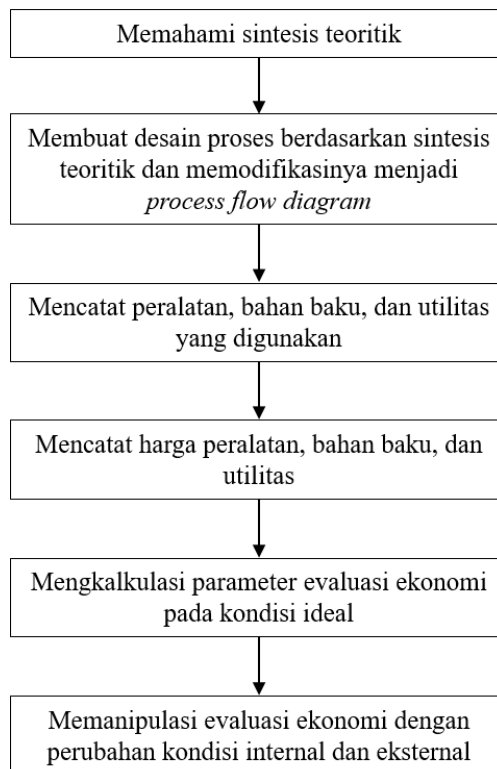


## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan analisis tekno–ekonomi untuk memperkirakan produksi material  $\text{LaNi}_5$  melalui metode *combustion–reduction* (CR) dan *coprecipitation–reduction* (CPR) dari sudut pandang teknik dan ekonomi. Tahapan penelitian terdiri dari dua tahap, yaitu desain proses produksi material  $\text{LaNi}_5$  dan evaluasi ekonomi. Untuk membuat desain proses dan mengkalkulasi evaluasi ekonomi, penelitian ini menggunakan *software VisualParadigm* dan *Microsoft Excel*. Desain proses dibuat berdasarkan alat dan bahan yang digunakan pada sintesis teoritik. Alat dan bahan disesuaikan dengan penggunaan pada skala industri sehingga memperoleh daftar peralatan, bahan baku, dan utilitas. Sementara itu, evaluasi ekonomi membutuhkan data-data berupa harga peralatan, bahan baku, dan utilitas. Harga-harga tersebut diperoleh dari laman belanja *Alibaba* dan *Tokopedia*. Diagram alir prosedur penelitian ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Diagram alir prosedur penelitian

## 3.2. Desain Proses

### 3.2.1. Sintesis Teoritik Material LaNi<sub>5</sub>

Material LaNi<sub>5</sub> telah berhasil disintesis melalui metode CR dan CPR oleh Xiao, Liu, Yuan, Zhang, & Mi (2006), Burlakova & Shilkin (2003), dan W. Liu & Aguey Zinsou (2016). Sintesis material pada produksi material LaNi<sub>5</sub> ini mengadopsi metode sintesis CR dan CPR dari sumber-sumber di atas dengan beberapa modifikasi. Sintesis material LaNi<sub>5</sub> melalui metode CR dimulai dengan melarutkan lantanum (III) nitrat heksahidrat, nikel (II) nitrat heksahidrat, dan glisin dengan rasio mol 1:5:7.2 dalam akuades disertai pengadukan selama 1 jam. Larutan tersebut dievaporasi pada 100°C selama 4 jam. Pembakaran dimulai dengan menaikkan temperatur hingga 500°C dan kalsinasi dilakukan selama 2 jam untuk menghasilkan intermediat, *black powder*. Sebelum direduksi, *black powder* dicampur dengan CaH<sub>2</sub> dan LiCl dalam rasio massa 1:2:0.9. Campuran tersebut dipanaskan dari temperatur kamar ke 600°C dan didiamkan selama 5 jam untuk direduksi di bawah aliran gas hidrogen untuk mendapatkan suatu *powder* yang terdiri atas material LaNi<sub>5</sub> dan produk samping. Di tahap akhir, produk samping dihilangkan dengan membuat suspensi *powder* dalam etanol absolut yang dijenuhkan amonium klorida. Suspensi itu diaduk selama 6 jam dan dipisahkan menggunakan cara sentrifugasi. Padatan yang mengendap diambil, dicuci dengan etanol, dan dikeringkan semalam untuk memperoleh material LaNi<sub>5</sub>.

Sebagai perbandingan, material LaNi<sub>5</sub> juga dapat disintesis menggunakan metode CPR. Lantanum (III) klorida heksahidrat dan nikel (II) klorida heksahidrat dengan rasio mol 1:5 dilarutkan dalam campuran akuades:aseton dengan volume 2:1 disertai pengadukan selama 1 jam. Selanjutnya, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ditambahkan ke dalam larutan tersebut perlahan-lahan hingga pH = 10. Penambahan agen presipitasi dilanjutkan dengan meneteskan larutan NaOH hingga pH = 12. Penambahan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan NaOH ini menginisiasi terbentuknya endapan. Sebelum direduksi, endapan dipisahkan melalui cara sentrifugasi dan dimasukkan ke dalam oven pada 40°C semalam untuk mendapatkan produk intermediat. Reduksi pada metode ini dilakukan sebanyak dua tahap. Pada reduksi pertama, produk intermediat dipanaskan dari temperatur kamar ke 750°C dan direduksi selama 5 jam di bawah aliran gas hidrogen. Pada reduksi kedua, produk hasil reduksi pertama direduksi

kembali dengan mencampurkannya bersama  $\text{CaH}_2$  dan  $\text{LiCl}$  sebagaimana yang dilakukan pada tahap reduksi metode CR termasuk proses pemisahan dan pencuciannya.

### 3.2.2. Asumsi-asumsi Desain Proses

Asumsi-asumsi berikut dibutuhkan untuk membuat desain proses menggunakan pendekatan stoikiometri:

1. Semua reaktan bereaksi sempurna. Tidak ada produk samping yang terbentuk selain produk-produk pada reaksi teoritis;
2. Massa material-material yang hilang adalah 5% dari setiap proses;
3. Konversi produksi material  $\text{LaNi}_5$  paling banyak adalah 80%;
4. Produk utama yang terbentuk adalah material  $\text{LaNi}_5$ .

Asumsi-asumsi tambahan digunakan untuk produksi melalui metode CR, yaitu:

1. Pembakar, glisin, ditambahkan ke dalam reaktor dengan kadar 7,2 mol;
2. Proses reaksi berjalan pada temperatur kamar sedangkan proses evaporasi, kalsinasi, dan reduksi pada  $100^\circ\text{C}$ ,  $500^\circ\text{C}$ , dan  $600^\circ\text{C}$ .

Di samping itu, asumsi berikut digunakan untuk produksi melalui metode CPR:

1. Presipitan,  $\text{NaOH}$ , ditambahkan sampai larutan mencapai pH 12 disertai pengadukan (*stirring*);
2. Proses reaksi berjalan pada temperatur kamar sedangkan proses aging, reduksi pertama, dan reduksi kedua pada  $40^\circ\text{C}$ ,  $750^\circ\text{C}$ , dan  $600^\circ\text{C}$ .

## 3.3. Evaluasi Ekonomi

### 3.3.1. Parameter Evaluasi Ekonomi

Data-data berupa harga peralatan dan bahan baku dibutuhkan untuk menentukan parameter evaluasi ekonomi seperti *gross profit margin* (GPM), *payback period* (PBP), *break-even point* (BEP), *break-even capacity* (BEC), *internal rate of return* (IRR), *cumulative net present value* (CNPV), *return on investment* (ROI), dan *profitability index* (PI). Parameter ini ditentukan berdasarkan perhitungan kalkulasi sederhana berikut (Brennan & Golonka, 2002; Nandiyanto & Ragadhita, 2019; Nandiyanto, 2018; Peters, Timmerhaus, & West, 2002).

1. GPM adalah selisih antara biaya penjualan dan bahan baku.
2. PBP adalah jumlah waktu yang dibutuhkan (sumbu y) ketika CNPV/TIC

(sumbu  $x$ ) sama dengan nol.

3. BEP adalah perbandingan biaya terhadap harga penjualan dengan biaya variabel.
4. BEC dihitung dengan membandingkan BEP terhadap kapasitas produksi dalam satuan unit selama suatu periode waktu tertentu.
5. IRR dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

Dimana:

$C_t$  = net cash inflow selama periode  $t$                        $r$                       = laju diskon

$C_0$  = total biaya investasi awal                                       $t$                       = periode

6. CNPV diperoleh dari NPV pada periode yang spesifik. Singkatnya, nilai tersebut diperoleh dengan menambahkan NPV dari awal berdirinya suatu proyek. NPV dapat dihitung dengan mengalikan *cash flow* dan faktor diskon.
7. ROI dihitung dengan membandingkan total profit yang didapatkan terhadap biaya investasi.
8. PI dihitung dengan membandingkan selisih harga penjualan dan biaya manufaktur terhadap harga penjualan (profit-to-sales) atau investasi (profit-to-TIC).

### 3.3.2. Kondisi Ideal

Dalam perhitungan nilai-nilai parameter pada kondisi ideal, asumsi-asumsi berikut dibutuhkan untuk memudahkan kalkulasi:

1. Kalkulasi menggunakan konversi mata uang dimana 1 USD = 15.000 IDR;
2. Harga-harga  $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , glisin, kalsium hidrida, dan litium klorida per kg berturut-turut adalah 450.000 IDR, 570.000 IDR, 502.500 IDR, 1.102.500 IDR, dan 180.000 IDR. Sementara harga akuades, etanol 96%, ammonium klorida, dan gas hidrogen per L berturut-turut adalah 5.400 IDR, 60.000 IDR, 15.000 IDR, dan 189.900 IDR;
3. Harga-harga  $\text{LaCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , natrium karbonat, natrium hidroksida, kalsium hidrida, dan litium klorida per kg berturut-turut adalah 630.000 IDR, 489.000 IDR, 3.750 IDR, 19.350 IDR, 1.102.500 IDR, dan 180.000 IDR.

Sementara harga-harga akuades, aseton, etanol 96%, ammonium klorida, dan gas hidrogen per L berturut-turut adalah 5.400 IDR, 100.000 IDR, 60.000 IDR, 15.000 IDR, dan 189.900 IDR;

4. Gaji tenaga kerja untuk 20 orang adalah 960.000.000 IDR per tahun;
5. Proyek berjalan 5 kali siklus produksi per minggu;
6. Proyek beroperasi selama 20 tahun;
7. Biaya utilitas yang harus dibayar per tahun untuk produksi material melalui metode CR dan CPR berturut-turut adalah 607.007.617 IDR dan 692.327.617 IDR;
8. Laju diskon adalah 15%;
9. Pajak penghasilan adalah 10%;
10. *Total investment cost* (TIC) dikalkulasi berdasarkan *Lang Factor* (Garret, 2012);
11. *Direct-type depreciation* digunakan untuk menghitung depresiasi;
12. Satu produk material  $\text{LaNi}_5$  dikemas dalam 50 g dengan harga jual 2.250.000 IDR per kemasan;

### 3.3.3. Perubahan Kondisi Internal dan Eksternal

Parameter-parameter evaluasi ekonomi di atas akan dihitung untuk memperkirakan kondisi ekonomi ideal pada produksi material  $\text{LaNi}_5$  melalui metode CR dan CPR. Lebih lanjut, hasil kalkulasi tersebut akan dimanipulasi ke dalam beberapa kasus dengan memvariasikan kondisi ekonomi untuk menguji kelayakan proyek. Kondisi-kondisi ekonomi tersebut adalah kondisi internal seperti harga bahan baku, penjualan, tenaga kerja, utilitas, biaya variabel, dan kapasitas produksi, serta kondisi eksternal seperti pajak dan subsidi. Harga bahan baku, penjualan, tenaga kerja, dan utilitas akan diturunkan hingga 100% dan dinaikkan hingga 300% dari harga pada kondisi ideal. Perubahan harga-harga tersebut akan menyelidiki pengaruhnya terhadap parameter evaluasi ekonomi seperti GPM, PI profit-to-sales, PI profit-to-investment, dan BEP. Pengaruh dari perubahan biaya variabel terhadap CNPV dan PBP akan dianalisis dengan sensitivitas dari 50% hingga 150%. Pengaruh dari penurunan kapasitas produksi juga akan dianalisis lebih lanjut. Sementara itu, pembebanan pajak dan pemberian subsidi akan dianalisis sebagai pengaruh dari perubahan kondisi eksternal.