



Efek multilayer $\text{Cu}(1)/\text{Ni}(1)/\text{Cu}(2)/\text{Ni}(2)$ terhadap kinerja sensor suhu rendah LN_2

Puji Nurhidayat, Moh. Toifur*, Azmi Khusnani

Magister Pendidikan Fisika, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta 55161 Indonesia

*e-mail: mtoifur@yahoo.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kinerja multilayer $\text{Cu}(1)/\text{Ni}(1)/\text{Cu}(2)/\text{Ni}(2)$ sebagai sensor suhu rendah. Lapisan multilayer dibuat dengan menggunakan metode elektroplating pada variasi suhu elektrolit pada $\text{Ni}(2)$. Larutan elektrolit yang digunakan untuk deposisi Ni dibuat dari larutan NiSO_4 , NiCl_2 , H_3BO_3 dan H_2O , sedangkan untuk deposisi Cu dibuat dari larutan H_2SO_4 , CuSO_4 dan H_2O . Pengujian kinerja multilayer $\text{Cu}(1)/\text{Ni}(1)/\text{Cu}(2)/\text{Ni}(2)$ sebagai sensor suhu rendah menggunakan medium nitrogen cair (LN_2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap sampel telah menunjukkan kinerjanya sebagai sensor suhu rendah. Nilai sensitivitas dan linieritas pada setiap sampel memiliki nilai yang beragam, dengan nilai linieritas tertinggi dimiliki oleh sampel dengan suhu 70°C dengan nilai sebesar $0,1654 \text{ mV}/^\circ\text{C}$.

Kata kunci : lapisan tipis Cu/Ni, Electroplating, Multilayer, Sensor Suhu Rendah, Suhu Larutan

1. Pendahuluan

Saat ini, penggunaan nitrogen cair (LN_2) telah banyak digunakan diberbagai bidang diantaranya adalah bidang kesehatan, peternakan, dan pengawetan (Giwa et al, 2015; More and Barranco, 2015; Goswami, 2017). Luasnya pemanfaatan nitrogen cair sebanding dengan banyaknya kandungan nitrogen di atmosfer yaitu sebanyak 78% (Yamaguchi dkk, 2017).

LN_2 disimpan di dalam kontainer khusus, dimana kontainer yang digunakan untuk menyimpan memungkinkan untuk tidak tertutup secara rapat, sehingga uap LN_2 secara perlahan-lahan akan keluar dan menyebabkan berkurangnya isi LN_2 didalam kontainer, hal tersebut mengakibatkan bahan yang disimpan didalam kontainer akan mengalami kualitas yang menurun. Seperti halnya pada pengawetan organ makhluk hidup dan tubuh manusia (Bhattacharya and Bhupendra, 2016) yang dapat mengalami kerusakan akibat perubahan suhu. Berdasarkan hal tersebut, maka perubahan kenaikan suhu kritis pada kontainer LN_2 harus dihindari. Salah satu cara untuk menghindari suhu kritis adalah dengan memasang detektor atau sensor suhu rendah sebagai detektor LN_2 di dalam kontainer.

Salah satu jenis sensor yang digunakan untuk mengukur suhu rendah adalah *Resistance Temperature Detector* (RTD). RTD merupakan bahan yang memiliki resistivitas bergantung pada suhu, *RTD-Film* merupakan salah satu jenis RTD yang dibuat dengan menggunakan lapisan tipis sebagai sensor suhu (Lebioda and Rymaszewski, 2015 Anand et al, 2015; Fraden, 2016). Salah satu bahan logam yang paling umum digunakan untuk membuat lapisan tipis pada elemen RTD adalah platina (Pt), karena platina memiliki ketahanan terhadap oksidasi, mempunyai akurasi yang tinggi, memiliki stabilitas yang baik terhadap bahan kimia dan termal (Maher, 2014). Namun platina memiliki kekurangan yaitu platina merupakan bahan logam yang harganya relatif mahal. Agar biaya produksi lebih terjangkau, bahan logam yang digunakan untuk membuat lapisan tipis pada RTD dapat menggunakan bahan alternatif lain, yaitu tembaga dan nikel (Khant et al, 2013; Toifur et al, 2018).

Lapisan tipis (*thin film*) dapat dibuat dengan menggunakan metode elektroplating (Survila, 2015). Metode elektroplating memiliki keunggulan antara lain, logam yang dilapisi tidak menggunakan bahan-bahan yang mahal, peralatan lebih murah dan mudah didapatkan, temperatur proses relatif rendah, dan dapat

menghasilkan berbagai lapisan. Salah satu parameter yang berpengaruh pada metode elektroplating adalah suhu larutan elektrolit (Adnyani, 2009; Kumar *et al*, 2015). Pengaturan suhu elektrolit pada proses elektroplating berperan sebagai agitasi larutan sehingga larutan yang digunakan tidak jenuh, dan mempercepat pengkorosian anoda. Suhu larutan akan memfasilitasi ion-ion Ni dalam menempuh perjalanan menuju katoda. Semakin tinggi suhu semakin mudah ion Ni sampai di katoda, ukuran kristal akan meningkat, berkurangnya efek gas hidrogen dan viskositas larutan berkurang (Kumar *et al*, 2015; Wu *et al*, 2015).

Pembuatan lapisan berupa multilayer dapat dilakukan dengan menggunakan metode elektroplating. Pembuatan multilayer Cu(1)/Ni(1)/Cu(2)/Ni(2) bertujuan untuk meningkatkan transportasi massa. Semakin banyak lapisan dengan kepadatan transportasi massa tertentu, maka bahan akan mengalami peningkatan hambatan listrik (Kim *dkk*, 2011). Penelitian ini bertujuan untuk membuat lapisan tipis multilayers Cu(1)/Ni(1)/Cu(2)/Ni(2) dengan variasi suhu elektrolit pada Ni(2). Hasil dari multilayer diharapkan dapat meningkatkan kinerja sebagai sensor suhu rendah. Lapisan Cu(1)/Ni(1)/Cu(2)/Ni(2) yang terbentuk selanjutnya akan dikarakterisasi kinerja sensor untuk mengetahui nilai sensitivitas dalam mendeteksi perubahan suhu.

2. Metode

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah PCB dengan ukuran (10 x 1,3) cm digunakan sebagai substrat pada proses pelapisan yang ditempatkan pada katoda, pelat Cu berukuran (10 x 2) cm sebagai anoda pada proses deposisi Cu dan Ni berukuran (10 x 2) cm sebagai anoda pada proses deposisi Ni. Komposisi bahan elektrolit pada deposisi Ni dan deposisi Cu menggunakan bahan yang berbeda yaitu:

1. Deposisi Ni

Larutan elektrolit yang digunakan untuk deposisi Ni berupa H_3BO_3 , $NiSO_4$, $NiCl_2$ masing-masing sebanyak 7.5 g, 175 g, 30 g dan dicampur dalam aquadest

sebanyak 250 mL. Larutan elektrolit yang telah terbentuk, selanjutnya dipanaskan sampai suhu 60 °C.

2. Deposisi Cu

Larutan elektrolit yang digunakan untuk deposisi Cu adalah $CuSO_4$ 62.5 g dan H_2SO_4 sebanyak 13 mL yang dilarutkan pada 250 mL H_2O . Larutan elektrolit yang telah terbentuk, selanjutnya dipanaskan sampai suhu 30 °C.

Parameter yang diatur untuk deposisi Ni dan deposisi Cu dilakukan pada tegangan 1.5 Volt dan jarak elektroda 4 cm. Proses deposisi Ni pertama terhadap Cu atau Cu(1)/Ni(1) dilakukan dengan waktu deposisi selama 1 menit, selanjutnya pada lapisan Cu kedua atau Cu(1)/Ni(1)/Cu(2) dilakukan pada waktu 30 detik, dan tahap terakhir untuk lapisan Ni kedua Cu(1)/Ni(1)/Cu(2)/Ni(2) dilakukan dengan cara memvariasikan suhu elektrolit dari suhu 40 °C sampai 80 °C dengan interval 10 °C.

Selanjutnya, sampel yang telah terbentuk dikarakterisasi kinerja sensor suhu rendah untuk mengetahui nilai sensitivitas sensor. Pengujian sensor kinerja dilakukan dalam nitrogen cair pada suhu 0 hingga -170 °C dengan memasukkan sensor secara perlahan ke dalam termos dengan kecepatan 0,2 cm/s. Termos nitrogen berisi 10 liter nitrogen cair dengan perbedaan suhu antara bagian atas dan bagian bawah. Data keluaran ditampilkan dalam bentuk tegangan keluaran pada berbagai suhu. Tegangan ini bervariasi tergantung pada suhu medium. Variasi tegangan terjadi karena perubahan nilai resistansi sensor. Suhu medium bervariasi sesuai dengan kedalaman termos. Tegangan V dan suhu T memiliki hubungan

$$V = aT^2 + bT + c$$

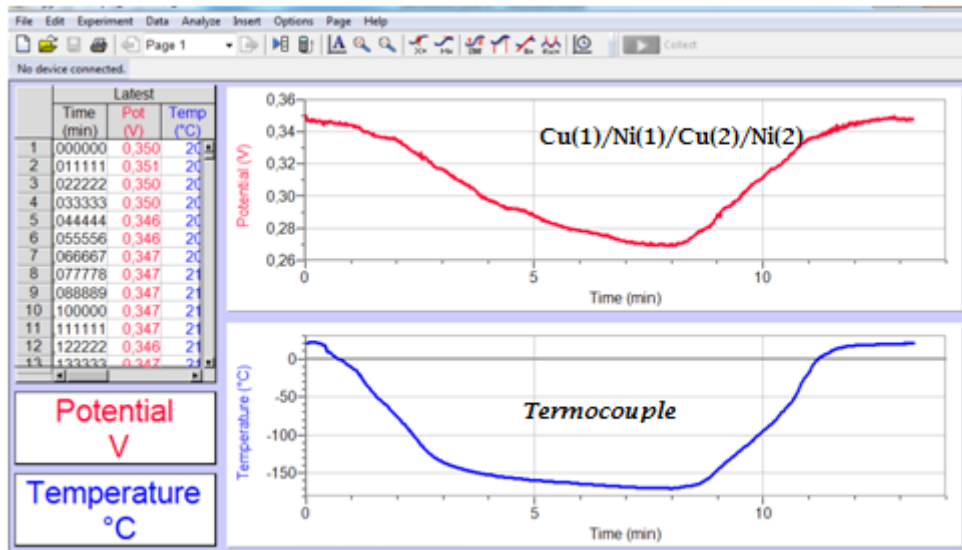
(2)

Hubungan antara kedua variabel V dan T dapat dilihat melalui indeks determinasi R^2 . Selanjutnya, setiap karakteristik dalam persamaan polinomial orde dua dapat diselidiki dari nilai koefisien a , b , c . a menunjukkan tingkat kelengkungan grafik pada kurva, b menunjukkan tingkat kemiringan grafik, dan c sebagai intersep.

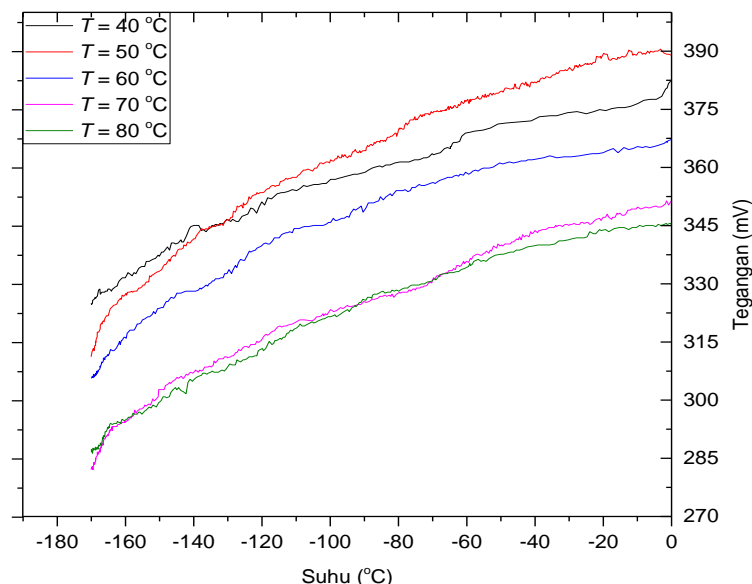
3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 1 merupakan contoh grafik atau luaran data Logger Pro untuk mengukur suhu rendah dengan *termocouple* dan Cu(1)/Ni(1)/Cu(2)/Ni(2) yang di ujikan secara bersama-sama dalam medium

nitrogen cair. Sensor multilayer Cu(1)/Ni(1)/Cu(2)/Ni(2) dibuat dengan cara mendeposisikan Ni(1), Cu(2), dan Ni(3) secara bergantian diatas substrat Cu atau Cu(1).



Gambar 1. Data waktu, tegangan dan suhu pada pengukuran kinerja sensor dengan data output tegangan sebagai data dari multilayer Cu(1)/Ni(1)/Cu(2)/Ni(2) untuk sampel dengan deposisi pada suhu 70 °C



Gambar 2. Tegangan output dari sampel multilayer Cu(1)/Ni(2)/Cu(2)/Ni(2) pada perubahan suhu nitrogen cair

Tabel 1. Persamaan hubungan antara tegangan dan suhu untuk setiap

Suhu elektrolit	Hubungan antara tegangan dan suhu	Indeks determinasi (R^2)
40	$V = -0,0014 T^2 + 0,1132x + 375,00$	0,9924
50	$V = -0,0023 T^2 + 0,0891x + 387,78$	0,9952
60	$V = -0,0026 T^2 - 0,0579x + 358,88$	0,9949
70	$V = -0,0015 T^2 + 0,1654x + 342,34$	0,9909
80	$V = -0,0016 T^2 + 0,1141x + 337,32$	0,9978

Berdasarkan gambar 1, dapat dilihat bahwa sensor multilayer Cu(1)/Ni(2)/Cu(2)/Ni(2) menunjukkan respon yang mengikuti perubahan suhu dari LN₂. Akan tetapi pada rentang suhu ± 170 °C sensor *termocouple* menunjukkan nilai suhu yang konstan, sedangkan pada sensor multilayer Cu(1)/Ni(2)/Cu(2)/Ni(2) masih menunjukkan perubahan nilai *output* tegangan.

Gambar 2 merupakan gambar yang menjelaskan tentang hubungan antara tegangan *output* multilayer Cu(1)/Ni(2)/Cu(2)/Ni(2) terhadap perubahan suhu nitrogen cair. Fitting data dilakukan dengan menggunakan fitting polinomial orde dua pada suhu dengan rentang -170 °C sampai 0 °C yang ditampilkan pada tabel 1. Hal ini sesuai dengan persamaan Callendar-Van Dusen (Potter, 1993). Keterbaikan *fitting* data ditunjukkan oleh nilai indeks determinasi, dengan nilai lebih dari 0,95 untuk setiap sampel (Toifur et al, 2014). Nilai indeks determinasi pada tabel 1 menunjukkan nilai keseluruhannya adalah 0,99 dan hal tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara tegangan dan suhu memiliki hubungan yang kuat.

Sensor yang baik memiliki hubungan linier antara suhu dan tegangan, sehingga dari kombinasi nilai *a* dan *b* dimungkinkan untuk menentukan kurva mana yang memiliki tingkat linearitas terbaik. Dari grafik terlihat bahwa sampel dengan suhu elektrolit 70 °C adalah yang paling linier dibandingkan dengan yang lain. Sampel ini memiliki $a = 0,0015$ mV / °C dan $b = 0,1654$ mV / °C. Nilai *a* tersebut adalah nilai paling kecil kedua setelah 40 °C. Sedangkan nilai *b* adalah yang terbesar. Hal tersebut menunjukkan bahwa sampel memiliki tingkat sensitivitas

yang baik dan linearitas tertinggi dibanding yang lain.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa setiap sampel multilayer Cu(1)/Ni(1)/Cu(2)/Ni(2) telah menunjukkan respon terhadap perubahan suhu nitrogen cair. Sampel multilayer Cu(1)/Ni(1)/Cu(2)/Ni(2) dengan suhu elektrolit 70 °C adalah yang paling linier dibandingkan dengan yang lain dan memiliki nilai sensitivitas yang baik.

Daftar Pustaka

- Adnyani, S.I.A. dan Triadi.A.A.A., 2009. Pengaruh Kuat Dan Distribusi Arus Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Lapisan Krom Pada Stoneware dan Earthenware. *Jurnal Teknologi Elektro* 2 (8).
- Anand, A., A. Aggarwal, and Kumar, J. 2015. Resistance Temperature Detector (RTD). *International Journal of Innovative Research In Technology*, 1(12): 15-19, 2015.
- Bhattacharya, S., and Prajapati, B. G. 2016. A Review on Cryoprotectant and its Modern Implication in Cryonics. *Asian Journal of Pharmaceutics*, 10 (3) 154-155.
- Fraden, J. 2016. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. New York: Springer.
- Giwa, S., Lewis, J. K., Alvarez, L., Langer, R., Roth, A. E., Church, G. M., ... Toner, M. 2017. The Promise of Organ and Tissue Preservation to Transform Medicine. *Nature Biotechnology*, 6 (35) 531-534.

- Goswami, T. K. 2010. Role of Kriogeniks in Food Processing and Preservation. *International Journal of Food Engineering*, 6(1).
- Khant, M. D. P., S. T., and Shah, M.E. 2013. Selection of Sensor for Cryogenic Temperature Measurement. *IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development*, 1(2) ISSN (online): 2321-0613.
- Kim, J. 2001. A Study on The Fabrication of an RTD (Resistance Temperature Detector) by Using Pt Thin Film. *Korean Journal Chemical Engineering*, 18 (1).
- Kumar, S., Pande, S., and Verma, P. 2015. Factor Effecting Electro-Deposition Process. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 5(2), 1- 4.
- Lebioda, M., and Rymaszewski, J. 2015. Dynamic Properties of Cryonics Temperature Sensors. *Przegląd Elektrotechniczny*, 2 (1), 225.
- Maher, A., Velusamy, V., Riordan, D. and Walsh, J. 2014. Modelling of Temperature Coefficient of Resistance of a Thin Film RTD Towards Exhaust Gas Measurement Applications. *Proceedings of the 8th International Conference on Sensing Technology*, p.19-22
- More, N. V., and Barranco, D. 2015. Persistence of Long-Term Memory in Vitrified and Revived Caenorhabditis Elegans. *Rejuvenation Research*, 5 (18) 459-463
- Potter, 1993. Measuring Temperature with RTDs, National Instrumen, The Software is The Instrumen, *Appl. Note 046, (National Instrumen Cooperation)*
- Survila, A. 2015. *Electrochemistry of metal complexes: applications from electroplating to oxide layer formation*. USA: John Wiley & Sons.
- Toifur, M., Haryadi, B. and Riswanto, R., 2014, September. Cow Cement Sensor Based On Coil-Resistance Temperature Detector (C-RTD) Coupled With Four Wire Configuration Bridge (4-WCB). In 2014 *International Conference on Physics and its Applications (ICOPIA-14)*. Atlantis Press.
- Toifur, M., Yuningsih, Y., and Khusnani, A. 2018. Microstructure, Thickness and Sheet Resistivity Of Cu/Ni Thin Film Produced By Electroplating Technique on The Variation of Electrolyte Temperature. *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 997(1), 012053.
- Wu, W., Eliaz, N., and Gileadi, E. 2015. The Effects of pH and Temperature on Electrodeposition of Re-Ir-Ni Coatings from Aqueous Solutions. *Journal of The Electrochemical Society*, 162 (1) D22.
- Yamaguchi, S., Ichikawa, T., Wang, Y., Nakagawa, Y., Isobe, S., Kojima, Y., & Miyaoka, H. 2017. Nitrogen Dissociation Via Reaction with lithium Alloys. *ACS OMEGA*, (2) 1081.