



ANALISIS ALAT PELAPIS LOGAM PORTABEL DENGAN METODE ELECTROPLATING TERHADAP HASIL PENGUJIAN KEKERASAN MATERIAL LOGAM ST37

Eriek Aristya Pradana Putra^a, Kadriadi^a, Kadex Widhy Wirakusuma^a, Angga Bahri Pratama^{b*}, Eka Putra Dairi Boangmanalu^c

^aProgram Studi Teknik Perawatan Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Industri Logam Morowali, Labota, Kec. Bahodopi, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah 94974, Indonesia

^bProgram Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

^cProgram Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

*Corresponding authors at: anggabahri@polmed.ac.id (Angga Bahri Pratama)

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 18 Juni 2024

Direvisi pada 30 Juli 2024

Disetujui pada 19 Agustus 2024

Tersedia daring pada 06 September 2024

Kata kunci:

Electroplating, Korosi, Tembaga

Keywords:

Electroplating, Corrosion, Corrosion

ABSTRAK

Electroplating adalah proses pelapisan logam yang memanfaatkan arus listrik untuk melapisi benda kerja dengan logam lain. Proses ini banyak digunakan dalam industri untuk meningkatkan kualitas atau mencegah korosi pada logam. Fokus utama pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tegangan dan durasi electroplating pada kekerasan benda kerja. Rancang bangun alat pelapis logam dengan metode electroplating didesain lebih kecil dari biasanya agar mudah dioperasikan dimana saja. Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan rata-rata nilai kekerasan pada spesimen 1 (1,5 volt dengan waktu 20 menit ialah 282,98 HV), spesimen 2 (2 volt dengan waktu 20 menit ialah 308,2 HV), spesimen 3 (2,5 volt dengan waktu 20 menit ialah 311,24 HV), spesimen 4 (1,5 volt dengan waktu 30 menit ialah 292,42 HV), spesimen 5 (2 volt dengan waktu 30 menit ialah 318,38 HV), dan spesimen 6 (2,5 volt dengan waktu 30 menit ialah 353,18 HV). Faktor penting yang mempengaruhi hasil adalah tegangan dan durasi *electroplating*. Semakin lama durasi dan semakin tinggi tegangan, semakin keras pula benda kerja yang dihasilkan.

ABSTRACT

Electroplating is a metal coating technique that applies a layer of another metal to a workpiece by means of electric current. In the industrial sector, this procedure is frequently employed to enhance the quality or stop metal corrosion. Determining the impact of electroplating voltage and duration on workpiece hardness is the primary goal of this study. In order to facilitate convenient usage and operation of metal coating using the electroplating method wherever and at any time, a specific shape is given to the tool during its design. Based on the test results, specimen 1 (1,5 volts for 20 mins) has a hardness value of 282,98 HV; specimen 2 (2 V for 20 min) is 308,2 HV; specimen 3 (2,5 V for 20 mins) is 311,24 HV; specimen 4 (1,5 V for 30 minutes) is 292,42 HV; specimen 5 (2 V for 30 mins) is 318,38 HV; and specimen 6 (2,5 V for 30 mins) is 353,18 HV. The voltage and length of the electroplating process are significant variables that affect the outcome. The workpiece generated was harder the longer the duration and the higher the voltage.

1. PENGANTAR

Pertumbuhan industri di seluruh dunia semakin pesat, mulai dari produksi skala kecil hingga skala besar. Keberadaan serat peralatan dalam proses produksi akan menjadi sebuah faktor penting yang harus diperhatikan oleh seorang individu ataupun kelompok secara khusus. Banyak dari bisnis industri terkait yang menggunakan logam sebagai bahan pembuat peralatan untuk menyuplai kebutuhan industri. Perkembangan yang begitu luas dari ilmu pengetahuan dan teknologi pada dunia industri, kemajuan yang sangat menunjang mulai dari jenis pelapis, hingga hasil lapisan yang di peroleh, dialami pada bidang pekerjaan pelapisan logam (Sungkar & Darpono, 2020). Kebutuhan akan material logam yang memiliki keunggulan untuk dijadikan sebagai bahan dasar pelapis komponen logam terus meningkat. Dalam

industri manufaktur modern, pelapisan listrik sering digunakan untuk memperbaiki stasiun kerja yang sudah usang dan untuk mencegah atau mengurangi korosi logam. Proses pelapisan listrik memerlukan pemindahan arus listrik searah. Lapisan yang digunakan adalah tembaga yang merupakan material logam yang paling umum digunakan sebagai material pelapis dalam dunia kelistrikan. (Topayung, 2011).

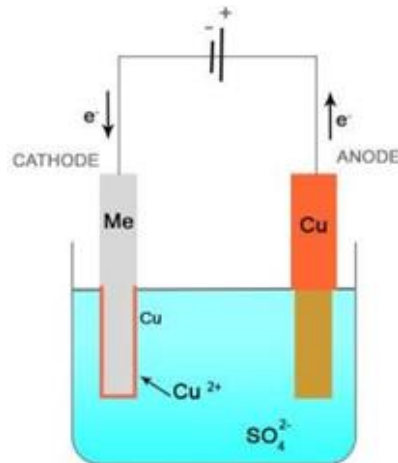
Korosi pada logam menghambat pertumbuhan bahan baku material akibat reaksi listrik antara permukaan logam dan lingkungan sekitarnya. Pelapisan tembaga pada material ini dapat meningkatkan kekuatan dan mencegah kontak terus menerus antara material dengan lingkungan, yang dapat memberikan efek mengurangi korosi. Laju pelapisan memberikan gambaran tentang kualitas logam, termasuk kekerasan dan ketahanan terhadap korosi (Mustopo, 2011). Selama proses pelapisan, dapat disesuaikan dengan parameter tegangan dan waktu. Pada rancang bangun alat pelapis logam dibuat dengan portabel dengan tujuan agar mudah untuk menggunakan alat tersebut dan juga bisa digunakan di manapun. *Electroplating* merupakan suatu cara pelapisan logam dengan menggunakan arus listrik. Secara elektrokimia, logam yang digunakan untuk menghindari korosi adalah logam yang memiliki potensial reduksi lebih kecil dari pada logam yang di lapisinya. Salah satu upaya melindungi logam dari korosi adalah dengan penerapan prinsip *Electroplating*. Jadi, metode *Electroplating* yang digunakan dalam konstruksi peralatan logam akan dapat mengatasi masalah korosi yang terus-menerus. Berdasarkan permasalahan di atas maka di lakukan pembuatan rancang bangun alat pelapis logam dengan metode *Electroplating*.

1.1. Pelapisan Logam

Pelapisan logam merupakan salah satu cara dari beberapa metode yang dilakukan untuk memberikan sifat tertentu pada permukaan benda kerja dengan harapan benda kerja tersebut akan mengalami perubahan atau pun perbaikan maupun ketahanannya dengan begitu pelapisan tersebut bisa di katakan sangat berpengaruh besar. Pelapisan logam dimulai dari dikelilinginya ion-ion logam oleh molekul-molekul pelarut yang mengalami polarisasi (Priambodo & Sakti, 2019). Pelapisan logam merupakan bagian akhir dari proses produksi dari suatu produk. Proses tersebut dilakukan setelah benda kerja mencapai bentuk akhir atau setelah 6 proses pengerjaan mesin serta penghalusan terhadap permukaan benda kerja yang dilakukan (Sudana, 2014). Pelapisan secara listrik merupakan proses pelapisan suatu logam atau non logam secara elektrolisis melalui penggunaan arus listrik searah (*direct current/DC*) dan larutan kimia (elektrolit). Pelapisan bertujuan membentuk permukaan dengan sifat atau dimensi yang berbeda dengan logam dasarnya. Terjadinya endapan pada proses disebabkan adanya ion-ion bermuatan listrik melalui elektrolit. Ion-ion pada elektrolit tersebut akan mengendap pada katoda. Endapan yang terjadi bersifat adhesif terhadap logam dasar. Selama proses pengendapan berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda dan elektrolit yaitu reaksi reduksi dan oksidasi yang diharapkan berlangsung terus menerus menuju arah tertentu secara tetap. Untuk itu diperlukan arus listrik searah dan tegangan yang konstan (Mustopo, 2011).

1.2. Electroplating

Electroplating merupakan salah satu metode dari pelapisan logam yang juga disebut elektrodeposisi, yaitu suatu proses pengendapan/deposisi logam pelindung di atas logam lain dengan cara elektrolisis. Logam-logam yang dapat digunakan sebagai pelapis adalah nikel, chromium, mangan, arsen, platinum, aurum, plumpun, dan lain-lain (Sudana dkk., 2014). Pada proses pengendapan tersebut akan mengalami reaksi kimia melalui larutan elektrolit, dengan demikian di butuhkan arus DC beserta dengan tegangan yang normal atau konstan (Basmal dkk., 2012). Jadi dapat disimpulkan bahwa proses *Electroplating* tersebut mengalami sebuah pengendapan yang disebabkan adanya ion yang bermuatan listrik yang mengalami perpindahan dari anoda menuju katoda. Proses *Electroplating* juga dapat dilihat melalui wiring diagram pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1: Wiring diagram

Proses *electroplating* mencakup empat hal, yaitu: pembersihan, pembilasan, pelapisan dan proteksi setelah pelapisan. Keempat hal ini dapat dilakukan secara manual atau bisa juga menggunakan tingkat otomatisasi yang lebih tinggi. Dalam penerapannya banyak digunakan secara luas di banyak industri meliputi bidang yaitu: kimia, farmasi, printing, minyak dan gas, danomotif. Pelapisan dengan logam krom umumnya untuk alat-alat industri yang memerlukan ketahanan goresan yang tinggi. (Prasetyaningrum & Dharmawan, 2018).

1.3. Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan adalah suatu pengujian untuk menentukan kekuatan suatu bahan dalam menghadapi deformasi. Terdapat 3 macam metode pengujian model, yaitu berdasarkan dinamis, penekanan dan goresan. Namun metode pengujian yang paling mudah dan paling lazim digunakan adalah pengujian berbasis penekanan. Pengujian kekerasan dibagi menjadi tiga metode yaitu metode *rockwell*, metode *brinell* dan metode *vickers* (Aminuddin dkk., 2020). Pengujian kekerasan dengan cara indentasi memberikan informasi yang bermanfaat mengenai kekuatan, ketahanan permukaan, dan sifat fisik material yang dapat mendukung untuk informasi data penelitian (Putra Dairi

Boangmanalu dkk., 2024). Dalam pengujian kekerasan mikro ini digunakan indentor *Vickers* dan dilaksanakan berdasarkan *standard ASTM E384*. Metode pengujian *Vickers*, data yang didapatkan adalah diagonal indentasi baik diagonal pada garis horizontal maupun diagonal pada garis vertikal. Dimensi kedua diagonal yaitu horizontal dan vertikal dirata-ratakan untuk menghitung besarnya nilai kekerasan *Vickers* (I Ketut Rimpung, 2017). Selanjutnya, dari hasil perhitungan dibuatkan tabel masing-masing bahan atau benda uji. *Hardness Vickers (HV)* dapat dihitung menggunakan persamaan (1):

$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2} \quad (1)$$

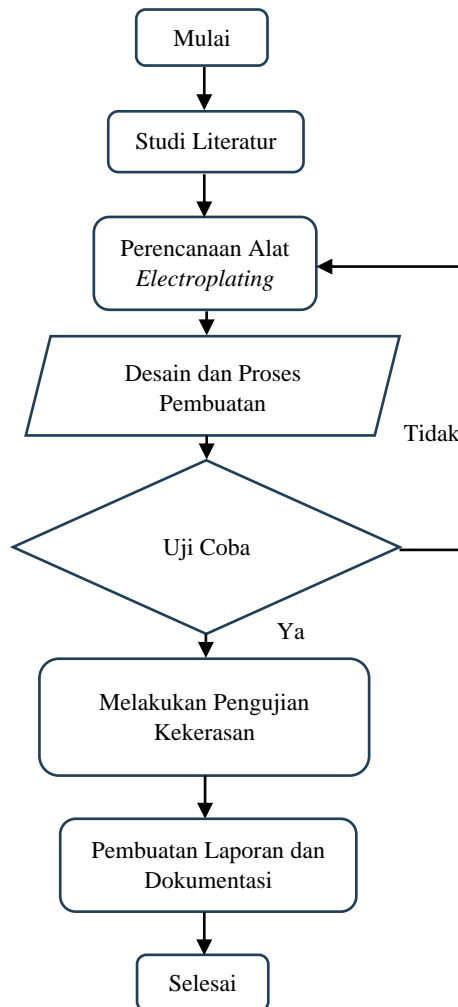
Keterangan:

HV	= Kekerasan Vickers (kgf/mm ²)
F	= Beban yang diberikan (kgf)
d	= Diagonal indentasi (mm)

2. METODE

2.1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dimulai dari studi literatur yang kemudian dilanjutkan dengan perencanaan dan pembuatan alat *electroplating*. Hasil uji coba yang diperoleh kemudian dilakukan pengujian kekerasan dan kemudian dilanjutkan dengan Analisa data. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



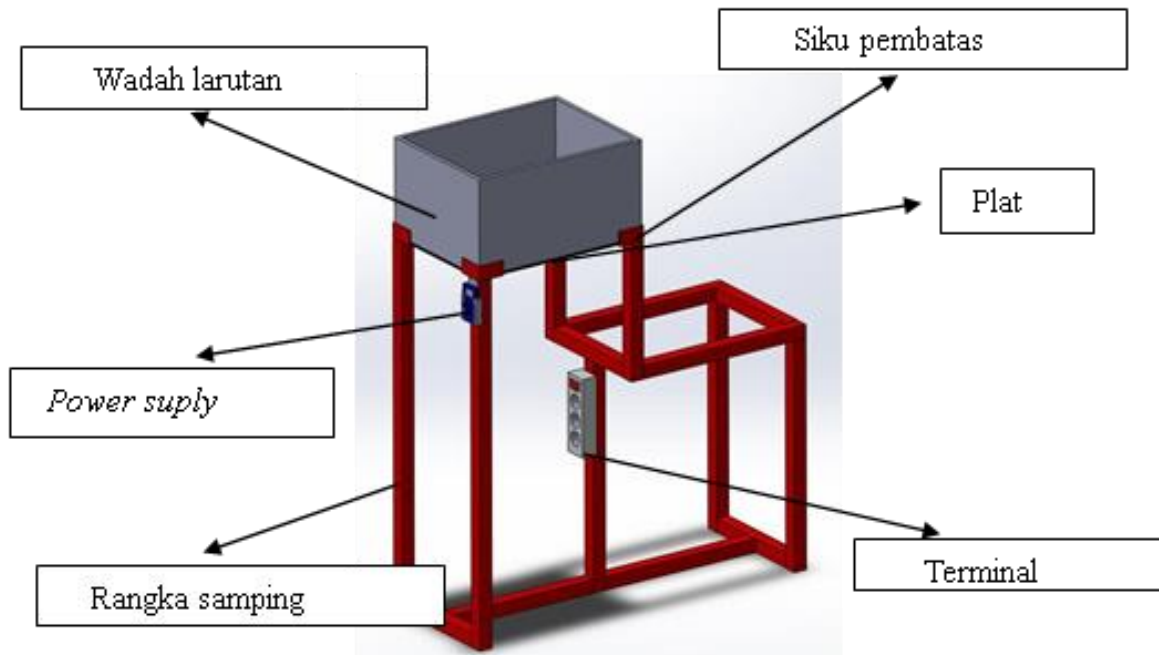
Gambar 2: Diagram alir penelitian

2.2. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah kekerasan *vickers*. Material dilakukan dengan cara menekan material dengan indentor intan dengan bentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan yang berhadapan 136°. Standar metode pengujian kekerasan dengan metode *vickers* yang digunakan berdasarkan *standard ASTM E384*, dimana standar tersebut adalah pengujian kekerasan untuk material logam. Adapun metode yang dilakukan dalam pengujian kekerasan adalah sebagai berikut; beban yang diberikan pada spesimen sebesar 50 kgf dan percobaan sebanyak 5 kali dalam 1 spesimen.

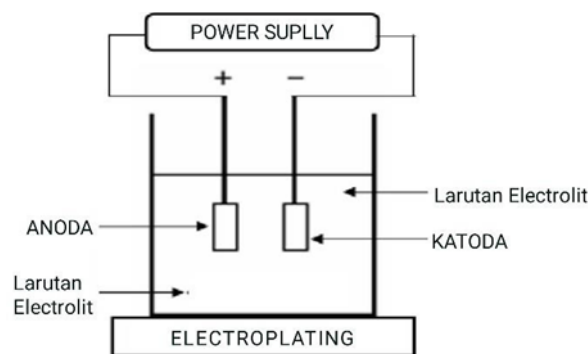
2.3. Perencanaan

Dalam perencanaan terdapat tahapan-tahapan yang dilakukan yaitu desain alat dan membuat wiring diagram. Adapun desain alat bisa dilihat pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3: Desain alat

Pada gambar 4 adalah wiring diagram pada proses pelapisan dengan metode *Electroplating* yang memiliki *power supply* sebagai sumber arus listrik, kutub negatif sebagai katoda dan kutub positif sebagai anoda.



Gambar 4: Wiring diagram

2.4. Perancangan

Perancangan merupakan bentuk kegiatan yang sudah dikoordinasikan untuk mencapai suatu tujuan dalam waktu tertentu. Sebelum melakukan suatu pengerjaan maka harus mempersiapkan hal-hal yang harus dipersiapkan (Wirakusuma dkk., 2024). **Perancangan Rangka;** pada perancangan rangka alat pelapis logam ini menggunakan besi *hollow* 3x3 cm dengan tebal 1,8 mm. Perancangan tersebut dirancang dengan memperhatikan safety di karenakan yang akan di tempatkan di atas rangka tersebut adalah cairan asam kuat, beban yang di terima tdk begitu berat, tetapi konsekuensi yang di akibatkan begitu besar. **Perancangan Wadah Electroplating;** Pembuatan bak tersebut dilakukan dengan menggunakan lem khusus untuk bahan akrilik/kaca, bak tersebut digunakan untuk penampungan cairan larutan elektrolit.

2.5. Pembuatan Alat

Setelah dilakukan perencanaan dan perancangan yang sesuai maka tahap selanjutnya adalah proses pembuatan. **Pengukuran dan pemotongan material;** pada pengukuran dan pemotongan material memiliki ukuran yang berbeda-beda sesuai dengan perencanaan dan perancangan yang sudah dibuat. Pengukuran tersebut menggunakan kapur dan pemotongan material menggunakan mesin gerinda duduk serta mesin gerinda tangan. **Pengelasan;** Pengelasan dilakukan apabila proses pemotongan sudah selesai dilakukan dengan ukuran yang sudah ditentukan. Proses pengelesan dilakukan untuk menyambungkan material yang sudah terpotong menjadi satu membentuk suatu kerangka. Dalam proses pengelasan digunakan elektroda *Nikko Steel RD-460* diameter 2,0 dengan ketebalan bahan 3 mm. **Pemasangan roda;** Tahap selanjutnya yaitu pemasangan roda di rangka landasan kerangka dengan cara dilas menggunakan kawat las RD-460 2,0. Jumlah roda yang di pasang berjumlah 4 buah dipasang di setiap sisi kerangka. **Pembuatan Wadah Electroplating;** Pembuatan bak ini guna untuk sebagai penampungan larutan elektrolit yang di mana ukuran bak tersebut ialah 40 cm x 30 cm x 20 cm. **Pembuatan Larutan**

Elektrolit; Pembuatan larutan elektrolit ini menggunakan 200 mg serbuk CUS04 dan 40 ml di setiap 1 liternya yang di campur dengan aquades. **Pengecatan rangka;** Setelah semua terpasang, maka tahap selanjutnya *finishing* yaitu tahap pengecatan. Pada tahap pengecatan menggunakan *compressor* dan spoit agar hasil akhirnya maksimal.



Gambar 5: Alat pelapis logam portabel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Proses *Electroplating*

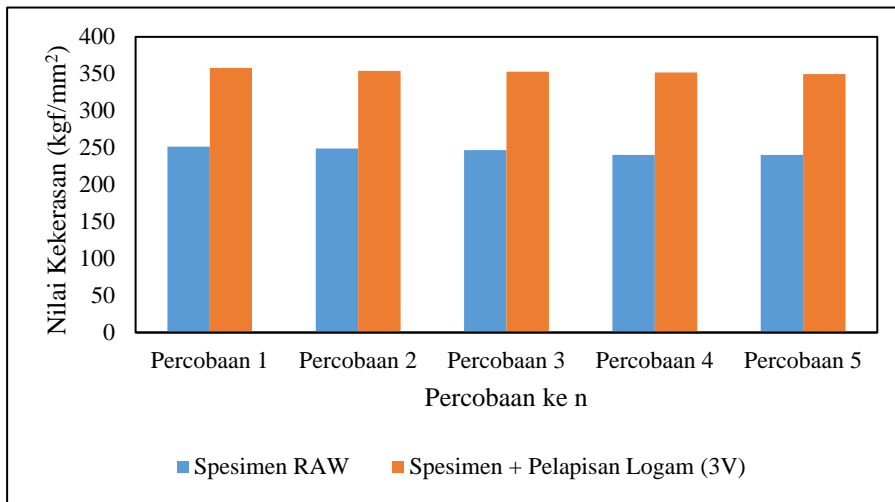
Pada proses *Electroplating* akan dilakukan variasi tegangan dan waktu tahan. Penelitian yang dilakukan oleh Mustopo, Y. D. (2011) menunjukkan bahwa ketebalan deposit semakin naik seiring dengan bertambahnya waktu pelapisan oleh sebab itu pada penelitian ini dilakukan penambahan waktu sebesar 20 menit dan 30 menit dengan tiga jenis tegangan yang berbeda yaitu, 1,5 volt, 2 volt dan 2,5 volt.. Dari gambar 6, hasil dari *Electroplating* dengan waktu yang berbeda, tetapi hasil yang terlihat pada gambar 6 atas tidak begitu memperlihatkan perbedaan yang signifikan sehingga dilakukan pengujian selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang lebih detail.



Gambar 6: Hasil proses *electroplating* dengan variasi waktu 20 dan 30 menit

3.2. Hasil Pengujian Kekerasan

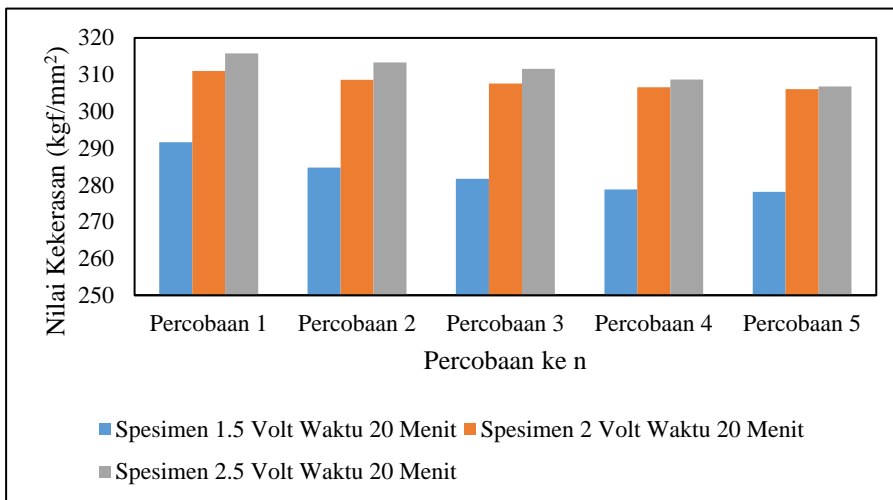
Pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan metode *vickers* dengan membandingkan hasil pengujian pada spesimen tanpa dilakukan pelapisan dengan spesimen yang sudah diberikan pelapisan logam. Dari gambar 7, terlihat jika nilai kekerasan pada spesimen yang sudah diberikan pelapisan logam, jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan spesimen raw atau tanpa dilakukan pelapisan logam dengan masing-masing nilai 240,1 HV dan 358,1 HV. Kondisi ini menunjukkan bahwasanya pelapisan logam mampu meningkatkan nilai kekerasan pada material logam. Kenaikan nilai kekerasan disebabkan oleh kenaikan tegangan yang diberikan pada spesimen, semakin tinggi tegangan yang diberikan, maka jumlah muatan yang mengalir dan menempel pada katoda akan semakin banyak sehingga menyebabkan lapisan menjadi semakin tebal. Tebal lapisan ini mempengaruhi naiknya nilai kekerasan. Kenaikan kekerasan terjadi karena adanya proses pengendapan ion-ion elektrolit yang lebih cepat, sehingga akan lebih banyak atom hidrogen yang masuk secara interstiti kedalam struktur spesimen, hal ini akan menyebabkan terjadinya distorsi kisi dan tegangan dalam lapisan menjadi naik karena gerakan dislokasi terhambat (Rasyad & Arto, 2018).



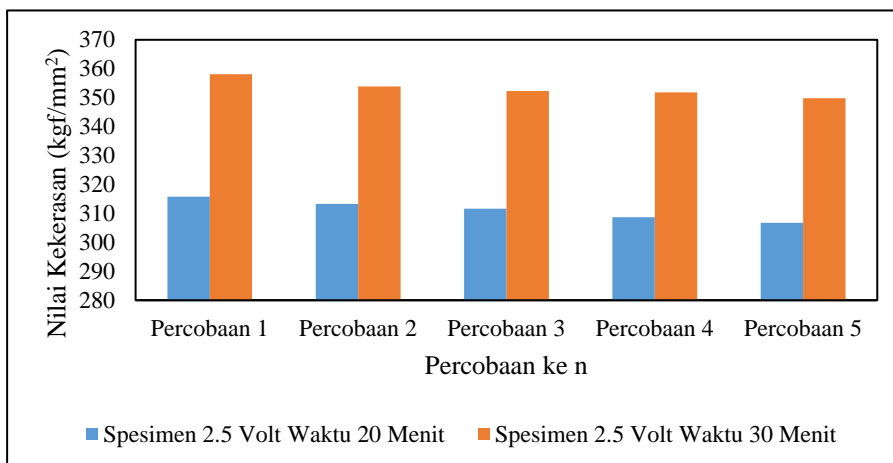
Gambar 7: Perbandingan hasil pengujian electroplating spesimenn RAW dan spesimen + pelapisan logam (3V)

3.3. Pengaruh Nilai Kekerasan Terhadap Tegangan dan Waktu

Dari gambar 7 terlihat semakin tinggi tegangan yang diberikan maka semakin besar nilai kekerasan yang diperoleh. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada tegangan 2,5 volt sebesar 315,8 HV dan nilai kekerasan terendah diperoleh pada tegangan 1,5 volt sebesar 278,1 HV. Selain itu pada gambar 8 juga menunjukkan hasil bahwasanya, semakin lama waktu yang diberikan, maka semakin tinggi nilai kekerasan yang diperoleh. Jika dibandingkan dengan tegangan yang sama yaitu 2,5 volt, nilai kekerasan yang diperoleh pada waktu 30 menit jauh lebih besar dibandingkan dengan waktu 20 menit. Beberapa penelitian sebelumnya juga telah menjelaskan bahwa waktu pelapisan semakin lama berbanding lurus terhadap hasil pelapisan secara umum. Pemilihan waktu pada proses electroplating untuk menghasilkan suatu ketebalan lapisan yang diinginkan secara teoritis sangat variatif salah satunya adalah tergantung pada arus dan tegangan yang digunakan (Basmal dkk., 2012; Rasyad & Arto, 2018). Meskipun demikian nilai ketebalan lapisan ada maksimum dan minimumnya. Pada proses pelapisan tembaga acuan pemilihan waktu dapat untuk memprediksi ketebalan larutan yang terbentuk.



Gambar 8: Pengaruh nilai kekerasan terhadap tegangan



Gambar 9: Pengaruh nilai kekerasan terhadap waktu

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan perencanaan, perancangan dan pembuatan beserta pengujian dari hasil alat tersebut, maka dapat disimpulkan rancang bangun alat pelapis logam portabel dapat bekerja dengan baik, hal tersebut dapat dibuktikan dari hasil yang diperoleh. Dari hasil yang telah didapatkan melalui data pengujian bahwasanya semakin besar tegangan yang diberikan maka semakin cepat proses pengendapan. Selain itu, dari hasil yang telah didapatkan melalui data pengujian bahwasanya semakin lama waktu yang diberikan pada proses *Electroplating* maka semakin tebal pelapisan yang menempel pada logam. Hasil pengujian yang dilakukan pada benda uji 1-6 (dengan tegangan dan durasi yang bervariasi) menunjukkan nilai kekerasan berkisar antara 240,1 HV hingga 358,1 HV. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tegangan dan waktu merupakan faktor penting yang mempengaruhi kekerasan benda kerja. Ketika durasi dan tegangan meningkat, kekerasan benda kerja juga meningkat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih banyak sehingga penelitian ini bisa selesai. Rekan-rekan peneliti yang sudah terlibat pada penelitian ini, murni untuk meningkatkan ilmu pengetahuan dan teknologi tanpa ada unsur paksaan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminuddin, R. R., Santoso, A. wibawa B., & Yudo, H. (2020). Analisa Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Kekuatan Puntir Baja ST 37 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Tempering. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(3), 368–374.
- Basmal, Bayuseno, & Nugroho, S. (2012). Pengaruh Suhu dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Kekerasan. *Rotasi*, 14(2), 23–28.
- I Ketut Rimpung. (2017). Analisis Perubahan Kekerasan Permukaan Baja (St. 42) Dengan Perlakuan Panas 800 C Menggunakan Metode Vickers di Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Bali. *Jurnal LOGIC*, 17(1), 13.
- Mustopo, Y. D. (2011). Pengaruh Waktu Terhadap Ketebalan Dan Adhesivitas Lapisan Pada Proses Elektroplating Khrom Dekoratif Tanpa Lapisan Dasar, Dengan Lapisan Dasar Tembaga Dan Tembaga-Nikel. In *Universitas Sebelas Maret*.
- Prasetyaningrum, A., & Dharmawan, Y. (2018). Aplikasi Teknologi Elektrokoagulasi Pada Pengolahan Limbah Industri Elektroplating Sebagai Upaya Menghasilkan Produksi Kerajinan Logam Berbasis Green Technology. *Jurnal Riptek*, 12(1), 37–44.
- Priambodo, J. D., & Sakti, A. M. (2019). Analisa Trainer Pelapisan Logam Berbasis Electroplating. *JRM Undip*, 05(Dc), 80–86.
- Putra Dairi Boangmanalu, E., Pratama, A. B., Fan Saragi, J. H., & Taruyun Hudeardo Sinaga, F. (2024). Analisis Sifat Mekanik Material Plat Baja ST 37 Dengan Metode Brinell. *Atech-I*, 1(2), 1–9.
- 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*, 9(3), 173–182.
- Siswanto, Y., Widhy Wirakusuma, K., Bahri Pratama, A., Panas, P., Ganda, P., & Fluida, A. (2024). Rancang Bangun Alat Penukar Panas Tipe Pipa Ganda Kajian Aliran Berlawanan Arah. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 05(1), 114–121.
- Sudana, I. M., Arsani, I. A. A., & Waisnawa, I. G. . S. (2014). Alat Simulasi Pelapisan Logam dengan Metode Elektroplating. *Jurnal Logic*, 14(3), 190–198.
- Sungkar, M., & Darpono, R. (2020). Rancang Bangun Conveyor Auto Electroplating Berbasis Arduino Mega. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 9(1), 7–9.
- Topayung, D. (2011). Pengaruh Arus Listrik Dan Waktu Proses Terhadap Ketebalan Dan Massa Lapisan Yang Terbentuk Pada Proses Elektroplating Pelat Baja Effect of Electric Current and Process Time the Thickness and Mass Layer Formed on Electroplating Process Steel Plates. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(1), 97–101.
- Wirakusuma, K. W., Kadriadi, Opu, A. S., Pratama, A. B., Saragi, J. F. H., & Boangmanalu, E. P. D. (2024). Rancang Bangun Alat Penyemprot Otomatis Untuk Ban Dump Truck Pada Pt. Dexin Steel Indonesia. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1), 72–79.