

ALAT ELEKTROPLATING BERBASIS PENGATUR WAKTU UNTUK PELAPISAN *CHROME* DI LABORATORIUM PELAPISAN LOGAM

Langgeng¹, Hendra Saputra Pratama², Kusetyono Lamiran Sodiwiryo³

¹Jurusan Teknik Sipil, ^{2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

¹langgenglanggeng@unesa.ac.id

²hendrapratama@unesa.ac.id

³kusetyonosodiwiryo@unesa.ac.id

Abstrak— Praktikum adalah proses belajar mengajar yang cukup kompleks, tetapi tingkat kompleksitasnya selalu seiring dengan perkembangan manusia. Untuk melengkapi komponen pembelajaran dalam praktikum di universitas diperlukan adanya sarana atau media yang dapat merangsang proses pembelajaran agar berjalan dengan efektif dan efisien, diantaranya alat yang mendukung kegiatan praktikum. Sejalan dengan perkembangan zaman terutama pada industri, penggunaan logam baja sebagai bahan baku konstruksi merupakan bahan yang sering digunakan. Baja yang digunakan biasanya adalah jenis baja karbon rendah yang korosif baik di udara, air, maupun tanah. Korosi tersebut dapat terjadi dikarenakan baja menghempaskan elektron, sehingga membuat baja tersebut mengalami oksidasi. Baja yang mengalami oksidasi dapat menjadi rapuh, lemah, dan tidak mampu menanggung beban yang seharusnya ditopang oleh struktur baja. Oleh karena itu, korosi bisa menurunkan ketahanan struktur baja rendah karbon sebagaimana halnya pipa. Namun dengan metode pelapisan (*coating*), baja karbon rendah dapat terlindungi dari korosi. Melakukan pelapisan baja dengan menggunakan logam bisa diusahakan dengan berbagai metode, termasuk diantaranya yaitu elektroplating (pencelupan dingin) dengan metode arus searah. Prinsip kerjanya hampir sama dengan elektrolisis, di mana logam galvanis berperan sebagai anoda, sedangkan spesimen logam dasar bertindak sebagai katoda. Pemilihan pelapisan dengan menggunakan listrik selain mengedepankan hasil visualnya, faktor-faktor lain sama pentingnya dan perlu diperhatikan seperti daya tahan dan perlindungan dari korosi. Karena dalam situasi tertentu, ketahanan logam terhadap korosi sangatlah penting. Pelapisan tersebut mengacu pada pelapisan permukaan (*surface coating*), yaitu sebuah proses memodifikasi permukaan suatu material dengan tujuan untuk mendapatkan sifat-sifat seperti ketahanan korosi, kekerasan tinggi, ketahanan suhu tinggi, dan ketahanan aus tanpa adanya perubahan yang berarti pada sifat struktural.

Kata Kunci— Praktikum, Logam, Korosi, Pelapisan, Elektroplating.

Abstract— Practicum is a fairly complex teaching and learning process, but the level of complexity is always in line with human development. To complete the learning components in practicum at universities, it is necessary to have facilities or media that can stimulate the learning process so that it runs effectively and efficiently, including tools that support practicum activities. In line with developments over time, especially in industry, the use of steel as a construction raw material is a material that is often used. The steel used is usually a type of low carbon steel which is corrosive in air, water and soil. This corrosion can occur because steel throws away electrons, causing the steel to oxidize. Steel that experiences oxidation can become brittle, weak, and unable to bear the load that a steel structure should support. Therefore, corrosion can reduce the durability of low-carbon steel structures as well as pipes. However, with the coating method, low carbon steel can be protected from corrosion. Coating steel using metal can be done using various methods, including electroplating (cold dipping) using the direct current method. The working principle is almost the same as electrolysis, where the galvanized metal acts as the anode, while the base metal specimen acts as the cathode. Apart from prioritizing visual results, other factors are equally important and need to be considered, such as durability and protection from corrosion. Because in certain situations, the metal's resistance to corrosion is very important. This coating refers to surface coating, which is a process of modifying the surface of a material with the aim of obtaining properties such as corrosion resistance, high hardness, high temperature resistance and wear resistance without any significant changes to the structural properties.

Keywords— Practicum, Metal, Corrosion, Coating, Electroplating.

PENDAHULUAN

Pada baja dan besi digunakan pelapisan chrome (krom) dengan melakukan metode pencelupan spesimen dipermukaan elektroplating dengan penggunaan arus searah dikombinasikan dengan elektrolit (larutan kimia) yang berperan untuk

menggerakkan partikel ion-ion pada bahan pelapis yang dapat terbentuk pada lapisan permukaan logam yang akan dilakukan pelapisan (katoda). Dengan menggunakan krom bisa dilakukan pelapisan untuk berbagai jenis bahan logam sebagaimana tembaga, baja, maupun besi. Pelapisan menggunakan krom dapat pula dilakukan untuk benda berbahan plastik maupun

benda jenis lainnya non logam, asalkan benda tersebut dilapis dengan menggunakan cat yang didalamnya terkandung logam sehingga mampu menghantarkan listrik.

Elektroplating adalah pelapisan permukaan (*surface coating*) yang mengakibatkan lapisan menjadi padat, lekat, dan homogen dalam bentuk logam maupun suatu percampuran yang menempel dalam permukaan dengan memanfaatkan arus listrik. Lapisan ini berguna sebagai pelindung, dekoratif, dan menaikkan sifat karakteristik permukaan. Permukaan yang dibentuk berwujud konduktor serupa logam maupun non-konduktor serupa plastik. Bagian sentral dari perjalanan elektroplating adalah sel elektrolit (*electroplating unit*). Pada sel elektrolit, *batch* dilewati arus yang didalamnya terkandung elektrolit, anoda dan katoda.

Selama ini untuk melapisi logam hanya menggunakan *timer* manual. Benda kerja setelah dicelupkan dalam *box* berukuran kecil, lalu dibiarkan terendam selama kurang lebih 60 menit. Bila dalam praktikum terdapat puluhan mahasiswa, waktu tunggu menjadi kurang efektif dan tidak efisien serta berakibat tertundanya praktikum ke minggu berikutnya. Jika hal ini terjadi secara berkelanjutan, maka proses pembelajaran tidak berjalan dengan baik dan berakibat tidak tercapainya kompetensi yang telah direncanakan.

Permasalahan yang timbul dari proses praktikum elektroplating yakni belum adanya pengatur waktu otomatis yang dapat mempersingkat waktu dan kapasitas *box* yang relatif kecil sehingga kurang efisien, maka diperlukan alat elektroplating yang sesuai dengan kebutuhan. Dengan penelitian ini, peneliti berusaha mengupayakan alat elektroplating yang di inginkan untuk kebutuhan praktek di Laboratorium Pelapisan Logam di Jurusan Teknik Mesin.

Tujuan dari pembuatan alat elektroplating adalah:

1. Untuk memudahkan proses praktikum pelapisan logam yang digunakan oleh mahasiswa dan pendidik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
2. Untuk mendeskripsikan kualitas pelapisan logam yang digunakan oleh mahasiswa dan pendidik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.

Berikut adalah manfaat yang didapat dengan pembuatan alat elektroplating ini:

1. Manfaat Teoritis

Hasil dari pembuatan alat elektroplating tersebut diharapkan dapat menambah referensi dalam mengembangkan alat untuk melapisi logam sebagai media untuk proses praktikum pelapisan logam.

2. Manfaat Praktis

Dengan dibuatnya alat elektroplating ini diharapkan dapat menarik perhatian mahasiswa, membuat mahasiswa praktikum aktif dan mandiri dalam kegiatan pembelajaran, sehingga membuat proses praktikum menjadi lebih efisien.

Penggunaan alat elektroplating adalah bentuk pembelajaran yang inovatif, sehingga pendidik dapat menciptakan praktikum yang dapat membuat mahasiswa aktif, mandiri dan membangun pengetahuan sendiri.

Dapat memberikan pemahaman baru akan alat elektroplating sebagai media untuk praktikum mahasiswa, khususnya pelapisan logam.

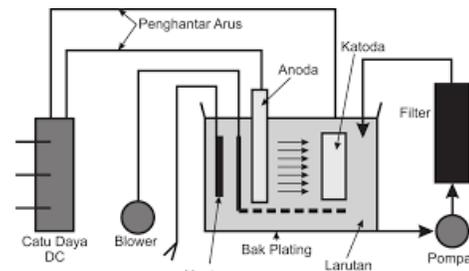
1. Pelapisan Menggunakan Listrik (Elektroplating)

Elektroplating atau pelapisan menggunakan listrik dengan pencelupan dapat didefinisikan sebagai sebuah proses pelapisan logam dengan menggunakan arus searah (DC) dan larutan kimia elektrolit yang berguna untuk sarana penyedia bagi ion-ion material logam berwujud endapan (pelapis) dalam elektroda dan katoda.

Elektroplating dilakukan dengan metode menyalurkan aliran arus listrik melewati larutan diantara logam ataupun bahan konduktif lainnya. Dua benda logam plat yakni anoda dan katoda disambungkan dengan kutub positif dan kutub negatif ke sumber arus searah (DC). Logam yang tersambung ke kutub negatif dideskripsikan sebagai katoda.

Pada saat melakukan proses elektroplating, beberapa faktor yang harus diperhatikan yakni suhu larutan, arus yang diperlukan untuk pelapisan (kerapatan arus), dan lamanya pelapisan yang akan disebabkan oleh kuat arus listrik pada permukaan bahan yang akan dilapisi dan suhu larutan, tingkat keasaman (pH) dan konsentrasi larutan atau viskositas.

Gambar 1 merupakan proses rangkaian sederhana yang terjadi pada elektroplating yang secara berurutan dari sumber listrik mengalirkan dua *output* yakni penghantar arus dan anoda.



Gbr 1. Rangkaian Proses Elektroplating

2. Unsur-Unsur Pokok Proses Elektroplating

a. Rectifier

Rectifier adalah rangkaian perangkat listrik yang mengkonversi arus AC/bolak-balik menjadi arus DC/searah yang beroperasi sebagai pemberi tegangan arus searah. Dalam rectifier terdapat baterai, yang digunakan sebagai penyimpan tegangan DC.

b. Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit merupakan larutan yang zatnya jika dilarutkan dalam air mempunyai kemampuan menghantarkan listrik.

c. Anoda

Anoda merupakan elektroda bermuatan listrik positif pada larutan elektrolit. Peran dari anoda antara lain sebagai tempat terjadinya reaksi oksidasi pada sel elektrolisis.

d. Katoda

Katoda merupakan elektroda negatif pada larutan elektrolit, yang mana dalam katoda tersebut terjadi proses pengikatan ion-ion hasil dari reduksi anoda. Ketika elektroplating berproses, katoda bisa dipahami sebagai bagian dari benda kerja yang

nantinya dilapisi, katoda berperan sebagai material logam yang akan dilapisi atau media yang berperan sebagai penerima ion.

3. Faktor Yang Mempengaruhi Proses Pelapisan Krom

a. Temperatur (Suhu)

Temperatur bisa berpengaruh terhadap hasil pelapisan, peningkatan suhu dapat mengakibatkan banyaknya keseragaman dari lapisan elektrolis yang terbentuk dan akan semakin meningkatkan ketahanan material terhadap korosi.

b. Konsentrasi Ion

Faktor konsentrasi ion dapat mempengaruhi struktur deposit, karena hal ini berkaitan dengan peningkatan konsentrasi yang bisa meningkatkan aktivitas anion sehingga dapat membantu mobilitas ion.

c. Kerapatan Arus

Jenis kerapatan arus yang direkomendasikan yaitu aliran yang kontinyu mulai dari awal hingga akhir proses pelapisan krom.

d. pH Larutan

Faktor penggunaan pH larutan digunakan untuk menentukan tingkat keasaman sebuah larutan elektrolit. Tingkat pH larutan dapat diukur dengan menggunakan alat ukur yaitu, pH kalorimeter yang bertujuan untuk menganalisa kemampuan dari kandungan larutan agar dapat menghasilkan lapisan yang lebih baik.

e. Konduktifitas

Suatu konduktifitas larutan bergantung pada konsentrasi ion yang besar/kecil dan konsentrasi pada molekul.

f. Waktu Pelapisan

Faktor waktu pelapisan, dapat berpengaruh terhadap ketebalan lapisan yang diinginkan. Semakin lama waktu pelapisan maka ketebalan lapisan yang diperoleh semakin tebal, meskipun pada titik tertentu akan tercapai titik jenuh Dimana ketebalan lapisan tidak dapat ditingkatkan lagi, meskipun waktu pelapisan terus menerus diperpanjang.

g. Throwing Power

Definisi dar *Throwing power* merupakan suatu elektrolit yang digunakan untuk menciptakan lapisan dengan ketebalan yang sama dalam benda kerja, baik yang bentuknya kompleks maupun biasa.

4. Jenis Material Baja

a. Baja Karbon Rendah atau *Low Carbon Steel*

Atau biasa disebut baja ringan atau baja yang tidak keras. Baja ini mempunyai kandungan karbon tidak lebih dari 0,30% C. Aplikasi penggunaan baja ini umumnya dipergunakan untuk baja profil, baut, kawat, ulir sekrup, mur, dan lain sebagainya.

b. Baja Karbon Sedang atau *Medium Carbon Steel*

Jenis baja ini mempunyai kandungan karbon lebih besar dari 0,30% C - 0,60 C beserta beberapa unsur paduannya. Sering dipergunakan pada rel kereta api dan beberapa peralatan mesin, contohnya poros bubutan, alat angkat, roda gigi otomotif, sekrup, dan poros engkol.

c. Baja Karbon Tinggi atau *High Carbon Steel*

Jenis baja ini mempunyai kandungan karbon diatas 0,60%- 1,80°C diproduksi melalui metode pengerollan panas. Aplikasi penggunaan baja ini yakni dapat dipergunakan untuk tap, mata potong bubut, pisau, dan bagian-bagian yang tahan

gesekkan. Jika baja ini dipergunakan pada material khusus, maka harus dikerjakan dalam kondisi panas dan dipergunakan untuk batang-batang pengontrolan, peralatan mesin-mesin berat, serta alat tangan seperti tang, obeng, palu, dan lain-lain.

5. Teknik Metalografi

Metalografi yaitu perpaduan ilmu dan seni yang membahas seputar struktur mikroskopis dari logam baik dengan cara kuantitatif maupun kualitatif. Informasi terkandung pada bahan yang mungkin dapat diamati adalah jarak atom, butir, fasa, arah butir, defleksi, topografi, komposisi kimia, dan lain-lain. Metalurgi dilakukan dengan tujuan untuk:

- Ketebalan lapisan krom
- Melihat permukaan spesimen yang dilapisi dan tidak dilapisi

METODE

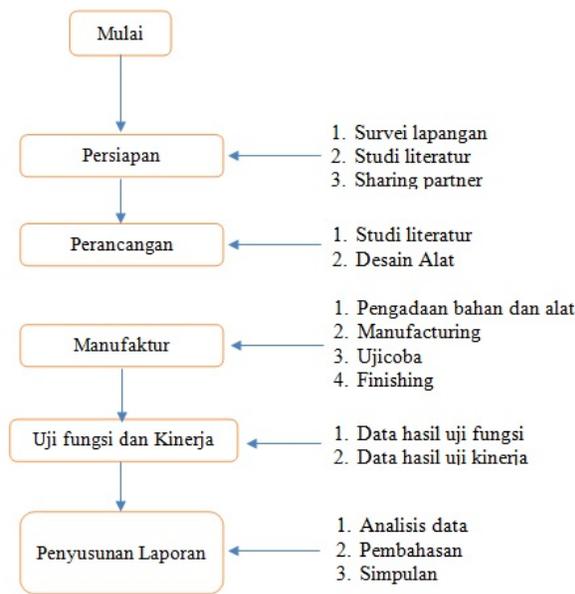
Untuk mewujudkan alat elektroplating berbasis kontrol pengatur waktu melalui tahapan berikut:

- Tahap persiapan, yaitu merupakan studi kebutuhan terkait referensi bentuk alat elektroplating berbasis kontrol *timer* yang akan dibangun.
- Tahap perancangan alat elektroplating berbasis kontrol *timer* menggunakan *software inventor*.
- Tahap identifikasi kebutuhan material meliputi unit mekanik, unit pemanas dan unit kontrol. Komponen tiap unit dapat diperoleh dari toko online ataupun toko alat-alat mekanik, elektrik di Surabaya dan Sidoarjo.
- Tahap proses manufaktur dan assembly berdasarkan desain yang telah dibuat.
- Tahap uji fungsi untuk mengetahui bahwa semua komponen berfungsi secara optimal.
- Tahap uji kinerja untuk mengetahui kinerja alat elektroplating bahwa dapat bekerja dengan baik sesuai tujuan penelitian.
- Tahap evaluasi. Setelah dilakukan uji fungsi dan kinerja, maka selanjutnya mengevaluasi hasil kerja alat elektroplating. Dari hasil uji fungsi tersebut didapatkan data-data serta parameter penting apa yang kurang dari alat elektroplating tersebut.

Instrumen yang dipergunakan di dalam penelitian ini ialah: (1) lembar penilaian alat elektroplating; dan (2) lembar angket respon khalayak sasaran. Indikasi keberhasilan penelitian didasarkan pada proses dan hasilnya. Dari segi hasil, kegiatan penelitian ini dianggap berhasil apabila seluruh tujuan maupun sasaran luaran yang ingin diperoleh pada penelitian ini tercapai dengan tuntas.

Penelitian alat elektroplating ini dilaksanakan di Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya pada rentang waktu pelaksanaan mulai bulan Juni sampai bulan November 2023. Metode yang digunakan yakni metode kualitatif dipadukan dengan pendekatan eksperimen melalui pembuatan rancangan dan pembuatan alat elektroplating serta pengujian pelapisan plat strip aluminium menggunakan pelapis nikel dengan memvariasikan waktu pelapisan 30, 35, 40, 45, dan 50 menit dan temperature 60, 65, 70, 75, 80°C terhadap ketebalan

lapisan. Adapun diagram alir penelitian pada perancangan alat elektroplating ini ditunjukkan oleh Gambar. 2;



Gbr 2. Diagram Alir Penelitian

Untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan pada penelitian, peneliti mendeskripsikannya dalam beberapa model yakni:

1. Model observasi ialah pengumpulan data dengan mengamati secara langsung objek tertentu yang ditentukan untuk diteliti pada sejumlah orang yang terkait dengan permasalahan penelitian.
2. Model studi pustaka ialah mengumpulkan data dengan mendalami literatur yang berkaitan dengan topik penelitian ini.

Jenis analisa data yang dipergunakan pada penelitian ini adalah analisa deskriptif kualitatif. Yakni dengan menjelaskan data yang telah diperoleh melalui observasi, wawancara, dan kajian pustaka. Langkah-langkah analisa data yang direncanakan adalah sebagai berikut:

1. Analisa Perancangan Alat Elektroplating
Pada perancangan alat elektroplating menggunakan analisa deskriptif kualitatif. Desain alat elektroplating dirancang sebagai upaya menciptakan pelayanan prima efektif kepada mahasiswa.
2. Analisa Penilaian Alat Elektroplating
Analisa data skor penilaian (SP) pada setiap bagian alat elektroplating dilakukan secara deskriptif, lalu dihitung nilai reratanya. Hasil dari skor penilaian rerata tersebut dijelaskan dalam kategori sebagai berikut (Agnesa, O.S., 2024).
 - 01,00% - 50,00% = Tidak Valid: Tidak boleh digunakan
 - 50,01% - 70,00% = Kurang Valid : Disarankan tidak digunakan karena perlu revisi besar
 - 70,01% - 85,00% = Cukup Valid : Dapat digunakan namun perlu revisi kecil
 - 85,01% - 100,00% = Sangat Valid : Dapat digunakan tanpa revisi

3. Analisa Hasil Respondensi Khalayak Sasaran

Responden/khalayak sasaran pada penelitian ini adalah dosen yang mampu praktikum praktikum pelapisan logam. Analisis responden didasarkan pada hasil angket dari responden khalayak sasaran yang disebar setelah responden mengakses dan menggunakan alat elektroplating yang telah dibangun. Angket respondensi ini dipergunakan dengan tujuan mendapatkan data tentang pendapat dan masukkan responden tentang alat elektroplating yang dikembangkan. Untuk perhitungan persentase tanggapan responden dilakukan dengan cara menghitung persentase tanggapan yang tersedia dibagi jumlah responden yang menerima kuesioner dikalikan 100% (Ernawatingtyas, 2015). Seperti ditunjukkan dalam persamaan 1 ;

$$P = \frac{F}{N} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

- P = Angka persentase yang dicari persentasenya
 F = Frekuensi (Jumlah skor penilaian)
 N = Jumlah seluruh data (butir soal)/skor maksimal
 100% = Konstanta

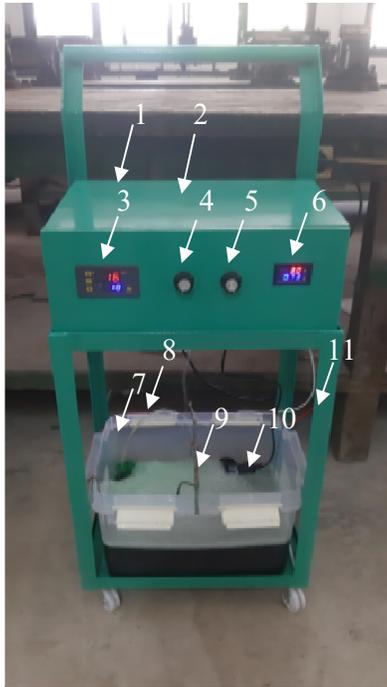
Dari segi proses, pada kegiatan penelitian ini dikatakan berhasil bila penelitiannya mampu dilaksanakan secara akurat, sesuai dengan kaidah dan etika ilmiah yang baik, serta proses dan hasil ilmiah.

HASIL DAN DISKUSI

Alat Elektroplating berbasis kontrol *timer* ini digunakan untuk proses pelapisan krom bahan praktikum di laboratorium pelapisan logam dengan menggunakan *heater* batang 50 watt dan *aerator*. Alat Elektroplating berbasis kontrol *timer* ini terdiri dari *stop* kontak sebagai sumber daya, saklar untuk menyalakan/mematikan aliran daya, *timer* sebagai pengatur waktu hidup/mati yang dibutuhkan dari *heater* dan alat ini, *PSU* (*Power Supply Unit*) sebagai penyuplai daya, *modul stepdown* untuk menaikkan/menurunkan tegangan adaptor, *aerator* sebagai pengurai larutan elektrolit, dan *heater* untuk membantu proses pelapisan krom. Alat elektroplating ini digunakan dalam proses pelapisan krom dengan ukuran benda kerja yang kecil ataupun sedang seperti koin, alat perkakas kecil (obeng, tang), paku, ruji sepeda, mur, baut, pegangan pintu, dan lain-lain. Bahan pembuatan alat elektroplating ini terbuat dari rangka besi dengan ketebalan 0,4mm dan bak plastik dengan ukuran 360 x 230mm kapasitas 15 liter yang membuat body dan frame alat elektroplating menjadi kuat, praktis, dan bernilai estetika yang baik.

Alat elektroplating ini mampu melapisi suatu benda kerja dalam waktu kurang lebih 60 hingga 100 menit pada suhu 40 hingga 80°C. Alat elektroplating ini cocok digunakan pada bengkel praktek maupun bengkel usaha untuk meningkatkan kualitas hasil pelapisan dengan biaya yang relatif terjangkau

tanpa mengorbankan kualitas. Hasil jadi alat elektroplating ditampilkan pada gambar 3 sebagai berikut.



Gbr 3. Alat Elektroplating

Keterangan:

1. *Switch On/Off*
2. *Panel Box Control*
3. Indikator & pengaturan waktu
4. Knob pengatur tegangan/voltase
5. Knob pengatur ampere
6. Indikator voltmeter & amperemeter
7. Bak *plating*
8. Selang *aerator*
9. *Hanger* katoda
10. *Heater*
11. Rangka

Secara umum, hasil jadi alat elektroplating sudah memenuhi persyaratan sebagai alat yang digunakan untuk pelapisan. Pada bagian-bagian instrumen alat desain jadi, telah mencukupi kebutuhan dalam aplikasi penggunaan. Pada umumnya penelitian alat elektroplating hanya menggunakan bagian inti dalam proses pengujiannya. Hal ini meliputi bak plating, sistem kelistrikan, *aerator*, *heater*, dan alat bantu lainnya.

Untuk keperluan pengujian jangka pendek, hanya diperlukan peralatan inti dalam perancangan alat elektroplating seperti bak plating, sistem kelistrikan, *heater*/pemanas, dan *timer*/pengatur waktu. Pada saat yang sama, jika alat pelapis listrik diperlukan untuk penggunaan terus menerus, maka desain alat tersebut harus mempertimbangkan ukuran tempat alat yang digunakan untuk memposisikan bagian-bagian dari

komponen elektroplating serta efisiensi di dalam pengaturannya/posisi susunan/rangkaian perangkat antara satu dengan yang lainnya untuk kemudahan pengoperasian.

Untuk penilaian validator dari aspek penyajian materi, didapatkan skor rerata 96,87/100. Dari segi penilaian media didapatkan skor rerata 85,11/100. Penilaian dari segi kebermanfaatannya didapatkan skor rerata 77,08/100.

Dari ketiga penilaian diatas, peneliti menghitung kelayakan alat elektroplating dan mengubahnya menjadi persentase rata-rata. Hasilnya adalah 86,35% dan menjadikan alat ini menjadi sangat layak dan dapat digunakan dengan berbagai revisi sesuai dengan arahan dan instruksi, baik dari ahli maupun validator.

KESIMPULAN

Kesimpulannya bahwa perancangan alat elektroplating telah memberikan solusi bagi permasalahan yang ada, yakni dengan tersedianya pengatur waktu otomatis yang berfungsi untuk mempersingkat waktu dan kapasitas *box* yang lebih besar sehingga dapat mengefisienkan waktu praktikum. Beberapa bagian-bagian utama seperti rangka, kelistrikan, bak plating, *heater*, aerator, dan hanger katoda memiliki fungsi dalam skala kecil yakni untuk kebutuhan praktikum, yang kedepannya akan dibuat untuk skala yang lebih luas.

Proses sebelum memulai elektroplating sangat kompleks dan dapat mempengaruhi hasil, seperti proses penghalusan (amplas) yang harus halus dan membutuhkan ketelitian, gantungan katoda yang tidak bersih akan menghambat arus yang masuk sehingga membuat benda spesimen menjadi tidak terlapisi secara merata, temperatur yang terlalu panas dapat menyebabkan benda kerja menjadi gosong, voltase yang terlalu tinggi dapat menyebabkan spesimen menjadi bercak, dan kualitas cairan nikel yang tidak bersih/ada cairan yang menggumpal membuat spesimen menjadi tidak terlapisi dengan baik sehingga terlihat kotor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Negeri Surabaya atas pihak yang telah memberikan pendanaan terkait Penelitian non APBN dan pihak-pihak yang berkenan membantu pelaksanaan penelitian tahun 2023, serta anggota tim peneliti atas kerjasamanya sehingga peneliti dapat menyelesaikan dan memperoleh manfaat dari penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Agnesa, O.S., dan Sari, Fatma T. 2. (2024). Evaluasi Hasil Belajar yang Relevan dengan Kurikulum Berbasis Kompetensi. <https://jbasic.org/index.php/basicedu/article/view/7074/3225>.
- [2] A Saleh, A. (2014). Elektroplating Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik. Yrama Widya.
- [3] Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Amiadji. (2015). Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating. *Jurnal Teknik Its*, 4(1), 1–5.
- [4] Andi, Elkana. (2019). “Pengaruh Pelapisan Krom Pada Baja Karbon Rendah Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Kekerasan Dengan Variasi Waktu”. Universitas HKBP Nommensen
- [5] Anton J. Hartomo & Tomijiro Kaneko. (1992). Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating).

- [6] Edward, Joseph. (1983). "Electroplating : A guide for designers and engineers". United Kingdom : The Institute of Metal Finishing
- [7] Ernawatingtyas, B. (2015). Mengembangkan kemampuan motorik halus melalui kegiatan menggambar dengan media pemberian contoh-contoh gambar variatif. Artikel Penelitian: Universitas Nusantara PGRI Kediri, hal. 1-11.
- [8] Femiana Gapsari. (2017). Pengantar Korosi (Tim ub press (ed.)). Tim Ub Press.
- [9] HD, A. N. S., & Suheli. (2015). Sifat Fisis dan Mekanik Lapisan Nikel- Chromium pada Permukaan Baja Aisi 410.48-54.
- [10] Kanani, N. (2004). Metal Finishing — A Key Technology? Electroplating, 1-19. <https://doi.org/10.1016/b978-185617451-0/50001-4>
- [11] Kiefner, John. F and Cheryl J Trench. (2001). "Oil Pipeline Characteristics and Risk Factors : Illustrations from the xxii
- [12] Manurung, C. (2017). Pengaruh Kuat Arus terhadap Ketebalan Lapisan dan Laju Korosi (mpy) Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah dengan Pelapis Nikel.
- [13] Meol, P. K., Maliwemu, E. U. K., Mesin, J. T., & Cendana, U. N. (2016). Pengaruh Tegangan Listrik Dan Waktu pada Krom Plating terhadap Keausan pada Hasil Produk Pengecoran Aluminium Scrap. 03(01), 47-54.
- [14] Nabhani, F., A.M. Jasim and S.W.Graham. (2007). "Electrochemical Behaviour of Low Carbon Steel in Aqueous Solutions". Proceedings of the World Congress on Engineering 2007 Vol II
- [15] Novianto, E. (2018). Studi Pelapisan Krom pada Baja Karbon dengan Arus 5 Ampere dan Variasi Tegangan 3, 6, 7.5, 9, 12 volt dengan Waktu Pencelupan 50 menit.
- [16] Nurhilal, M., Harjanto, T. R., Bahri, S., & Purwiyanto, P. (2021). Rancangan Alat Elektroplating dan Eksperimen Pelapisan Berbahan CuSO4 Terhadap Ketebalan Lapisan. Infotekmesin, 12(1), 36-41. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v12i1.489>
- [17] Pani, S. (2018). Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik dan Waktu Electroplating terhadap Ketebalan Lapisan Permukaan. Prinsip Dasar Electroplating Ahmad, 2011. Prinsip dasar dari proses lapis listrik berpedoman atau berdasarka. 2(1), 18-25.
- [18] Prasetyo, Yanuar D. (2016). Pengaruh Variasi Tegangan Dalam Proses Elektroplating Seng Pada Baja Api 5l Grade B Terhadap Ketahanan Korosi, Kekuatan Adhesi, Dan Ketebalan Lapisan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [19] Rasyad, A., & Arto, B. (2018). Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, dan Kuat Arus Proses Elektroplating terhadap Kekuatan Tarik, KRasyad, A., & Arto, B. (2018). Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, dan Kuat Arus Proses Elektroplating terhadap Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk dan Kekerasa. Jurnal Rekayasa Mesin,
- [20] Agnesa, O.S., dan Sari, Fatma T. 2. (2024). Evaluasi Hasil Belajar yang Relevan dengan Kurikulum Berbasis Komptensi. <https://jbasic.org/index.php/basicedu/article/view/7074/3225>.
- [21] Said, S. R., Wibowo, H., & Jatmiko, R. D. (2014). Alat Pelapis Logam Electropating Hasil Penelitian Untuk Praktik Siswa Smk. 18(1), 27-44.
- [22] Subayu, R. D., & Sakti, A. M. (2018). Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Tegangan Pada Proses Elektroplating Nikel Terhadap Ketebalan Permukaan dan Mampu Bending Knalpot Sepeda Motor. Jtm, 6(1), 121-128.
- [23] Sudana, I. M., Ida Ayu Anom Arsani, & Waisnawa, I. G. .S. (2014). Alat Simulasi Pelapisan Logam dengan Metode Elektroplating Simulation Tool With Metal Coating. Logic, 14(3), 190-198.
- [24] Sudjana. (2001). Metode & Teknik Pembelajaran Partisipatif. Bandung : Falah Production.
- [25] Sukarjo, H., & Pani, S. (2018). Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik dan Waktu Electroplating Nickel-Krom terhadap Ketebalan Lapisan pada Permukaan Baja Karbon Rendah. Jurnal Engine, 2(1), 18-25.
- [26] Surya Darmawan, A. D., Dewa Ketut Okariawan, I., & Herlina Sari, N. (2015). Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses Electroplating terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Ketebalan 2 Lapisan pada Baja Karbon Rendah dengan Krom, The Influence Variation of Strong Electric Current Time and Process Electroplating Power of Att. Dinamika Teknik Mesin, 5(2), 66-71.
- [27] Yanto, D. D. (2018). Pengaruh Elektroplating Nikel terhadap Ketebalan Lapisan, Kekasaran, dan Kekerasan Permukaan Titanium dengan Variasi Waktu 20, 40, 60, 80 Menit. International Reviews of Immunology, 1-15. <https://doi.org/10.3109/08830185.2014.902452>
- [28] Yerikho, Wahyu Purwo Raharjo, dan Bambang Kusharjanta. (2013). "Optimalisasi Variasi Tegangna dan Waktu terhadap Ketebalan dan Adhesivitas Lapisan pada Plat Baja Karbon Rendah dengan Proses Elektroplating Menggunakan Pelapis Seng". Volume 11 Nomor 2