

DOI: doi.org/10.21009/03.1301.FA27

PEMBENTUKAN MORFOLOGI DAN KOMPOSISI PADA LAPISAN KOMPOSIT *NICKEL SILICON NITRIDE (Ni/Si₃N₄)* MENGGUNAKAN METODE ELEKTRODEPOSISI ARUS PULSA

Irsya Luthfiah Ramadhyagita ^{1, a)}, Esmar Budi ^{1, b)}, Teguh Budi Prayitno ^{1, c)}

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jl. RawamangunMuka, Jakarta 13220, Indonesia.

Email: ^{a)} irsyaluthfiah03@gmail.com; ^{b)} esmarbudi@unj.ac.id; ^{c)} teguh-budi@unj.ac.id

Abstrak

Pelapisan logam sering digunakan dalam industri untuk memodifikasi morfologi permukaan tanpa mengubah sifat aslinya. Telah dilakukan pembentukan lapisan komposit Ni/Si₃N₄ pada Tungsten Karbida (WC) dengan rapat arus sebesar 0,25 mA/mm² untuk menganalisis morfologi permukaan dan komposisi lapisan komposit Ni/Si₃N₄. Pembentukan ini dilakukan menggunakan metode elektrodeposisi arus pulsa pada suhu 40°C dengan laju pengadukan 600 rpm selama 1 jam. Komposisi larutan yang digunakan adalah Ni₂SO₄·6H₂O 0,38 M, Ni₂Cl₂·6H₂O 0,17 M, Si₃N₄ 0,6 gr/l, SDS (Sodium Dodecyl Sulfate) 0,6 gr/l, dan H₃BO₃ 0,49 M. Hasil penelitian menunjukkan terdapat kandungan unsur logam Ni dan Si dengan komposisi massa berturut-turut 85.17% dan 0.82%. Pemindaian morfologi menunjukkan permukaan yang halus dengan sedikit aglomerasi pada substrat.

Kata-kata kunci: Lapisan komposit Ni/Si₃N₄, elektrodeposisi, rapat arus pulsa, morfologi permukaan, komposisi.

Abstract

Metal plating is commonly used in industry to modify surface morphology without altering its original properties. A composite Ni/Si₃N₄ layer on Tungsten Carbide (WC) was formed using a current density of 0.25 mA/mm² to analyze the surface morphology and composition of the Ni/Si₃N₄ composite layer. The formation process employed the pulsed current electrodeposition method at a temperature of 40°C, with a stirring rate of 600 rpm for 1 hour. The solution composition included 0.38 M Ni₂SO₄·6H₂O, 0.17 M Ni₂Cl₂·6H₂O, 0.6 g/L Si₃N₄, 0.6 g/L SDS (Sodium Dodecyl Sulfate), and 0.49 M H₃BO₃. The results showed the presence of Ni and Si metal elements with mass compositions of 85.17% and 0.82%, respectively. Surface morphology scanning revealed a smooth surface with slight agglomeration on the substrate.

Keywords: Ni/Si₃N₄ composite coating, electrodeposition, pulsed current density, surface morphology, composition.

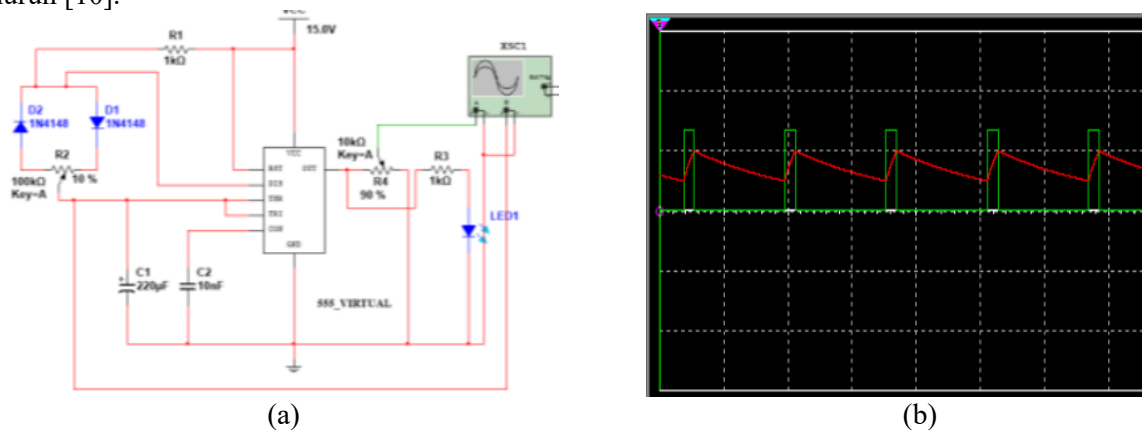
PENDAHULUAN

Pembentukan lapisan komposit melalui teknik elektrodeposisi merupakan metode yang efektif untuk meningkatkan sifat mekanik material, seperti ketahanan terhadap panas, meningkatkan nilai kekerasan, tahan terhadap korosi dan aus dengan cara mengatur ukuran bulir dalam proses pelapisan yang sederhana dan biaya relatif murah [1-3]. Terdapat dua teknik elektrodeposisi yang umum digunakan, yaitu elektrodeposisi arus searah (DC) dan elektrodeposisi arus pulsa (PC). Teknik elektrodeposisi arus pulsa memiliki keunggulan karena menerapkan arus secara periodik, menghasilkan struktur yang lebih homogen dibandingkan dengan elektrodeposisi arus searah. Beberapa parameter, seperti rapat arus dapat mempengaruhi homogenitas dan kehalusan permukaan lapisan [4-7]. Rapat arus pulsa dapat diatur melalui rangkaian *stable multivibrator* menggunakan IC 555, yang berperan sebagai pengatur waktu pada sirkuit elektronik. *Stable multivibrator* menghasilkan satu keadaan arus pulsa pada outputnya [8-9]. Dalam penelitian ini, substrat Tungsten Karbida (WC) digunakan sebagai bahan dasar yang akan dilapisi dengan lapisan komposit Ni/Si₃N₄ melalui metode elektrodeposisi dengan rapat arus 0,25 mA/mm². Karakterisasi lapisan hasil pelapisan dilakukan menggunakan uji SEM-EDS untuk menganalisis struktur permukaan dan komposisi lapisan yang terbentuk.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Tungsten Karbida (WC) sebagai elektroda kerja (katoda) dengan luas permukaan uji 40 mm² yang dihubungkan dengan kutub negatif dan Platina (Pt) sebagai elektroda pembanding (anoda) yang dihubungkan dengan kutub positif. Komposisi yang digunakan adalah Ni₂SO₄·6H₂O 0,38 M, Ni₂Cl₂·6H₂O 0,17 M, Si₃N₄ 0,6 gr/l, SDS (Sodium Dodecyl Sulfate) 0,6 gr/l, dan H₃BO₃ 0,49 M. Proses elektrodeposisi dilakukan dengan rapat arus pulsa sebesar 0,25 mA/mm².

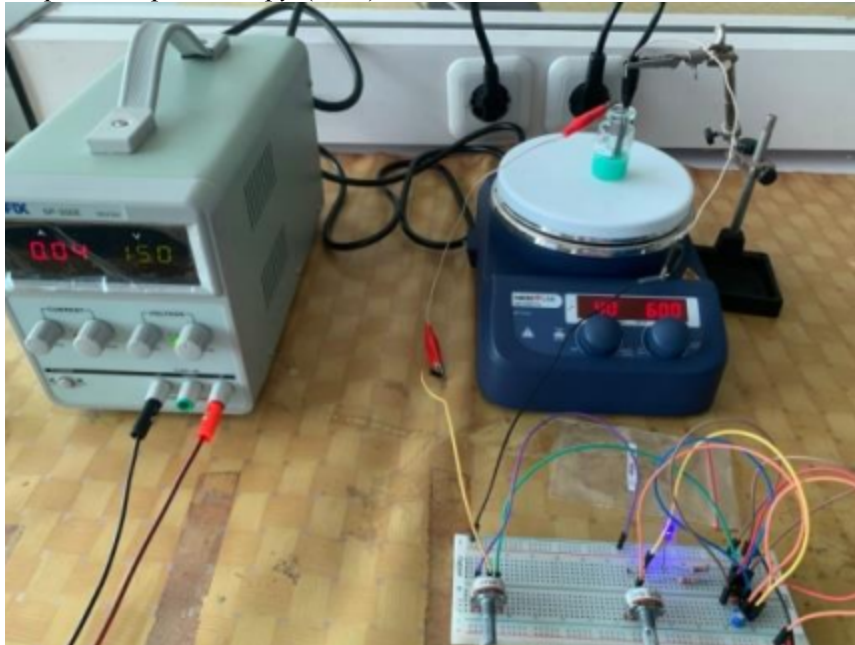
Rangkaian *stable multivibrator* menggunakan IC 555 dirancang dan disimulasikan menggunakan perangkat lunak Multisim, kemudian output gelombangnya dianalisis menggunakan osiloskop. GAMBAR 1(a) menunjukkan rangkaian *stable multivibrator* dengan output dari timer IC 555. GAMBAR 1(b) menunjukkan gelombang persegi panjang yang dihasilkan pada osiloskop, yang terjadi ketika tegangan melewati kapasitor. Kapasitor mengisi muatan selama waktu ON sehingga tegangan kapasitor (V_c) meningkat, sementara selama waktu OFF kapasitor melepaskan muatan melalui resistor sehingga V_c menurun [10].



GAMBAR 1. *Stable Multivibrator* menggunakan IC 555 Timer (a) Rangkaian Multisim (b) Gelombang output pada Osiloskop Multisim

Proses elektrodeposisi lapisan komposit Ni/Si₃N₄ dengan rapat arus pulsa sebesar 0,25 mA/mm² dapat dilihat pada GAMBAR 2. Selama proses deposisi, larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 600 rpm pada suhu konstan 40°C selama 30 menit. Setelah proses deposisi selesai, karakterisasi morfologi permukaan lapisan komposit Ni/Si₃N₄ dilakukan

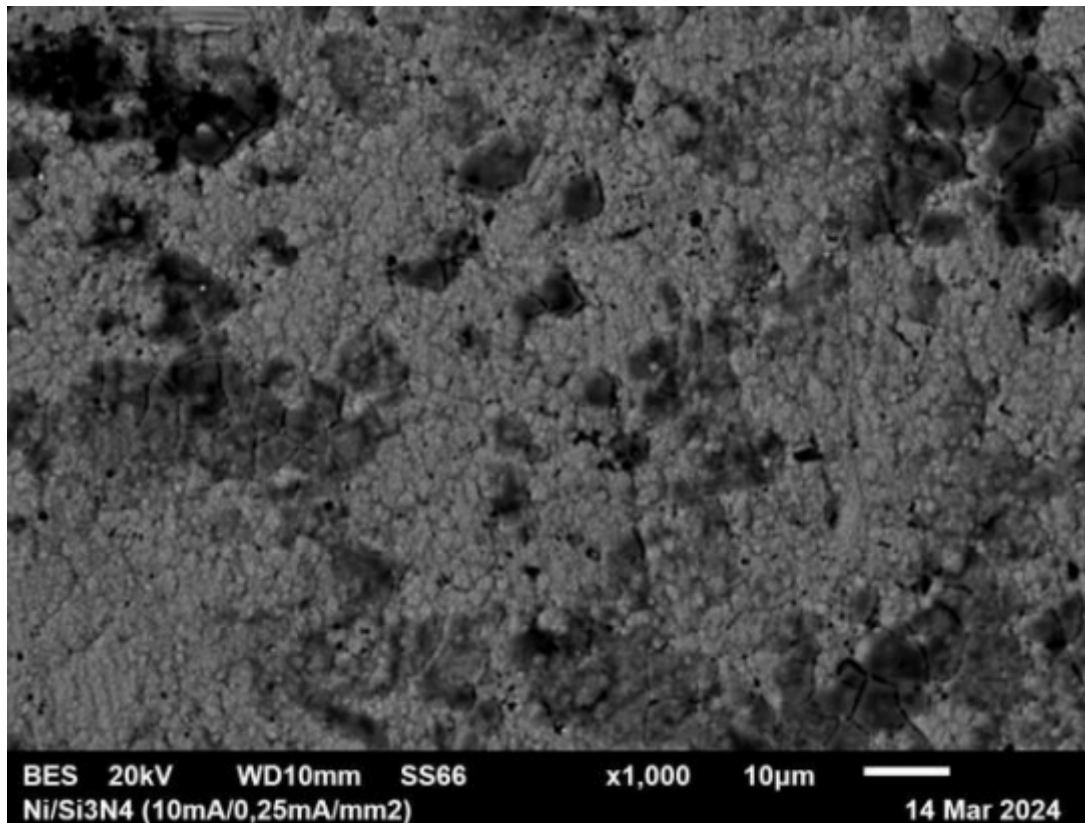
menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM), dan analisis komposisi lapisan dilakukan melalui *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS).



GAMBAR 2. Proses Elektrodeposisi Lapisan Komposit Ni/Si₃N₄ pada substrat Tungsten Karbida (WC)

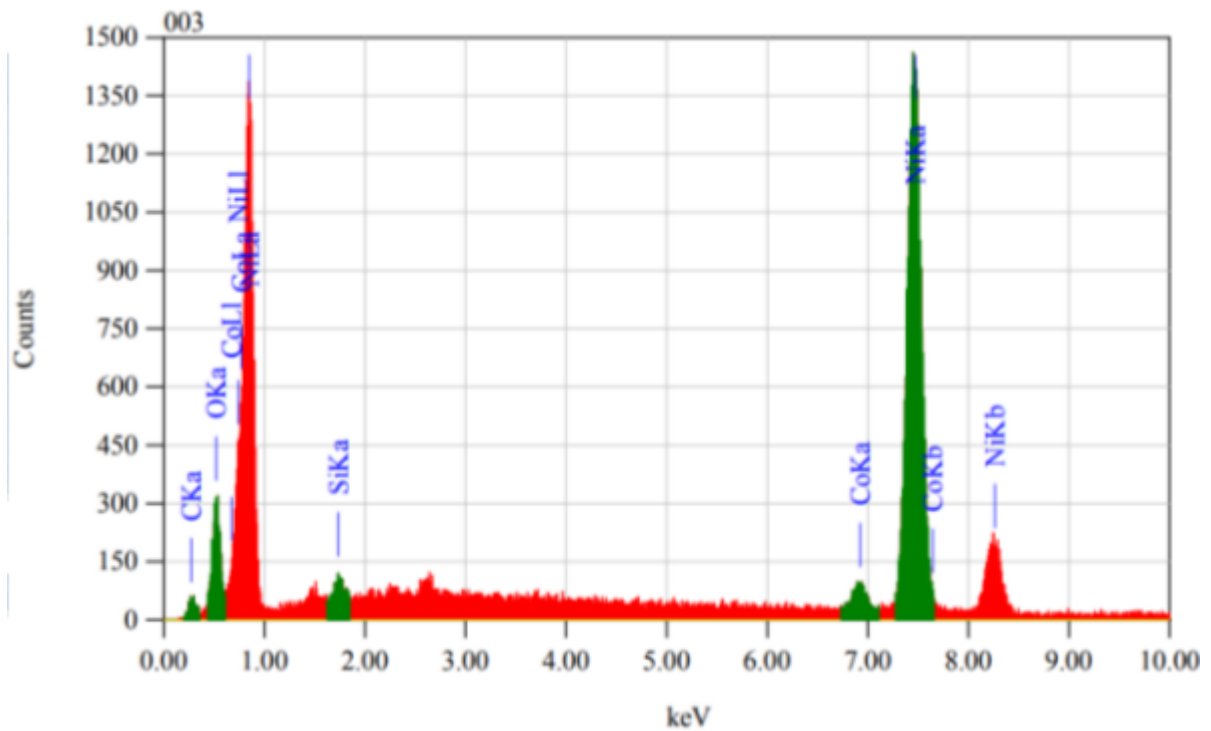
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian hasil pembentukan lapisan komposit Ni/Si₃N₄ dilakukan dengan karakterisasi menggunakan SEM untuk melihat struktur morfologi permukaan (GAMBAR 3) dan EDS untuk mengidentifikasi komposisi yang terbentuk [11].



GAMBAR 3. Morfologi SEM Lapisan Komposit Ni/Si₃N₄ pada substrat Tungsten Karbida pada rapat arus pulsa 0,25 mA/mm² dengan perbesaran 1000x

GAMBAR 3 menunjukkan morfologi permukaan lapisan komposit Ni/Si₃N₄ yang telah dideposisi melalui proses elektrodeposisi arus pulsa pada suhu 40°C, menggunakan substrat tungsten karbida. Gambar tersebut diambil dengan perbesaran 1000x dan dengan skala 50 µm. Hasil pemindaian SEM menunjukkan bahwa morfologi permukaan lapisan cukup halus dengan sedikit aglomerasi, mengindikasikan adanya sedikit ketidakhomogenan dalam distribusi antar partikel [12]. Jika dibandingkan dengan hasil kajian sebelumnya, menggunakan proses elektrodeposisi lapisan Ni/Si₃N₄ pada suhu 40°C dengan rapat arus pulsa *astable* sebesar 0,4 mA/mm² terlihat bahwa elektrodeposisi arus pulsa *astable* menghasilkan tingkat aglomerasi yang lebih tinggi [7]. Aglomerat (retakan) ini dapat timbul pada morfologi permukaan lapisan karena energi partikel yang semakin tinggi sehingga menyebabkan laju elektrodeposisi meningkat [13]. Tingginya tingkat aglomerasi pada elektrodeposisi arus pulsa *astable* disebabkan oleh arus yang tidak konstan pada rangkaian, sehingga pertumbuhan lapisan menjadi tidak merata, terutama pada area yang lebih mudah terjangkau oleh arus [14]. Sebaliknya, penggunaan *stable multivibrator* menghasilkan tingkat aglomerasi yang lebih rendah, karena menghasilkan satu pulsa output tunggal sehingga menghasilkan permukaan deposisi yang lebih homogen [15].



GAMBAR 4. Analisis EDS Lapisan Komposit Ni/Si₃N₄ pada substrat Tungsten Karbida

Analisis EDS dari kandungan unsur dalam lapisan komposit Ni/Si₃N₄ disajikan pada GAMBAR 4, dan komposisinya dirangkum pada Tabel 1. Hasil pemindaian EDS menunjukkan bahwa unsur Ni, Si, dan O terdeteksi pada lapisan, sedangkan unsur N tidak terdeteksi. Kandungan unsur nikel yang lebih dominan berperan sebagai material dasar atau matriks. Ketidakhadiran unsur N pada lapisan yang terbentuk disebabkan oleh sifatnya yang ringan, sehingga sulit terdeteksi oleh EDS. Selain itu, unsur oksigen terdeteksi dalam jumlah cukup banyak karena sifatnya yang reaktif pada semua bahan logam [16-17]. Persentase massa unsur (wt%) yang lebih besar dibandingkan dengan persentase atom unsur (At%) disebabkan oleh jumlah atom nikel yang lebih besar. Hal ini memberikan respons yang lebih kuat terhadap sinar elektron EDS [18].

Tabel 1 Kandungan Lapisan Komposit Ni/Si₃N₄ pada substrat Tungsten Karbida

Unsur	Komposisi Massa Unsur (%)	Komposisi Jumlah Atom Unsur (%)
C	3.98	14.61
O	6.27	17.29
Si	0.82	1.29
Co	3.77	2.82
Ni	85.17	63.99
Total	100	100.00

KESIMPULAN

Pembentukan lapisan Ni/Si₃N₄ dengan metode elektrodeposisi arus pulsa menggunakan *stable multivibrator* pada rapat arus 0,25 mA/mm² menghasilkan morfologi permukaan yang halus dengan sedikit aglomerasi. Hasil SEM menunjukkan distribusi partikel yang seragam, sementara analisis EDS mengkonfirmasi keberhasilan proses dengan kandungan nikel (Ni) sebesar 85,17% dan silikon (Si) sebesar 0,82%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada semua yang sudah terlibat dalam penelitian ini atas dukungan dan bimbingannya selama penelitian berlangsung

REFERENSI.

- [1] Nandiyanto, A. B. D., Wiryani, A. S., Rusli, A., Purnamasari, A., Abdullah, A. G., Widiaty, I., & Hurriyati, R. (2017, March). Extraction of curcumin pigment from Indonesian local turmeric with its infrared spectra and thermal decomposition properties. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 180, No. 1, p. 012136). IOP Publishing.
- [2] M. R. Wahidiyah et al., "Preparasi Lapisan Tipis Zno Dengan Metode Elektrodeposisi Untuk Aplikasi Dye-Sensitized Solar Cell (Dssc)," *Jurnal Teknik Pomits*, pp. 1-6, 2015.
- [3] Fathyunes, L., Khalil-Allafi, J., Sheykholslami, S. O. R., & Moosavifar, M. (2018). Biocompatibility assessment of graphene oxide-hydroxyapatite coating applied on TiO₂ nanotubes by ultrasound-assisted pulse electrodeposition. *Materials Science and Engineering: C*, 87, 10-21.
- [4] Devega, M., & Dahlan, D. (2015). Rancang Bangun Alat Pembangkit Arus Pulsa Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 untuk Proses Elektrodeposisi. *Jurnal Fisika Unand*, 4(3).
- [5] Xia, F., Jia, W., Jiang, M., Cui, W., & Wang, J. (2017). Microstructure and corrosion properties of Ni-TiN nanocoatings prepared by jet pulse electrodeposition. *Ceramics International*, 43(17), 14623-14628.
- [6] De Vere, N., Jones, L. E., Gilmore, T., Moscrop, J., Lowe, A., Smith, D., ... & Ford, C. R. (2017). Using DNA metabarcoding to investigate honey bee foraging reveals limited flower use despite high floral availability. *Scientific Reports*, 7(1), 42838.
- [7] Budi, E., & Sugihartono, I. (2023). Analisa Morfologi Dan Komposisi Hasil Pembentukan Elektrodeposisi Dengan Variasi Rapat Arus Lapisan Komposit Ni/Si₃N₄. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 11).
- [8] Pauzan, M. (2019). Rancang Bangun Bel Rumah Menggunakan IC 555 Sebagai Monostable dan Astable Multivibrato. *Jurnal Ilmu Komputer*, 10(01), 61-67.
- [9] Teknikelektronika. 2018. "konfigurasi kaki ic 555". <https://teknikelektronika.com/pengertianmengenal-ic-555-ic-timer-konfigurasi-kaki-ic555/>. Diakses pada 050-13-2024
- [10] Zuha, Z. I. A., Yantidewi, M., & Sucahyo, I. (2023). Alat Eksperimen Charge Discharge Kapasitor pada Rangkaian RC Seri dengan Sensor Ina219. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 6(7), 707-712.
- [11] Han, Y., Ruan, K., & Gu, J. (2022). Janus (BNNS/ANF)-(AgNWs/ANF) thermal conductivity composite films with superior electromagnetic interference shielding and Joule heating performances. *Nano Research*, 15(5), 4747-4755.
- [12] Prasannakumar, R. S., Bhakyaraj, K., Chukwuike, V. I., Mohan, S., & Barik, R. C. (2019). An investigation of the effect of pulse electrochemical deposition parameters on morphology, hardness and corrosion behaviour in the marine atmosphere. *Surface Engineering*, 35(12), 1021-1032.
- [13] Nafise Parhizkar et al., "Electrochemical Deposition of Ni-TiN Nanocomposite Coatings and the Effect of Sodium Dodecyl Sulphate Surfactant on the Coating Properties," vol. 39, no. 4, pp. 1021-1027, 2016, doi: <https://doi.org/10.1007/s12034-016-1238-3>.

- [14] Maulida, A. B. (2023). Pembentukan Dan Karakterisasi Lapisan Komposit Ni-Tin-Aln/Si₃N₄ Dengan Kaidah Elektrodeposisi Rapat Arus Pulsa (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Jakarta).
- [15] Khuraibut, M. S, 2022. Multivibrators-Astable and Monostable IC. *International Journal of Engineering Research and Applications* (Vol 12)
- [16] P. Wang et al., "Novel Nitride Materials Synthesized at High Pressure," *Crystals*, vol. 11, no. 6, p. 614, May 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/cryst11060614>
- [17] D. Tonelli, E. Scavetta, I. Gualandi, "Electrochemical Deposition of Nanomaterials for Electrochemical Sensing," *Sensors*, vol. 19, no. 5, p. 1186, 2019, doi: <https://doi.org/10.3390/s19051186>
- [18] [Ogunmefun, O. A., Olubambi, P. A., Bayode, B. L., Anamu, U., Olorundaisi, E., Ayodele, O., ... & Ngeleshi, K. (2024). Densification, microstructure, and nanomechanical evaluation of pulsed electric sintered zirconia-silicon nitride reinforced Ti-6Al-4 V alloy. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-12.