



Analisis tekno ekonomi teknologi pengolahan bijih nikel laterit menjadi *Nickel Pig Iron* (NPI) menggunakan *Hot Blast Cupola Furnace*

Techno economic analysis of nickel laterite ore processing to become Nickel Pig Iron (NPI) using Hot Blast Cupola Furnace

U. Herlina*, F. Nurjaman, A.S. Handoko, A. Shofi

Balai Penelitian Teknologi Mineral Lampung, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jl. Ir. Sutami Km. 15 Tanjung Bintang, Lampung Selatan, Lampung, Indonesia

*Email : ulin_herlina@yahoo.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 19 August 2019

Accepted 04 November 2019

Available online 01 April 2020

Keywords:

Techno-economic

Nickel laterite ore

Nickel Pig Iron (NPI)

Hot blast cupola furnace



Processing technology on nickel laterite ore to become Nickel Pig Iron (NPI) using Hot blast cupola furnace is such technology developed to push up the growth of processing industry iron/steel contains nickel in Indonesia. The need of this technology is more urgently along with the enforcement of regulation no 4/2009 in mineral and coal mining law, which prohibits all industry to export raw mineral products without preliminary process. For this reason, in this research, techno-economic analysis for designing nickel laterite processing plant to become NPI using hot blast cupola furnace was carried out. This research was conducted based on several data processes taken from nickel laterite smelting using hot blast cupola furnace. Techno economic analysis showed processing nickel laterite ore to become NPI using 3 units of hot blast cupola furnace with total capacity 9 ton/day at kabupaten South Konawe, Southeast Sulawesi province was feasible to be carried out, whereas feasibility investment score was fair enough. The net present value (NPV) was IDR 11,278,271,245, and internal rate of return (IRR) was 23.28% with a payback period (PBP) of 4 years and 10 months.

Dinamika Teknik Mesin, Vol. 10, No. 1, April 2020, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729

1. PENDAHULUAN

Bijih nikel laterit merupakan batuan mineral yang mengandung besi, nikel, khrom, dan cobalt, dengan komposisi 10-40% Fe; 0,8-3,5% Ni; 1-2% Cr dan 0,1-0,2% Co. Bijih nikel laterit menyumbang 72% sumber nikel global, namun hanya 42% yang digunakan untuk produksi logam nikel primer, sedangkan bijih nikel sulfida menyumbang sebanyak 58% (Forster dkk., 2016). Dari data tersebut

menunjukkan bahwa sebagian besar produksi nikel berasal dari bijih sulfida. Rendahnya kandungan nikel dan tingginya kandungan pengotor dalam bijih nikel laterit menjadi suatu tantangan dalam mengolah bijih nikel laterit menjadi logam nikel (Mudd, 2010).

Pada awalnya, teknologi pengolahan bijih nikel laterit yang konvensional dikembangkan oleh China menggunakan tanur tiup (*blast furnace*) untuk memproduksi NPI (*Nickle Pig Iron*), dimana semua besi yang tereduksi akan masuk ke dalam NPI sehingga akan mengurangi kandungan nikel dalam NPI (Herianto dan Binudi, 2013). NPI merupakan salah satu bahan baku untuk pembuatan baja tahan karat yang lebih ekonomis dibandingkan dengan nikel murni, dimana mengandung ferronikel dengan kadar rendah (Arif, 2018).

Saat ini teknologi pengolahan bijih nikel laterit menjadi logam NPI, yang mengandung nikel (8-12%), mangan (1-2%), dan khrom (1-2%), dengan investasi yang relatif rendah telah dikembangkan oleh Balai Penelitian Teknologi Mineral Lampung, LIPI (Nurjaman dkk., 2015). Produk logam NPI tersebut diperoleh dengan cara melebur bijih nikel laterit, bersama dengan kokas (sebagai bahan bakar) dan batu kapur (*material flux*), pada sebuah tungku peleburan, yaitu *Hot Blast Cupola Furnace*. *Hot Blast Cupola Furnace* merupakan tungku peleburan yang dimodifikasi dari *Cupola Furnace* (Shofi dkk., 2014). Kandungan nikel yang dihasilkan dalam NPI sudah sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2017 tentang Peningkatan Nilai Tambah Mineral melalui kegiatan Pengolahan dan Pemurnian Mineral di dalam Negeri, bahwa minimal kandungan nikel dalam NPI sebesar 4% untuk dapat diekspor ke luar negeri (Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2017).

Oleh karena itu dilakukanlah penelitian untuk menganalisis tekno ekonomi dalam perancangan pabrik pengolahan bijih nikel menjadi NPI menggunakan *hot blast cupola furnace*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Ruang lingkup

Penelitian ini menganalisis tekno ekonomi pabrik pengolahan bijih nikel menjadi NPI dengan menggunakan 3 unit hot blast cupola, dimana total kapasitas produksi sejumlah 9 ton NPI/hari. Tekno ekonomi yang akan dihitung adalah NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate Return*) dan PBP (*Pay Back Period*).

2.2 Aspek teknologi

Uji coba proses pembuatan NPI menggunakan *Hot Blast Cupola Furnace* dengan kapasitas 3 ton NPI/hari telah dilakukan dan menghasilkan produk NPI dengan kandungan 5-8% Ni (Nurjaman dkk., 2018). Pada proses pembuatan NPI tersebut, bahan baku berupa bijih nikel laterit terlebih dahulu digerus hingga berukuran -60 mesh untuk selanjutnya dicampur dengan batu bara berukuran -100 mesh (sebagai material reduktor) dan bentonit (sebagai perekat). Komposisi perbandingan berat ketiganya secara berturut-turut adalah: 85,5:12,5:2. Setelah proses pencampuran, ketiganya di aglomerasi ke dalam bentuk pellet berukuran Ø10-20 mm menggunakan mesin *disc pelletizer*. Setelah itu dilakukan proses pengeringan (*drying*) pada pellet komposit tersebut. Selanjutnya pellet komposit bersama dengan kokas dan batu kapur dilebur ke dalam *Hot Blast Cupola Furnace*. Diagram alir proses persiapan bahan baku dan proses peleburan dapat dilihat pada gambar 1.

2.3 Lokasi

Pabrik pengolahan bijih nikel laterit menjadi NPI direncanakan berada di daerah Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara dengan pertimbangan kemudahan memperoleh bahan baku bijih nikel laterit.

2.4 Spesifikasi bahan baku

Berdasarkan dari uji coba yang telah dilakukan maka ditetapkan spesifikasi dari material bahan baku serta spesifikasi produk yang dihasilkan. Berikut adalah penjelasan mengenai bahan baku dan produk yang digunakan.

a. Bijih nikel laterit

Bijih nikel laterit yang digunakan adalah jenis limonit, dengan komposisi sebagai berikut: >1,5 % Ni dan 25-30% Fe.

b. Batubara

Batubara digunakan sebagai material reduktor pada pembuatan pellet komposit. Spesifikasi dari batubara yang digunakan adalah jenis bituminous, dengan nilai proksimat dan kalori sebagai berikut: *moisture total* 5-10%; *volatile matter* 20-10%; *ash* 10-20%, *fixed carbon* >45%, kalori >5000 cal/gr.

c. Bentonit

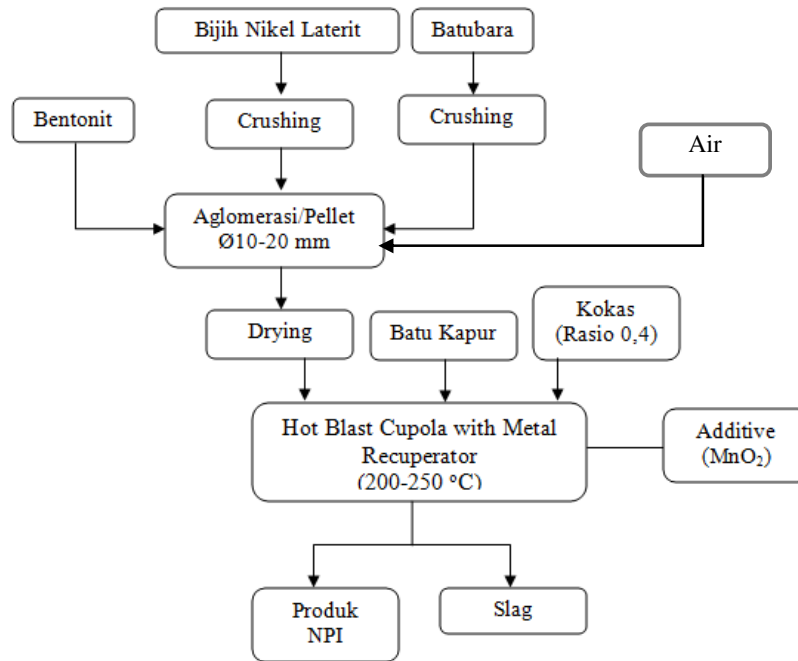
Bentonit digunakan sebagai perekat dalam proses pembuatan pellet komposit. Bentonit yang digunakan adalah tipe *Na-Based*.

d. Kokas

Kokas digunakan sebagai bahan bakar dalam proses peleburan pellet komposit mengandung bijih nikel laterit pada *Hot Blast Cupola Furnace*. Spesifikasi dari kokas yang digunakan adalah: ukuran/size 60-120 mm, *moisture total* 1-3%, *volatile matter* 2-4%, *ash* maks. 10%, *fix carbon* min 80%, kalori min.7500 kal/gr.

e. Batu kapur

Batu kapur digunakan sebagai *flux* untuk mengikat senyawa pengotor non-logam yang terkandung dalam bijih nikel laterit. Spesifikasi dari batu kapur yang digunakan adalah: ukuran/size 20-30 mm, kandungan CaO min. 45% atau CaCO₃ min. 70%.



Gambar 1. Diagram proses pengolahan bijih nikel laterit menjadi NPI (Nurjaman dkk., 2018)

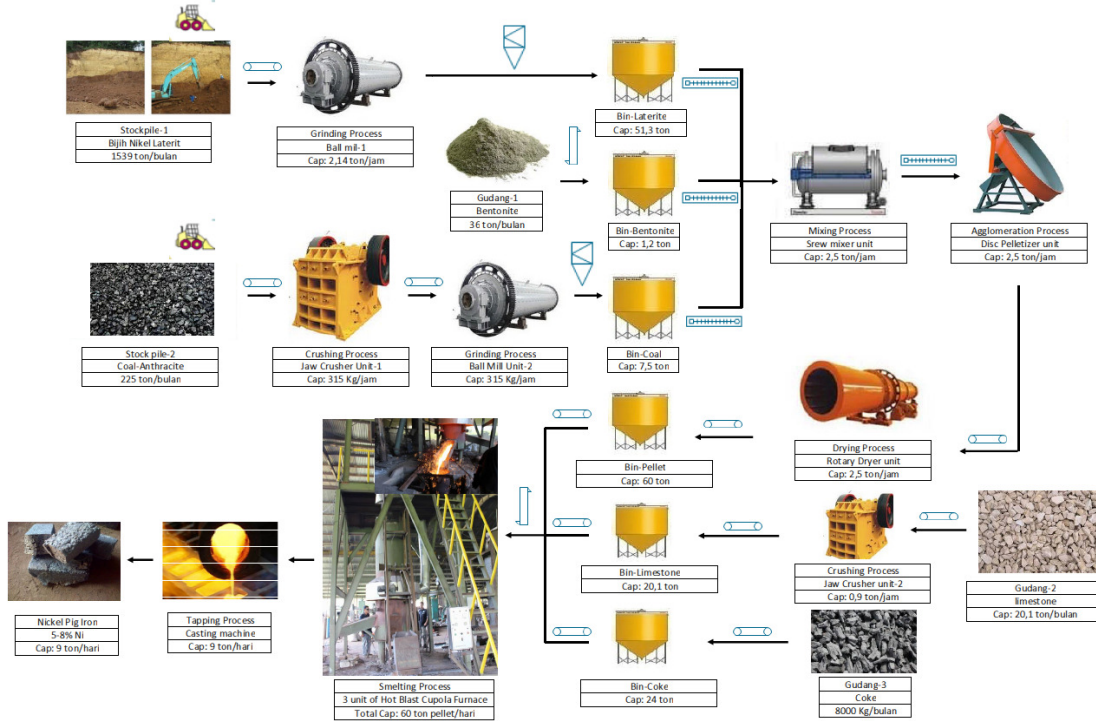
2.5 Peralatan dan mesin yang digunakan

Dalam perancangan pabrik pengolahan bijih nikel laterit menjadi NPI dengan kapasitas 9 ton NPI/hari ini diperoleh dengan cara menggunakan tiga unit tungku *Hot Blast Cupola Furnace* masing-masing kapasitas tungku per-unit nya adalah 3 ton NPI/hari. Kapasitas *scale up* tungku lebih dari 3 ton NPI/hari akan mengubah proses peleburan yang terjadi, sehingga akan berdampak terhadap output/produk NPI yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah disebutkan di atas. Pada proses peleburan bijih nikel laterit menjadi NPI, semakin besar volume tungku, maka semakin besar kemungkinan senyawa oksida besi (Fe_xO_y) akan tereduksi menjadi logam, sehingga hal tersebut akan menyebabkan kandungan nikel dalam logam (yang dinyatakan dalam % berat) menjadi berkurang. Selain itu, dalam proses perdagangan NPI, nilai produk ditentukan oleh kandungan Ni dalam logam NPI, sedangkan Fe yang terkandung di dalamnya dianggap sebagai “bonus”.

Tabel 1. Kebutuhan peralatan untuk pabrik pengolahan bijih nikel laterit menjadi NPI

No.	Nama Mesin	Spesifikasi/ Kapasitas	Volume (unit)	Keterangan
1	Alat berat	type loader	2	transport pengangkutan bijih nikel laterit, batubara, dan lain-lain.
2	Ball mill unit-1	2,14 ton/jam	1	proses penggerusan bijih nikel laterit hingga berukuran -60 mesh
3	Bin-Laterite	5.13 ton	1	penampungan bijih nikel laterit halus

4	<i>Bin-Bentonite</i>	1,2 ton	1	penampungan bentonit
5	<i>Jaw crusher unit-1</i>	315 Kg/jam	1	crushing batubara hingga berukuran 20-30 mm
6	<i>Ball mill unit-2</i>	315 Kg/jam	1	penggerusan batubara hingga berukuran mesh -80
7	<i>Bin-coal</i>	7,5 ton	1	penampungan batubara
8	<i>Screw mixer unit</i>	2,5 ton/jam	1	pencampuran bijih nikel laterit, batubara, dan bentonit
9	<i>Disc pelletizer unit</i>	2,5 ton/jam	1	agglomerasi campuran bijih nikel laterit, batubara, dan bentonit ke dalam bentuk pellet berukuran Ø 10-20 mm
10	<i>Rotary dryer unit</i>	2,5 ton/jam	1	pengeringan pellet komposit
11	<i>Bin-pellet</i>	60 ton	1	penampungan pellet komposit
12	<i>Jaw crusher unit-2</i>	0,9 ton/jam	1	crushing batu kapur
13	<i>Bin-limestone</i>	20,1 ton	1	penampungan batu kapur
15	<i>Hot blast cupola furnace</i>	3 ton NPI/hari	4	peleburan bijih nikel laterit menjadi NPI
16	<i>Casting machine</i>	9 ton/hari	1	pencetakan logam NPI ke dalam bentuk ingot
17	<i>Belt conveyor</i>	10 m length	10	
18	<i>Screw conveyor</i>	10 m length	4	
19	<i>Cyclone</i>	2.14 ton dan 315 Kg/jam	2	
20	<i>Bucket elevator/skip car</i>	Tinggi 8 meter, kapasitas 100 Kg/charge	2	transport material bahan baku



Gambar 2. Diagram alir proses produksi pembuatan NPI

Selain tiga unit tersebut, diperlukan juga satu unit *hot blast cupola furnace* sebagai cadangan untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan sehingga dapat menjamin terpenuhinya kapasitas produksi NPI. Berbagai peralatan, baik jumlah dan spesifikasi, yang digunakan untuk memproduksi 9 ton NPI/hari ditunjukkan oleh gambar 2 dan tabel 1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan tekno ekonomi

Berikut ini akan diuraikan mengenai perhitungan tekno ekonomi dalam pembuatan pabrik pengolahan bijih nikel laterit menjadi NPI menggunakan *Hot Blast Cupola Furnace* untuk kapasitas produksi 9 ton NPI/hari di Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara, meliputi: (1) biaya investasi dan modal kerja, (2) rencana produksi, (3) biaya produksi, (4) penjualan, (5) pengembalian pinjaman, (6) *Nett Present Value* (NPV), (7) *Internal Rate of Return* (IRR), (8) *Payback Period* (PBP).

3.1.1 Biaya investasi, modal kerja, sumber dana

Biaya investasi dan modal kerja meliputi: (1) biaya investasi pabrik yang terdiri dari biaya investasi mesin dan alat, lahan, dan gedung/bangunan, jaringan listrik; (2) Modal kerja, (3) Sumber dana yang berasal dari dana investor dan dana pinjaman.

a. Biaya investasi

Berikut adalah biaya investasi untuk pengadaan alat dan mesin tersebut berdasarkan harga per-unit untuk tiap-tiap mesin/alat tersebut. Harga satuan alat sudah termasuk biaya instalasi/pemasangan alat.

Tabel 2. Biaya investasi mesin/alat

Mesin/Alat	Volume (unit)	Harga Satuan (Rp.)	Harga Total (Rp.)
Alat berat	2	1.000.000.000	2.000.000.000
Ball mill unit-1	1	400.000.000	400.000.000
Bin-Laterite	1	200.000.000	200.000.000
Bin-Bentonite	1	150.000.000	150.000.000
Jaw crusher unit-1	1	150.000.000	150.000.000
Ball mill unit-2	1	250.000.000	250.000.000
Bin-coal	1	150.000.000	150.000.000
Screw mixer unit	1	300.000.000	300.000.000
Disc pelletizer unit	1	300.000.000	300.000.000
Rotary dryer unit	1	300.000.000	300.000.000
Bin-pellet	1	150.000.000	150.000.000
Jaw crusher unit-2	1	200.000.000	200.000.000
Bin-limestone	1	170.000.000	170.000.000
Bin-coke	1	180.000.000	180.000.000
Hot blast cupola furnace	4	1.300.000.000	5.200.000.000
Casting machine	1	400.000.000	400.000.000
Belt conveyor (10 m length)	10	75.000.000	750.000.000
Screw conveyor (10 m length)	4	75.000.000	300.000.000
Cyclone	2	300.000.000	600.000.000
Bucket elevator/skip car	2	75.000.000	150.000.000
Biaya investasi mesin/alat			12.300.000.000

Total biaya investasi lahan dan bangunan yang dibutuhkan untuk pabrik pengolahan bijih nikel laterit dengan kapasitas produksi sebesar 9 ton NPI/hari adalah Rp5.538.000.000,-, sudah termasuk biaya instalansi jaringan listrik, terlihat pada Tabel 3. Rincian biaya investasi tersebut untuk lahan dan bangunan terdiri dari pabrik dan kantor dengan masing-masing berjumlah 1 buah, 2 buah *stock pile*, dan 3 buah gudang. *Stock pile* 1 untuk penyimpanan bijih nikel laterit, sedangkan *stock pile* 2 untuk

penyimpanan batubara. Gudang 1 untuk penyimpanan bentonit, Gudang 2 untuk penyimpanan batu kapur, dan Gudang 3 untuk penyimpanan kokas.

Tabel 3. Biaya investasi lahan, bangunan dan jaringan listrik

Jenis Investasi	Volume	Harga Total (Rp)
Lahan	6.000 m ²	1.800.000.000
Gedung / Bangunan	4.500m ²	2.988.000.000
Jaringan Listrik	1 paket	750.000.000
Jumlah		5.538.000.000

b. Modal kerja

Modal kerja adalah biaya yang diperlukan untuk proses produksi selama satu bulan kerja, dimana biaya proses produksi tersebut meliputi: biaya tetap dan biaya tidak tetap, sejumlah Rp2.980.891.635,-.

c. Sumber dana

Dari rincian biaya investasi peralatan dan mesin, lahan, bangunan serta modal kerja di atas, maka dana keseluruhan yang dibutuhkan untuk pembuatan pabrik pengolahan bijih nikel laterit menjadi NPI, dengan kapasitas 9 ton NPI/hari adalah Rp20.818.891.635,-

Sumber dana untuk investasi umumnya bisa bersumber dari investor secara keseluruhan, dari pinjaman bank keseluruhan, atau gabungan antara keduanya. Dalam perhitungan studi kelayakan ini, sumber dana diasumsikan berasal dari pihak investor dan pinjaman bank, dengan besaran persentase secara berturut-turut adalah 70% dan 30%.

3.1.2 Rencana produksi

Pabrik ini di rancang dengan kapasitas produksi NPI sebanyak 9 ton/hari atau 2.700 ton/tahun. Pabrik direncanakan untuk dioperasikan secara kontinyu atau 24 jam non-stop, 300 hari kerja/tahun. Adapun rencana pembangunan pabrik (dilakukan pada Tahun ke-0) membutuhkan waktu maksimal selama 1 tahun. Pada tahun ke-1, kapasitas produksi pabrik adalah sebesar 80% dari kapasitas penuh yang direncanakan. Pada tahun ke-2 dan seterusnya, pabrik dioperasikan pada kapasitas penuh (100%), yaitu 9 ton/hari.

3.1.3 Biaya produksi

Biaya produksi adalah biaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk NPI selama 1 tahun atau sebanyak 2.700 ton NPI. Biaya produksi terdiri dari biaya tetap dan biaya tidak tetap. Biaya tetap meliputi upah gaji pegawai, biaya umum, dan biaya penyusutan mesin. Sedangkan biaya tidak tetap meliputi biaya bahan baku dan biaya operasional. Berikut adalah rincian dari biaya produksi NPI selama kurun waktu 1 tahun.

a. Upah gaji pegawai

Proses produksi NPI berlangsung selama 24 jam non-stop, sehingga tenaga kerja terbagi menjadi 4 (empat) shift, dengan sistem 3 ON – 1 OFF. Pabrik dipimpin oleh seorang direktur yang membawahi 3 orang manajer, yaitu manajer produksi/operasional, manajer keuangan dan kepegawaian, manajer pengadaan/purchasing. Manajer produksi membawahi 60 orang yang terbagi ke dalam 4 shift. Sedangkan untuk manajer lainnya, masing-masing membawahi 2 orang pegawai. Selain itu dipekerjakan pula office boy sebanyak 4 orang, untuk 1 orang tiap shift-nya. Dan dipekerjakan pula satpam sebanyak 8 orang, untuk 2 orang tiap shift-nya. Biaya upah gaji seluruh pegawai per tahun diasumsikan sebesar Rp3.096.000.000,-.

b. Biaya umum

Biaya umum meliputi biaya perkantoran (alat tulis kantor, alat kebersihan, dan lain sebagainya), biaya pemeliharaan alat produksi, biaya telepon, biaya listrik, dan biaya air. Biaya umum yang dibutuhkan selama kurun waktu 1 tahun diasumsikan sebesar Rp1.856.000.000,-.

c. Biaya penyusutan mesin dan bangunan

Biaya penyusutan mesin adalah biaya yang timbul akibat berkurangnya umur pakai mesin seiring dengan bertambahnya waktu penggunaan mesin tersebut. Dalam perhitungan tekno ekonomi ini, seluruh mesin dan peralatan yang digunakan diasumsikan memiliki umur pakai 10 tahun sehingga biaya penyusutan sebesar 10% per tahun atau sejumlah Rp1.230.000.000,-, sedangkan umur pakai

bangunan diasumsikan 20 tahun sehingga biaya penyusutannya 5% per tahun atau sejumlah Rp149.400.000,-. Total biaya penyusutan tersebut tiap tahun sebesar Rp1.379.400.000,-.

d. Biaya bahan baku

Biaya bahan baku yang diperlukan untuk memproduksi NPI selama satu tahun untuk memproduksi 2.700 ton NPI adalah Rp29.151.299.623,- (sudah termasuk biaya angkut ke lokasi pabrik). Biaya kebutuhan bahan baku disesuaikan dengan rencana produksi yang telah ditetapkan tiap tahunnya.

e. Biaya operasional

Biaya operasional adalah biaya lain-lain yang diperlukan untuk mendukung kelancaran proses produksi. Biaya ini berupa bahan bakar (solar) dengan asumsi harga satuan Rp10.000,- per liter untuk pemakaian 10 liter/jam x 8 jam/ hari, sejumlah Rp288.000.000,- per tahun.

f. Rekapitulasi biaya produksi

Berikut adalah rekapitulasi perhitungan biaya tetap dan tidak tetap dari Tahun ke-1 hingga Tahun ke-10. Beberapa asumsi yang ditetapkan dalam perubahan kenaikan biaya dari Tahun ke-1 hingga tahun ke-10 adalah sebagai berikut:

- Kenaikan biaya upah gaji pegawai sebesar 10% tiap 2 tahun.
- Kenaikan biaya umum sebesar 10% tiap 2 tahun.
- Kenaikan biaya bahan baku sebesar 10% tiap 5 tahun
- Kenaikan biaya operasional sebesar 10% tiap 2 tahun

3.1.4 Penjualan

Perhitungan penjualan diasumsikan dengan menetapkan harga NPI untuk kadar 12% Ni sebesar Rp15.000.000/ton. Kenaikan harga NPI diasumsikan sebesar 10% tiap 2 tahun dengan mempertimbangkan kenaikan harga biaya produksi (upah/gaji, umum, dan operasional).

3.1.5 Pengembalian pinjaman bank

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa Dana Investasi dalam pembuatan pabrik pengolahan bijih nikel laterit menjadi NPI ini bersumber dari Investor (70%) dan pinjaman bank (30%). Berikut dibawah ini adalah asumsi terkait dana pinjaman bank pada umumnya yang digunakan dalam perhitungan studi kelayakan ini:

- Suku bunga pinjaman Bank adalah 19,25%
- Masa pengembalian pinjaman adalah 10 Tahun
- Pinjaman bank dengan sistem suku bunga menurun

Maka, besarnya cicilan yang harus dibayar tiap tahun adalah sebesar Rp1.451.964.262,-

3.1.6 Perhitungan *net present value* (NPV)

NPV merupakan salah satu kriteria yang digunakan untuk menentukan kelayakan suatu bisnis. Suatu kegiatan bisnis dinyatakan layak untuk dikerjakan apabila nilai NPV > 0. NPV adalah jumlah *nett benefit* (dari tahun ke-1 hingga tahun ke-n) yang telah dikalikan dengan *discount factor* (DF), atau NPV adalah jumlah dari *present value*. NPV dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$NPV = \sum_{i=1}^n \overline{NB}_i \quad (1)$$

Dimana \overline{NB} adalah *net benefit* yang telah di-discount factor. Dalam perhitungan ini nilai *discount factor* atau suku bunga diasumsikan 19,25%. Nilai NPV dari tahun ke-0 hingga tahun ke-10 dapat dilihat pada Tabel 6. Dari hasil perhitungan tersebut tampak bahwa nilai NPV adalah Rp 11.278.271.245,-. atau dengan kata lain NPV > 0, sehingga pabrik pengolahan bijih nikel laterit menjadi NPI ini layak untuk dilakukan.

3.1.7 Perhitungan IRR (*internal rate of return*)

Kriteria lainnya untuk menilai kelayakan dari suatu investasi usaha adalah IRR, yaitu suatu tingkat Discount Factor yang menghasilkan NPV sama dengan nol. Dengan demikian apabila perhitungan IRR lebih dari nilai *discount factor* (yang nilainya sama dengan suku bunga), maka investasi tersebut dinyatakan layak untuk dilakukan.

Tabel 4. Biaya produksi (dalam ribuan)

Jenis Biaya	Tahun									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gaji Karyawan	3.096.000	3.096.000	3.405.600	3.405.600	3.746.160	3.746.160	4.120.776	4.120.776	4.532.853,6	4.532.853,6
Biaya Umum	1.856.000	1.856.000	2.041.600	2.041.600	2.245.760	2.245.760	2.470.336	2.470.336	2.717.369,6	2.717.369,6
Biaya Penyusutan	1.379.400	1.379.400	1.379.400	1.379.400	1.379.400	1.379.400	1.379.400	1.379.400	1.379.400	1.379.400
Biaya Bahan Baku	23.321.039,7	29.151.299,6	29.151.299,6	29.151.299,6	29.151.299,6	32.066.429,6	32.066.429,6	32.066.429,6	32.066.429,6	32.066.429,6
Biaya Operasional	288.000	288.000	316.800	316.800	348.480	348.480	383.328	383.328	421.660,8	421.660,8
Total Biaya	29.940.439,7	35.770.699,6	36.294.699,6	36.294.699,6	36.871.099,6	39.786.229,6	40.420.269,6	40.420.269,6	41.117.713,6	41.117.713,6

Tabel 5. Penjualan

Tahun	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Harga jual (Rp/ton)	15.000.000	15.000.000	15.000.000	16.500.000	16.500.000	18.150.000	18.150.000	19.965.000	19.965.000	21.961.500	21.961.500
Hasil Penjualan (Rp ribuan)		32.400.000	40.500.000	44.550.000	44.550.000	49.005.000	49.005.000	53.905.500	53.905.500	59.296.050	59.296.050

Tabel 6. Perhitungan NPV (dalam ribuan)

Uraian	Tahun					
	0	1	2	3	4	5
Pendapatan						
Hasil produksi		32.400.000	40.500.000	44.550.000	44.550.000	49.005.000
<i>Gross benefit</i>		32.400.000	40.500.000	44.550.000	44.550.000	49.005.000
Investasi awal	14.573.224					
<i>Operating cost</i>		29.940.439	35.770.699	36.294.699	36.294.699	36.871.099
Kedit bank :						
A Pokok Pinjaman	249.673	297.735	355.049	423.396	504.900	602.093
B Bunga bank	1.202.291	1.154.222	1.096.915	1.028.568	947.064	849.871
Total cost		31.392.404	37.222.664	37.746.664	37.746.664	38.323.064
<i>Benefit</i>	(14.573.224)	1.007.596	3.277.336	6.803.336	6.803.336	10.681.936
Pajak						
<i>Net benefit</i>		151.139	491.600	1.020.500	1.020.500	1.602.290
D.F 19,25%	1,0000	0,8386	0,7032	0,5897	0,4945	0,4147
PV	(14.573.224)	718.202	1.958.949	3.410.088	2.859.613	3.765.104
NPV	11.278.271	Sangat layak untuk dilakukan (NPV > 0)				

Uraian	Tahun				
	6	7	8	9	10
Hasil produksi	49.005.000	53.905.500	53.905.500	59.296.050	59.296.050
<i>Gross benefit</i>	49.005.000	53.905.500	53.905.500	59.296.050	59.296.050
Investasi awal					
<i>Operating cost</i>	39.786.229	40.420.269	40.420.269	41.117.713	41.117.713
Kedit bank :					
A Pokok pinjaman	717.996	856.211	1.021.031	1.217.580	1.393.478
B Bunga bank	733.968	595.753	430.933	234.384	268.245
Total cost	41.238.194	41.872.234	41.872.234	42.569.678	42.569.678
<i>Benefit</i>	7.766.806	12.033.266	12.033.266	16.726.372	16.726.372
Pajak					
<i>Net benefit</i>	1.165.021	1.804.990	1.804.990	2.508.956	2.508.956
D.F 19,25%	0,3477	0,2916	0,2445	0,2051	0,1720
PV	2.295.679	2.982.591	2.501.125	2.915.380	2.444.763
NPV	Sangat layak untuk dilakukan (NPV > 0)				

Tabel 7. Perhitungan *internal rate of return* (IRR)

Uraian	Tahun					
	0	1	2	3	4	5
<i>Net benefit</i> (Rp ribuan)	(14.573.224)	856.456	2.785.735	5.782.835	5.782.835	9.079.645
D.F. 19,25%	1,0000	0,8386	0,7032	0,5897	0,4945	0,4147
PV1 (Rp ribuan)	(14.573.224)	718.202	1.958.949	3.410.088	2.859.613	3.765.103
D.F. 0%	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
PV2 (Rp ribuan)	(14.573.224)	856.456.633	2.785.735	5.782.835	5.782.835	9.079.645
NPV1 (Rp ribuan)	11.278.271					
NPV2 (Rp ribuan)	65.207.455					
IRR 23,28%	IRR > D.F , sehingga investasi ini dinyatakan layak untuk dilakukan					

Uraian	Tahun				
	6	7	8	9	10
<i>Net benefit</i> (Rp ribuan)	6.601.785	10.228.276	10.228.276	14.217.416	14.217.416
D.F 0,3477	0,2916	0,2445	0,2051	0,1720	0,3477
PV1 (Rp ribuan)	2.295.678	2.982.591	2.501.124	2.915.380	2.444.763
D.F 1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
PV2 (Rp ribuan)	6.601.785	10.228.276	10.228.276	14.217.416	14.217.416
NPV1 (Rp ribuan)					
NPV2 (Rp ribuan)					

IRR dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \cdot (i_2 - i_1) \quad (2)$$

Dimana i_1 adalah tingkat *discount rate* yang menghasilkan NPV_1 , i_2 adalah tingkat *discount rate* yang menghasilkan NPV_2 . Nilai IRR diperoleh sebesar 23,28%, terlihat pada Tabel 7. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa nilai $IRR > D.F$, sehingga pabrik pengolahan bijih nikel laterit menjadi NPI ini layak untuk dilakukan.

3.1.8 Payback period

Payback period (PBP) adalah jangka waktu tertentu dimana penerimaan sama dengan investasi yang dikeluarkan.

$$PBP = T_{p-1} + \frac{\sum_{i=1}^n \bar{I}_i - \sum_{i=1}^n \bar{B}_{icp-1}}{\bar{B}_p} \quad (3)$$

Dimana *PBP* merupakan *pay back period*, T_{p-1} adalah tahun sebelum terdapat *PBP*, \bar{I}_i merupakan jumlah investasi yang telah di-*discount*, \bar{B}_{icp-1} adalah jumlah benefit yang telah di-*discount* sebelum *pay back period*, dan \bar{B}_p menunjukkan jumlah benefit pada *pay back period* berada. Dengan menggunakan data yang terdapat pada Tabel 8, maka diperoleh *PBP* untuk investasi ini adalah 4 Tahun, 10 Bulan, 24 hari, artinya jangka waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi pembangunan pabrik pengolahan bijih nikel laterit menjadi NPI adalah 4 tahun 10 bulan 24 hari.

Umumnya proses peleburan bijih nikel laterit menjadi logam NPI dilakukan dengan menggunakan teknologi *blast furnace*. Dari perhitungan di atas, diperoleh nilai IRR sebesar 23,28% dan *PBP* sebesar 4 tahun 10 bulan 24 hari (4,8 tahun) dimana teknologi pengolahan bijih nikel laterit menjadi NPI menggunakan *hot blast cupola furnace* tersebut menunjukkan nilai ekonomi yang lebih baik jika dibandingkan menggunakan teknologi *blast furnace*, dimana diperoleh nilai IRR sebesar 18% dan *PBP* 6,19 tahun (Haryadi, 2017). Selain itu Chukwuleke (2009) juga menyatakan bahwa peleburan bijih nikel laterit menggunakan tungku *blast furnace*, merupakan sebuah teknologi dengan investasi yang sangat besar, dengan temperatur proses yang cukup tinggi (1500-1600°C), selain itu tungku tersebut juga memberikan dampak pencemaran udara yang cukup tinggi (Keskinkilic, 2019). Oleh karena itu, penggunaan *hot blast cupola furnace* diharapkan mampu memecahkan solusi permasalahan terkait mahalnya investasi dan biaya produksi pengolahan bijih nikel laterit menjadi logam NPI.

Tabel 8. Perhitungan *payback period* (*PBP*)

Uraian	Tahun					
	0	1	2	3	4	5
Investasi awal (Rp ribuan)	14.573.224					
<i>Benefit</i> (Rp ribuan)	(14.573.224)	1.007.596	3.277.336	6.803.336	6.803.336	10.681.936
D.F. 19%	1,0000	0,8386	0,7032	0,5897	0,4945	0,4147
PV investasi (Rp ribuan)	(14.573.224)					
PV Cost (Rp ribuan)	-	26.324.867	26.175.240	22.258.885	18.665.731	15.891.624
PV <i>benefit</i> (Rp ribuan)		844.944	2.304.645	4.011.869	3.364.250	4.429.533
kumulatif PV <i>benefit</i> (Rp ribuan)		844.944	3.149.590	7.161.459	10.525.710	14.955.244
Pay Back Period				4 Tahun, 10 Bulan, 24 hari		

Uraian	Tahun				
	6	7	8	9	10
Investasi awal (Rp ribuan)					
<i>Benefit</i> (Rp ribuan)	7.766.806	12.033.266	12.033.266	16.726.372	16.726.372
D.F. 0,3477	0,2916	0,2445	0,2051	0,1720	
PV investasi (Rp ribuan)					
PV <i>cost</i> (Rp ribuan)	14.340.005	12.210.049	10.239.035	8.729.208	7.320.091
PV <i>benefit</i> (Rp ribuan)	2.700.798	3.508.930	2.942.499	3.429.858	2.876.192
kumulatif PV <i>benefit</i> (Rp ribuan)	17.656.042	21.164.973	24.107.472	27.537.331	30.413.523
<i>Pay back period</i>					

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa tekno ekonomi, diperoleh bahwa pabrik pengolahan bijih nikel laterit menjadi NPI menggunakan 3 unit *hot blast cupola furnace* dengan total kapasitas 9 ton/hari yang berlokasi di Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara, memiliki kelayakan investasi yang cukup baik, yaitu dengan nilai *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp11.278.271.245, *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 23,28% dan *Payback Period* (PBP) dengan kurun waktu 4 Tahun, 10 Bulan. Dengan telah dilakukannya studi kelayakan ini diharapkan akan mampu mendorong industri tambang lokal untuk melakukan pengolahan bijih nikel laterit menjadi produk bernilai tambah tinggi, yaitu NPI.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini menyampaikan terimakasih kepada Balai Penelitian Teknologi Mineral dan teman-teman kontributor anggota yang telah membantu dalam penulisan ini baik berupa materi maupun pikiran sehingga tulisan ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif I., 2018, *Nikel Indonesia*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Chukwuleke O.P., Jiu-Ju C., Chukwujekwu S., Song X., 2009, Shift from coke to coal using direct reduction method and challenges, *Journal of Iron and Steel Research*, 16(2), 01-05.
- Forster J., Pickles C.A., Elliott R., 2016, Microwave carbothermic reduction roasting of a low grade nickeliferous silicate laterite ore, *Minerals Engineering*, Pergamon, 88, 18–27.
- Haryadi H., 2017, The financial feasibility analysis for construction plan for ferro-nickel (fe-ni) smelter plant at South Konawe Regency, South East Sulawesi, *Indonesian Mining Journal*, 20(2), 131-142.
- Herianto E., Binudi R., 2013, Kupola udara panas untuk memproduksi NPI (nickel pig iron) dari bijih nikel laterit', *Majalah Metalurgi*, pp. 121–130.
- Keskinkilic E., 2019, Nickel laterite smelting process and some examples of recent possible modifications to the conventional route, *Metals*, 9(974), 1-16.
- Mudd G.M., 2010, Global trends and environmental issues in nickel mining: Sulfides versus laterites, *Ore Geology Reviews*, Elsevier B.V., 38(1–2), 9–26.
- Nurjaman F., Shofi A., Astuti W., Suharno B., 2015, Metode dan alat untuk membuat Nickel Pig Iron, *Paten-Indonesia*.
- Nurjaman, F. Shofi A., Astuti W., Suharno B., 2018, Pembuatan NPI (5-8% Ni) menggunakan hot blast cupola furnace kapasitas 3 ton/hari, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 14(1), 19.
- Shofi A., Nurjaman F., Sumardi S., 2014, Optimasi pembuatan NPI (Nickel Pig Iron) dari bijih nikel limonit menggunakan hot blast cupola furnace, in. Bandung: Prosiding Ristek Insinas, 105–110.