



**OPTIMASI WAKTU DAN TEMPERATUR PROSES *ELECTROPLATING*
BAJA KARBON RENDAH TERHADAP KETAHANAN KOROSI**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik
Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Malang*



Disusun Oleh :

M. Nafis Yazdad

21801052102

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM MALANG

2022

ABSTRAK

Pekembangan IPTEK yang sangat pesat memberikan dampak terhadap penggunaan benda logam seperti perhiasan, suku cadang kendaraan dan lain-lain, dimana logam tersebut memiliki korosi sesuai spesifikasi logam tersebut. Diperlukannya perlakuan khusus agar logam tersebut terhindar dari korosi salah satunya dengan proses elektroplating. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter dan hasil yang optimal sesuai spesifikasi dari proses elektroplating pelapisan nikel terhadap ketahanan dari laju korosi baja karbon rendah ST 41 menggunakan metode optimasi Taguchi dengan variasi level parameter temperatur elektrolit 30°C, 35°C dan 40°C, sedangkan variasi level parameter waktu pencelupan 45 menit, 90 menit dan 135 menit. Media perendaman laju korosi menggunakan air laut murni selama waktu pengkorosian 168 jam, 336 jam, 504 jam dan 720 jam. Dari hasil penelitian nilai laju korosi terkecil pada waktu 168 jam menghasilkan laju korosi sebesar 0,00023 *mpy* dengan kehilangan berat sebesar 0,003 gr dan laju korosi terbesar terletak pada waktu 720 jam menghasilkan laju korosi sebesar 0,00187 *mpy* dengan kehilangan berat sebesar 0,116 gr menggunakan parameter optimal pada temperatur elektrolit 40°C dan waktu pencelupan 135 menit dengan nilai SNR yang dihasilkan lebih tinggi. Semakin tingginya temperatur elektrolit dan lama waktu pencelupan maka akan mendapatkan kuantitas lapisan yang baik. Hal ini disebabkan adanya kenaikan konduktivitas pada larutan elektrolit dan mengalirnya laju difusi *ion* secara terus menerus sesuai dengan waktu pelapisan yang digunakan.

Kata Kunci : *Laju Korosi, Electroplating, Nickel, Temperatur Elektrolit, Waktu Pencelupan, Metode Taguchi, Baja ST 41.*

ABSTRACT

The rapid development of science and technology has an impact on the use of metal objects such as jewelry, vehicle parts and others, where the metal has corrosion according to the specifications of the metal. Special treatment is needed so that the metal is protected from corrosion, one of which is the electroplating process. This study aims to obtain optimal parameters and results according to the specifications of the nickel plating electroplating process against the corrosion rate of low carbon steel ST 41 using the Taguchi optimization method with variations in the electrolyte temperature parameter level 30°C, 35°C and 40°C, while the variation of the immersion time parameter level is 45 minutes, 90 minutes and 135 minutes. Corrosion rate immersion media using pure seawater for corrosion time of 168 hours, 336 hours, 504 hours and 720 hours. From the results of the research, the smallest corrosion rate at 168 hours resulted in a corrosion rate of 0.00023 mpy with a weight loss of 0.003 gr and the largest corrosion rate at 720 hours resulted in a corrosion rate of 0.00187 mpy with a weight loss of 0.116 gr using the parameter optimal at 40°C electrolyte temperature and immersion time of 135 minutes with a higher SNR value. The higher the electrolyte temperature and the longer immersion time, the better the coating quantity will be. This is due to an increase in the conductivity of the electrolyte solution and the continuous flow of the ion diffusion rate according to the coating time used.

Key Word : Corrosion Rate, Electroplating, Nickel, Electrolyte Temperature, Immersion Time, Taguchi Method, ST 41 Steel.

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) yang terjadi di era *modern* saat ini, terutama dalam bidang industri, memiliki dampak yang cukup besar pada konsumsi masyarakat akan kebutuhan dan kegunaan produk-produk yang dihasilkan dari perkembangan teknologi industri tersebut (Rasyad *et al.* 2018). Manusia mencoba untuk mengembangkan teknologi terbaru yang sudah ada dan digunakan untuk memenuhi keinginan serta kebutuhan manusia dalam kehidupan sehari-hari. Seperti dalam penggunaan perhiasan, kerajinan tangan, suku cadang kendaraan, peralatan manufaktur maupun peralatan produksi, konstruksi jembatan, pertanian dan lain-lain, dimana benda-benda yang terbuat dari bahan logam memiliki sifat korosi (karat) tergantung spesifikasi dari logam tersebut (Amin *et al.* 2020). Untuk mengurangi kerusakan dari terjadinya reaksi *redoks* korosi akibat faktor lingkungan, maka diperlukan perlakuan khusus di akhir proses pengerjaannya (*finishing*) untuk mendapatkan hasil yang optimal serta berkualitas dengan penampilan produk yang menarik dan tahan lama (Wardana *et al.* 2021).

Korosi adalah penurunan kualitas serta kerugian yang sangat besar pada logam jika digunakan untuk bahan konstruksi. Faktor utama penyebab korosi adanya aktivitas reaksi kimia dan pengaruh lingkungan sekitar logam (Miranda, 2020). Korosi merupakan proses adanya reaksi *redoks* yang berada di lingkungan sekitar logam. Proses korosi terjadi jika logam bersentuhan langsung dengan air atau udara (oksigen). Korosi akan menyebabkan keropos pada logam sehingga berkurangnya kekuatan dari logam tersebut (Sumanto *et al.* 2019). Korosi atau pengkaratan dapat didefinisikan sebagai reaksi *redoks* yang terjadi pada material logam dengan berbagai zat yang ada di lingkungannya, sehingga menghasilkan senyawa yang tidak diinginkan dan akan mengakibatkan kerugian pada material logam tersebut (Nasution, 2019). Korosi (*corrosion*) dapat disimpulkan proses perusakan pada material logam yang disebabkan oleh faktor lingkungan yang ada disekitarnya.

Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel/Mild Steel*) merupakan baja dengan kandungan unsur karbon 0,008% C - 0,3% C. Setiap satu ton baja karbon rendah mengandung 10 kg – 30 kg karbon. Baja karbon ini biasanya dibuat dalam bentuk plat, baja *strip*, dan baja batang atau *progil*. Baja karbon rendah memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan lambung kapal, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lainnya (Sabyantoro *et al.* 2019).

Electroplating adalah proses pengendapan zat (*ion* logam) pada logam dasar (katoda) dengan proses elektrolisis dan kemudian dihubungkan dengan arus searah ke permukaan anoda untuk melepaskan *ion* logam terlarut dalam elektrolit dan pindah ke katoda (benda uji). Baja yang dilapisi dengan logam pelapis akan membentuk sel elektrokimia dengan baja sebagai katoda, sehingga melindungi baja, sedangkan pada logam pelapis mengalami oksidasi (pengikisan) sebagai anoda (Ngatmin *et al.* 2019). *Electroplating* dapat didefinisikan sebagai proses akhir (*finishing*) dalam pengerjaan logam dimana dilakukan pelapisan tipis agar terhindar dari korosi dengan bantuan arus listrik. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi pada lapisan *electroplating*, seperti temperatur dan waktu pencelupan. Proses *electroplating* pada baja karbon rendah AISI 1020 menggunakan pelapisan *chromium* dengan variasi waktu pencelupan selama 9 menit, 12 menit, dan 15 menit, sedangkan variasi temperatur 25°C, 30°C, dan 35°C. Membuktikan bahwa semakin tinggi temperatur dan semakin lama waktu pencelupan, maka ketahanan terhadap korosi akan meningkat dengan nilai laju korosi 0,0036 *mmpy* (Pratiwi *et al.* 2019). Proses *electroplating* pada baja karbon rendah menggunakan pelapisan tembaga dengan variasi waktu pencelupan selama 10 menit, 20 menit, dan 30 menit, sedangkan variasi temperatur 45°C, 55°C, dan 65°C. Menghasilkan lapisan yang berbeda, dengan kesimpulan bahwa semakin lama waktu pencelupan dan semakin tinggi temperatur, maka nilai laju korosi pada baja akan kecil dengan ketahanan terhadap korosi meningkat (Sasmita, 2017).

Dari latar belakang yang diuraikan diatas dan beberapa hasil dari penelitian sebelumnya, maka dalam penelitian ini masih perlu dilakukan pengujian lebih lanjut mengenai variasi temperatur elektrolit dan waktu pencelupan pada proses pelapisan *electroplating* terhadap ketahanan laju korosi untuk mendapatkan hasil yang optimal sesuai spesifikasi menggunakan *specimen* plat baja karbon rendah ST 41.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahan yang menjadi bahasan pada penelitian ini, meliputi :

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur elektrolit dan waktu pencelupan pada proses *electroplating* baja karbon rendah terhadap ketahanan korosi?
2. Bagaimana variasi temperatur elektrolit dan waktu pencelupan pada proses *electroplating* baja karbon rendah untuk mendapatkan hasil yang optimal sesuai spesifikasi?

1.3 Batasan Masalah Penelitian

Agar dalam penyusunan penelitian ini menjadi terarah ke tujuan penelitian, maka perlu adanya batasan-batasan permasalahan yang akan dibahas, diantaranya :

1. *Specimen* logam pengujian menggunakan baja karbon rendah ST 41.
2. Larutan elektrolit menggunakan paduan *nickel*.
3. Anoda menggunakan logam *nickel*.
4. Temperatur larutan elektrolit 30 °C, 35 °C, dan 40 °C
5. Waktu pencelupan 45 menit, 90 menit dan 135 menit.
6. Dilakukan pengujian sebanyak 9 sampel (kombinasi).
7. Tidak melakukan uji pH pada larutan elektrolit dianggap homogen.
8. Jarak pada anoda-katoda 25 cm.
9. Tegangan listrik 4,1 Volt.
10. Kuat arus listrik 5,7 Amper.
11. Spesifikasi *specimen* berbentuk plat dengan ukuran panjang 60 mm, lebar 40 mm dan tebal 5 mm.

12. Kehalusan permukaan setiap *specimen* dianggap homogen.
13. Tidak melakukan pengukuran uji ketebalan lapisan *specimen*.
14. Waktu pengkorosian 168 jam, 336 jam, 504 jam dan 720 jam.
15. Media korosi air laut murni.
16. Tidak melakukan uji pH pada media korosi air laut.
17. Perhitungan laju korosi menggunakan metode *weight loss*.
18. Tidak membahas struktur makro maupun mikro pada *specimen*.
19. Menggunakan analisis optimasi parameter metode Taguchi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan-rumusan masalah dan batasan masalah yang telah dipaparkan diatas, maka tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini, diataranya :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dan waktu pencelupan pada proses *electroplating* terhadap ketahanan korosi.
2. Mengetahui variasi temperatur dan waktu pencelupan pada proses *electroplating* baja karbon rendah untuk mendapatkan hasil yang optimal sesuai spesifikasi dengan parameter yang optimal.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan didapat dari permasalahan penelitian ini, sebagai berikut :

1. Dapat menambah wawasan tentang *electroplating* dan laju korosi.
2. Dapat menambah ilmu pengetahuan tentang material baja karbon rendah.
3. Dapat mengetahui laju korosi yang terjadi pada logam ST 41 setelah dilapisi.
4. Dapat mengetahui hasil yang optimal sesuai spesifikasi dari variasi waktu pencelupan dan temperatur larutan elektrolit dari proses *electroplating* baja karbon rendah ST 41.
5. Dapat mengetahui penggunaan analisis optimasi metode Taguchi dalam pengoptimalan hasil *electroplating*.
6. Dapat dijadikan referensi dan dikembangkan lebih lanjut pada penelitian selanjutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penulisan skripsi ini dapat diuraikan sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan

Bab ini berisikan gambaran secara umum terkait latar belakang, rumusan masalah penelitian, batasan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika untuk penulisan penelitian skripsi.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas teori-teori yang melandasi dan memperkuat penelitian yang dapat diambil dari buku, literatur, jurnal ilmiah maupun penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini.

BAB III : Metodologi Penelitian

Bab ini membahas tentang langkah-langkah maupun prosedur yang ditempuh selama proses penelitian. Hal ini bertujuan agar dapat tersistematisnya dalam metode proses penelitian, pengambilan data, pengumpulan data, diagram alir (*flowchart*) penelitian dan pengolahan data hasil dari eksperimen lebih terususun dan terarah.

BAB IV : Hasil Penelitian dan Pembahasan

Bab ini membahas tentang hasil dari pelaksanaan eksperimen penelitian, pengambilan data dan pengolahan data yang telah diperoleh beserta analisisnya.

BAB V : Penutup

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan hasil penelitian dan saran selama penelitian untuk penelitian selanjutnya lebih agar sempurna.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Semakin tingginya temperatur pada larutan elektrolit dan lama waktu pencelupan pada proses *electroplating* mendapatkan nilai laju korosi dan kehilangan berat terkecil. Pada proses pelapisan waktu pencelupan sangat berpengaruh signifikan terhadap kuantitas ketebalan lapisan, dikarenakan semakin lama waktu pencelupan maka lapisan pada *specimen* akan menjadi tebal dan kokoh. Hal ini disebabkan karena pada waktu pencelupan memberikan *ion-ion* pelapis yang secara terus-menerus yang akan melapisi katoda dan menyebabkan anoda menjadi terkikis (habis). Sedangkan pada temperatur elektrolit yang tinggi mendapatkan pelekatan lapisan *specimen* menjadi kokoh/kuat. Sedangkan pada temperatur elektrolit memberikan kenaikan konduktivitas pada larutan elektrolit. Semakin lama waktu korosi dan tingkat keasaman air laut yang terjadi dapat menyebabkan lapisan *specimen* menjadi tipis dikarenakan meningkatnya salinitas (kadar gram garam) pada air laut yang akan menyebabkan logam berkarat (korosi). Persentase laju korosi dari *robust design* (desain yang kokoh terhadap gangguan) mengalami peningkatan (laju korosi yang minimum) terhadap *initial design* yang terlihat pada *mean* maupun gain S/N rasio laju korosi. SN Rasio yang dihasilkan memberikan pengaruh yang sangat signifikan.
2. Parameter yang optimal untuk mendapatkan hasil yang optimum sesuai spesifikasi pada waktu korosi 168 jam, 336 jam, 504 jam, dan 720 jam di temperatur elektrolit 40 °C dengan waktu pencelupan 135 menit terletak pada level 3 temperatur elektrolit dan level 3 waktu pencelupan. Dengan rincian spesifik sebagai berikut :
 - a. Kombinasi parameter yang optimum untuk proses *electroplating* di waktu korosi 168 jam terdapat pada temperatur elektrolit level 3 dan waktu pencelupan level 3 yaitu sebesar 0,00023 *mpy* dengan kehilangan berat sebesar 0,003 gr.

- b. Kombinasi parameter yang optimum untuk proses *electroplating* di waktu korosi 336 jam terdapat pada temperatur elektrolit level 3 dan waktu pencelupan level 3 yaitu sebesar 0,00093 *mpy* dengan kehilangan berat sebesar 0,026 gr.
- c. Kombinasi parameter yang optimum untuk proses *electroplating* di waktu korosi 504 jam terdapat pada temperatur elektrolit level 3 dan waktu pencelupan level 3 yaitu sebesar 0,00180 *mpy* dengan kehilangan berat sebesar 0,076 gr.
- d. Kombinasi parameter yang optimum untuk proses *electroplating* di waktu korosi 720 jam terdapat pada temperatur elektrolit level 3 dan waktu pencelupan level 3 yaitu sebesar 0,00187 *mpy* dengan kehilangan berat sebesar 0,116 gr.

5.1 Saran

Berapa hal yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan untuk melanjutkan penelitian ini, hal-hal yang harus diperhatikan untuk peneliti selanjutnya sebagai berikut :

1. Dalam penelitian selanjutnya diharapkan menambah variasi parameter/faktor-faktor sesuai DoE dari metode taguchi, faktor-faktor yang sangat mempengaruhi hasil lapisan pada *electroplating* seperti tegangan, jarak anoda-katoda, kuat arus, dan jenis-jenis lapisan agar mendapatkan parameter dan hasil yang lebih optimal, kokoh dan baik.
2. Pemilihan *specimen* uji yang berbeda, dengan harapan mendapatkan nilai laju korosi yang baik.
3. Dalam penelitian selanjutnya memvariasikan media korosi seperti melakukan pencampuran media korosi air laut atau jenis cairan lainnya untuk melihat perbandingan-perbandingan pengaruh dari media korosi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alphanoda, Abid Fahreza. 2019. "Terhadap Laju Korosi Pada Hasil Pelapisan Electroplating Hard." 286–91.
- Amin, Muhammad Sholihul, Muhammad Sholihul Amin, Mahros Darsin, Dan Andi Sanata. 2020. "Optimasi Kekuatan Tarik Proses Electroplating Ss400 Menggunakan Metode Taguchi." *Jurnal Riset Teknologi Industri* 14(1):54. Doi: 10.26578/Jrti.V14i1.5839.
- Andhi Pamungkas, Mulyaningsih. 2018. "Pengaruh Variasi Temperatur Elektroplating Terhadap Ketebalan Lapisan Nikel Baja St37 Grafik Hubungan Temperatur Dan Tebal Nikel." *Mer-C* 1(2):3–5.
- Andriawan, Dan Aisyah Endah Palupi. 2019. "Struktur Mikro , Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan Nikel Baja St41." *Jtm* 07:125–34.
- Arciniegas Paspuel, O. G., Álvarez Hernández, S. R., Castro Morales, L. G., & Maldonado Gudiño, C. W. 2021. "Alat Ukur Portabel Untuk Mengurangi Laju Korosi Di Workshoppoliteknik Industri Logam Morowali." 2(8):6.
- Bayu, Waskito, Jasman, Dan Mulianti. 2021. "Kaji Eksperimental Pelapisan Krom Menggunakan Metode Elektroplating (Studi Kasus Baja St 40)." *Vomek* 3(1):92–98.
- Bull, Victoria. 2008. *Oxford Learner's Pocket Dictionary*. New York : Oxford University Press.
- Buyang, Yorinda, Dan Henie Poerwandar Asmaningrum. 2015. "Pengaruh Voltase Dan Waktu Terhadap Pengendapan Logam Mangan Dan Seng Pada Lempeng Tembaga Menggunakan Metode Elektroplating." *Magistra: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Pendidikan* 2(2):226–36. Doi: 10.35724/Magistra.V2i2.336.
- Charles Manurung, St., Mt. 2019. "Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Laju Korosi (Mpy) Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah Dengan Pelapis Nikel." *Visi* 21(2):1857–69.
- Darmawi. 2018. "Pelapisan Logam." 1–88.
- Gautama. 2009. "Mengenal Cara Pelapisan Logam (Bagian 1)."
- Khasibudin, Muhammad Rusdi Wildanurdi, Dicki Nizar Zulfika, Dan Rahmat Kusbiantoro. 2019. "Analisis Laju Korosi Baja Karbon St 60 Terhadap Larutan Hidrogen Klorida (Hcl) Dan Larutan Natrium Hidroksida (Naoh)."

Molecules 1(1):88–102.

Lintang, Ahmad Nur, Novi Laura Indrayani, Dan Ahmad Maulana. 2018. “Studi Eksperimen Variasi Waktu Elektroplating Zn Terhadap Laju Korosi Pada Baja Aisi 1045.” *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 6(1):30–35.

Miranda, Elektrolit. 2020. “Analisis Laju Korosi Pada Logam Melalui Proses Dipcoating Larutan.” *Jurnal Hadron* 2(01):29–33.

Montgomery, Douglas. 2012. “Design And Analysis Of Experiments.” *Book* 1–64.

Montgomery, Douglas C. 2013. *Design And Analysis Of Experiments Eighth Edition*. Arizona State University. Vol. 2009.

Muhamad Zainul Efendy Syaefuddin. 2021. “Optimasi Parameter Injection Molding Terhadap Shrinkage Pada Material Polypropylene Dengan Metode Taguchi.” *Universitas Negeri Malang*.

Nair, Nikhil V. 2016. “Optimization Of Ss316l Weldments Using Smaw By Varying Filler Electrode.” *International Research Journal Of Engineering And Technology (Irjet)* 03(12):351–56.

Najamudin. 2019. “Analisis Sifat Mekanis Pada Logam Dengan Metode Pelapisan Vernikel-Chrome Yang Dipengaruhi Waktu Pelapisan.”

Napitupulu, Richard A. M., Jupiter Daely, Rikky Manurung, Dan Charles S. P. Manurung. 2022. “Pengaruh Waktu Electroplating Chrom Pada Baja Karbon Rendah Terhadap Kekerasan , Laju Korosi Dan Tebal Lapisan.” 1(V):76–85.

Nasution, Muslih. 2019. “Kajian Tentang Hubungan Deret Volta Dan Korosi Serta Penggunaannya Dalam Kehidupan Sehari-Hari.” *Seminar Nasional Teknik (Semnastek) Uisu* 2(4):251–54.

Ngatmin, Ngatmin, Helmy Purwanto, Dan Indah Riwayati. 2019. “Analisis Laju Korosi Pada Plat Baja Lambung Kapal Dengan Umpan Anoda Korban Aluminium.” *Jurnal Ilmiah Momentum* 15(2). Doi: 10.36499/Jim.V15i2.3085.

Nofri, Media, Dan Acang Taryana. 2017. “Analisis Sifat Mekanik Baja Skd 61 Dengan Baja St 41 Dilakukan Hardening Dengan Variasi Temperatur.” *Bina Teknika* 13(2):189. Doi: 10.54378/Bt.V13i2.218.

Nugraha, Iqbal Satria. 2021. “Penentuan Parameter Laju Korosi Lapisan Nikel-Krom Pada Roda Gigi Kendaraan Bermotor.”

Nur Rahman, Muhammad Budi, Bambang Riyanta, Dan Delvis Agusman. 2020.

- “Pengaruh Temperatur Dan Arus Listrik Proses Pelapisan Krom Pada Plastik Abs Dengan Metode Electroplating.” *Jmpm (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)* 4(1):58–66. Doi: 10.18196/Jmpm.4154.
- Pani, Soelarso. 2018. “Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik Dan Waktu Electroplating Nickel-Chrome Terhadap Ketebalan Lapisan Pada Permukaan Landasan Teori A . Prinsip Dasar Electroplating Ahmad , 2011 . Prinsip Dasar Dari Proses Lapis Listrik Berpedoman Atau Berdasarka.” 2(1):18–25.
- Prabowo, Alexander Eldo, Hari Rarindo, Syamsul Hadi, Agus Sujatmiko, Dan Agus Hardjito. 2021. “Pengaruh Tegangan Dan Waktu Electroplating Tembaga Dan Nikel Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah.” *Jurnal Teknologi* 15(2):14–20.
- Pratiwi, Vania Mitha, Sulistijono, Irfan P. Hidayat, Dan Handis Zuniandra. 2019. “Pengaruh Variasi Waktu Dan Temperatur Kekuatan Lekat Dan Ketahanan Korosi Pada Baja.” *Jurnal Teknik Its* 8(2):218–23.
- R., Mohammad Adnan, Lukman Noerochim, Dan Haniffudin Nurdiansah. 2018. “Pengaruh Variasi Waktu Pencelupan Terhadap Ketebalan, Kekerasan Dan Ketahanan Korosi Hasil Electroplating Nikel-Hard Krom Pada Baja Aisi 4340.” *Jurnal Teknik Its* 7(2):257–62.
- Rasyad, Abdul, Dan Budiarto Budiarto. 2018. “Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, Dan Kuat Arus Proses Electroplating Terhadap Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk Dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah.” *Jurnal Rekayasa Mesin* 9(3):173–82. Doi: 10.21776/Ub.Jrm.2018.009.03.4.
- S. Phadke, Madhav. 1989. “Quality Engineering Using Robust Design.” 327.
- Sabyantoro, Wahyu Kheren, Helmy Purwanto, Dan Muhammad Dzulfikar. 2019. “Analisis Laju Korosi Dengan Aliran Media Korosi Hcl 10% Pada Material Baja Astm A36 Dengan Sudut Bending.” *Jurnal Ilmiah Momentum* 15(1). Doi: 10.36499/Jim.V15i1.2661.
- Santosa, Irfan. 2018. “Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Impak Pada Baja St 41.” *Oseatek Ups Tegal* 03:13–19.
- Saputro, Faizal Dwi, Dan Dwi Heru Sutjahjo. 2017. “Variasi Media Pengkorosi Dan Waktu Terhadap Laju Korosi Pada Baja Rendah Karbon (Mild Steel) Dengan Pemodelan Kondisi Sirip Kemudi Kapal.” *Jtm* 5(3):59–66.

- Sasmita, Dewi. 2016. “Pengaruh Suhu Dan Waktu Pelapisan Tembaga Pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Korosi.” *Eksakta* 2:61–67.
- Setiawan, Yonathan Ari, Dan Arya Mahendra Sakti. 2022. “Analisa Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah Spcd Dengan Menggunakan Metode Painting Dan Phosphating Sebagai Media Pelapisan Logam.” *Jurnal Teknik Mesin* 10(01):21–26.
- Setyaningrum, Dewi Ratri, Nani Mulyaningsih, Catur Pramono, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Dan Universitas Tidar. 2021. “Pengaruh Variasi Waktu Elektroplating Nikel Terhadap Laju Korosi Pada Bejana Penampung Air Nira Lontar Di Industri Nata.”
- Shaleh, Ir. Azhar A. 2014. *Electroplating Teknik Pelapisan Logam Dengan Cara Listrik*. 1 Ed. Bandung: Yrama Widya.
- Sriwidadi, Teguh, Dan Erni Agustina. 2013. “Dengan Linear Programming Melalui Metode Simpleks Teguh Sriwidadi ; Erni Agustina.” *Binus Business Review* 4(9):725–41.
- Sumanto, Dan R. El Maghfiroh. 2019. “Efek Temperatur Terhadap Laju Korosi.” *Jurnal Flywheel* 10:26–32.
- Susilowati, Sri Endah. 2022. “Analisis Laju Korosi Pada Perlindungan Zinc Anode Dan Arus Dc 1.”
- Wardana. 2021. “Analisis Laju Korosi Baja A36 Dengan Coating Zinc Anode Dan Aluminium Anode Pada Proses Electroplating.”
- Wibowo, Dwi Anggi. 2021. “Pengaruh Kadar Salinitas Air Terhadap Laju Korosi Baja St 60.” 3(2):145–58.