

**STUDI PELAPISAN TEMBAGA PADA BAHAN NON-LOGAM UNTUK APLIKASI
PRODUK KERAJINAN DENGAN METODE *ELECTROFORMING***
*Study of Copper Coating Using Electroforming Method on Non-Metal Materials for Handicraft
Products Application*

I Made Arya Utamaningrat dan Istihanah Nurul Eskani
Balai Besar Kerajinan dan Batik, Jl. Kusumanegara No.7 Yogyakarta
imau90@gmail.com

Tanggal Masuk: 28 Maret 2018

Tanggal Revisi: 28 Mei 2018

Tanggal disetujui: 30 Mei 2018

ABSTRAK

Proses elektroplating untuk pembuatan barang-barang kerajinan biasa dilakukan pada produk berbahan logam. Penelitian ini melakukan studi proses elektroplating logam tembaga pada material non-logam sebagai alternatif metode *finishing* produk kerajinan. Metode pelapisan ini dikenal dengan istilah *electroforming*. *Electroforming* dapat diaplikasikan pada berbagai hiasan-hiasan natural yang membutuhkan tampilan logam pada proses akhir. Material non-logam yang digunakan adalah kulit kerang dan lilin berbentuk cincin. Proses *electroforming* dilakukan dengan terlebih dahulu melapisi kulit kerang dan cincin lilin dengan cat grafit konduktif untuk selanjutnya dilakukan pelapisan logam tembaga menggunakan metode *electroforming*. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah tegangan dan durasi pelapisan. Tegangan yang digunakan adalah 1 volt dan 2,5 Volt, sementara durasi proses dilakukan selama 1200, 1500, dan 1800 detik. Tingkat efisiensi parameter proses diukur dengan membandingkan massa lapisan aktual dengan massa lapisan teoritis (Faraday). Pengamatan visual juga dilakukan untuk membandingkan kualitas pelapisan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelapisan paling baik didapatkan pada proses dengan tegangan 2,5 volt dan durasi pelapisan selama 1200 detik dengan nilai efisiensi sebesar 16,16 % untuk sampel kulit kerang dan 38,63 % untuk sampel cincin lilin.

Kata Kunci: *electroforming*, cat grafit konduktif, kulit kerang, cincin lilin, efisiensi pelapisan

ABSTRACT

Electroplating process for handicraft products is widely used on metal based products. This research was conducted to study copper coating process on non-metal materials using electroplating method as an alternative finishing technique for non-metal handicraft products. This coating process is known as electroforming. Electroforming could be applied on natural ornaments or jewelleryes that need metallic finishes. Non-metal materials used in this research were seashell and wax ring. Electroforming process was conducted after applying graphite conductive paint on the surface of both the seashells and wax rings. The parameter used in this research were voltage and the process duration. The voltage used in this research were 1 and 2 volt, while the process was conducted for 1200, 1500, and 1800 seconds. Efficiency level of the coating process was measured by comparing the actual weight of the coating formed and theoretical weight (Faraday). Visual observation was also conducted to compare the quality of the coated product. The result of this research showed that the highest efficiency value of electroforming process on seashells and wax rings was reached at 2.5 volt and 1200 seconds of process with the 16.16 % efficiency for seashells and 38.63 % for wax rings.

Keywords: *electroforming, graphite conductive paint, seashell, wax ring, coating efficiency.*

PENDAHULUAN

Pembuatan ornamen, perhiasan, dan barang kerajinan lain menggunakan material non-logam telah banyak dilakukan. Produk kerajinan non-logam dapat terbuat dari berbagai material seperti kayu, keramik, plastik, dan bahan-bahan alam. Kerajinan yang menggunakan bahan-bahan alam seperti dekorasi dari buah yang dikeringkan (Darmayani, Suharyono, & Abdillah, 2014) dan kulit kerang (Hariyadi, Asyiah, & Fatahillah, 2013; Pristiwati & Subagio, 2009) banyak diminati oleh konsumen. Pengembangan produk-produk kerajinan dari bahan alam masih dapat dilakukan, salah satunya adalah dengan melapisi produk-produk tersebut dengan lapisan logam. Barang kerajinan logam banyak dicari karena tampilannya yang berkilau dan terlihat mewah, sehingga pelapisan produk kerajinan dengan logam dapat memberikan nilai tambah pada produk tersebut. Indonesia sebagai negara yang kaya akan keragaman hayati memiliki potensi yang sangat besar untuk mengembangkan produk kerajinan dengan pelapisan logam.

Seiring dengan perkembangan teknologi, telah ditemukan beberapa metode untuk melapisi barang kerajinan non logam dengan lapisan logam. Salah satu metode yang sederhana dan mudah dilakukan adalah *electroforming*. Teknik *electroforming* dapat membuat lapisan dengan tingkat ketelitian yang tinggi pada permukaan benda kerja (MacGeough, Leu, Rajurkar, De Silva, & Liu, 2001). Penggunaan teknik *electroforming* memungkinkan benda kerajinan alam memiliki tampilan berkilau menyerupai logam. Penelitian mengenai penggunaan teknik *electroforming* perlu dilakukan untuk dapat meningkatkan kualitas pelapisan logam pada produk-produk kerajinan yang telah ada sebelumnya.

Penelitian *electroforming* pada keramik telah dilakukan Adnyani dan Triadi (2009). Pada penelitian tersebut, bahan non-konduktor dari keramik dilapisi dengan logam krom. Proses pelapisan dengan metode *electroforming* dilakukan setelah melapisi sampel (keramik) dengan lapisan tipis yang terbuat dari karbon. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa ketebalan dan kekuatan lapisan krom pada keramik bergantung pada parameter kuat arus dan titik distribusi arus, di mana semakin tinggi kuat arus dan semakin banyak titik distribusi arus maka akan semakin tebal dan kuat lapisan yang dihasilkan. Ketebalan maksimal yang dihasilkan pada proses tersebut setebal 0,00233 mm dengan kekuatan 115 HVN pada proses dengan kuat arus 0,7 A dan tiga titik distribusi arus (Adnyani & Triadi, 2009).

Proses pembuatan produk dengan metode serupa telah dilakukan pada bahan lilin oleh Wiyoko (2010). Wiyoko melapisi lilin dengan grafit dari batere bekas sebelum melakukan proses pelapisan logam tembaga pada lilin tersebut (Wiyoko, 2010).

Penelitian lain yang mempelajari parameter-parameter yang mempengaruhi hasil proses deposisi elektrik juga telah dilakukan oleh Kumar (2015). Hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa Parameter penting yang berpengaruh pada proses *electroforming* adalah rapat arus, durasi pelapisan, sistem agitasi, keasaman elektrolit, konsentrasi elektrolit, dan temperatur proses (Kumar, Pande, & Verma, 2015; Pu, Holmes, & Yeatman, 2013).

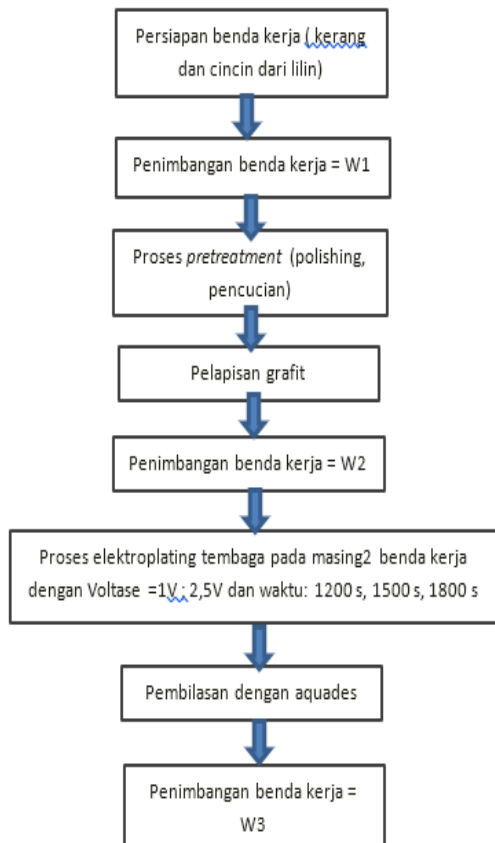
Pada penelitian ini, akan dilakukan pelapisan logam tembaga pada kulit kerang dan cincin lilin. Pelapisan logam pada kedua bahan tersebut masih sangat sedikit diteliti dan termasuk hal yang baru. Logam tembaga dipilih berdasarkan pertimbangan

kemudahan bahan baku didapat dan karakteristik logam tembaga yang baik untuk menghantarkan listrik. Parameter yang akan digunakan adalah besar tegangan dan durasi proses. Massa dari sampel setelah proses akan dibandingkan dengan massa teoritis (persamaan Faraday) dan tampilan visualnya untuk kemudian menentukan parameter optimal dari proses pelapisan logam tembaga pada kulit kerang dan cincin lilin.

METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah : cat karbon konduktif buatan MJ Chemical Indonesia, larutan elektrolit

tembaga, pelat tembaga sebagai anoda, kulit kerang, cincin lilin, dan sabun.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah : *power supply DC*, bak *plating*, timbangan analitik (Sartorius GP603P), gelas beker 500 ml, *stopwatch*, kawat konduktif (tembaga), kabel, dan sikat.

Persiapan Sampel

Persiapan sampel dimulai dengan melubangi kulit kerang sebagai tempat menggantungkan kawat tembaga. Sampel setelah dibersihkan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Sampel setelah preparasi

Penamaan sampel dilakukan menggunakan abjad (A-F) untuk kulit kerang dan nomer (1-6) untuk cincin lilin.

Penimbangan Sampel (W1)

Setelah sampel selesai dibersihkan, penimbangan sampel dilakukan untuk mengetahui massa awalnya.

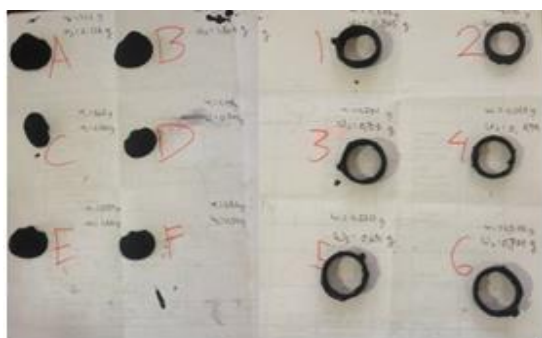
Proses Pretreatment

Setelah kulit kerang dilubangi, selanjutnya permukaan sampel dibersihkan menggunakan sikat dan sabun. Tujuan penggunaan sabun adalah untuk menghilangkan minyak yang mungkin menempel pada permukaan sampel. Langkah ini merupakan langkah yang penting dan harus dilakukan sebaik

mungkin untuk memastikan kualitas pelapisan yang sempurna.

Pelapisan Grafit

Sampel yang telah melalui proses *pretreatment* selanjutnya dilapisi dengan lapisan cat konduktif yang terbuat dari grafit (karbon). Pelapisan cat grafit dilakukan secara merata menggunakan kuas. Sampel yang telah dilapisi cat grafit dikeringkan pada temperatur kamar selama satu malam sebelum dilakukan langkah selanjutnya. Sampel yang telah dilapisi oleh cat grafit dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Sampel setelah pelapisan cat konduktif

Penimbangan Sampel (W2)

Setelah sampel diberi lapisan cat konduktif, penimbangan sampel dilakukan untuk mengetahui massa lapisan cat konduktif.

Electroforming

Proses pelapisan *electroforming* dilakukan dengan mengkombinasikan 2 parameter, yaitu tegangan (1 V; 0,5 A dan 2,5 V; 1 A) dan durasi pelapisan (1200, 1500, dan 1800 detik). Pemilihan tegangan dan durasi pelapisan tersebut berdasarkan kondisi yang biasa digunakan pada proses *electroplating* tembaga. Rangkaian sampel dan alat pada proses *electroforming* ditunjukkan pada gambar 4. Sampel yang berperan sebagai katoda digantung pada

batang konduktif menggunakan kawat tembaga, sedangkan anoda yang digunakan adalah pelat tembaga. *Power Supply DC* kemudian dinyalakan dan diatur untuk menghasilkan tegangan sesuai dengan variasi yang diinginkan.

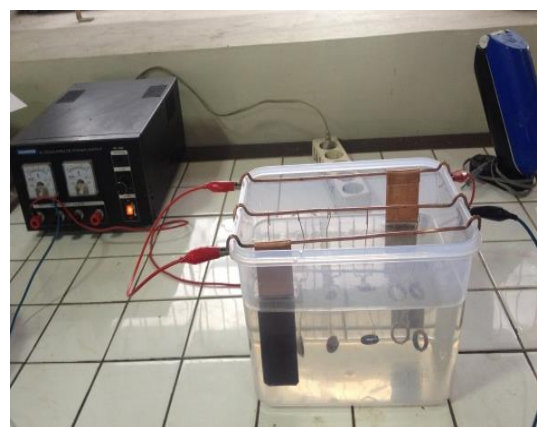
Identitas dan perlakuan masing-masing sampel dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Identitas sampel

Sam- pel	Tegangan (V)	Kuat arus (a)	Durasi (detik)
1	2,5	1	1200
2	2,5	1	1500
3	2,5	1	1800
4	1	0.5	1200
5	1	0.5	1500
6	1	0.5	1800
A	2,5	1	1200
B	2,5	1	1500
C	2,5	1	1800
D	1	0.5	1200
E	1	0.5	1500
F	1	0.5	1800

Keterangan : 1 – 6 = sampel cincin lilin

A – F = sampel kulit kerang



Gambar 4. Rangkaian sistem proses *electroforming*

Pembilasan dengan Aquades

Sampel yang telah diangkat dari bak *electroforming* dibilas menggunakan aquades untuk membersihkan sampel dari larutan elektrolit.

Penimbangan Sampel (W3)

Sampel yang telah selesai melalui proses *electroforming* kemudian kembali ditimbang. Penimbangan sampel dilakukan untuk mengetahui massa lapisan tembaga yang terbentuk.

Massa lapisan teoritis dapat dihitung menggunakan persamaan Faraday.

$$W = \frac{I.t.A}{z.F} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- W = Massa lapisan (gram)
- I = Arus DC (Ampere)
- t = Waktu pelapisan (detik)
- A = Massa atom dari logam yang diendapkan (gram/mol)
- z = Valensi dari logam yang akan dilapisi
- F = Bilangan Faraday sebesar 96.500 coulomb

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelapisan Grafit

Tabel 2. Massa sampel setelah pelapisan cat grafit konduktif

Sam-pel	Massa awal W1 (g)	Massa sampel + lapisan grafit W2 (g)	Massa lapisan grafit W2-W1 (g)
1	0,377	0,825	0,448
2	0,373	0,559	0,186
3	0,271	0,712	0,441
4	0,388	0,474	0,086
5	0,330	0,631	0,301
6	0,388	0,725	0,337
A	1,966	2,126	0,160
B	0,579	0,625	0,046
C	0,622	0,760	0,138
D	0,793	0,847	0,054
E	1,094	1,206	0,112
F	0,805	0,916	0,111

Massa sampel setelah pelapisan tertera pada tabel 2. Penambahan massa bergantung pada luas permukaan sampel yang dilapisi, semakin besar luas permukaan sampel, maka akan semakin besar penambahan massa yang didapat.

Electroforming dan Pengukuran Efisiensi

Hasil *electroforming* secara visual dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil visual proses *electroforming* A) kulit kerang dan cincin lilin; B) hasil pelapisan pada sampel 3

Secara visual, sampel 1, 2, 3, a, b, dan c memiliki hasil lapisan yang lebih merata dibandingkan sampel lainnya. Spesimen tersebut adalah spesimen yang diberi lapisan menggunakan tegangan 2,5 V. Hasil ini menunjukkan bahwa kecepatan pembentukan lapisan dipengaruhi oleh besarnya tegangan dan kuat arus yang diberikan selama proses, di mana semakin besar tegangan yang diberikan, maka akan semakin cepat pembentukan lapisan yang terjadi.

Massa lapisan tembaga yang terbentuk dapat dilihat pada tabel 3, sedangkan

perbandingan massa lapisan tembaga masing-masing perlakuan (1 V dan 2,5 V) dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7.

Tabel 3. Massa lapisan tembaga pada sampel

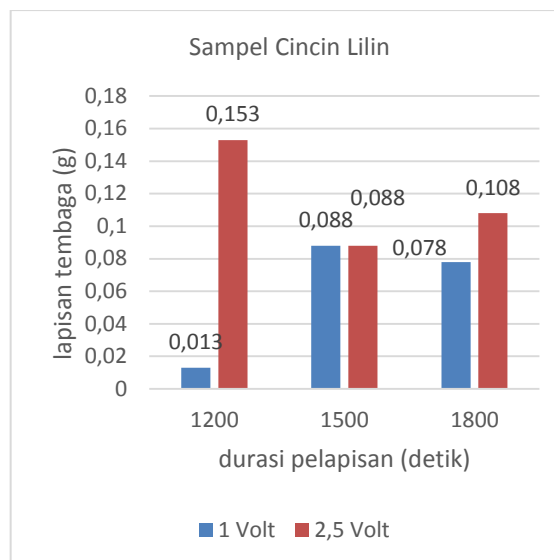
Sam-pel	Massa sampel + lapisan grafit W2 (g)	Massa setelah <i>electro-forming</i> W3 (g)	Massa lapisan tembaga W3-W2 (g)
1	0,825	0,978	0,153
2	0,559	0,647	0,088
3	0,712	0,820	0,108
4	0,474	0,487	0,013
5	0,631	0,719	0,088
6	0,725	0,803	0,078
A	2,126	2,19	0,064
B	0,625	0,673	0,048
C	0,760	0,849	0,089
D	0,847	0,853	0,006
E	1,206	1,261	0,055
F	0,916	0,965	0,049

Gambar 6 dan gambar 7 menunjukkan perbandingan antara massa lapisan tembaga yang terbentuk pada proses dengan besar tegangan 1 V dan 2,5 V di setiap durasi proses (1200, 1500, dan 1800 detik). Secara keseluruhan, massa lapisan tembaga pada sampel yang diproses dengan tegangan 2,5 V lebih besar dibandingkan sampel yang diproses dengan tegangan 1 V.

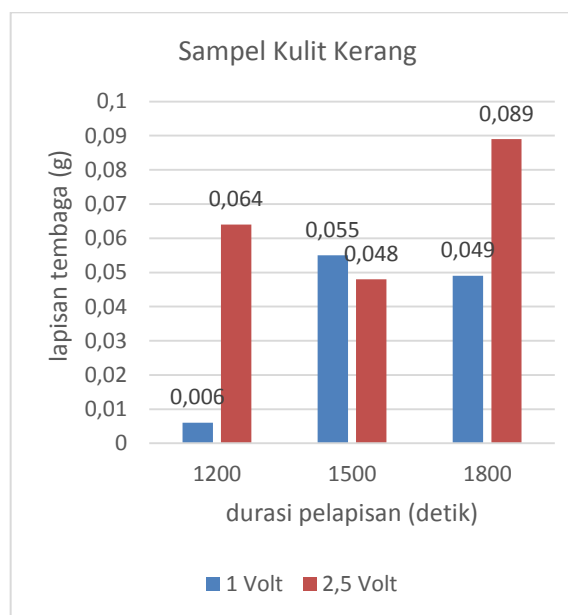
Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh wang (2016). Wang menyimpulkan bahwa kecepatan rata-rata pembentukan lapisan pada proses elektrokimia berhubungan secara linear dengan beda potensial (tegangan) dan kuat arus yang diberikan (Kumar et al., 2015; Maksimović, Mišković-Stanković, & Krstajić, 1986; Wang, Xiao, & He, 2016).

Perhitungan efisiensi arus dilakukan dengan membandingkan massa aktual yang didapat dan massa teoritis menggunakan

hukum Faraday (persamaan 1). Nilai efisiensi proses dapat dilihat pada tabel 4.



Gambar 6. Perbandingan massa lapisan tembaga pada sampel cincin lilin



Gambar 7. Perbandingan massa lapisan tembaga pada sampel kulit kering

Proses paling efisien dari sampel cincin lilin didapat pada sampel 1 (2,5 V; 1200 detik) sebesar 38,636 %. Sampel E (1V; 1500 detik) memiliki nilai efisiensi terbesar untuk sampel kulit kering sebesar 22,222 %. Efisiensi masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan proses *electroplating*,

yang menunjukkan bahwa grafit belum optimal apabila dipakai sebagai cat konduktif dalam proses *electroforming*.

Tabel 4. Nilai efisiensi *electroforming*

Sampel	Massa lapisan tembaga aktual (g)	Massa teoritis $[W = \frac{I.t.A}{z.F}]$ (g)	Efisiensi $[\frac{100 \cdot \text{massa aktual}}{\text{massa teoritis}}]$ (%)
1	0,153	0,396	38,636
2	0,088	0,495	17,778
3	0,108	0,594	18,182
4	0,013	0,198	6,566
5	0,088	0,247	35,556
6	0,078	0,297	26,263
A	0,064	0,396	16,162
B	0,048	0,495	9,697
C	0,089	0,594	14,983
D	0,006	0,198	3,030
E	0,055	0,247	22,222
F	0,049	0,297	16,498

Perbandingan hasil visual antara proses yang menggunakan tegangan 1 Volt dan 2,5 Volt menunjukkan perbedaan yang signifikan. Sampel yang dibandingkan adalah sampel dengan nilai efisiensi tertinggi pada setiap tegangan, yaitu sampel 1 dengan 5 untuk cincin lilin dan sampel A dengan E untuk kulit kerang. Penampakan visual dapat sampel dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Tampak visual dari sampel 5, 1, A, dan E

Hasil pengamatan visual pada sampel 1, 5, A, dan E memperlihatkan bahwa proses *electroforming* menggunakan tegangan 2,5 volt menghasilkan lapisan yang lebih merata. Hasil ini berhubungan langsung dengan besar tegangan yang digunakan pada masing-masing sampel, di mana sampel 1 dan A diberikan tegangan sebesar 2,5 volt. Tegangan yang lebih besar akan mempercepat pembentukan lapisan logam di atas permukaan sampel, hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya (Kumar et al., 2015; Maksimović et al., 1986; Wang et al., 2016).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Proses pelapisan kulit kerang dan cincin lilin dengan logam tembaga menggunakan metode *electroforming* dapat dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan lapisan konduktif.

Nilai efisiensi proses pelapisan yang didapat masih rendah pada kulit kerang (22,22 %) maupun cincin lilin (38,63 %). Hasil visual juga belum menunjukkan benda kerja telah terlapisi secara sempurna.

Besar tegangan yang digunakan pada proses pelapisan sangat berpengaruh pada hasil pelapisan, di mana semakin besar tegangan yang digunakan maka akan semakin cepat pula lapisan logam terbentuk.

Saran

Diperlukan penelitian mengenai kekuatan lapisan cat konduktif pada substrat non-logam.

Diperlukan Penelitian lanjutan dengan penambahan parameter proses seperti temperature, bentuk elektroda, dan jarak katoda pada benda kerja.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu proses penelitian ini, khususnya Balai Besar Kerajinan dan Batik yang telah menyediakan sarana dan prasarana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyani, I. A. S., & Triadi, A. A. (2009). Pengaruh Kuat Dan Distribusi Arus Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan Krom Pada Stoneware Dan Earthenware. *Teknologi Elektro*, 8(2), 76–81.
- Darmayani, A. I., Suharyono, & Abdillah, Y. (2014). “ Strategi Pemassaran Kerajinan Buah Kering Untuk Meningkatkan Nilai Ekspor Pada Ud . Indo Nature , Lombok – Ntb .” *Jurnal Administrasi Bisnis (JAB)*, 11(1), 1–10.
- Hariyadi, S., Asyiah, I. N., & Fatahillah, A. (2013). Pelatihan desain kerajinan kerang pada pengrajin kerang di Kabupaten Situbondo, 3–6.
- Kumar, S., Pande, S., & Verma, P. (2015). Factor Effecting Electro-Deposition Process. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 5(2), 700–703.
- MacGeough, J. A., Leu, M. C., Rajurkar, K. P., De Silva, A. K. M., & Liu, Q. (2001). Electroforming process and application to micro/macro manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 50(2), 499–514. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)62990-4](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)62990-4)
- Maksimović, M. D., Mišković-Stanković, V. B., & Krstajić, N. V. (1986). The effect of applied voltage on the cathodic electrodeposition process. *Surface and Coatings Technology*, 27(1), 89–94. [https://doi.org/10.1016/0257-8972\(86\)90048-4](https://doi.org/10.1016/0257-8972(86)90048-4)
- Pristiwati, E., & Subagio. (2009). 1033-2643-1-SM.pdf. *Dinamika Kerajinan Dan Batik*, 26, 18–23. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22322/dkb.v26i1.1033>
- Pu, S. H., Holmes, A. S., & Yeatman, E. M. (2013). Stress in electroplated gold on silicon substrates and its dependence on cathode agitation. *Microelectronic Engineering*, 112, 21–26. <https://doi.org/10.1016/j.mee.2013.05.019>
- Wang, F., Xiao, H., & He, H. (2016). Effects of applied potential and the initial gap between electrodes on localized electrochemical deposition of micrometer copper columns. *Scientific Reports*, 6(February), 2–9. <https://doi.org/10.1038/srep26270>
- Wiyoko, A. (2010). Teknik Electroforming Tembaga dalam Penciptaan Karya Kriya Logam. *Ornamen*, 7(1), 53–62.