

**ANALISIS TEKNO–EKONOMI PRODUKSI MATERIAL LaNi_5
MELALUI METODE *COMBUSTION–REDUCTION* DAN
*COPRECIPITATION–REDUCTION***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains
dalam bidang Kimia



Oleh
MUHAMMAD IRFANSYAH MAULANA
1607608

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2020**

**ANALISIS TEKNO–EKONOMI PRODUKSI MATERIAL LaNi_5
MELALUI METODE *COMBUSTION–REDUCTION* DAN
*COPRECIPITATION–REDUCTION***

Oleh
Muhammad Irfansyah Maulana

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia pada Fakultas Pendidikan Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam

© Muhammad Irfansyah Maulana 2020
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2020

Hak cipta dilindungi undang-undang.

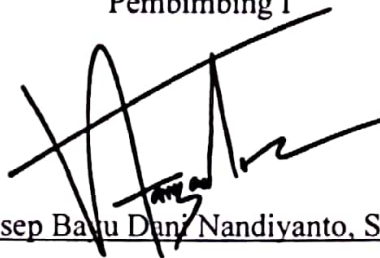
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS TEKNO-EKONOMI PRODUKSI MATERIAL LaNi₅
MELALUI METODE *COMBUSTION-REDUCTION* DAN
*COPRECIPITATION-REDUCTION***

MUHAMMAD IRFANSYAH MAULANA

Disetujui dan disahkan oleh,
Pembimbing I



Dr. Eng. Asep Batu Dan Nandiyanto, S.T., M.Eng.

NIP. 198309192012121002

Pembimbing II



Dr. Ir. Jarot Raharjo, M.Sc.

NIP. 197103151996031003

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI



Dr. Hendrawan, M.Si.

NIP. 196310291987031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Dengan ini, saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**ANALISIS TEKNO-EKONOMI PRODUKSI MATERIAL LaNi₅ MELALUI METODE *COMBUSTION-REDUCTION* DAN *COPRECIPITATION-REDUCTION***” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2020

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Irfansyah Maulana

NIM. 1607608

KATA PENGANTAR

Marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, Allah SWT. Shalawat serta salam semoga senantiasa melimpah kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar S.Si. (Sarjana Sains) dalam bidang Kimia.

Skripsi yang berjudul “**ANALISIS TEKNO-EKONOMI PRODUKSI MATERIAL LaNi_5 MELALUI METODE *COMBUSTION-REDUCTION* DAN *COPRECIPITATION-REDUCTION***” ini adalah hasil penelitian yang telah penulis lakukan di Program Studi Kimia, Departemen Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis berharap karya ilmiah ini dapat menjadi rujukan bagi para peneliti yang memfokuskan risetnya dalam analisis tekno-ekonomi produksi material khususnya pengembangan material energi penyimpanan hidrogen. Akhir kata, penulis telah berusaha sebaik mungkin untuk membuat karya ilmiah ini. Namun, apabila terdapat kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan dari sudut pandang pembaca, penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Penulis berharap karya ilmiah ini dapat menjadi khazanah keilmuan dan dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bandung, Agustus 2020

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bpk. Dr. Yayan Sunarya, M.Si., Alm. yang sejak awal telah mendukung dan membantu penulis untuk mempersiapkan penelitian skripsi;
2. Pembimbing I Bpk. Dr.Eng. Asep Bayu Dani Nandiyanto, S.T., M.Eng. yang telah mengarahkan dan membimbing penulis untuk menyelesaikan penelitian skripsi dan mempublikasikannya di masa pandemi COVID-19;
3. Pembimbing II Bpk. Dr. Ir. Jarot Raharjo, M.Sc. yang telah membimbing dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan penelitian skripsi;
4. Ketua Departemen Pendidikan Kimia Bpk. Dr. Hendrawan, M.Si., Ketua Program Studi Kimia Ibu Fitri Khoerunnisa, M.Si., Ph.D., dan Koordinator KBK Kimia Material Bpk. Dr. Budiman Anwar, M.Si. yang telah mendukung dan memberi izin untuk melaksanakan penelitian;
5. Dosen-dosen di lingkungan Departemen Pendidikan Kimia yang telah memberikan ilmu sebagai bekal untuk melaksanakan penelitian skripsi;
6. Rekan mahasiswa Kimia C/2016 dan KBK Kimia Material yang telah berbagi cerita dan ilmu selama menempuh pendidikan di Prodi Kimia. Terkhusus kepada Pasukan S.Si. Kimia (Arben, Arib, Deri, Erwin, Fikri, Hilmi, Imam) dan rekan penelitian Dea Bella Dewary Atika Putri yang telah kebersamai dan bekerjasama untuk menyelesaikan penelitian;
7. Keluarga Mahasiswa Nahdlatul Ulama UPI yang terus memberikan cerita berharga dan mendorong kekuatan spiritual dan emosional penulis;
8. Keluarga tercinta (Ayah, Mama, Febi, Demian, Dafi) yang telah membesarkan dan mendoakan penulis untuk menjadi orang yang bermanfaat bagi sesama.

Semoga segala kebaikan dicatat sebagai amal ibadah dan senantiasa diberikan kesehatan, keselamatan, serta meraih tempat terbaik di sisi Allah SWT.

Bandung, Agustus 2020

Penulis

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melaporkan desain proses dan evaluasi ekonomi pada produksi material LaNi_5 untuk aplikasi energi dan penyimpanan hidrogen. Penelitian ini membandingkan dua tipe metode pada sintesis material LaNi_5 , yaitu metode *combustion-reduction* dan *coprecipitation-reduction*. Untuk mendukung analisis tekno-ekonomi tersebut, beberapa parameter ekonomi seperti *gross profit margin* (GPM), *payback period* (PBP), *break-even point* (BEP), *cumulative net present value* (CNPV), dan *profitability index* (PI), *internal rate of return* (IRR), dan *return on investment* (ROI) telah dihitung pada kondisi ideal dan pada beberapa kasus-kasus. Kasus-kasus tersebut meliputi kondisi internal (perubahan bahan baku, penjualan, utilitas, tenaga kerja, biaya variabel, dan kapasitas produksi) serta kondisi eksternal (pajak dan subsidi). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa proyek yang dijalankan prospektif dari sudut pandang teknik yang ikut didukung dengan analisis biaya. Analisis ekonomi menunjukkan bahwa GPM, PBP, BEP, CNPV, dan PI memiliki hasil yang positif sedangkan IRR dan ROI negatif. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa proyek layak untuk dijalankan pada produksi skala besar, tetapi kurang menarik bagi investor industri. Analisis ini juga mengonfirmasi bahwa produksi melalui metode *combustion-reduction* lebih baik daripada melalui *coprecipitation-reduction*. Penelitian ini menunjukkan pentingnya pengembangan lebih lanjut pada produksi material LaNi_5 .

Kata kunci: Desain proses, evaluasi ekonomi, studi kelayakan, LaNi_5 .

ABSTRACT

This study aims to report engineering process design and economic evaluation in the production of LaNi₅ materials for energy and hydrogen storage applications. This study compared two types of synthesis methods: combustion-reduction and coprecipitation-reduction. To support the analysis, several economic parameters (i.e., gross profit margin (GPM), payback period (PBP), break-even point (BEP), cumulative net present value (CNPV), profitability index (PI), internal rate return (IRR), and return on investment (ROI)) were calculated in the ideal condition and the worst of cases of the project. The worst case was applied to the calculated based on internal problems (i.e., raw materials, sales, utility, labor, variable cost, and production capacity), as well as external issues (i.e., taxes and subsidiaries). The results showed that from the engineering point of view supported by the cost analysis, the project is prospective. The economic analysis from GPM, PBP, BEP, CNPV, and PI resulted positive, while IRR and ROI are negative. These results indicated that the project is acceptable for large-scale production, but it seems to be less attractive for industrial investors. This analysis also confirmed that the combustion-reduction process is better than the coprecipitation-reduction. This study demonstrates the important of this project for further developments.

Keywords: Process design, economic evaluation, feasibility study, LaNi₅.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
ABSTRAK.....	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Material Penyimpanan Hidrogen.....	3
2.2. Material AB ₅	3
2.3. Sintesis Material LaNi ₅ Menggunakan Metode <i>Combustion–Reduction</i> dan <i>Coprecipitation–Reduction</i>	4
2.4. Analisis Tekno–Ekonomi	5
2.5. Desain Proses	6
2.6. Evaluasi Ekonomi	6
2.6.1. Parameter Dasar	6
2.6.2. Biaya Produksi	7
2.6.3. Faktor Estimasi Keuangan	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1. Prosedur Penelitian.....	11

3.2.	Desain Proses	12
3.2.1.	Sintesis Teoritik Material LaNi_5	12
3.2.2.	Asumsi-asumsi Desain Proses	13
3.3.	Evaluasi Ekonomi	13
3.3.1.	Parameter Evaluasi Ekonomi	13
3.3.2.	Kondisi Ideal	14
3.3.3.	Perubahan Kondisi Internal dan Eksternal	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		16
4.1.	Desain Proses	16
4.2.	Evaluasi Ekonomi	20
4.2.1.	Kondisi Ideal	20
4.2.2.	Perubahan Bahan Baku, Penjualan, Utilitas, dan Tenaga Kerja	23
4.2.3.	Perubahan Biaya Variabel	29
4.2.4.	Perubahan Kapasitas Produksi	29
4.2.5.	Perubahan Pajak dan Subsidi	32
BAB V SIMPULAN DAN REKOMENDASI		34
5.1.	Simpulan.....	34
5.2.	Rekomendasi	34
DAFTAR PUSTAKA		35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur dari (a) material LaNi ₅ , (b) situs tetrahedral, dan (c) situs oktahedral.....	4
Gambar 3.1 Diagram alir prosedur penelitian	11
Gambar 4.1 <i>Process flow diagram</i> pada produksi material LaNi ₅ melalui metode CR	18
Gambar 4.2 <i>Process flow diagram</i> pada produksi material LaNi ₅ melalui metode CPR.....	19
Gambar 4.3 Kondisi ideal pada produksi material LaNi ₅ melalui metode (a) CR dan (b) CPR.....	21
Gambar 4.4 Pengaruh perubahan harga bahan baku (reagen) terhadap GPM untuk produksi material LaNi ₅ melalui metode (a) CR dan (b) CPR	25
Gambar 4.5 Pengaruh perubahan harga bahan baku (reduktor) terhadap GPM untuk produksi material LaNi ₅ melalui metode (a) CR dan (b) CPR	25
Gambar 4.6 Pengaruh perubahan harga penjualan (produk) terhadap GPM untuk produksi material LaNi ₅ melalui metode (a) CR dan (b) CPR	25
Gambar 4.7 Analisis PI profit-to-sales sebagai fungsi dari bahan baku, penjualan, utilitas, dan tenaga kerja untuk produksi material LaNi ₅ melalui metode (a) CR dan (b) CPR	26
Gambar 4.8 Analisis PI profit-to-investment sebagai fungsi dari bahan baku, penjualan, utilitas, dan tenaga kerja untuk produksi material LaNi ₅ melalui metode (a) CR dan (b) CPR.....	26
Gambar 4.9 Analisis BEP sebagai fungsi dari bahan baku, penjualan, utilitas, dan tenaga kerja untuk produksi material LaNi ₅ melalui metode (a) CR dan (b) CPR. Sisipan gambar adalah analisis BEP pada rentang spesifik (-100% hingga 300%)	28

Gambar 4.10 Kurva CNPV/TIC terhadap waktu proyek untuk produksi material LaNi_5 melalui metode (a) CR dan (b) CPR. Sisipan gambar adalah analisis PBP berdasarkan biaya variabel.....30

Gambar 4.11 Kurva CNPV/TIC terhadap waktu proyek untuk produksi material LaNi_5 melalui metode (a) CR dan (b) CPR. Sisipan gambar adalah analisis PBP berdasarkan kapasitas produksi.....31

Gambar 4.12 Kurva CNPV/TIC terhadap waktu proyek untuk produksi material LaNi_5 melalui metode (a) CR dan (b) CPR. Sisipan gambar adalah analisis PBP berdasarkan pajak dan subsidi.....33

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beberapa senyawa intermetalik, prototipe, dan strukturnya	3
Tabel 2.2 Ringkasan metode sintesis material LaNi ₅	4
Tabel 2.3 Faktor diskon untuk menghitung biaya pabrikasi	8
Tabel 2.4 <i>Lang Factor</i> untuk menghitung total biaya investasi.....	9
Tabel 4.1 Parameter evaluasi ekonomi pada produksi material LaNi ₅ melalui metode CR dan CPR	21

DAFTAR PUSTAKA

- Aruna, S.T., & Mukasyan, A.S. (2008). Combustion synthesis and nanomaterials. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 12(3–4), 44–50.
- Bank Indonesia. (2019). BI 7-day (Reverse) Repo Rate. Retrieved from <https://www.bi.go.id/id/moneter/bi-7day-RR/data/Contents/Default.aspx>
- Bhutta, K.S., & Huq, F. (2002). Research paper Supplier selection problem: a comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches. *Supply Chain Management: An International Journal*, 7(3).
- Brennan, D.J., & Golonka, K.A. (2002). Evolving Process Designs. *Hand, The*, 80(September).
- Broom, D.P. (2011). *Hydrogen Storage Materials*. New York, NY: Springer Science & Business Media.
- Burlakova, A.G., & Shilkin, S.P. (2003). Reaction of lanthanum carbonates with nickel in aqueous medium. *Russian Journal of General Chemistry*, 73(9), 1331–1334.
- Comanor, W.S., & Wilson, T.A. (1979). The Effect of Advertising on Competition: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 17(2), 453–476.
- Cuevas, F., Joubert, J.M., Latroche, M., & Percheron-Guégan, A. (2001). Intermetallic compounds as negative electrodes of Ni/MH batteries. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, 72(2), 225–238.
- Frioui, S., & Oumeddour, R. (2008). Investment and production costs of desalination plants by semi-empirical method. *Desalination*, 223, 457–463.
- Furukawa, S., Ozawa, K., & Komatsu, T. (2013). Preparation of alumina-supported intermetallic compounds. *RSC Advances*, 3(45), 23269–23277.
- Garrett, D. E. (2012). *Chemical Engineering Economics*. New York, NY: Springer Science & Business Media.
- Heizer, J., & Render, B. (2014). *Operations Management* (11th ed.). London: Pearson Education.
- Iwakura, C., Inoue, H., & Nohara, S. (2001). Hydrogen–Metal Systems: Electrochemical Reactions (Fundamentals and Applications). In *Encyclopedia of Materials: Science and Technology* (pp. 3923–3941).

- Jana, S. (2015). Advances in nanoscale alloys and intermetallics: Low temperature solution chemistry synthesis and application in catalysis. *Dalton Transactions*, 44(43), 18692–18717.
- Kolthoff, I. M. (1932). Theory of Coprecipitation: The Formation and Properties of Crystalline Precipitates. *Journal of Physical Chemistry*, 36(3), 860–881.
- Kusinski, J., Kowalski, K., Kac, S., Matteazzi, P., Krebs, M., Morgiel, J., & Cochet, S. (2012). Microstructure of LaNi₅ base nanopowders produced by high energy ball milling. *Solid State Phenomena*, 186, 124–129.
- Lakner, J.F., Uribe, F.S., & Steward, S.A. (1980). HYDROGEN AND DEUTERIUM SORPTION BY SELECTED RARE EARTH INTERMETALLIC COMPOUNDS AT PRESSURES UP TO 1500 atm. *Journal of the Less-Common Metals*, 72(1), 87–105.
- Liptak, B. G. (2003). *Process Measurement and Analysis* (4th ed.). New York, NY: CRC Press.
- Liu, W., & Aguey-Zinsou, K-F. (2016). Low temperature synthesis of LaNi₅ nanoparticles for hydrogen storage. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(3), 1679–1687.
- Liu, Y., Pan, H., Gao, M., & Wang, Q. (2011). Advanced hydrogen storage alloys for Ni/MH rechargeable batteries. *Journal of Materials Chemistry*, 21(13), 4743–4755.
- Mann, U. (2009). *PRINCIPLES OF CHEMICAL REACTOR ANALYSIS AND DESIGN* (2nd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Nandiyanto, A.B.D., Kurnia, & Sofiani, D. (2016). *Pengantar Kimia Industri* (3rd ed.). Bandung: UPI Press.
- Nandiyanto, A.B.D. & Ragadhita, R. (2019). *Evaluasi Ekonomi Perancangan Pabrik Kimia*. Bandung: Rumah Publikasi Indonesia.
- Nandiyanto, A.B.D. (2018). Cost analysis and economic evaluation for the fabrication of activated carbon and silica particles from rice straw waste. *Journal of Engineering Science and Technology*, 13(6), 1523–1539.
- Patil, K. C., Aruna, S. T., & Ekambaram, S. (1997). Combustion synthesis. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 2(2), 158–165.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., & West, R. E. (2002). *Plant Design and*

- Economics for Chemical Engineers. In *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (5th ed.).
- Ravichandran, K., Praseetha, P. K., Arun, T., & Gobalakrishnan, S. (2018). Synthesis of Nanocomposites. In *Synthesis of Inorganic Nanomaterials*.
- Rokhmatin, R. (2011). *Perancangan Pabrik Dietil Eter dari Etanol dengan Proses Dehidrasi Kapasitas 30.000 Ton per Tahun*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sarhaddi, R., Arabi, H., & Pourarian, F. (2014). Structural, morphological, magnetic and hydrogen absorption properties of LaNi₅ alloy: A comprehensive study. *International Journal of Modern Physics B*, 28(14), 1–20.
- Sau, T. K., & Rogach, A. L. (2012). Colloidal Synthesis of Noble Metal Nanoparticles of Complex Morphologies. 7–90.
- Ulrich, G. D., & Vasudevan, P. T. (2006). *How to Estimate Utility Costs for a number of utilities*, April, 66–69.
- Wijanarko, A., Najooan, N.S., & Prenaly, S. (2005). Tinjauan Kelayakan Ekonomi dan Teknis Perancangan Gas Alam dengan Umpan dari Lapangan Gas Senoro. *Jurnal Teknologi*, 327–337.
- Winter, O. (1969). Preliminary Economic Evaluation of Chemical Processes at the Research Level. *Industrial and Engineering Chemistry*, 61(4), 45–52.
- Xiao, Y., Liu, Y., Yuan, D., Zhang, J., & Mi, Y. (2006). Synthesis of rod-shaped LaNi₅ alloy via solid reduction method. *Materials Letters*, 60(21–22), 2558–2560.
- Yakymovych, A., & Ipsier, H. (2017). Synthesis and Characterization of Pure Ni and Ni-Sn Intermetallic Nanoparticles. *Nanoscale Research Letters*, 12(1), 1–7.
- Yasuda, N., Tsuchiya, T., Sasaki, S., Okinaka, N., & Akiyama, T. (2011). Self-ignition combustion synthesis of LaNi₅ at different hydrogen pressures. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(14), 8604–8609.
- Zhu, K., Zhang, M., Hong, J., & Yin, Z. (2005). *Size effect on phase transition sequence of TiO₂ nanocrystal*. 403, 87–93.
- Züttel, A. (2003). Materials for hydrogen storage. *Materials Today*, 6(9), 24–33.

RIWAYAT SINGKAT PENULIS



Muhammad Irfansyah Maulana yang lahir di Sukabumi, 12 Juni 1999 adalah anak pertama dari pasangan Bpk. H. Dadang Suherman dan Ibu Cucu Yuhani. Ia menamatkan pendidikan dasarnya di SD Negeri 1 Kompa, Kabupaten Sukabumi (2006–2010). Selepas itu, ia merantau ke Kabupaten Tasikmalaya untuk menimba ilmu dan pengalaman di Pondok Pesantren Cipasung, Singaparna sekaligus menyelesaikan pendidikan menengahnya di MTs Cipasung (2010–2013) dan SMA Islam Cipasung (2013–2016). Kecintaannya terhadap ilmu Kimia telah dimulai sejak awal masuk SMA. Lantas, ia membangun kemandiriannya kembali dengan merantau ke Kota Bandung dan melanjutkan pendidikan tingginya di Universitas Pendidikan Indonesia (2016–2020) pada Program Studi S1 Kimia dengan mengambil kelompok bidang kajian Kimia Material.