020)</p> <p>Cairan ionik (IL) berbasis minyak goreng tetraheptylammonium (TC) digunakan untuk pertama kalinya untuk memulihkan unsur-unsur tanah jarang (UTJ) dari cairan pelindian bijih tanah jarang yang menyerap ion. Pertama, kinerja ekstraksi tipe ILs tetraheptylammonium oleate (TO) dan tetraheptylammonium linoleate (TL) diselidiki. Hal ini menunjukkan bahwa ILs ini memiliki kinerja ekstraksi yang baik, seperti waktu kesetimbangan pendek kurang dari 1 menit, kapasitas ekstraksi yang baik dari 0,225 mol/L dan efisiensi pelucutan yang tinggi dari 99%. Selain itu, ekstraksi REE terjadi pada larutan dengan keasaman tinggi (<math>\text{pH} = 0,24</math>) karena kation <math>(\text{C}_7\text{H}_{15})_4\text{N}^+</math> dari TO dan TL dapat membentuk garam amina kuat dengan ion hidrogen untuk menurunkan keasaman larutan umpan. Juga, mekanisme asosiasi ion ekstraksi REE diusulkan oleh spektrum FT-IR, penyelidikan <math>^1\text{H}</math> NMR dan metode analisis kemiringan. Kedua, TC disintesis dalam penangas air dengan mencampurkan tetraheptilamonium bromida dengan minyak kacang tanah yang disabunkan. Kemudian, studi perbandingan ekstraktan komersial menunjukkan bahwa TC memiliki hasil pemulihan UTJ tertinggi 100% dari cairan pelindian. Keberlanjutan, biokompatibilitas dan non-toksisitas, serta rute sintesis sederhana dan</p>

kinerja ekstraksi sumur membuat IL berbasis minyak goreng ini menjanjikan untuk pemulihan REE dari cairan pelindian.
--

### 3.6 Analisis Tekno-Ekonomi

Analisis tekno-ekonomi dilakukan menggunakan evaluasi teknik dan evaluasi ekonomi dengan rincian sebagai berikut ini.

#### 3.6.1 Evaluasi Teknik

Evaluasi teknik akan memberikan informasi lebih lanjut tentang performa hasil proyek yang sedang dipertimbangkan. Parameter performa seperti kapasitas, konsumsi energi, jangkauan, keandalan dan indikator teknik lainnya dapat dihitung (Kantor, *et al.*, 2010). Evaluasi ini dilakukan untuk menguji kelayakan proses pungut ulang unsur tanah jarang menggunakan cairan ionik secara teknis. Untuk mendukung evaluasi ini, maka kesetimbangan massa dihitung untuk merancang proses industri dalam skala besar. Rancangan dilakukan berdasarkan asumsi berikut.

1. Semua reaktan yang digunakan terkonsumsi seluruhnya.
2. Laju konversi reaksi diasumsikan 100% tanpa ada produk samping.
3. Produk akhir hanya berupa senyawa oksida logam tanah jarang yang diperoleh sesuai kemampuan ekstraksi masing-masing cairan ionik dengan hasil perolehan 80% secara perhitungan stoikiometri karena diasumsikan terjadi kehilangan massa pada setiap proses pemindahan produk.

#### 3.6.2 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi akan memberikan estimasi semua biaya dan pendapatan yang akan dihasilkan oleh proyek proses industri (Kantor, *et al.*, 2010). Evaluasi ekonomi dilakukan untuk menguji kelayakan proses pungut ulang unsur tanah jarang menggunakan cairan ionik agar diperoleh prospek secara ekonomis dari suatu proyek. Evaluasi ini dilakukan dengan menghitung dan menganalisis parameter ekonomi seperti GPM, PBP, BEP, BEC, IRR, CNPV, ROI, dan PI.

Perhitungan dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel. Perhitungan ini juga memerlukan data-data berupa harga dan spesifikasi peralatan industri, harga bahan mentah dan biaya utilitas. Data-data tersebut didapatkan dari berbagai situs perdagangan daring seperti Alibaba dan lainnya. Berdasarkan literatur (Nandiyanto *et al.*, 2020), parameter ekonomi tersebut dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut.

1. GPM dihitung dengan mengurangi penjualan dengan biaya bahan baku.
2. PBP adalah titik tahun ketika CNPV/TIC sama dengan nol.
3. BEP dihitung dengan membagi biaya tetap dan penjualan dengan berbagai biaya variabel.
4. BEC dihitung dengan membagi BEP dengan kapasitas produksi dalam unit selama periode waktu tertentu.
5. IRR dihitung melalui persamaan berikut:

$$IRR = \sum_{t=1}^t \frac{C_t}{(1+r)^t} - C_0$$

Keterangan:

$C_t$  = arus kas masuk bersih selama periode t

r = tingkat diskonto

t = jumlah periode waktu

$C_0$  = total biaya investasi awal

6. CNPV diperoleh dari NPV pada waktu tertentu, yaitu dengan menambahkan NPV dari awal pendirian proyek. NPV dapat diperoleh dengan mengalikan arus kas dengan faktor diskonto.
7. ROI dihitung dengan membagi total keuntungan yang diperoleh dengan biaya investasi.
8. PI dihitung dengan membagi selisih biaya penjualan dan produksi dengan penjualan (*profit-to-sales*) atau investasi (*profit-to-TIC*).

Evaluasi ekonomi tersebut dilakukan berdasarkan asumsi sebagai berikut.

1. Evaluasi dilakukan selama 10 tahun masa proyek beroperasi

2. Proyek beroperasi sebanyak 5 kali dalam satu minggu yaitu 5 hari kerja
3. Konversi mata uang ditetapkan sebesar 1 USD = 14.373 IDR
4. Harga bahan mentah yaitu minyak kacang tanah Rp 75.000/kg; asam oleat Rp1.212.506,28; asam naftenat Rp3.248.610,46/kg; metitrioktilammonium bromida Rp48.074.810,4/kg; tetraoktilfosfonium bromida Rp 7.743.022,56/kg; etanol Rp480.786,049/L; NaOH Rp581.000/kg; limbah CFL Rp1.000/buah; HCl 1M Rp208.168,758/L; HCl 2M Rp260.846,953/L; CO<sub>2</sub> Rp54.244,2/kg.
5. Biaya utilitas sebesar Rp1.114,74/kWh.
6. Gaji pekerja setiap orang sebesar Rp200.000/hari.
7. Produk berupa Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dikemas dalam 50 gram dengan harga Rp1.500.000/kemasan.
8. TIC dihitung berdasarkan faktor Lang.
9. Depresiasi dihitung berdasarkan depresiasi jenis langsung.
10. Laju diskonto sebesar 15%.
11. Pajak pendapatan sebesar 10%.

### 3.7 Teknik Pengumpulan Data

Data-data seperti metode sintesis, sifat-sifat fisikokimia, metode pelindian dan ekstraksi, kinerja cairan ionik terfungsionalisasi karboksilat, data pengaruh struktur komposisi kation dan anion terhadap kinerja cairan ionik diperoleh dari jurnal rujukan. Selain itu, data-data analisis tekno-ekonomi seperti stoikiometri kesetimbangan massa, desain proses, parameter ekonomi berupa GPM, PBP, BEP, BEC, IRR, CNPV, ROI, dan PI diperoleh melalui hasil perancangan dan perhitungan. Kemudian, data-data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dengan rincian sebagai berikut ini.

#### 3.7.1 Data Sintesis Cairan Ionik

Data sintesis cairan ionik yang diperlukan meliputi data metode sintesis, prekursor, pelarut, suhu reaksi, waktu reaksi, suhu vakum dan waktu vakum. Data-data tersebut akan disajikan seperti pada Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6 Kerangka Tabel Sintesis Cairan Ionik

No.	Referensi	ILs	Metode Sintesis	Prekursor	Pelarut	Suhu Reaksi	Waktu Reaksi	Suhu Vakum	Waktu Vakum
-----	-----------	-----	-----------------	-----------	---------	-------------	--------------	------------	-------------

### 3.7.2 Data Sifat Fisikokimia Cairan Ionik

Data sifat fisikokimia cairan ionik yang diperlukan meliputi nilai densitas, nilai viskositas dan nilai titik dekomposisi. Data-data tersebut akan disajikan seperti pada Tabel 3.7 berikut ini.

Tabel 3.7 Kerangka Tabel Sifat Fisikokimia Cairan Ionik

No.	Referensi	ILs	Parameter Sifat Fisikokimia		
			Densitas	Viskositas	Titik Dekomposisi

### 3.7.3 Data Metode Ekstraksi dan Pelucutan

Data metode ekstraksi meliputi data jenis ILs yang digunakan, mekanisme ekstraksi, rasio fase organik terhadap fase berair, suhu ekstraksi, waktu ekstraksi, dan pH. Data-data tersebut akan disajikan seperti pada Tabel 3.8 dan Tabel 3.9 berikut ini.

Tabel 3.8 Kerangka Tabel Metode Ekstraksi

No.	ILs	Mekanisme Ekstraksi	Kondisi Ekstraksi			
			Rasio O/A	Suhu	Waktu	pH

Tabel 3.9 Kerangka Tabel Metode Pelucutan

No.	ILs	Kondisi Pelucutan			
		Pelarut	Molar	Suhu	Waktu

### 3.7.4 Data Kinerja Cairan Ionik

Data kinerja cairan ionik meliputi data jenis ILS yang digunakan dan efisiensi ekstraksi terhadap masing-masing REEs. Data-data tersebut akan disajikan seperti pada Tabel 3.10 berikut ini.

Tabel 3.10 Kerangka Tabel Kinerja Cairan Ionik

ILs															
REEs	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
E%															

### 3.7.5 Data Pengaruh Struktur Kation dan Anion Cairan Ionik

Data pengaruh struktur kation dan anion cairan ionik meliputi data jenis anion, jenis kation struktur anion, struktur kation, panjang rantai alkil, jumlah ikatan rangkap karbon, dan jumlah gugus karboksilat. Data-data tersebut akan disajikan seperti pada Tabel 3.11 dan Tabel 3.12 berikut ini.

Tabel 3.11 Tabel Kerangka Pengaruh Struktur Kation Cairan Ionik

Jenis Anion	Jenis Kation	Struktur Kation	Panjang Alkil	Jumlah C=C	Jumlah -COOH
-------------	--------------	-----------------	---------------	------------	--------------

Tabel 3.12 Tabel Kerangka Pengaruh Struktur Anion Cairan Ionik

Jenis Kation	Jenis Anion	Struktur Anion	Panjang Alkil	Jumlah C=C	Jumlah -COOH
--------------	-------------	----------------	---------------	------------	--------------

### 3.8 Teknik Analisis Data

Analisis data yang sudah terkumpul tersebut dilakukan melalui perbandingan antara data untuk mendapatkan suatu keteraturan atau pola baik persamaan maupun perbedaan dan dibahas rinciannya dengan menambahkan teori-teori atau temuan-temuan dari penelitian sebelumnya. Untuk data-data dari analisis

teknologi ekonomi dibuat menjadi bentuk grafik kemudian dianalisis hasil serta pengaruhnya terhadap prospek proyek.

### **3.9 Teknik Penarikan Kesimpulan**

Hasil analisa data dan temuan-temuan penting yang diperoleh akan diringkas dan disajikan dalam bentuk kalimat yang padat untuk memperoleh kesimpulan.