

## Analisis Tekno-Ekonomi Produksi Nanopartikel Ni(OH)<sub>2</sub> menggunakan kombinasi metode elektrokimia tegangan tinggi dan penambahan Na-Sitrat

Fauzan Alfaridzi Ananda Avip<sup>\*1</sup>, Asep Bayu Dani Nandiyanto<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup>Kimia, Fakultas Pendidikan Kimia, UPI, Bandung, Indonesia

e-mail: <sup>\*</sup>[fauzanalfaridzi@upi.edu](mailto:fauzanalfaridzi@upi.edu), <sup>2</sup>[nandiyanto@upi.edu](mailto:nandiyanto@upi.edu)

### Abstract

*This study aims to investigate the economic evaluation of the different voltages in the production of Ni(OH)<sub>2</sub> NPs prepared by the electrochemical method and the addition of Na – Citrate. Nickel Hydroxide Nanoparticles are a type of nanoparticles that have many uses and have various applications in the industrial field. In this study, economic evaluation was carried out using several economic parameters such as BEP, PBP, CNPV, and PI. This research is expected to present an industrial-scale picture of the economic evaluation and production of nickel hydroxide NPs using high-voltage electrochemical methods and the addition of Na - Citrate as a reducing agent. Based on the results of the analysis, the project for the production of nickel hydroxide nanoparticles using the electrolysis method using high voltage with nickel metal as the main raw material shows a prospective project from an economic perspective. PBP's analysis shows that the investment is profitable after the project has been running for more than 2 years. The project can compete with standard market capital PBPs due to the short initial investment recovery costs. The high-voltage electrolysis method has the advantage of being easy to develop, economical and efficient. From this economic evaluation analysis, it can be concluded that this project is feasible to run.*

**Keywords:** Electrochemistry, Nanoparticles, Economic Evaluation, Nickel, Industry

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki evaluasi ekonomi dari tegangan yang berbeda dalam produksi NP Ni(OH)<sub>2</sub> disiapkan dengan metode elektrokimia dan penambahan Na – Sitrat. Nanopartikel Nikel Hidroksida merupakan salah satu jenis nanopartikel yang memiliki banyak kegunaan dan memiliki beragam aplikasi di dalam bidang industri. Dalam penelitian ini, evaluasi ekonomi dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter ekonomi seperti BEP, PBP, CNPV, dan PI. Penelitian ini diharapkan dapat memperlihatkan gambaran skala industri tentang evaluasi ekonomi dan produksi NP nikel hidroksida dengan menggunakan metode elektrokimia tegangan tinggi dan penambahan Na - Sitrat sebagai agen pereduksi. Berdasarkan hasil analisis, proyek produksi nanopartikel nikel hidroksida menggunakan metode elektrolisis menggunakan tegangan tinggi dengan bahan baku utama logam nikel menunjukkan proyek yang prospektif dari perspektif ekonomi. Analisis PBP menunjukkan bahwa investasi menguntungkan setelah proyek berjalan selama lebih dari 2 tahun. Proyek ini dapat bersaing dengan standar pasar modal PBP karena biaya pemulihan investasi awal yang singkat. Metode elektrolisis bertegangan tinggi memiliki keuntungan, yaitu mudah dikembangkan, ekonomis, dan efisien. Dari analisis evaluasi ekonomi ini, dapat disimpulkan bahwa proyek ini layak untuk dijalankan.

**Kata Kunci:** Elektrokimia, Nanopartikel, Evaluasi Ekonomi, Nikel, Industri

### PENDAHULUAN

Nikel merupakan salah satu unsur logam transisi yang bermanfaat dalam industri kimia. Unsur ini memiliki beberapa karakteristik penting yang dimanfaatkan dalam pengaplikasiannya, seperti tahan terhadap korosi dan panas, konduktivitas panas dan listrik yang cukup rendah, kekuatan impak dan keuletan yang tinggi serta dapat membentuk alloy dengan unsur logam lain (IARC, 2012). Dalam bidang industri, nikel banyak diaplikasikan dalam produksi stainless dan alloy steel, nonferrous alloys dan superalloys, baterai, katalis, serta industri electroplating (Ananikov, V. P. (2015); Campagnol (2017); McRae, M. E. (2018); Wanta, K.C (2018))

Dalam beberapa tahun terakhir peran teknologi nanopartikel sangat penting bagi kehidupan dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Nanopartikel didefinisikan sebagai dispersi partikulat atau partikel padat dengan kisaran ukuran 10-1000 nm (Corrias, A (1990)). Nanopartikel sangat menarik bagi ilmu pengetahuan dan masyarakat karena banyak aplikasinya yang meliputi, tetapi tidak terbatas pada, obat-obatan, elektronik, katalis, dan pewarna buatan (Corrias, A (1990)). Namun, tidak diketahui apakah NP berperilaku serupa dengan ion logam terlarut dalam hal efek berbahaya pada lingkungan dan kesehatan manusia (Parsons, J. G (2007)). Umumnya serbuk nano logam disintesis dengan mereduksi ion logam dalam larutan berair atau organik, dengan reagen kimia atau arus elektrokimia (Corrias, A (1990)).

Nikel hidroksida adalah bahan yang dianalisis secara amperometrik untuk senyawa organik dan farmasi, seperti asam askorbat, asam urat, serotonin dan glukosa, yang telah memperoleh perspektif baru yang luas ketika direkayasa sebagai nanopartikel, terutama untuk menstabilkannya dalam fase alfa yang lebih aktif secara elektrokimia dan responsif. . Menghambat konversi ke  $-Ni(OH)_2$  yang lebih stabil secara termodinamika dengan penuaan atau redoks sepeda dalam media basa kuat (Prmana, Y. B. (2016)).

Nikel nanopartikel merupakan suatu koloid yang mempunyai warna hijau muda. Nikel nanopartikel dengan ukuran dan bentuk yang berbeda-beda secara luas digunakan sebagai materi prekursor dalam berbagai aplikasi nikel nanoteknologi. Bentuk dan ukuran nanopartikel merupakan faktor penting dalam penentuan sifat optik, listrik, magnet, dan katalis. Oleh karena itu, preparasi dan metode sintesis nikel nanopartikel sangat menentukan ukuran dan bentuk partikel yang diperoleh. Berbagai metode kimia telah dilakukan dalam sintesis nikel nanopartikel, yaitu secara reduksi hidrazin dari nikel klorida, (Wu, S. H., & Chen, D. H. (2003))

Nanopartikel nikel hidroksida telah banyak digunakan dan dipelajari dalam beberapa jenis aplikasi: ilmu material, kimia, fisika, biologi, kedokteran dan ilmu lingkungan. (Ramesh, dkk. 2006) Nikel hidroksida nanopartikel juga diterapkan dalam industri modern seperti sensor, elektronik, kapasitor super, katalis, dan baterai (Ramesh, dkk. 2006). Beberapa teknik telah digunakan untuk memperoleh nanopartikel nikel hidroksida. Sintesis nikel hidroksida dapat menggunakan microwave dan natrium hidroksida sebagai bahan pengendap (Motlagh, M. dkk. 2013).

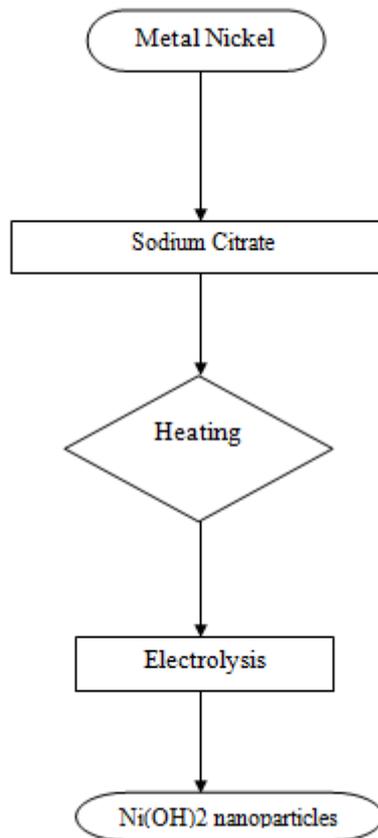
Ada banyak reaksi yang dapat dikatalis oleh nikel, salah satunya adalah disosiasi air dalam hidrogen dan oksigen pada suhu 300 °C (Kang, G. S. dkk. 2011). Selain itu, senyawa berbasis nikel menunjukkan kinerja elektrokimia dan korosi yang memungkinkan mereka menemukan aplikasinya di berbagai bidang seperti elektrokimia dan teknologi baterai (nikel - kadmium dan nikel metal hidrida) baterai (Kang, G. S. dkk. 2011).

Salah satu metode sintesis nanopartikel nikel hidroksida adalah metode hidrotermal (Khan, Y. dkk. 2011). Reduksi elektrokimia (Allagui, A. dkk. 2011) (1) elektrokimia dengan penambahan Natrium sitrat sebagai reduktor (Parsons, J. G. dkk, 2007) (2) reduksi kimia sederhana (Tientong, J. dkk. 2014) (3) Reduksi kimia (4) Deposisi kimia (Vinichenko, Y. P. dkk. 2016) (5) Deposisi kompleksasi dan (Motlagh, M. K. dkk. 2011) (6) Reaksi hidrazin (Wu, Z. dkk. 2009) namun beberapa teknik memerlukan listrik tegangan tinggi, temperatur yang stabil, dan soluble polymer sebagai bahan pelindung yang akan berakibat pada peningkatan biaya produksi. Solusinya adalah dengan menggunakan kombinasi metode elektrokimia tegangan tinggi dan natrium sitrat sebagai elektrolit yang digunakan untuk mensintesis nikel hidroksida. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan.

## METODE PENELITIAN

### Sintesis Teoritis Nanopartikel $Ni(OH)_2$

Nanopartikel nikel hidroksida ( $Ni(OH)_2$ ) dapat disintesis dengan metode elektrokimia. Yanantra berhasil mensintesis logam nikel murni dengan melarutkan 400 ml aquademin dalam gelas kimia dididihkan lalu ditambahkan 10 ml larutan Na-sitrat 0,3 M kemudian diberi dua batang kawat nikel yang dihubungkan pada power supply dengan tegangan 55 Volt. Larutan dipanaskan terus-menerus dan disertai dengan pengadukan sempurna selama 30 menit. Gambar 1 menunjukkan tahapan skema sintesis nanopartikel nikel hidroksida dengan menggunakan metode elektrokimia dengan menggunakan tegangan tinggi dan penambahan Na sitrat sebagai agen pereduksi.



Gambar 1 Skema Sintesis Nikel Hidroksida

### **Neraca Energi dan Massa**

Terdapat beberapa asumsi yang digunakan untuk evaluasi ekonomi ini. Asumsi ini digunakan untuk menganalisis beberapa kemungkinan yang terjadi dalam proyek. Beberapa asumsinya tersebut adalah:

1. Proses dilakukan berdasarkan metode elektrokimia
2. Semua reaktan bereaksi. Tidak ada produk sampingan
3. Massa tereduksi/kehilangan massa bahan adalah ... % dalam proses pemisahan
4. Semua produk yang dihasilkan adalah  $\text{Ni(OH)}_2$  NP

### **Evaluasi ekonomi**

Untuk menentukan parameter evaluasi ekonomi seperti margin laba kotor (GPM), payback period (PBP), titik impas (BEP), kapasitas impas (BEC), tingkat pengembalian internal (IRR), kumulatif bersih nilai sekarang (CNPV), laba atas investasi (ROI), dan indeks profitabilitas (PI), semua membutuhkan data peralatan, bahan baku, dan biaya utilitas. Di dalam belajar, biaya ini didapat dari belanja online. Semua data adalah digunakan untuk menghitung beberapa parameter evaluasi ekonomi melalui persamaan matematika sederhana sebagai berikut

→ GPM ( gross profit margin) adalah analisis pertama yang dilakukan untuk menentukan tingkat profitabilitas suatu proyek dengan mengurangi harga pokok penjualan produk dengan harga bahan baku.

→ PBP (payback period) adalah titik waktu ( sumbu y ) ketika CNPV/TIC (sumbu x) sama dengan nol. ) atau dana kembali yang dilakukan untuk memprediksi lamanya waktu yang dibutuhkan suatu investasi untuk mengembalikan total pengeluaran awal.

→ BEP (break-even point) adalah jumlah minimum produk yang harus dijual pada harga tertentu untuk menutupi total biaya produksi dan dihitung dengan membagi biaya tetap terhadap penjualan dengan selisih biaya variabel

→ CNPV (cumulative net present value) adalah nilai yang memprediksi kondisi suatu proyek produksi dalam bentuk fungsi produksi dalam beberapa tahun. NPV adalah nilai yang menyatakan pengeluaran dan pendapatan suatu bisnis dan diperoleh dari NPV pada waktu tertentu. Singkatnya, itu dengan menambahkan NPV dari awal pendirian sebuah proyek. NPV bisa jadi diperoleh dengan mengalikan arus kas dengan diskon faktor

→ PI (profitability index) adalah indeks yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara biaya proyek dan dampak. PI dapat dihitung dengan membagi CNPV dengan total biaya investasi (TIC). Jika PI kurang dari satu, maka proyek tersebut dapat diklasifikasikan sebagai proyek yang tidak menguntungkan dan jika PI lebih dari satu maka proyek tersebut dapat diklasifikasikan sebagai proyek yang baik/menguntungkan dan dihitung dengan membagi penjualan dan selisih biaya produksi dengan penjualan (laba- to-sales) atau investasi (profit-to-TIC).

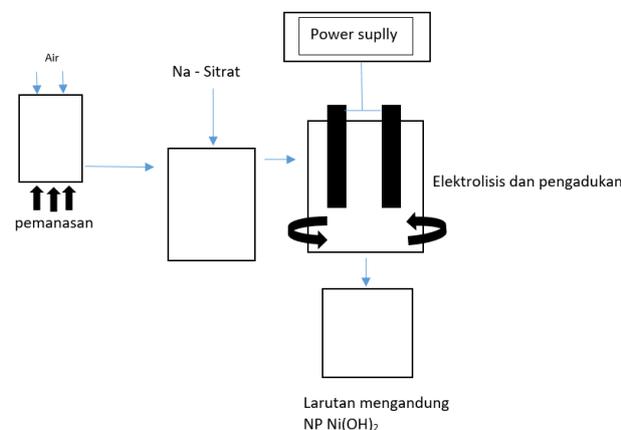
Asumsi yang diperlukan untuk menentukan nilai parameter dalam kondisi ideal

1. konversi USD 1 = 14500 IDR
2. Harga nikel murni per kg adalah Rp. 2.600.000. Kemudian harga Na - Sitrat dan aquades per Liternya adalah masing masing Rp 346.000 dan Rp 14000
3. Upah tenaga kerja untuk 7 orang adalah Rp 336.000.000 per tahun
4. Proyek bekerja 6 siklus produksi per minggu (5 hari kerja)
5. Proyek beroperasi selama 20 tahun
6. Diperkirakan 1 hari menghasilkan 1 siklus
7. Tarif pajak penghasilan tahunan 10% (Nandiyanto et al, 2018)
8. ongkos kirim ditanggung pembeli
9. Tenaga kerja diasumsikan sebanyak 10 orang dengan gaji Rp 192000
10. Produksi dalam setahun mencakup 250 hari kerja dan sisa hari digunakan untuk hari libur dan perawatan alat
11. Utilitas digambarkan satuan listrik dalam kWh, maka listrik diasumsikan sebagai biaya utilitas dan biayanya sebesar Rp 1.500
12. Tingkat diskonto 15% (Nandiyanto et al, 2018)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perspektif Teknik

Gambar 2 menunjukkan proses pembuatan nanopartikel Nikel yang sederhana dan efektif dengan menggunakan metode elektrokimia berdasarkan literatur (yanantra, 2016). Berdasarkan engineering perspective, sintesis nanopartikel Ni dapat dilakukan dengan menggunakan pada skala industri. Total biaya bahan baku dalam 1 tahun adalah 1,092,386 USD. Total biaya kebutuhan peralatan adalah 16,724 USD. Dana bahan baku digunakan untuk mengasilkan NP nikel Hidroksida sebanyak  $\pm 1056$  kg/tahun. Penjualan dalam satu tahun dapat menghasilkan keuntungan sebesar 32,735,788 USD. Dengan massa proyek  $\pm 20$  tahun dan PBP tercapai pada tahun ke 2

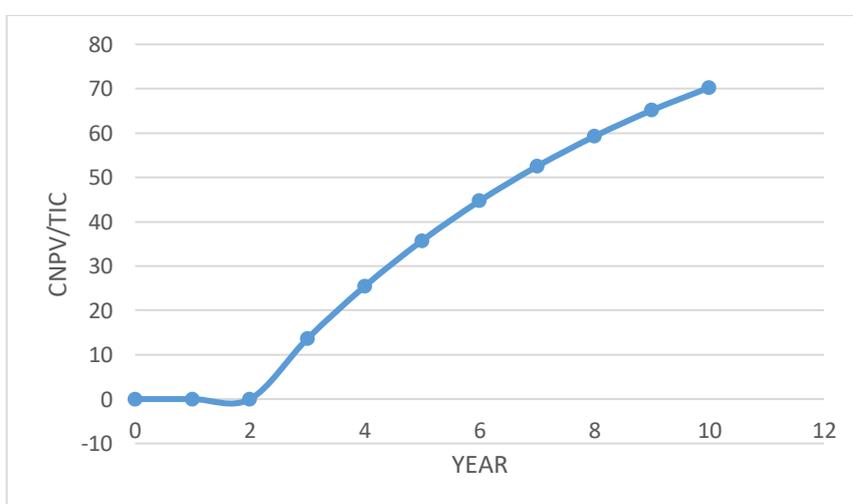


Gambar 2 diagram Alir Proses Produksi Nanopartikel Nikel

**Evaluasi Ekonomi**

**Kondisi Ideal**

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara CNPV/TIC pada sumbu y dengan tahun pada sumbu x. grafik tersebut dibuat menggunakan beberapa parameter evaluasi ekonomi dalam kondisi ideal. Pada tahun pertama dan kedua, ditemukan bahwa CNVP/TIC bernilai negative. Hal tersebut menunjukkan penurunan pendapatan dikarenakan adanya biaya investasi awal untuk produksi nanopartikel Ni seperti, pembelian peralatan, tanah, bahan. Pada tahun ketiga, kurva mulai naik dengan munculnya poin payback period (PBP). Tabel 1 menunjukkan nilai CNVP/TIC negatif dari tahun pertama dan tahun kedua, dengan nilai terendah sebesar -0.00975. Sedangkan pada tahun ke-3 dan seterusnya, nilai CNPV/TIC terus meningkat dengan nilai tertinggi pada tahun ke 10 yaitu 12.52547. Dengan demikian, produksi nanopartikel Ni dapat dianggap sebagai proyek yang menguntungkan karena membutuhkan waktu yang singkat untuk memulihkan biaya investasi. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya, dimana nilai CNPV/TIC turun di bawah 0 dalam 2 tahun pertama, dan terjadi peningkatan nilai CNPV/TIC ke nilai positif pada parameter ekonomi.



Gambar 3 grafik CNPV/TIC pada kondisi ideal

Tabel 1 data CNPV terhadap tahun produksi

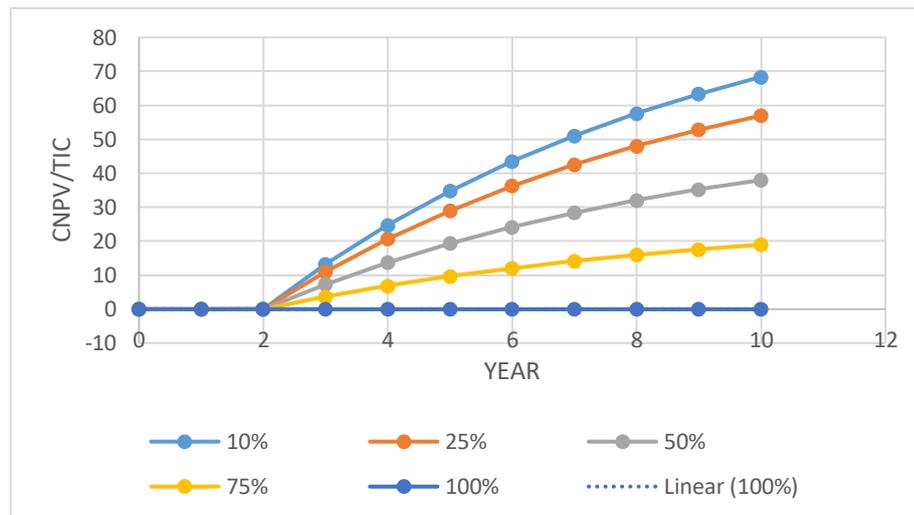
Tahun ke -	CNPV/TIC
0	0
1	-0.00059
2	-0.00975
3	2.41936
4	4.53163
5	6.36838
6	7.96556
7	9.35441
8	10.56211
9	11.61226
10	12.52547

**Dampak kondisi Eksternal**

Evaluasi ekonomi terhadap faktor eksternal dapat mempengaruhi keberhasilan suatu proyek. Salah satu faktor eksternal tersebut adalah pajak. Pajak tersebut biasanya berasal dari negara yang membiayai berbagai pengeluaran publik. Gambar 4 menunjukkan grafik CNPV selama 10 tahun dengan berbagai variasi pajak. Pada grafik tersebut, sumbu y adalah CNPV/TIC (%) dan sumbu x adalah masa hidup proyek (tahun).

Variasi pajak yang digunakan dalam gambar 4 adalah 10%, 25%, 75%, dan 100% dari total pendapatan. Dalam grafik tersebut, kondisi awal tahun hingga tahun kedua menunjukkan hasil yang sama dengan kondisi ideal, yaitu negatif karena biaya investasi awal proyek. Peningkatan pajak terjadi setelah tahun kedua. Pajak yang meningkat setelah dua tahun berpengaruh pada pendapatan keuntungan yang lebih rendah.

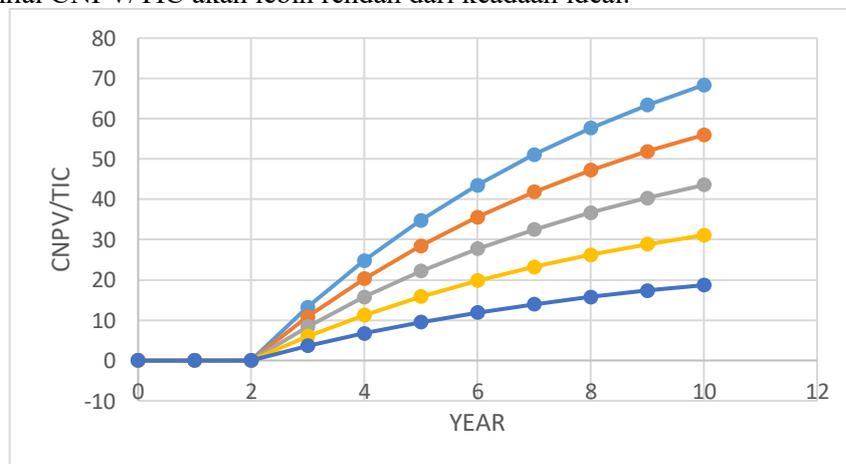
Selain memberikan pengaruh pada keuntungan, variasi besaran pajak juga mempengaruhi Payback Period (PBP). Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi pajak yang dikeluarkan maka PBP untuk biaya investasi awal akan lebih lama dari kondisi ideal. Pada variasi pajak sebesar 10, 25, 50, dan 75% memiliki nilai CNPV/TIC yang positif atau diatas 0. Namun, pada variasi pajak sebesar 100%, nilai CNPV/TIC tetap negatif atau dibawah 0. Hal ini menunjukkan bahwa proyek tidak menghasilkan keuntungan sampai pada tahun ke-10. Oleh karena itu, pajak maksimum yang diperoleh untuk mencapai PBP pada pemulihan biaya investasi awal adalah 75%. Jika perubahan pajak yang didapat lebih dari 75%, maka proyek akan gagal.



Gambar 4 grafik CNPV/TIC pada variasi pajak

**Perubahan penjualan**

Faktor penjualan produk sangat berpengaruh pada keberhasilan suatu proyek. Faktor ini merupakan faktor utama yang dapat membuat proyek dapat berjalan terus menerus. Gambar 5 menunjukkan grafik CNPV selama 10 tahun pada variasi penurunan persentase penjualan. Sumbu y dalam grafik tersebut merupakan CNPV/TIC (%) dan sumbu x merupakan masa hidup (tahun) proyek. Analisis dilakukan dengan menurunkan jumlah penjualan sebanyak 20, 40, 60, dan 80% dan dibandingkan pada penjualan normal (keadaan ideal). Kurva menunjukkan bahwa semakin turun jumlah penjualan, maka nilai CNPV/TIC akan lebih rendah dari keadaan ideal.

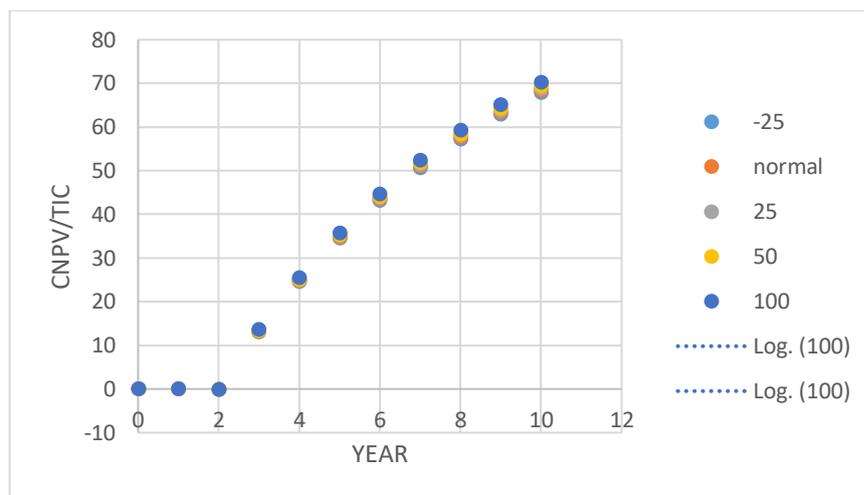


Gambar 5 grafik CNPV/TIC pada variasi penjualan.

**Perubahan variable cost (bahan baku dan utilitas)**

Faktor-faktor seperti harga bahan baku, utilitas, dan buruh dapat mempengaruhi keberhasilan suatu proyek. Gambar 6 menunjukkan grafik CNPV selama 10 tahun dengan variasi harga bahan baku. Analisis variasi harga bahan baku dilakukan dengan cara menurunkan harga bahan baku sebesar 25% dan menaikkan harga bahan baku sebesar 25, 50, serta 100%. Grafik variasi harga bahan baku tersebut dibandingkan dengan grafik pada kondisi ideal (normal).

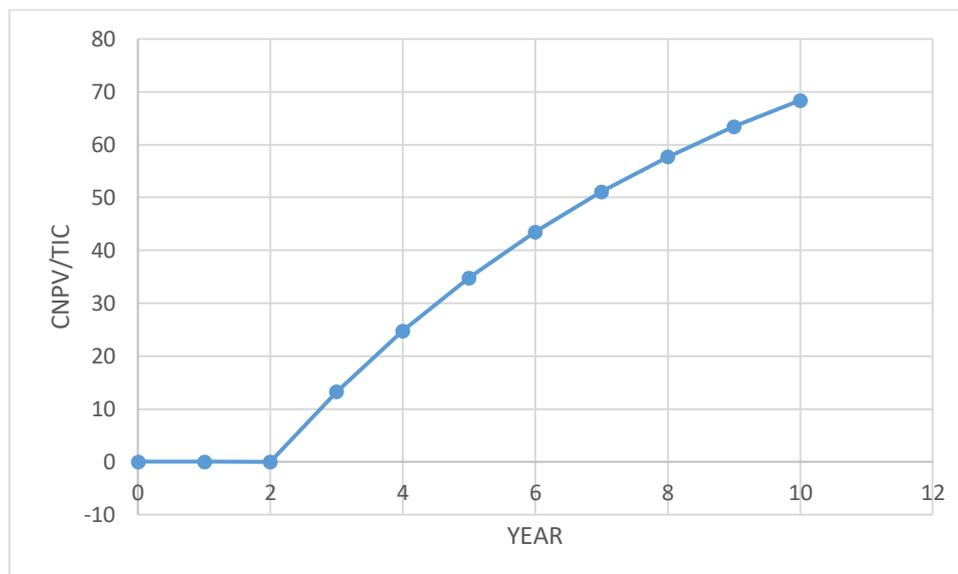
Pengaruh variasi harga bahan baku terlihat setelah 2 tahun masa hidup proyek. Penurunan harga bahan baku mengakibatkan peningkatan keuntungan dari kondisi ideal. Sedangkan peningkatan harga bahan baku mengakibatkan penurunan keuntungan dari kondisi ideal. Hasil PBP dari variasi harga bahan baku -25%, normal, +25, +50, +75, dan +100% dicapai pada tahun ke-2 sampai 3. Sehingga, proyek ini akan tetap berhasil walaupun harga bahan baku naik sampai 100% dari harga normal.



Gambar 6 Grafik CNPV/TIC pada variasi harga bahan baku

Gambar 7 menunjukkan grafik CNPV selama 10 tahun dengan variasi utilitas. Analisis variasi utilitas dilakukan dengan cara menurunkan biaya utilitas sebesar 25% dan menaikkan biaya utilitas sebesar 25, 50, serta 100%. Grafik variasi harga bahan baku tersebut dibandingkan dengan grafik pada kondisi ideal (normal).

Menurut grafik yang disajikan pada Gambar 7, penurunan dan peningkatan biaya utilitas tidak mengakibatkan perubahan nilai CNPV/TIC secara signifikan. Kurva pada seluruh variasi biaya utilitas terlihat berimpitan. Hal tersebut menunjukkan bahwa penurunan dan peningkatan biaya utilitas tidak memberikan pengaruh yang besar walaupun biaya utilitas naik sebesar 100% dari biaya normal. Oleh karena itu, proyek ini dianggap akan berhasil dan tidak mempengaruhi keuntungan meskipun ada perubahan biaya utilitas sampai dua kali lipat.



Gambar 7 grafik CNPV/TIC pada variasi harga utilitas

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, proyek produksi nanopartikel nikel hidroksida menggunakan metode elektrolisis menggunakan tegangan tinggi dengan bahan baku utama logam nikel menunjukkan proyek yang prospektif dari perspektif ekonomi. Analisis PBP menunjukkan bahwa investasi menguntungkan setelah proyek berjalan selama lebih dari 2 tahun. Proyek ini dapat bersaing dengan standar pasar modal PBP karena biaya pemulihan investasi awal yang singkat. Metode elektrolisis bertegangan tinggi memiliki keuntungan, yaitu mudah dikembangkan, ekonomis, dan efisien. Dari analisis evaluasi ekonomi ini, dapat disimpulkan bahwa proyek ini layak untuk dijalankan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allagui, A., and Wüthrich, R. (2011). The electrochemical discharges for the synthesis of nickel oxide nanoparticles: Characterization and mechanism. *Electrochimica Acta*, vol. 58, pp. 12-18.
- Ananikov, V. P. (2015). Nickel: the “spirited horse” of transition metal catalysis. *ACS Catalysis*, 5(3), 1964-1971.
- Corrias, A., Ennas, G., Licheri, G., Marongiu, G., & Paschina, G. (1990). Amorphous metallic powders prepared by chemical reduction of metal ions with potassium borohydride in aqueous solution. *Chemistry of Materials*, 2(4), 363-366.
- Kang, G. S., Gillespie, P. A., Gunnison, A., Moreira, A. L., Tchou-Wong, K. M., and Chen, L. C. (2011). Long-term inhalation exposure to nickel nanoparticles exacerbated atherosclerosis in a susceptible mouse model. *Environmental Health Perspectives*, vol. 119, no. 2, pp. 176-181.
- Khan, Y., Durrani, S. K., Mehmood, M., Jan, A., and Abbasi, M. A. (2011). pH-dependant structural and morphology evolution of Ni(OH)<sub>2</sub> nanostructures and their morphology retention upon thermal annealing to NiO. *Materials Chemistry and Physics*, vol. 130, no. 3, pp. 1169-1174.
- McRae, M. E. (2018). Nickel. *Mineral Commodity Summaries*, 112-113.
- Motlagh, M. K., Youzbashi, A. A., Hashemzadeh, F., and Sabaghzadeh, L. (2013). Structural properties of nickel hydroxide/oxyhydroxide and oxide nanoparticles obtained by microwave-assisted oxidation technique. *Powder Technology*, vol. 237, pp. 562-568.
- Motlagh, M. K., Youzbashi, A. A., and Sabaghzadeh, L. (2011). Synthesis and characterization of Nickel hydroxide/oxide nanoparticles by the complexation-precipitation method. *International Journal of Physical Sciences*, vol. 6, no. 6, pp. 1471-1476.
- Nandiyanto, A. B. D., Maulana, A. C., Ragadhita, R., & Abdullah, A. G. (2018). Economic evaluation of the production ethanol from cassava roots. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 288, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.
- Parsons, J. G., Peralta-Videa, J. R., & Gardea-Torresdey, J. L. (2007). Use of plants in biotechnology: synthesis of metal nanoparticles by inactivated plant tissues, plant extracts, and living plants.

Developments in environmental science, 5, 463-485.

- Pramana, Y. B. (2016). SINTESIS NANOPARTIKEL NIKEL HIDROKSIDA SECARA ELEKTROKIMIA DENGAN PENAMBAHAN NA-SITRAT SEBAGAI AGEN PEREDUKSI. *STIGMA: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Unipa*, 9(01).
- Ramesh, T. N., and Kamath, P. V. (2006). Synthesis of nickel hydroxide: effect of precipitation conditions on phase selectivity and structural disorder. *Journal of Power Sources*, vol. 156, no. 2, pp. 655-661.
- Tientong, J., Garcia, S., Thurber, C. R., and Golden, T. D. (2014). Synthesis of nickel and nickel hydroxide nanopowders by simplified chemical reduction. *Journal of Nanotechnology*, vol. 2014, pp. 1-6.
- Vinichenko, Y. P., and Sidorova, E. N. (2016, August). Synthesis and characterization of nickel hydroxide nanoparticles obtained by chemical deposition method under different precipitation conditions. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 741, No. 1, p. 012194). IOP Publishing.
- Wanta, K. C., Tanujaya, F. H., Susanti, R. F., Petrus, H. T. B. M., Perdana, I., & Astuti, W. (2018). Studi kinetika proses atmospheric pressure acid leaching bijih laterit limonit menggunakan larutan asam nitrat konsentrasi rendah.
- Wu, S. H., & Chen, D. H. (2003). Synthesis and characterization of nickel nanoparticles by hydrazine reduction in ethylene glycol. *Journal of Colloid and Interface Science*, 259(2), 282-286.
- Wu, Z., Ge, S., Zhang, M., Li, W., and Tao, K. (2009). Synthesis of nickel nanoparticles supported on metal oxides using electroless plating: Controlling the dispersion and size of nickel nanoparticles. *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 330, no. 2, pp. 359-366.

*Fauzan Alfaridzi Ananda Avip, Asep Bayu Dani Nandiyanto*

Submitted: **25/12/2022**; Revised: **09/01/2023**; Accepted: **10/01/2023**; Published: **31/01/2023**