

Hubungan suhu anil dengan perubahan nilai resistivitas lapisan tipis Cu/Ni Hasil deposisi menggunakan teknik elektroplating

Riyan Dwi Prasetyo, Moh. Toifur, Azmi Khusnani

Magister Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan
Jl. Pramuka No. 42 Umbulharjo, Yogyakarta

E-mail: rianprasetyo90@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan suhu anil dengan perubahan nilai resistivitas lapisan tipis Cu/Ni hasil deposisi menggunakan teknik elektroplating dengan suhu larutan 60°C dan tegangan sebesar 1,5 volt selama 1 menit. Penelitian dilakukan dengan memberi perlakuan anil dengan variasi suhu pada masing-masing sampel lapisan tipis Cu/Ni yaitu, 100°C, 125°C, 150°C, 175°C, dan 200°C. Teknik analisis data penelitian ini dilakukan dengan cara menentukan nilai resistivitas lapisan Cu/Ni sebelum dan setelah dianil menggunakan rangkaian *probe* empat titik yang dianalisis dengan pencocokkan data menggunakan linieritas. Dari analisis tersebut dapat diketahui hubungan suhu anil dengan nilai resistivitas keping pada lapisan tipis Cu/Ni dari linieritas kurva hubungan antara suhu anil dengan perubahan resistivitas keping lapisan Cu/Ni. Berdasarkan data hasil penelitian, semakin besar suhu anil yang diberikan, maka semakin kecil perubahan nilai resistivitas lapisan Cu/Ni. Kurva hubungan antara suhu anil (x) dengan perubahan nilai resistivitas (y) adalah $y = -8E-07x + 0,0003$ dengan nilai $R^2 = 0.9686$.

1. Pendahuluan

Seiring perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang elektronika semakin maju, menyebabkan perkembangan di segala bidang berkembang pesat. Teknologi yang paling sering membantu kegiatan manusia dalam menjalankan aktivitas adalah teknologi di bidang sistem pengendali atau pengontrol.

Sensor suhu mempunyai bermacam-macam jenis, salah satunya adalah jenis RTD (*resistance thermal detector*). Sensor suhu jenis RTD merupakan suatu sensor yang berguna untuk menentukan nilai atau besaran suhu dengan mengaplikasikan elemen sensitif dari kawat platina, tembaga, atau nikel. Cara kerja RTD menggunakan prinsip perubahan nilai suatu resistansi yang bertepatan dengan perubahan suhu [1]. Berdasarkan prinsip tersebut dapat dikatakan bahwa sensor RTD bersifat linier, karena bersifat linier sensor jenis ini memiliki keakuratan yang tinggi untuk jangkauan ukur yang luas dibandingkan dengan jenis sensor lainnya. Elemen RTD umumnya terbuat dari bahan logam atau *alloy*, baik berbentuk koil maupun lapisan tipis atau disebut *thin film* [2].

Lapisan tipis (*thin film*) adalah lapisan dengan ukuran ketebalan kisaran dari orde angstrom sampai micron. Elektroplating adalah salah satu bagian dari metode kimia. Elektroplating merupakan salah satu proses penyelesaian yang digunakan untuk menanggulangi terjadinya korosi permukaan logam karena proses oksidasi [3]. Hal yang perlu diperhatikan agar metode ini dapat menghasilkan

pelapisan yang baik diantaranya: kuat arus, jarak elektroda, distribusi arus, waktu pelapisan, agitasi, tingkat kepekatan larutan elektrolit dan lain sebagainya [4].

Struktur lapisan juga dapat mempengaruhi hasil kinerja dari lapisan tipis sebagai sensor suhu rendah. Semakin teratur struktur bahan lapisan maka akan semakin bagus sensitivitasnya. Untuk menghasilkan struktur lapisan yang baik maka lapisan perlu diberi perlakuan yaitu dengan proses anil (*anneal*). Proses anil merupakan proses pemanasan bahan yang diisolasi pada suhu tertentu, kemudian didinginkan secara perlahan sampai suhu kamar [5].

Resistivitas sebuah konduktor logam hampir selalu bertambah dengan temperatur yang semakin bertambah, karena resistivitas sebuah material berubah terhadap suhu, maka hambatan sebuah konduktor spesifik juga berubah terhadap suhu [6]. Semakin besar hambatan (resistansi) koil tembaga maka semakin besar juga sensitivitasnya terhadap suhu [7].

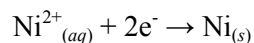
2. Teori yang Digunakan

Lapisan tipis (*thin film*) adalah lapisan dengan ukuran ketebalan kisaran dari orde angstrom sampai micron. Proses pembuatan lapisan tipis dengan cara deposisi menerapkan tiga tahapan utama, yaitu: (1) pembentukan ion, atom, atau molekul, (2) pemindahan ion, atom, atau molekul ke substrat melalui medium, (3) kondensasi lapisan tipis pada substrat secara langsung atau melalui reaksi kimia dan reaksi elektrokimia untuk membuat endapan padat.

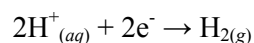
Ada beberapa teknik pelapisan yang memanfaatkan listrik, salah satunya adalah elektroplating. Elektroplating merupakan proses deposisi atau pengendapan suatu logam pelindung yang diinginkan di atas logam lain menggunakan cara elektrolisis [8]. Pemberian arus searah pada larutan menyebabkan terjadi proses reduksi di katoda dan anoda. Reaksi kimia yang terjadi ketika proses elektroplating berlangsung dapat dijabarkan sebagai berikut [9]:

Pada katoda terjadi:

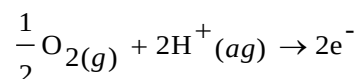
Pembentukan lapisan nikel



Pembentukan gas hidrogen

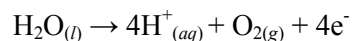


Reduksi oksigen terlarut



Pada anoda terjadi:

Pembentukan gas oksigen

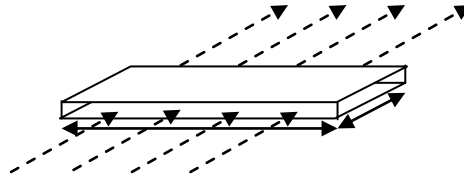


Oksidasi gas hidrogen



Material yang mengalami deformasi akan berusaha kembali ke keadaan semula yang lebih sempurna dengan memiliki energi lebih rendah. Pengembalian ke struktur yang lebih setimbang hanya bisa terjadi pada temperatur yang tinggi. Pemulihan bahan kondisi dapat dilakukan dengan proses anil yaitu dengan memberikan perlakuan panas terhadap logam untuk mengurangi kekerasan dan keuletan. Proses anil pada logam yaitu dengan cara memanaskan logam pada temperatur tinggi hingga mencapai 1/3 titik leleh absolut selama waktu tertentu kemudian didinginkan perlahan-lahan [10].

Resistivitas adalah suatu elemen dasar untuk mengklasifikasikan suatu bahan, apakah termasuk dalam jenis konduktor, semikonduktor, atau isolator. Sifat resistivitas listrik pada logam ditimbulkan oleh sifat logam yang memiliki beberapa elektron terdislokalisasi dan dapat meninggalkan elektron valensi serta dapat meninggalkan atom induknya, khususnya elektron valensi yang bergerak bebas ketika diberi beda potensial. Resistansi lapisan tipis sebagai identitas dari lapisan dua dimensi yang termasuk penyederhanaan dan resistansi yang digunakan pada bentuk tiga dimensi. Resistansi logam pada bentuk tiga dimensi terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Resistansi logam pada bentuk tiga dimensi

Resistansi suatu material dapat dinyatakan melalui persamaan berikut.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1)$$

dengan,

A = luas penampang

l = panjang batang

ρ = resistivitas atau hambatan jenis

Luas penampang merupakan hasil kali dari lebar batang (w) dengan tebal batang (t). Jika panjang batang l sama dengan lebar w , atau sampel berbentuk persegi maka dapat didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$R_s = \frac{\rho}{t} \quad (2)$$

dengan R_s = Resistivitas keping (*sheet resistivity*)

Jika l sangat kecil ($t < w$) maka persamaan (2) dikenal dengan sebutan *sheet resistivity* (R_s = resistivitas keping). Resistivitas keping lapisan tipis dapat diukur dengan menggunakan detektor *probe* empat titik.

3. Metode Penelitian/Eksperimen

Penelitian ini akan mengamati bagaimana hubungan antara suhu anil dengan resistivitas lapisan Cu/Ni hasil deposisi menggunakan teknik elektroplating. Penelitian ini dilakukan dengan cara menentukan nilai resistivitas lapisan Cu/Ni sebelum dan setelah dianil pada rangkaian *probe* empat titik untuk mengetahui perubahan nilai resistivitas lapisan.

3.1. Proses Elektroplating

a. Alat penelitian

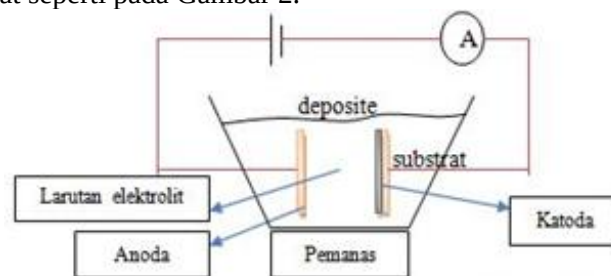
- 1) Gelas ukur sebagai penampung larutan elektrolit
- 2) Rak sebagai tempat untuk menggantung benda kerja dan sebagai penghantar arus listrik pada benda kerja
- 3) DC *power* sebagai sumber tegangan DC
- 4) Pembakar spiritus untuk bahan bakar kompor spiritus
- 5) pH-meter untuk mengukur pH larutan yang digunakan
- 6) Termokopel untuk mengukur suhu larutan elektrolit
- 7) Multimeter sebagai pengukur suhu yang digunakan proses plating
- 8) Neraca Ohaus P214 untuk menimbang lapisan tembaga
- 9) Magnetic stirrer untuk mengadul larutan
- 10) Breadboard untuk memasang resistor
- 11) Resistor untuk memberikan arus
- 12) Pinset untuk memegang sampel
- 13) Stopwatch untuk mengukur waktu pelapisan
- 14) Hair dryer untuk mengeringkan sampel
- 15) Kabel penghubung untuk merangkai alat

b. Bahan penelitian

- 1) Papan PCB untuk lapisan tembaga
- 2) Anoda nikel sebagai pelapis tembaga
- 3) Asam borak (H_3BO_3) sebanyak 7,5 gram untuk mengontrol pH larutan elektrolit.
- 4) *Nickel sulfate* ($NiSO_4$) sebanyak 175 gram sebagai campuran larutan untuk pembuatan larutan elektrolit
- 5) *Nickel chloride* ($NiCl_2$) sebanyak 30 gram sebagai campuran larutan untuk pembuatan larutan elektrolit
- 6) Aquades (H_2O) sebanyak 250 ml untuk mengencerkan larutan elektrolit
- 7) Tisu sebagai pembungkus sampel

c. Langkah-langkah penelitian

- 1) Menyiapkan larutan elektrolit dengan menggunakan komposisi yang sesuai pada bahan penelitian
- 2) Merangkai alat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema proses electroplating

- 3) Memanaskan larutan pada suhu $60^\circ C$.
- 4) Menempatkan tembaga pada katoda dan nikel pada anoda.
- 5) Melakukan proses plating selama 1 menit.
- 6) Melakukan proses yang sama pada masing-masing sampel.

3.2. Proses anil

a. Alat penelitian

- 1) *Oven*
- 2) *Stopwatch*

b. Langkah-langkah penelitian

- 1) Menyiapkan sampel yang akan dianil.
- 2) Menghidupkan *oven*.
- 3) Memanaskan masing-masing sampel di dalam *oven* dengan suhu yang berbeda-beda, seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi suhu pada proses anil

Nama sampel	Suhu anil ($^\circ C$)
A	100
B	125
C	150
D	175
E	200

- 4) Setelah sampel dipanaskan selama 1 jam, mendinginkan sampel hingga suhu sampel mencapai suhu kamar
- 5) Membungkus sampel dengan tisu, kemudian menyimpan sampel ke dalam plastik klip.
- 6) Mengulangi langkah 3) sampai 5) untuk sampel yang berbeda.

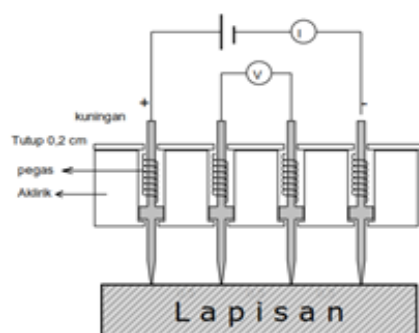
3.3. Karakterisasi resistivitas keeping

a. Alat penelitian

- 1) Lapisan tipis
- 2) Sumber tegangan DC
- 3) *Probe* empat titik
- 4) Ampermeter
- 5) Voltmeter
- 6) Resistor sebanyak 5 buah 4,7 ohm
- 7) *Breadboard*
- 8) Kabel

b. Langkah-langkah penelitian

- 1) Menyusun dan merangkai alat seperti Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian alat *probe* empat titik[11]

- 2) Meletakkan lapisan Cu/Ni pada tempat bahan alat *probe* empat titik.
- 3) Menghidupkan sumber tegangan DC.
- 4) Mengubah tegangan dengan cara memutar knop tegangan secara perlahan.
- 5) Mencatat nilai tegangan dan arus yang terukur pada saat pengukuran.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran resistivitas keping bertujuan untuk mengetahui besarnya resistansi pada lapisan tipis Cu/Ni. Resistivitas merupakan parameter dasar untuk mengetahui sifat suatu logam konduktor, semikonduktor, atau isolator. Penentuan nilai resistivitas dianalisis dengan teknik regresi linier antara kuat arus terhadap beda potensial pada masing-masing *probe*. Penentuan nilai resistivitas dilakukan sebanyak dua kali, yaitu dilakukan sebelum proses anil dan sesudah proses anil.

4.1. Resistivitas lapisan Cu/Ni sebelum dianil

Persamaan hasil regresi data antara beda potensial (V) dan kuat arus (I) untuk menentukan nilai resistivitas keping Cu/Ni dirangkum dan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persamaan linier antara tegangan (V) dan kuat arus (I) berbagai sampel setelah dilakukan proses elektroplating

Sampel	Persamaan $y=ax+b$	R^2
A	$V=0,0003I + 0,0050$	0,9983
B	$V=0,0003I + 0,0006$	0,9954
C	$V=0,0003I + 0,0056$	0,9986
D	$V=0,0003I + 0,0043$	0,9962
E	$V=0,0003I + 0,0082$	0,9834

Dari hasil persamaan regresi linier diperoleh nilai a yang selanjutnya menggunakan persamaan (3), maka diperoleh nilai resistivitas keping dan ralatnya diperoleh dengan menggunakan persamaan (4). Hasil perhitungan nilai resistivitas keping dapat dilihat pada Tabel 3.

$$R_s = \frac{\pi}{\ln 2} a \quad (3)$$

$$S_{R_s} = \sqrt{\left(\frac{\partial R_s}{\partial a} S_a \right)^2} = \frac{\pi}{\ln 2} S_a \quad (4)$$

Tabel 3. Nilai resistivitas keping sampel Cu/Ni sebelum dianil

Sampel	$R_s \pm S_{R_s} (\Omega/\text{sq}) 10^{-3}$
A	$1,19 \pm 0,049$
B	$1,14 \pm 0,078$
C	$1,15 \pm 0,042$
D	$1,18 \pm 0,073$
E	$1,15 \pm 0,149$

4.2. Resistivitas Cu/Ni setelah anil

Persamaan hasil regresi data antara beda potensial (V) dan kuat arus (I) untuk menentukan nilai resistivitas keping Cu/Ni setelah anil dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Persamaan linier antara tegangan (V) dan kuat arus (I) berbagai sampel setelah dilakukan proses anil

Sampel	Persamaan $y=ax+b$	R^2
A	$V=0,0003I + 0,0108$	0,9979
B	$V=0,0003I + 0,0076$	0,9816
C	$V=0,0003I + 0,0142$	0,9982
D	$V=0,0003I + 0,0068$	0,9968
E	$V=0,0003I + 0,0006$	0,9975

Dari hasil persamaan regresi linier diperoleh nilai a yang selanjutnya menggunakan persamaan (3) maka diperoleh nilai resistivitas keping dan ralatnya diperoleh dengan menggunakan persamaan (4). Hasil perhitungan nilai resistivitas dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai resistivitas keping sampel Cu/Ni setelah proses anil

Sampel	$R_s \pm S_{R_s} (\Omega/\text{sq}) 10^{-3}$
A	$1,40 \pm 0,06$
B	$1,34 \pm 0,18$
C	$1,32 \pm 0,06$
D	$1,34 \pm 0,08$
E	$1,28 \pm 0,03$

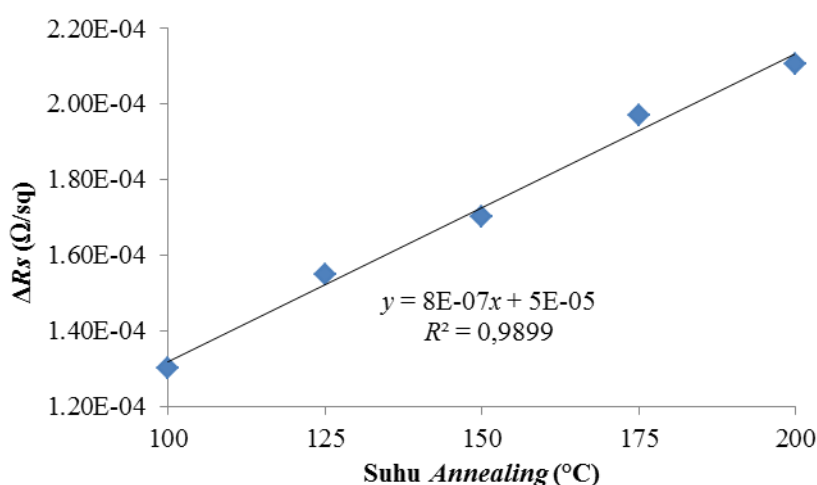
4.3. Hubungan suhu anil dengan perubahan nilai resistivitas lapisan Cu/Ni

Perubahan nilai resistivitas lapisan Cu/Ni sebelum dan sesudah anil dapat disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perubahan nilai resistivitas lapisan Cu/Ni sebelum dan sesudah anil

Sampel	Rs1 ± SRs (Ω/sq) 10 ⁻³	Rs2 ± SRs (Ω/sq) 10 ⁻³	ΔRs (Ω/sq) 10 ⁻³
A	1,19 ± 0,05	1,40 ± 0,06	0,126
B	1,14 ± 0,08	1,34 ± 0,18	0,156
C	1,15 ± 0,04	1,32 ± 0,06	0,173
D	1,18 ± 0,07	1,34 ± 0,08	0,200
E	1,15 ± 0,15	1,28 ± 0,03	0,207

Hubungan antara suhu anil terhadap perubahan resistivitas keping Cu/Ni setelah proses anil disajikan dalam Gambar.



Gambar 4. Grafik hubungan suhu anil terhadap perubahan nilai resistivitas Cu/Ni setelah proses anil

Seperti yang terlihat pada Gambar 4 bahwa semakin besar suhu anil yang diberikan, maka perubahan nilai resistivitas lapisan tipis Cu/Ni semakin kecil. Hal tersebut ditunjukkan dengan persamaan linier $y = -8E-07x + 0,0003$ dengan nilai $R^2 = 0,9686$. Sehingga dapat dikatakan bahwa suhu anil dengan perubahan nilai resistivitas lapisan tipis Cu/Ni hasil deposisi menggunakan teknik elektroplating berhubungan karena nilai R^2 mendekati satu.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semakin besar suhu anil yang diberikan, maka semakin kecil perubahan nilai resistivitas lapisan Cu/Ni sebagai sensor suhu rendah hasil deposisi menggunakan teknik elektroplating berhubungan secara linier melalui persamaan. Kurva hubungan antara suhu anil (x) dengan perubahan nilai resistivitas (y) adalah $y = -8E-07x + 0,0003$ dengan nilai regresi sebesar $R^2 = 0,9686$. Nilai tersebut dapat menunjukkan hubungan antara suhu anil dengan perubahan nilai resistivitas lapisan tipis Cu/Ni karena nilai R^2 mendekati satu.

6. Daftar Pustaka

- [1] Raharjo, P. W. dan Toifur, M. 2014. Kawat Solenoida sebagai Sensor Suhu Berbasis Resistor Temperature Detector Coils (RTD-C). *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng dan DIY Yogyakarta*. 26 April 2014 ISSN : 0853-0823. P. 166-169.
- [2] Fraden, J. 2003. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. New York: Springer.
- [3] Suhendro, B., laela DS, T., dan Suyamto. 2011. Rancang Bangun dan Analisis Alat Pelapisan Tembaga Menggunakan Teknik Elektroplating. *Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir VII* (p.612). Yogyakarta, 16 November 2011.

- [4] Adnyani, I. A. S. dan Triadi, A. A. A. 2009. Pengaruh Kuat dan Distribusi Arus Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Lapisan Krom Pada Stoneware Dan Earthenware. *Jurnal Teknik Elektro* Vol. 8 No. 2 Juli – Desember 2009.
- [5] Istiyono, E. 2006. Kajian Sifat Mekanik Bahan yang Mengalami Anilisasi. *Jurnal Penelitian Saintek*, Vol. 11, No. 1, April 2006: 56-86.
- [6] Young, H. D. Dan Freedman, R. A. 2001. *Fisika Universitas Edisi Sepuluh Jilid 2*, Alih Bahasa Endang Juliastuti. Jakarta: Erlangga.
- [7] Riswanto. 2015. Analisis Resistansi Coil Kawat Tembaga terhadap Perubahan Suhu Sangat Rendah Sebagai Rancang Dasar Pengukuran Suhu Rendah. *Jurnal Pendidikan Fisika*.
- [8] Rasyad, A., dan Budiarto. 2011. Pengaruh Waktu Elektroplating Dan Powdercoating NiCr terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon SPCC-SD. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir IV, 2011* (p.425). Jakarta: Pusat pengembangan Energi Nuklir badan tenaga nasional .
- [9] Khusnani, A. 2015. *Laporan Praktikum Mata Kuliah Sains dan Teknologi Nano*. Yogyakarta: UAD.
- [10] Smallman, R. E. dan Ngan, A. H. W. 2007. *Physical Metallurgy and Advanced Materials Seventh Edition*. United Kingdom: Elsevier Ltd.
- [11] Toifur, Moh. 2007. Deposition of Cu/Ag At The Various Deposition Time For Resulting The High Quality Decorative Silver, *Proceeding of The International Seminar on Natural Science and Applied Natural Science*, Yogyakarta 2007, ISBN: 978-979-3812-09-0.