

**PENGARUH RAPAT ARUS DAN KONSENTRASI ION NIKEL
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN FOIL NIKEL
DENGAN METODE ELEKTROLISIS**

JURNAL ILMIAH

RIO WELDI

123.18.005



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
BEKASI
MARET 2023**

**PENGARUH RAPAT ARUS DAN KONSENTRASI ION NIKEL
TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN FOIL NIKEL
DENGAN METODE ELEKTROLISIS**

JURNAL ILMIAH

RIO WELDI

123.18.005

Bekasi, Maret 2023

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1



Dr. Soleh Wahyudi, S.T., M.T.

NIDN: 0410017105

PENGARUH RAPAT ARUS DAN KONSENTRASI ION NIKEL TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN FOIL NIKEL DENGAN METODE ELEKTROLISIS

Rio Weldi¹, Soleh Wahyudi²

Program Studi Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung, Kota Deltamas Lot-A1 CBD, Jl. Ganesha Boulevard, Pasirranji, Kec. Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17530
email : rioweldi508@gmail.com

Abstrak

Foil nikel bisa dibuat dengan metode elektrolisis. *Roughness* pada foil nikel berpengaruh pada pengaplikasiannya, seperti untuk pengaplikasian pembuatan lapisan grafena atau pengaplikasian pada baterai. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari konsentrasi ion Ni dan rapat arus terhadap *Roughness* dari foil nikel dengan melakukan percobaan menggunakan metode elektrolisis. Percobaan elektrolisis foil nikel dilakukan dengan menggunakan anoda plat nikel dengan kemurnian (99,9%) dan material *stainless steel 316 L* sebagai katoda. Kondisi operasional proses elektrolisis dilakukan menggunakan bahan larutan elektrolit yaitu $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Rentang kondisi operasional untuk konsentrasi ion Ni adalah 1,063-1,332 mol/liter, dengan rapat arus 0,01-0,07 A/cm^2 dan waktu elektrolisis 20,92-146,45 menit. Setelah dilakukan proses elektrolisis didapat endapan foil pada katoda lalu dilakukan pembilasan, pengeringan, *peeling*, penimbangan berat, pengukuran ketebalan dan pengukuran kekasaran. Foil nikel yang telah ditimbang data nya digunakan dalam perhitungan efisiensi arus dan konsumsi energi, foil nikel pada kekasaran 0,1-0,4 μm kemudian di karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui struktur morfologi foil nikel, *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX) untuk mengetahui komposisi unsur foil nikel, Uji Tarik untuk mengetahui nilai kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan perpanjangan, Uji kekerasan untuk mengetahui nilai kekerasan dalam HV dan HRC. Semakin tinggi rapat arus, nilai kekasaran permukaan yang didapat akan semakin tinggi, tetapi semakin tinggi nya konsentrasi ion nikel nilai kekasaran permukaan yang didapat akan semakin rendah. Efisiensi arus elektrolisis foil nikel didapat pada rentang 83-99% dan Konsumsi energi pada rentang 43-112 Watt.menit/gram. Foil nikel dengan kekasaran permukaan 0,1-0,4 μm memiliki karakteristik kekerasan tertinggi yaitu 522 HV, kekuatan tarik tertinggi yaitu 15 MPa, kekuatan luluh 11 MPa, dan perpanjangan 29,58%. Didapat hasil EDX dengan unsur Ni sebesar 96,45% dan C 3,55%.

KATA KUNCI: Elektrolisis, Foil Nikel, Efisiensi Arus, *Roughness*.

Abstract

Nickel foil can be made by electrolysis method. Roughness in nickel foil affects its application, such as for the application of making graphene layers or application in batteries. This study was conducted to determine the effect of Ni ion concentration and current density on the roughness of nickel foil by conducting experiments using the electrolysis method. The nickel foil electrolysis experiment was conducted using nickel plate anode with purity (99.9%) and 316 L stainless steel material as cathode. The operational conditions of the electrolysis process were carried out using electrolyte solution materials, namely $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. The range of operational conditions for Ni ion concentration is 1.063-1.332 mol/liter, with a current density of 0.01-0.07 A/cm^2 and electrolysis time of 20,92-146,45 minutes. After the electrolysis process, foil deposits were obtained at the cathode and then rinsing, drying, peeling, weighing, thickness measurement and roughness measurement were carried out. Nickel foils that have been weighed are used in the calculation of current efficiency and energy consumption. Nickel foils at a roughness of 0.1-0.4 μm were then characterized by Scanning Electron Microscope (SEM) to determine the morphological structure of nickel foils, Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX) to determine the elemental composition of nickel foils, Tensile Test to determine the value of tensile strength, yield strength, and elongation, Hardness test to determine the value of hardness in HV and. The higher current density, obtained the higher surface roughness, but the higher nickel ion concentration, obtained the lower surface roughness. Nickel foil electrolysis current efficiency can be in the range of 83-99% and energy consumption in the range 43-112 Watt.minute/gram. Nickel foil with a surface roughness of 0.1-0.4 μm has the highest hardness characteristics of 522 HV, the highest tensile strength of 15 MPa, yield strength of 11 MPa, and an extension of 29,58%. EDX results were obtained with Ni elements of 96.45% and C 3,55%.

KEY WORDS: *Electrolysis, Nickel Foils, Current Efficiency, Roughness*

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Minat industri terus tumbuh dalam produksi strip besi tipis, atau foil, dengan ketebalan sekitar 0-1 mm, dengan metode elektrolisis. Foil bisa didefinisikan sebagai lembaran tipis yang ketebalannya berkisar antara 0-1mm.^[1] Senyawa nikel dan paduannya telah digunakan untuk berbagai penerapan dalam berbagai bentuk di bidang perdagangan dan industri. Nikel banyak digunakan dalam pembuatan baja tahan karat, paduan non-ferrous superalloy berbahan dasar nikel, komponen baterai, dan pengkatalisasi untuk beragam tujuan karena sifat uniknya yang tahan terhadap korosi dan suhu. Sumber sekunder dari nikel seperti skrap paduan super, debu logam, katalis bekas, dll, umumnya digunakan untuk pembuatan nikel sebagai bahan baku.

Foil nikel yang dibuat dengan proses elektrolisis, yang merupakan kunci untuk menghasilkan bahan yang sangat tipis tetapi juga lebih lebar dari pada yang mungkin dicapai dengan menggunakan metode penggulangan konvensional. Foil nikel adalah produk yang sangat serbaguna dan dapat diterapkan ke banyak proyek dan komponen yang berbeda.^[2] Seperti diterapkan menjadi *electronic applications*, *battery applications*, dan *current collector*.^[3]

Roughness menjadi faktor penting dalam spesifikasi foil nikel untuk terbentuknya lapisan grafena dan komponen pada baterai.^[4] Untuk menghasilkan foil nikel dengan metode elektrolisis, perlu ditetapkan kondisi optimum rapat arus dan konsentrasi nikel dalam larutan agar terpenuhi kriteria *roughness* yang disyaratkan.

Tujuan Penelitian

1. Mempelajari proses untuk menghasilkan foil nikel dengan metode elektrolisis.
2. Mempelajari pengaruh rapat arus dan konsentrasi nikel dalam larutan terhadap kekasaran permukaan foil nikel.
3. Mempelajari pengaruh rapat arus dan konsentrasi nikel dalam larutan terhadap efisiensi arus konsumsi energi untuk menghasilkan foil nikel dengan metode elektrolisis.
4. Menetapkan nilai rapat arus dan konsentrasi nikel dalam larutan yang optimum agar dihasilkan foil nikel yang memenuhi kriteria *roughness* yang disyaratkan

5. Mengetahui karakteristik foil nikel pada kondisi rapat arus dan konsentrasi nikel dalam larutan yang optimum.

II. METODOLOGI PENELITIAN

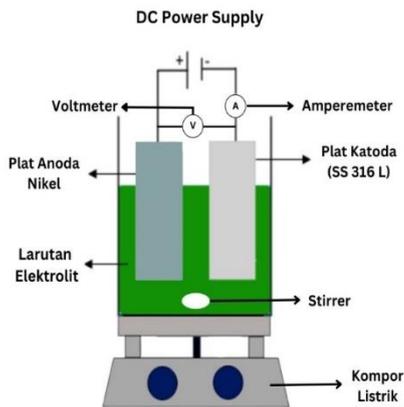
Alat dan Bahan :

1. Rectifier 10A – 30V DC
2. Tangki Elektrolisis
3. Busbar penggantung Anoda/Katoda
4. Timbangan 50 gr
5. Timbangan 5000 gr
6. Ultrasonic Vibrator
7. Thermometer
8. Magnetic Stirrer
9. Timer
10. Kain Anoda
11. Mikrometer
12. Hanger Anoda/Katoda
13. Pipet
14. Wadah Plastik
15. Penggaris
16. Gelas Ukur
17. Plastik Obat
18. Botol Plastik
19. Serbuk Nikel Sulfat ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
20. Serbuk Nikel Chloride ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
21. Boric Acid
22. Akuades
23. Anoda Plat Nikel
24. Plat Katoda *Stainless Steel 316L*
25. Tisu
26. Kertas Label

Larutan elektrolit dibuat dengan menggunakan bahan nikel sulfat ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dan nikel chloride ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), boric acid dan aquades sebagai pelarut. Sedangkan untuk elektroda anoda menggunakan logam nikel murni (99,99%) dengan ukuran panjang 17 cm x lebar 5 cm dan untuk elektroda katoda menggunakan plat *Stainless Steel grade 316L* dengan ukuran panjang 15 cm x lebar 1 cm, sebagai sumber arus DC digunakan rectifier. Proses elektrolisis dilakukan dalam sebuah gelas beaker kapasitas 1 liter. Larutan elektrolit, anoda nikel dan katoda *Stainless Steel 316L* dimasukkan ke dalam gelas beaker tersebut. Selanjutnya anoda logam nikel dihubungkan ke kutub positif dari rectifier dan katoda *Stainless Steel 316L* dihubungkan ke kutub negatif dari rectifier dengan menggunakan kabel. Instalasi alat elektrolisis foil nikel dapat dilihat dalam skema di Gambar 1. Proses elektrolisis foil nikel dilakukan selama 20,92-146,45 menit dan suhu larutannya berada di suhu ($60 \pm 1^\circ\text{C}$)

Parameter yang divariasikan dalam penelitian ini adalah Konsentrasi Ion Nikel, yaitu 1,046, 1,141, 1,237, dan 1,332 M, Rapat Arus, 0,01 dan 0,07 A/cm², dan Waktu Proses Elektrolisis 20,92 dan 146,45 Menit. Foil Nikel yang mengendap dipermukaan katoda di-peeling lalu dibilas dengan aquades dan dikeringkan. Foil Nikel yang memenuhi kriteria kekasaran permukaan yang telah ditentukan dikarakterisasi dengan *Scanning Electron Microscope (SEM)* untuk mengetahui struktur morfologi foil nikel, *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX)* untuk mengetahui komposisi unsur foil nikel, Uji Tarik untuk mengetahui nilai kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan perpanjangan, Uji kekerasan untuk mengetahui nilai kekerasan dalam HV dan HRC.

Variasi percobaan yang dilakukan tercantum dalam **Tabel 2.1**



Gambar 2. 1 Skema Sel Elektrolisis Foil Nikel

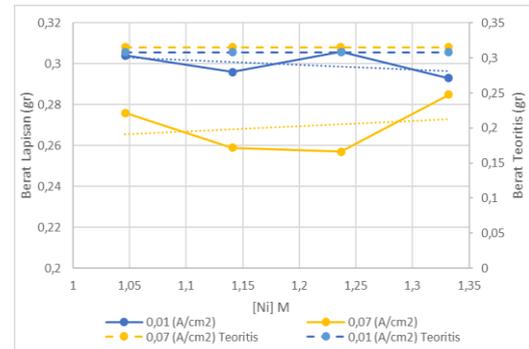
Tabel 2. 1 Variasi Percobaan

Sampel	Rapat Arus (A/cm ²)	Ni [M]	Waktu (Menit)	Panjang Terendam (cm)
1	0,01	1,046	146,45	12
2	0,01	1,141	146,45	12
3	0,01	1,237	146,45	12
4	0,01	1,332	146,45	12
5	0,07	1,046	20,92	12
6	0,07	1,141	20,92	12
7	0,07	1,237	20,92	12
8	0,07	1,332	20,92	12

III. Pembahasan

Berat Lapisan pada Variasi Konsentrasi Nikel dan Rapat Arus

Menurut hukum Faraday banyaknya endapan foil nikel yang terbentuk di katoda sangat ditentukan oleh besarnya arus yang digunakan dan lamanya waktu proses. [5]

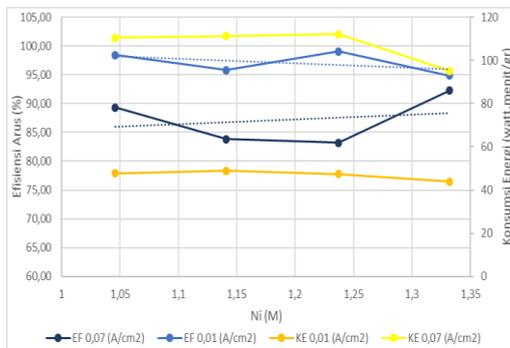


Gambar 3. 1 Grafik Berat Lapisan

Pada **Gambar 3.1** bisa dilihat bahwa hasil proses yang dilakukan tren yang dihasilkan cenderung naik turun, tidak sesuai dengan teori yang ada. Seharusnya apabila semakin tinggi konsentrasi ion nikel dan rapat arus berbanding lurus dengan endapan foil nikel yang terbentuk, karena konsentrasi ion nikel yang semakin tinggi akan membentuk gas hidrogen yang lebih sedikit dibanding dengan konsentrasi ion nikel yang lebih rendah dimana dengan sedikitnya gas hidrogen yang terbentuk akan memudahkan untuk terjadinya pembentukan endapan foil nikel dan rapat arus yang tinggi akan mempercepat terbentuknya endapan foil nikel, tetapi pada proses yang dilakukan ketebalan diatur tetap rata-rata sebesar 30 µm yang seharusnya rapat arus dan konsentrasi ion nikel tidak berpengaruh pada berat lapisan yang dihasilkan karena sesuai dengan perhitungan berat teoritis yang dilakukan pada semua variasi rapat arus dan konsentrasi ion nikel berat teoritis nya seragam yaitu 0,308 gr. Regresi grafik berat lapisan hasil percobaan seharusnya bergaris datar mirip dengan perhitungan teoritis meskipun pada kenyataannya cenderung naik turun.

Berat lapisan terendah yaitu 0,257 gr pada proses elektrolisis dengan rapat arus 0,07 A/cm² dan konsentrasi ion nikel 1,237 M, dan berat lapisan tertinggi yaitu 0,306 gr pada proses elektrolisis dengan rapat arus 0,01 A/cm² dan konsentrasi ion nikel 1,237 M.

Efisiensi Arus dan Konsumsi Energi pada Variasi Konsentrasi Nikel dan Rapat Arus

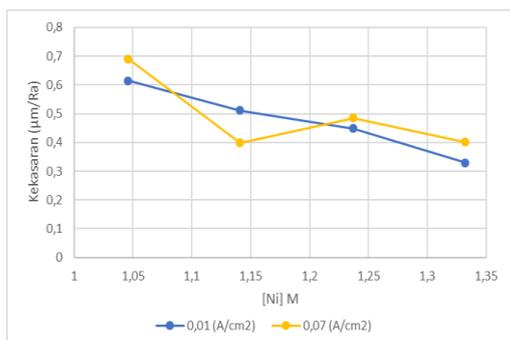


Gambar 3. 2 Grafik Efisiensi Arus dan Konsumsi Energi

Konsentrasi ion nikel yang tinggi dapat meningkatkan efisiensi arus dan menurunkan konsumsi energi, sementara rapat arus yang semakin tinggi akan menurunkan efisiensi arus dan meningkatkan konsumsi energi. Pada Gambar 3.2 diatas efisiensi arus cenderung menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi ion nikel dan rapat arus, sementara konsumsi energi semakin rendah seiring meningkatnya konsentrasi ion nikel dan menurunnya rapat arus. Sama halnya seperti pada pembahasan berat lapisan pada sub bab 4.2, rapat arus dan konsentrasi ion nikel juga tidak mempengaruhi efisiensi arus dan konsumsi energi karena pada proses yang dilakukan ketebalan diatur tetap rata-rata sebesar 30 μm, Regresi grafik efisiensi arus dan konsumsi energi seharusnya bergaris datar meskipun pada kenyataannya cenderung naik turun.

Efisiensi arus terendah didapat sebesar 79,64% pada proses elektrolisis dengan rapat arus 0,05 A/cm² dan konsentrasi ion nikel 1,332 M, dan efisiensi arus tertinggi yaitu 98,42%.

Pengaruh Konsentrasi Nikel dan Rapat Arus Terhadap Kekasaran Permukaan

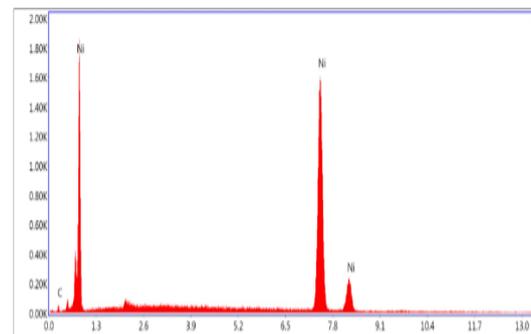


Gambar 3. 3 Grafik Kekasaran Permukaan

Tabel 3. 1 Karakteristik Foil Nikel

Foil Nikel Hasil Percobaan	RA	0,07 A/cm ²	Foil Nikel di Pasaran		
	[Ni]	1,141 M	Bibus Metals	Special Metals	Fukuda Metals
t	20,92 menit				
T	60±1 °C				
Komposisi	Ni	96,45%	99,7 % Min	99,5 % Min	99,9 Min
	C	3,55%	0,005 Max	0,01 Max	0,02 Max
Kekasaran (μm)	0,399	0,1-0,4	0,4	0,1-0,3	
Kuat Tarik (MPa)	15,12	640-790	570-780	700	
Kekerasan HV	522,14	-	195-205	-	
Tebal Foil (μm)	36	9-50	10-100	5-50	

Pada Tabel 3.1 diatas bisa dilihat karakteristik foil nikel yang memenuhi kriteria kekasaran permukaan 0,1-0,4 μm, didapat hasil EDX berupa senyawa dan unsur yaitu Ni sebesar 96,55% dan C sebesar 3,55% didapat pada proses dengan rapat arus 0,07 A/cm² konsentrasi ion nikel 1,141 M. Karakteristik foil nikel yang memenuhi kriteria kekasaran permukaan 0,1-0,4 μm memiliki kekuatan tarik yaitu 15,12 MPa, nilai kekerasan 522,14 HV dan ketebalan foil rata-rata 0,36 μm. Untuk hasil EDX bisa dilihat pada Gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3. 5 EDX Foil Nikel

Pada hasil EDX diatas didapat senyawa C yang cukup besar yaitu 3,55 %. Berbeda dengan produk Foil Nikel dipasaran karena senyawa C hanya diperbolehkan 0,005-0,02 % Maksimum. Hal itu kemungkinan bias saja terjadi karena pemakaian katoda SS 316 L dan NiCl₂ pada larutan elektrolit yang mungkin Fe₃C pada SS 316 L terlarut ke larutan elektrolit dan ikut terdepositasi.

IV. Kesimpulan

1. Dalam percobaan ini telah dihasilkan Foil Nikel dengan metode elektrolisis. dan telah memenuhi kriteria *roughness* dengan hasil *roughness* berada pada 0,329-0,399 $\mu\text{m Ra}$.
2. Kekasaran permukaan akan semakin rendah seiring meningkatnya Konsentrasi Ion Nikel dan menurunnya Rapat Arus.
3. Efisiensi Arus dan Konsumsi Energi pada elektrolisis foil nikel yaitu 83-99% untuk efisiensi arus dan 43-112 Watt.menit/gram untuk konsumsi energi.
4. Kondisi operasional elektrolisis untuk menghasilkan foil nikel dengan *roughness* 0,399 $\mu\text{m Ra}$ adalah Rapat Arus 0,07 A/cm^2 dan Konsentrasi Ion Nikel 1,141 M. Waktu elektrolisis 20,29 menit, suhu 60 ± 1 $^{\circ}\text{C}$. Pada kondisi tersebut efisiensi arus dan konsumsi energinya mencapai 83,85% dan 111,23 Watt.menit/gr.
5. Foil Nikel dengan *Roughness* 0,399 $\mu\text{m Ra}$ memiliki kekerasan 522,14 HV, kuat tarik 15,12 MPa *Elongation* 29,58% dan komposisi senyawa Ni 96,45% dan C 3,55%.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lai, S. H. F., & Mcgeough, J. A. (1979). *ELECTROFORMING AND MECHANICAL PROPERTIES OF IRON NICKEL ALLOY FOIL*.
- [2] Liu, T., Guo, Z., Wang, Z., & Wang, M. (2010). Structure and corrosion resistance of nickel foils deposited in a vertical gravity field. *Applied Surface Science*, 256(22), 6634–6640. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2010.04.062>
- [3] *Technical Datasheet Nickel foil*. (n.d.). www.BibusMetalmetals.com 24 Februari 2022
- [4] Seah, C. M., Vigolo, B., Chai, S. P., Ichikawa, S., Gleize, J., le Normand, F., Aweke, F., & Mohamed, A. R. (2016). Sequential synthesis of free-standing high-quality bilayer graphene from recycled nickel foil. *Carbon*, 96, 268–275. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2015.09.073>
- [5] Safardwiansyah, G. (2022). Program Studi Teknik Metalurgi Fakultas Teknik Dan Desain. *STUDI PENGARUH RAPAT ARUS DAN KONSENTRASI ION TEMBAGA TERHADAP EFISIENSI ARUS PADA ELEKTROLISIS SERBUK TEMBAGA MENGGUNAKAN ANODA INERT TIMAH HITAM*. [TUGAS AKHIR].
- [6] Barkey, D. P., Muller, R. H., & Tobias, C. W. (1989). *Roughness Development in Metal Electrodeposition I. Experimental Result*.