



# Pengaruh medan magnet terhadap mikrostruktur dan resistivitas keping lapisan tipis Cu/Ni pada variasi konsentrasi larutan elektrolit

Moh. Toifur<sup>\*</sup>, Hasbirijal, Azmi Khusnani, Ishafit

Magister Pendidikan Fisika, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta Indonesia

<sup>\*</sup>e-mail: mtoifur@yahoo.com

## Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari mikrostruktur dan resistivitas keping yang dihasilkan dari pelapisan pada berbagai konsentrasi larutan elektrolit. Larutan elektrolit dibuat dari pencampuran  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{NiCl}_2$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Pelapisan dilakukan pada tegangan 1,5 V, suhu rendaman 60 °C, waktu deposisi 45 detik dan medan magnet transversal 200 gauss. Hasil penelitian tebal lapisan Ni mengalami penurunan seiring bertambahnya konsentrasi elektrolit. Hasil analisis struktur mikro dengan menggunakan foto SEM menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi Ni menghasilkan ukuran partikel Ni yang semakin besar. Dari analisis komposisi Ni menggunakan EDX menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi dapat menaikkan kandungan Ni dalam sampel. Dari analisis XRD diperoleh peningkatan konsentrasi larutan elektrolit dapat meningkatkan intensitas difraksi Ni, jarak-d dan ukuran butir. Dari uji resistivitas keping Cu/Ni dengan probe 4 titik diperoleh resistivitas keping yang cenderung turun sejalan dengan kenaikan konsentrasi Ni dalam larutan.

**Kata kunci** : Lapisan tipis Cu/Ni, Electroplating, Konsentrasi Elektrolit, Medan Magnet, Mikrostruktur

## 1. Pendahuluan

Sensor RTD (*Resistance Temperature Detector*) merupakan jenis sensor yang menggunakan prinsip tahanan pada logam (Anand et al, 2015; Lebioda and Rymaszewski, 2015; Fraden, 2016). Salah satu tipe sensor RTD yang sedang dikembangkan adalah sensor suhu berbahan tembaga dan nikel (Khant et al, 2013; Toifur et al, 2018; Delatorre et al, 2003) yang dibuat dengan metode elektroplating. Elektroplating merupakan metode pelapisan secara elektrokimia, dengan menggunakan arus DC (Survila, 2015). Parameter yang berpengaruh pada metode elektroplating diantaranya waktu deposisi, konsentrasi larutan, suhu elektrolit, tegangan deposisi, dan jarak antar elektroda (Kumar et al, 2015; Guler et al, 2014).

Konsentrasi elektrolit merupakan jumlah bahan yang terlarut dimasukkan pada pelarut untuk menjadi larutan elektrolit. Pada pelapisan Ni bahan terlarut yang digunakan antara lain nikel klorida, nikel sulfat dan asam borak sedangkan sebagai pelarut dengan menggunakan aquades (Salcedo et al, 2016; Wang et al, 2016). Setiap bahan yang digunakan memiliki

manfaat yang berbeda-beda. Penggunaan nikel sulfat sebagai garam nikel berperan sebagai pengontrol arus. Apabila konsentrasi garam nikel tinggi, maka rapat arus akan semakin tinggi dan kecepatan pelapisan meningkat. Nikel Klorida dapat meningkatkan korosi anoda dan konduktivitas larutan. Hasil lapisan yang terbentuk dengan konsentrasi nikel klorida tinggi adalah lebih halus permukaannya, lebih keras dan struktur kristalnya lebih teratur. Sedangkan pada konsentrasi asam borat terlalu rendah, maka akan mengurangi lapisan pada katoda menjadi rapuh pH larutan elektrolit yang digunakan dan akan sulit dikontrol (Rasyad dan Budiarto, 2011).

Penggunaan medan magnet pada proses elektroplating berfungsi sebagai gaya dorong ion Ni ketika menuju katoda (Cu) sesuai dengan hukum Lorentz. Besar kecilnya medan magnet yang diberikan pada proses deposisi akan berpengaruh pada massa ion Ni yang ditranfer ke anoda (Holysz dkk, 2008). Berdasarkan hal tersebut, maka parameter konsentrasi larutan elektrolit yang digunakan pada pelapisan Ni sangat berpengaruh pada hasil lapisan deposit, sehingga pada penelitian ini akan diteliti pengaruh konsentrasi larutan

elektrolit terhadap struktur mikro dan resistivitas keping lapisan tipis Cu/Ni.

## 2. Metode

Pada proses deposisi digunakan pelat tembaga (2.5 cm × 1.0 cm × 0.02 cm) dan nikel (3 cm × 1.0 cm × 0.4 cm). Pelat

tembaga ditempatkan di katoda dan nikel di tempatkan di anoda. Larutan yang digunakan adalah larutan yang terbuat dari campuran H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, NiCl<sub>2</sub>, NiSO<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>O. Variasi konsentrasi larutan dilakukan sesuai tabel 1.

**Tabel 1.** Data komposisi larutan Ni

Kode	NiSO <sub>4</sub> (g/L)	NiCl <sub>2</sub> (g/L)	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (g/L)	H <sub>2</sub> O (mL)
C1	260	60	40	750
C2	286	66	44	750
C3	312	72	48	750
C4	338	78	52	750
C5	364	84	56	750

Proses elektroplating dilakukan pada tegangan 1.5 V, jarak anoda Ni dengan katoda Cu 4 cm, medan magnet luar **B** 200 G, suhu 60 °C, dan waktu deposisi 45 detik.

Karakterisasi lapisan Cu/Ni dilakukan dengan uji struktur mikro SEM-EDX dan XRD. Foto *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan untuk mengetahui permukaan sampel pada setiap variasi waktu deposisi. Analisis EDX dilakukan untuk menentukan kandungan logam pada setiap sampel. Uji *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal dan keteraturan dari lapisan Ni yang terbentuk. Analisa XRD untuk mengetahui ukuran butir diperoleh dari formula Scherrer.

Uji resistivitas keping dilakukan sebanyak dua kali yaitu sebelum dilakukan deposisi (substrat Cu) dan setelah dilakukan deposisi (lapisan tipis Cu/Ni). Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan pada perubahan nilai

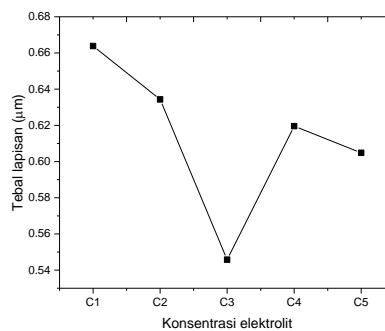
resistivitas keping. Pengukuran resistivitas keping dilakukan dengan menggunakan alat probe empat titik. Data yang terukur dari uji resistivitas keping adalah data perubahan arus dan tegangan ( $V_i$ ,  $I_i$ ). resistivitas keping diperoleh dari slope kurva ( $(V_i, I_i)$ ) yang *difitting* menurut persamaan garis lurus. Dengan nilai slope grafik (a) [Delatorre *et al*, 2003].

$$R_s = a\pi(\ln 2)^{-1}$$

## 3. Hasil dan pembahasan

### a. Tebal lapisan tipis Cu/Ni

Tebal lapisan tipis Ni diperoleh dari pengukuran massa Cu/Ni sebelum deposisi dan setelah deposisi mengikuti persamaan  $\delta = W/\rho A$  dengan  $\delta$  tebal lapisan,  $W$  selisih massa,  $\rho$  massa jenis Ni dan  $A$  luas penampang Cu/Ni. Hasil tebal lapisan tipis yang ditampilkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik hubungan tebal lapisan dan konsentrasi elektrolit

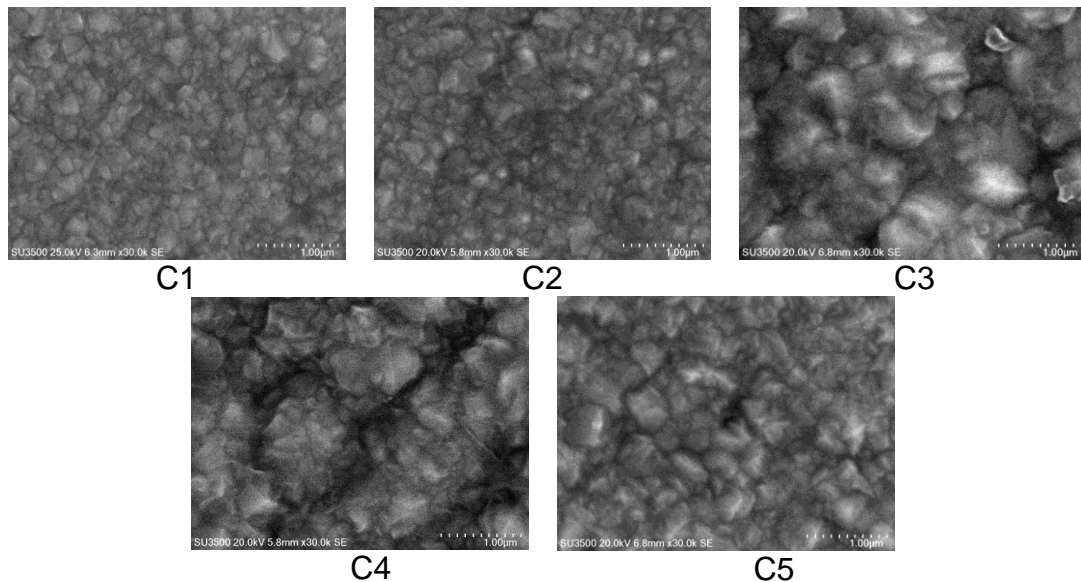
Berdasarkan gambar 1 dapat diketahui bahwa nilai tebal lapisan tipis cenderung mengalami penurunan seiring

dengan penambahan konsentrasi elektrolit, dengan nilai tebal yang terendah dimiliki oleh sampel dengan konsentrasi elektrolit

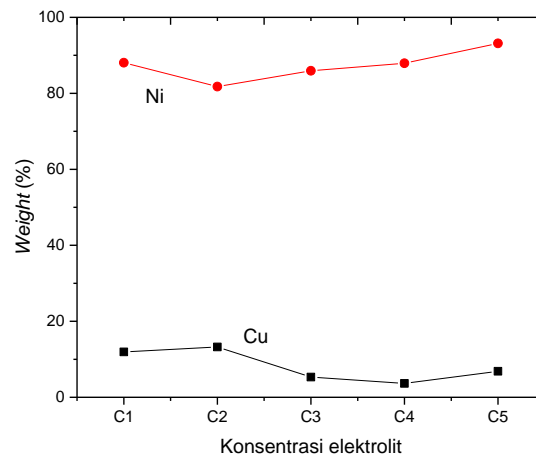
ke tiga (C3) sebesar 0,546  $\mu\text{m}$ . Penurunan tebal lapisan ini diakibatkan karena semakin tinggi konsentrasi elektrolit larutan semakin pekat, dan dengan penggunaan medan magnet luar pada proses deposisi mengakibatkan adanya gaya penghambat

ion Ni ketika proses deposisi Ni pada katoda.

b. Karakterisasi lapisan tipis Cu/Ni menggunakan SEM-EDS



**Gambar 2.** Foto SEM untuk tampak morfologi



**Gambar 3.** Presentasi berat Ni dan Cu pada lapisan tipis Cu/Ni

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa untuk kelima sampel memiliki tampak permukaan yang berbeda-beda. Hal ini dapat dilihat bahwa ukuran butir pada foto SEM untuk C3 dan C4 memiliki ukuran butir yang besar dan cenderung bergerombol, dibandingkan yang lain, sedangkan pada C1, C2 dan C5 morfologi lapisan yang terbentuk cenderung memiliki ukuran yang kecil. Berdasarkan gambar 2 maka dapat

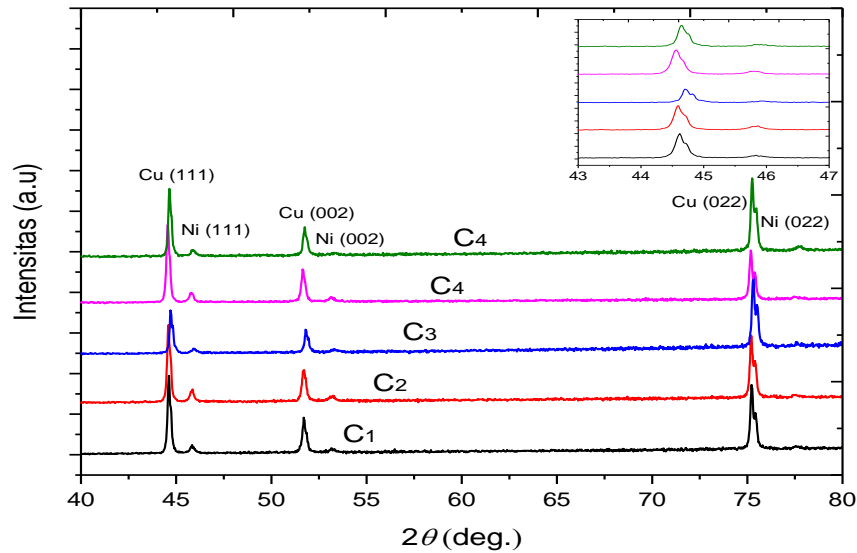
disimpulkan bahwa butir Ni yang terbentuk pada lapisan tipis Cu/Ni memiliki lapisan yang tidak homogen. Meskipun demikian persentase massa Ni pada karakterisasi dengan EDX pada gambar 3 cenderung menunjukkan adanya peningkatan.

c. Difraksi sinar-X

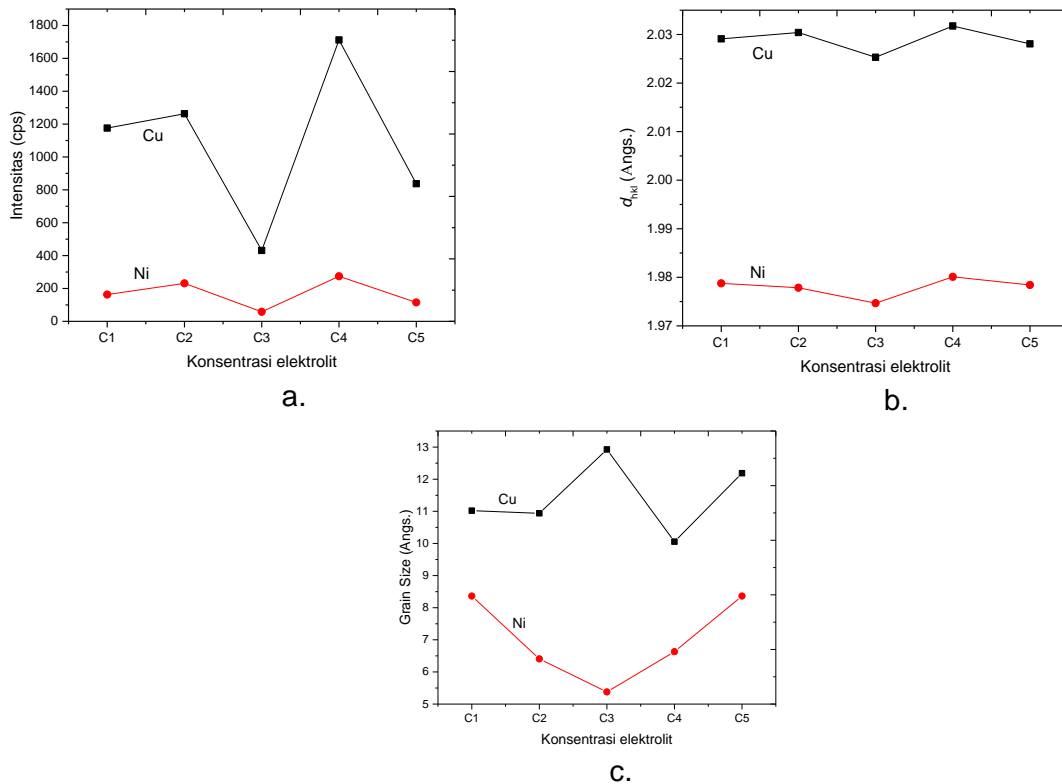
Uji struktur mikro pada lapisan tipis Cu/Ni dilakukan menggunakan XRD dengan hasil berupa difraktogram dari lapisan tipis

Cu/Ni yang ditampilkan pada gambar 4. Sedangkan pada gambar 5 ditampilkan hasil analisis struktur mikro untuk nilai intensitas, ukuran butir dan *d-spacing*. Pada gambar 5a menjelaskan besarnya intensitas puncak difraksi yang dimiliki oleh Cu dan Ni. Pada intensitas Ni puncak difraksi memiliki pola yang cenderung mengalami kenaikan

pada C2 dan C4 dan penurunan pada C3 dan C5, sedangkan dari gambar 5b tampak adanya pengaruh konsentrasi pada jarak antar interplanar (*d-spacing*) atau  $d_{hkl}$ . Dari konsentrasi C1 sampai C3 *d-spacing* cenderung turun kemudian dari C3 sampai C5 *d-spacing* tidak memiliki pola yang menentu yaitu naik dan kemudian turun.



**Gambar 4.** Pola difraksi sinar-X untuk lapisan tipis Cu/Ni dengan variasi konsentrasi elektrolit



**Gambar 5.** a. Intensitas difraksi untuk kristal Ni dan Cu, b. Jarak interplanar Ni dan Cu, dan c. Ukuran butir Ni dan Cu.

*d-spacing* terkecil bersesuaian dengan sampel hasil deposisi pada konsentrasi C3 sebesar 1,975 Å sedangkan *d-spacing* terbesar bersesuaian dengan sampel hasil deposisi pada konsentrasi C4 sebesar 1,978 Å dalam teori kelistrikan jika pada arah (hkl) ini dialiri arus listrik maka semakin besar *d-spacing* semakin besar resistivitas kepingnya, dan demikian pula sebaliknya. Oleh sebab itu sampel C3 berpotensi untuk menghasilkan resistivitas keping kecil sedangkan sampel C4 berpotensi untuk menghasilkan resistivitas keping besar.

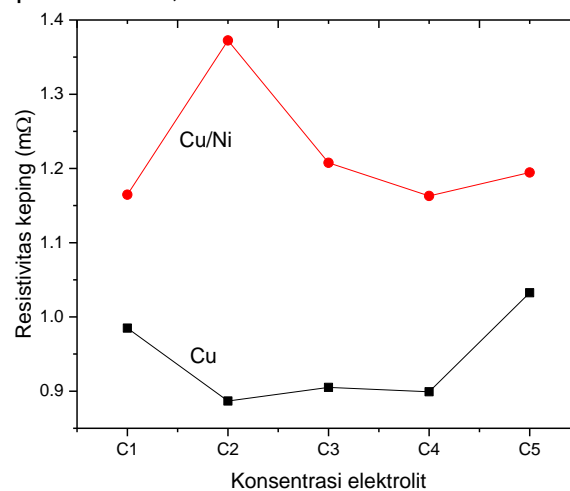
Gambar 5c tampak bahwa ukuran butir bervariasi terhadap konsentrasi larutan dengan kecenderungan dari konsentrasi C1 sampai C3 turun dan setelahnya naik. Oleh karena itu C3 merupakan konsentrasi larutan yang menghasilkan ukuran butir terkecil. Beberapa hal yang mempengaruhi ukuran butir diantaranya adalah kecepatan ion Ni menuju ke substrat Cu, suhu larutan, serta medan magnet. pemakaian medan magnet telah dapat mempengaruhi ukuran butir deposit. Medan magnet 200 gauss yang dikenakan padalarutan dengan konsentrasi C3 untuk plating yang dijalankan pada beda potensial 1,5 volt

menghasilkan ukuran butir paling kecil yaitu 5,378 Å. Dalam kelistrikan jika pada bahan dialiri arus maka semakin kecil ukuran butir bahan.

#### d. Resistivitas keping of Cu/Ni

Keterbaikan struktur atom mempengaruhi nilai resistivitas keping lapisan. Semakin baik struktur penyusun bahan, maka elektron-elektron yang mengalir akan semakin lancar. Dengan demikian resistivitas keping lapisan menjadi lebih kecil. Nilai resistivitas keping untuk setiap variasi konsentrasi elektrolit ditampilkan pada gambar 6.

Berdasarkan Gambar 6 diketahui bahwa nilai resistivitas keping setelah deposisi Ni mengalami kenaikan dibandingkan untuk substrat Cu. Perubahan kenaikan nilai resistivitas keping terlihat bahwa tidak memiliki hubungan yang linier, hal ini dapat dikarenakan pada substrat Cu tidak memiliki permukaan yang homogen dan nilai resistivitas keping yang tidak sama, sehingga ketika lapisan Ni didepositkan pada substrat Cu bentuk permukaan lapisan yang didepositkan menyerupai substrat Cu.



**Gambar 6.** Resistivitas keping lapisan tipis Cu/Ni untuk variasi konsentrasi elektrolit

## 4. Simpulan

Telah berhasil dilakukan deposisi Ni pada substrat Cu dengan metode elektroplating berbantuan medan magnet untuk variasi konsentrasi elektrolit. Berdasarkan analisis SEM terlihat bahwa pengaruh konsentrasi larutan terlihat pada tampang morfologi Ni tidak memiliki

permukaan yang homogen dan berdasarkan analisis EDX semakin lama proses deposisi maka kandungan nikel pada permukaan tembaga semakin meningkat. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa dengan meningkatkan konsentrasi larutan elektrolit maka menyebabkan meningkatnya intensitas difraksi Ni, jarak-*d* dan ukuran

butir. Sedangkan, dari uji resistivitas keping Cu/Ni dengan probe 4 titik diperoleh resistivitas keping yang cenderung turun sejalan dengan kenaikan konsentrasi Ni dalam larutan.

### Daftar pustaka

- Anand, A., Aggarwal, A., & Kumar, J. 2015. *Resistance Temperature Detector (RTD). International Journal of Innovative Research In Technology*, 1, (12), 15-19.
- Delatorre, R.G., dkk. 2003. *Thermoelectric Properties of Electrodeposited CuNi Alloys on Si. Journal of applied physics*, 93, (10), 6154-6158.
- Fraden, J. 2016. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. New York: Springer.
- Guler, S.E., Karakaya, & Konca, E. 2014. *Effects of Current Density, Coating Thickness, Temperature, pH and Particle Concentration on Internal Stress During Ni-MoS<sub>2</sub> Electrocodeposition. Surface Engineering*, 30, (2), 109-114.
- Holysz, L., Szcześ, A. & Chibowski, E. 2008. *Effects of Static Magnetic Field on Water and Electrolyte Solutions. Journal of Colloid and Interface Science*, 316, (2), 996-1002.
- Khant, M. D. P., S. T., & Shah, M.E. 2013. *Selection of Sensor for Cryogenic Temperature Measurement. IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development*, 1, (2), 2321-0613.
- Kumar, S., Pande, S. & Verma, P. 2015. *Factor Effecting Electro-Deposition Process. International Journal of Current Engineering and Technology*, 5, (2), 1-4.
- Lebioda, M., & Rymaszewski, J. 2015. *Dynamic Properties of Cryonics Temperature Sensors. Przegląd Elektrotechniczny*, 2, (1), 225.
- Rasyad, Abdul, & Budiarto. 2011. Pengaruh Waktu Electroplating dan Powdercoating NiCr Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon SPCC- SD. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir IV*. (p.425). Jakarta: Pusat Pengembangan Energi Nuklir Badan Tenaga Nasional.
- Salcedo, A. F. M., Ballesteros, F. C., Vilando, A. C., & Lu, M. C. 2016. *Nickel Recovery From Synthetic Watts Bath Electroplating Wastewater By Homogeneous Fluidized Bed Granulation Process. Separation and Purification Technology*, 169, 128-136.
- Survila, A. 2015. *Electrochemistry of metal complexes: applications from electroplating to oxide layer formation*. USA: John Wiley & Sons.
- Toifur, M., Yuningsih, Y., & 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.
- Wang, S., Zhou, N., and Walsh, F. C. 2016. *Diverse Electrodeposits from Modified Acid Sulphate (Watts Nickel) Baths. Transactions of the IMF*, 94, (5), 274-282