

Peningkatan kinerja sub sistem pengaturan pengumpan arus pada alat pelapisan elektro siklus jalur tertutup aliran tembus

Performance improvement of the current feeder regulation sub system in a closed-loop cycle electroplating device with penetrating flow

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Muhammad Mifthahul Hadi

NPM: 203030062



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2024**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Mifthahul Hadi

Nomor Pokok Mahasiswa : 203030062

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi,
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi,
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil plagiarisme.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 18 Desember 2024

Penulis,



Muhammad Mifthahul Hadi

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

Nama : Muhammad Mifthahul Hadi

NPM : 203030062

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Peningkatan kinerja sub sistem pengaturan pengumpan arus pada alat pelapisan elektro siklus jalur tertutup aliran tembus”

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pakalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 18 Desember 2024

Yang menyatakan,



Muhammad Mifthahul Hadi

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**Peningkatan Kinerja Sub Sistem Pengaturan Pengumpan Arus
pada Alat Pelapisan Elektro Siklus Jalur Tertutup Aliran Tembus**



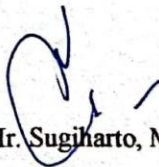
**Nama: Muhammad Mifthahul Hadi
NPM: 203030062**

Pembimbing Utama



Dr. Ir. Ade Bagdja, MME.

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Sugiharto, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Peningkatan Kinerja Sub Sistem Pengaturan Pengumpulan Arus pada Alat Pelapisan Elektro Siklus Jalur Tertutup Aliran Tembus



Nama: Muhammad Mifthahul Hadi
NPM: 203030062

Tanggal sidang skripsi: 18 Desember 2024

Ketua : Dr. Ir. Ade Bagdja, MME.

Sekretaris : Dr. Ir. Sugiharto, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Widiyanti Kwintarini, M.T.

Anggota : Ir. Syahbardia, M.T.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warrahmatullah Wabarakaatuh.

Puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah SWT atas segala kebaikan dan rahmat-Nya yang telah memberikan kekuatan fisik dan mental yang dibutuhkan penulis untuk menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **Peningkatan kinerja sub sistem pengaturan pengumpan arus pada alat pelapisan elektro siklus jalur tertutup aliran tembus**. Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak yang telah banyak membantu dalam pembuatan laporan skripsi ini. Sikap baik memudahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penghargaan dan terimakasih penulis ucapkan kepada:

1. Allah SWT atas rahmat-Nya yang telah memberikan kemudahan dan petunjuk selama pembuatan laporan ini,
2. Orang tua dan seluruh anggota atas kasih sayang, dukungan, dan selalu mendoakan penulis dengan tiada henti,
3. Bapak Dr. Ir. Ade Bagdja, MME. selaku dosen pembimbing utama,
4. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T. selaku dosen pembimbing pendamping,
5. Semua dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama penyelesaian studi, dan
6. Semua rekan satu perjuangan Mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2020 Universitas Pasundan.

Pada penulisan laporan ini jauh dari kata sempurna dan dimungkinkan masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang dapat membangun penulis guna menyempurnakan laporan ini.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakaatuh.

Bandung, 18 Desember 2024

Penulis,



Muhammad Mifthahul Hadi

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN.....	I
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	II
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	III
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	IV
KATA PENGANTAR	V
DAFTAR ISI	VI
DAFTAR GAMBAR	IX
DAFTAR TABEL	XI
ABSTRAK.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar belakang.....	1
2. Rumusan masalah.....	2
3. Tujuan	2
4. Manfaat.....	2
5. Batasan masalah	2
6. Sistematika penulisan.....	3
BAB II STUDI LITERATUR.....	5
1. Kajian pustaka.....	5
2. Pelapisan logam.....	5
3. Pelapisan elektro (<i>electroplating</i>)	6
4. Tahapan proses pelapisan elektro (<i>electroplating</i>).....	9
5. Parameter yang mempengaruhi pelapisan elektro (<i>electroplating</i>).....	10
6. Pelapisan elektro siklus jalur tertutup aliran tembus	11

7.	Sub sistem pengaturan pengumpan arus	14
8.	<i>Stainless steel</i>	14
9.	Pelapisan krom (<i>chrome plating</i>)	16
10.	Pengujian metalografi	19
BAB III METODOLOGI.....		21
1.	Tahapan penelitian	21
A.	Identifikasi masalah	22
B.	Studi literatur dan observasi	22
C.	Pengembangan sub sistem pengumpan arus	22
D.	Uji fungsional sub sistem pengumpan arus	23
2.	Tempat penelitian	23
3.	Set up pengujian	24
A.	Prosedur pelapisan	24
B.	Parameter pelapisan	25
C.	Metode pengolahan data pengujian	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
1.	Peningkatan alat pengumpan arus	27
A.	Komponen dan alat yang digunakan	27
B.	Proses peningkatan alat pengumpan arus	30
2.	Biaya komponen pengujian	31
3.	Perhitungan kecepatan dan debit elektrolit	32
4.	Perhitungan rapat arus	33
5.	Perbandingan elektroda dan jumlah krom	34
A.	Perbandingan panjang elektroda dengan dimensi benda kerja	34
B.	Perbandingan jumlah krom dengan dimensi benda kerja	34
6.	Hasil pengamatan ketebalan lapisan	35
A.	Hasil penelitian	35

B. Pembahasan	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
1. Kesimpulan.....	48
2. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	53
1. Foto kegiatan.....	53
2. Gambar teknik.....	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skematis proses pelapisan elektro (<i>electroplating</i>) [7]	6
Gambar 2. Pelapisan elektro (<i>electroplating</i>) dengan larutan pelapis [7].....	7
Gambar 3. Skematis alat <i>electroplating</i> siklus tertutup [1].....	12
Gambar 4. <i>Instalasi</i> sub sistem pengumpanan arus [2]	14
Gambar 5. Pelapisan krom [23]	16
Gambar 6. Diagram tahapan penelitian.....	21
Gambar 7. Lokasi penelitian	23
Gambar 8. <i>Set up</i> pengujian	24
Gambar 9. Skematis pemotongan spesimen.....	26
Gambar 10. <i>Power supply switching</i>	27
Gambar 11. Potensiometer	27
Gambar 12. Volt amper meter digital dan r shunt.....	28
Gambar 13. Modul <i>step down</i>	28
Gambar 14. Solder dan timah	29
Gambar 15. Kabel	29
Gambar 16. Isolator bakar.....	29
Gambar 17. Rangkaian pengumpanan arus penelitian sebelumnya [2]	30
Gambar 18. <i>Instalasi</i> rangkaian pada <i>black box</i>	30
Gambar 19. <i>Instalasi</i> peningkatan rangkaian pengumpanan arus.....	31
Gambar 20. Spesimen satu pipa <i>stainless steel</i> bagian atas	37
Gambar 21. Spesimen satu pipa <i>stainless steel</i> bagian atas	37
Gambar 22. Spesimen satu pipa <i>stainless steel</i> bagian bawah.....	38
Gambar 23. Spesimen dua pipa <i>stainless steel</i> bagian atas.....	38
Gambar 24. Spesimen dua pipa <i>stainless steel</i> bagian tengah	39
Gambar 25. Spesimen dua pipa <i>stainless steel</i> bagian bawah.....	39
Gambar 26. Spesimen tiga pipa <i>stainless steel</i> bagian atas.....	40
Gambar 27. Spesimen tiga pipa <i>stainless steel</i> bagian tengah	40
Gambar 28. Spesimen tiga pipa <i>stainless steel</i> bagian bawah	41
Gambar 29. Spesimen satu pipa baja karbon rendah bagian atas.....	41
Gambar 30. Spesimen satu pipa baja karbon rendah bagian tengah	42
Gambar 31. Spesimen satu pipa baja karbon rendah bagian bawah	42
Gambar 32. Spesimen dua pipa baja karbon rendah bagian atas	43
Gambar 33. Spesimen dua pipa baja karbon rendah bagian tengah.....	43
Gambar 34. Spesimen dua pipa baja karbon rendah bagian bawah	44

Gambar 35. Spesimen tiga pipa baja karbon rendah bagian atas	44
Gambar 36. Spesimen tiga pipa baja karbon rendah bagian tengah.....	45
Gambar 37. Spesimen tiga pipa baja karbon rendah bagian bawah.....	45
Gambar 38. Grafik hasil lapisan tertinggi penelitian terbaru	47
Gambar 39. Grafik hasil ketebalan tertinggi penelitian terdahulu	47
Gambar 40. <i>Instalasi</i> rangkaian pengumpan arus	53
Gambar 41. Proses <i>set up</i> pelapisan pipa	53
Gambar 42. Pemotongan pipa yang telah dilapisi.....	53
Gambar 43. Proses <i>mounting</i> dan pemolesan spesimen.....	54
Gambar 44. Spesimen uji	54



DAFTAR TABEL

Tabel 1. <i>Properties stainless steel 304</i>	15
Tabel 2. Komposisi dan kondisi pelapisan krom standar.....	17
Tabel 3. Komposisi dan kondisi pelapisan <i>hard chrome</i>	18
Tabel 4. Alat dan bahan yang digunakan.....	23
Tabel 5. Parameter pengujian.....	25
Tabel 6. Biaya pembelian komponen.....	31
Tabel 7. Hasil pengukuran ketebalan lapisan pipa <i>stainless steel</i>	36
Tabel 8. Hasil pengukuran ketebalan lapisan pipa baja karbon rendah	37



ABSTRAK

Pelapisan logam metode *electroplating* dapat didefinisikan sebagai perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik DC (*Direct Current*) melalui elektrolit. Fungsi utama dari pelapisan permukaan adalah untuk memperbaiki penampilan (dekoratif), melindungi dari korosi dan meningkatkan sifat mekanik suatu logam. Pada umumnya proses pelapisan permukaan dalam suatu pipa yang menggunakan metode *electroplating* celup, terutama dengan rasio panjang terhadap diameter (l/d) > 50 , untuk memperoleh hasil pelapisan yang homogen dan konsisten sangat rumit dan kompleks. Maka alternatif untuk melakukan pelapisan dibuatlah prototipe alat pelapisan permukaan siklus tertutup aliran tembus dengan metode *electroplating* sebagai alat untuk melapis permukaan bagian dalam pipa. Prototipe *electroplating* yang terdapat di laboratorium teknik mesin universitas pasundan ini memiliki kapasitas maksimum kuat arus 10 A. Dimana untuk melakukan satu kali proses pelapisan yang baik perlu memakan waktu yang cukup lama. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja sub sistem pengumpan arus pada alat *electroplating* siklus tertutup ini. Setelah dilakukan peningkatan proses pelapisan saat ini dapat dilakukan dengan kapasitas maksimum kuat arus mencapai 30 A. Uji coba proses pelapisan pada penelitian ini menggunakan: Pipa *stainless steel* dan baja karbon rendah OD= 10 mm; ID= 6 (enam) mm dengan panjang 320 mm, dengan rasio $l/d = 53,3$. Larutan pelapis yang digunakan adalah krom. Parameter proses pelapisan yang digunakan: kuat arus 15 A, 20 A, dan 25 A dengan durasi waktu pelapisan 60 menit. Hasil ketebalan pelapisan diamati menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran lensa objektif 10x dengan tambahan kamera mikroskop digital. Pengamatan dilakukan pada tiga bagian pipa (atas, tengah dan bawah) dengan empat titik yang berbeda $0^\circ - 90^\circ - 180^\circ - 270^\circ$ per bagian. Hasil yang diperoleh sampai saat ini, terdapat ketebalan lapisan yang bervariasi. Hasil Ketebalan pada pipa *stainless steel* mendapat hasil terendah diperoleh dengan kuat arus 15 A dalam 60 menit dengan ketebalan sebesar $2,4 \mu\text{m}$. Sedangkan hasil ketebalan tertinggi diperoleh dengan kuat arus 25 A lama waktu pelapisan 60 menit dengan ketebalan lapisan sebesar $20,5 \mu\text{m}$. Hasil lapisan krom pada pipa baja karbon rendah mendapat hasil terendah yaitu $2,3 \mu\text{m}$ dengan variasi kuat arus 15 A selama 60 menit. Hasil tertinggi mendapat ketebalan lapisan sebesar $30,2 \mu\text{m}$ dengan variasi kuat arus 25 A dalam waktu 60 menit. Hasil pengujian menyatakan dimana besar kuat arus pelapisan dapat mempengaruhi ketebalan lapisan tersebut, dimana semakin besar kuat arus maka ketebalan lapisan yang didapat akan semakin meningkat. Maka dengan adanya peningkatan kinerja pada alat *electroplating* siklus tertutup ini, proses pelapisan dapat menghasilkan homogenitas ketebalan lapisan yang baik dengan durasi waktu pelapisan yang lebih singkat.

Kata kunci: pelapisan logam, *electroplating*, pelapisan elektro siklus tertutup, ketebalan lapisan

ABSTRACT

The metal coating method using electroplating can be defined as the transfer of metal ions through an electrolyte with the assistance of a DC (Direct Current) electric current. The primary functions of surface coating are to enhance appearance (decorative purposes), protect against corrosion, and improve the mechanical properties of the metal. Generally, surface coating inside a pipe using the dip electroplating method, especially for pipes with a length-to-diameter ratio (l/d) > 50 , is highly challenging and complex to achieve homogeneous and consistent results. As an alternative, a closed-cycle through-flow surface coating prototype with the electroplating method was developed to coat the inner surface of pipes. The electroplating prototype available in the mechanical engineering laboratory of Pasundan University has a maximum current capacity of 10 A. However, achieving high-quality plating results typically requires a considerable amount of time. This study aims to improve the performance of the current feeder subsystem in the closed-cycle electroplating device. After these improvements, the plating process can now be conducted at a maximum current capacity of up to 30 A. The plating trials in this study used stainless steel and low-carbon steel pipes with an outer diameter (OD) of 10 mm, an inner diameter (ID) of 6 mm, and a length of 320 mm, resulting in an l/d ratio of 53,3. Chromium was used as the coating material. The plating process parameters included current strengths of 15 A, 20 A, and 25 A, with a plating duration of 60 minutes. The coating thickness was observed using an optical microscope equipped with a 10x objective lens and a digital microscope camera. Observations were conducted at three sections of the pipe (top, middle, and bottom), with four points measured in each section (0° , 90° , 180° , and 270°). The results obtained thus far indicate variations in coating thickness. For stainless steel pipes, the lowest thickness was achieved with a current strength of 15 A for 60 minutes, resulting in a thickness of $2,4\ \mu\text{m}$. The highest thickness was obtained with a current strength of 25 A for the same duration, achieving a layer thickness of $20,5\ \mu\text{m}$. For low-carbon steel pipes, the lowest thickness was $2,3\ \mu\text{m}$ at 15 A for 60 minutes, while the highest thickness was $30,2\ \mu\text{m}$ at 25 A for 60 minutes. The test results demonstrate that the plating current strength significantly affects the coating thickness; higher current strength results in thicker coatings. With the improved performance of the closed-cycle electroplating device, the plating process can now achieve better layer thickness homogeneity within a shorter plating duration.

Keywords: metal plating, electroplating, closed cycle electroplating, coating thickness

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Pelapisan logam merupakan suatu proses tahapan akhir (*metal finishing*) pada produksi pengerjaan logam. Selain dapat memperbaiki permukaan logam, dengan adanya pelapisan ini diharapkan mampu melindungi permukaan logam terhadap korosi serta dapat meningkatkan sifat mekanik pada logam tersebut. Terdapat berbagai macam metode yang dapat dilakukan pada proses pelapisan logam, salah satunya yaitu dengan menggunakan metode pelapisan elektro (*electroplating*).

Electroplating merupakan proses pelapisan dengan menggunakan arus listrik, dimana terjadinya suatu proses pengendapan logam pelapis pada logam yang akan dilapisi. Proses *electroplating* dilakukan dalam bak penampung dimana tempat terjadinya proses elektrolisis pada larutan elektrolit. Maka dapat didefinisikan *electroplating* adalah suatu proses perpindahan ion logam melalui larutan elektrolit dengan bantuan arus listrik.

Pada umumnya prinsip kerja *electroplating* yaitu menggunakan metode pencelupan, dimana material yang akan dilapisi dimasukkan kedalam bak yang berisi larutan elektrolit yang telah dialiri arus listrik. Pada pengerjaan sebuah pipa, pelapisan biasanya hanya terfokus pada permukaan luar pipa dan sebaliknya bagian permukaan dalam pipa tidak mendapatkan lapisan yang sempurna. Pelapisan permukaan dalam pipa yang kurang baik dapat menyebabkan permukaan mudah terkorosi. Oleh karena itu, untuk melapisi bagian permukaan dalam pipa dikembangkan metode pelapisan elektro yaitu, dengan proses pelapisan elektro siklus tertutup.

Di laboratorium Teknik Mesin Universitas Pasundan terdapat alat prototipe pelapisan elektro siklus tertutup, yang merupakan hasil penelitian yang dilakukan oleh Haris Firmansyah dan Melky Renhard Wawondatu mahasiswa Teknik Mesin Universitas Pasundan [1][2]. Alat tersebut dibuat dengan tujuan agar dapat melakukan pelapisan pada permukaan dalam pipa. Alat ini memiliki kapasitas kuat arus mencapai 10 A. Kapasitas kuat arus pada alat prototipe ini masih cukup rendah, dengan besar kuat arus tersebut untuk melakukan proses pelapisan perlu memakan waktu yang sangat lama. Salah satu parameter yang dapat mempengaruhi hasil dari pelapisan yaitu kuat arus. Dimana penelitian yang dilakukan oleh Riyan Hendra Ananta & Arya Mahendra Sakti menyatakan bahwa apabila semakin tinggi kuat arus maka hasil pelapisan pun menjadi semakin tebal [3].

Berdasarkan uraian tersebut memicu timbulnya gagasan untuk melakukan peningkatan pada alat prototipe pelapisan elektro tersebut, terutama pada kinerja sub sistem pengaturan pengumpan arus agar dapat melakukan pelapisan elektro dengan kuat arus hingga mencapai 30 A. Peningkatan kinerja alat ini diharapkan dapat menghasilkan homogenitas lapisan lebih baik dan dapat mempersingkat waktu pelapisan.

2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diketahui rumusan masalah yang akan diselesaikan yaitu:

- a. Bagaimana meningkatkan kinerja sub sistem pengaturan pengumpan arus pada alat prototipe pelapisan elektro agar dapat menghasilkan homogenitas pelapisan lebih baik dan dapat mempersingkat waktu pelapisan dengan kuat arus yang direncanakan mencapai 30 A.

3. Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang sudah dikemukakan, tujuan yang ingin dicapai pada skripsi ini yaitu:

- a. Melakukan peningkatan kinerja sub sistem pengaturan pengumpan arus pada alat prototipe pelapisan elektro sehingga dapat melakukan pelapisan dengan kuat arus mencapai 30 A, agar dapat menghasilkan homogenitas pelapisan lebih baik serta mempersingkat waktu pelapisan.

4. Manfaat

Skripsi ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat seperti:

- a. Memperbaiki dan meningkatkan kinerja prototipe pelapisan elektro siklus jalur tertutup aliran tembus yang ada di laboratorium,
- b. Peningkatan kinerja prototipe diharapkan dapat digunakan dan menghasilkan lapisan yang lebih homogen dan dapat mempersingkat waktu pelapisan, dan
- c. Menambah referensi sebagai upaya pengembangan ilmu dibidang pelapisan elektro atau *electroplating*.

5. Batasan masalah

Untuk memperjelas batasan masalah skripsi ini diperlukan ruang lingkup penelitian yang akan dikerjakan. Beberapa hal yang akan dikerjakan adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan peningkatan kinerja sub sistem pengaturan pengumpan arus pada alat pelapisan elektro siklus tertutup,
- b. Melakukan pengujian kinerja sub sistem pengaturan pengumpan arus pada alat pelapisan elektro siklus tertutup,
- c. Pipa yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa *stainless steel* dan baja karbon rendah dengan diameter dalam 6 mm, diameter luar 10 mm dan panjang 320 mm,
- d. Elektrolit yang digunakan adalah krom dengan temperature 50° C,
- e. Sumber arus maksimum yang digunakan adalah 30 A, dan
- f. Elektroda yang digunakan baja perak dengan diameter 2 mm dan panjang 600 mm.

6. Sistematika penulisan

Laporan skripsi ini disusun bab demi bab yang terdiri dari lima bab. Beberapa bab pada skripsi ini terdiri dari pendahuluan, studi literatur, metode penelitian, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, lingkup pembahasan, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Pada bab ini dibahas tentang penelitian-penelitian terdahulu dan teori – teori yang berhubungan dan mendukung dalam melaksanakan skripsi. Bab ini membahas alat/mesin/prototipe pendahulu, pengertian alat pelapisan elektro siklus jalur tertutup aliran tembus, serta literatur yang berkaitan dan menunjang pada skripsi ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini dibahas tentang prosedur dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian untuk mencapai tujuan dari penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas tentang tahapan pengujian, serta pembahasan data hasil pengujian yang telah dilakukan. Pada bab ini juga ditambahkan tabel dan gambar hasil pengujian pada variabel eksperimen yang telah ditentukan.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dibahas tentang kesimpulan dan saran mengenai hal-hal penting yang diperoleh dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bab ini disebutkan buku, artikel, dan sumber lain yang menjadi acuan skripsi ini.

LAMPIRAN



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan Pada penelitian ini telah berhasil meningkatkan kinerja sistem pengumpan arus pada alat *electroplating* siklus tertutup. Alat ini sekarang dapat bekerja dengan kapasitas arus maksimum 30 A, dimana pada penelitian sebelumnya alat ini hanya mampu bekerja pada batas maksimum 10 A. Pengujian dilakukan dengan melapisi pipa *stainless steel* dengan parameter yang bervariasi seperti kuat arus yang digunakan yaitu 15, 20, dan 25 A. Pelapisan dilakukan dengan durasi waktu 60 menit. Hasil pengamatan dan pengukuran ketebalan diperoleh sebagai berikut:

- a. Hasil pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran lensa 10x dengan tambahan kamera digital. Hasil lapisan dapat terlihat namun dengan ketebalan yang masih bervariasi. Dimana ketebalan tertinggi yaitu 20,5 μm hasil ini dapat dicapai dengan parameter pengujian kuat arus 25 A dan waktu lama pelapisan 60 menit. Sedangkan hasil ketebalan terendah yaitu 2,4 μm , dimana parameter yang digunakan dengan kuat arus 15 A dengan durasi waktu 60 menit. Pada pipa baja karbon hasil ketebalan tertinggi yaitu 30,2 μm dengan parameter pengujian kuat arus 25 A lama pelapisan 60 menit, sedangkan hasil ketebalan terkecil yaitu 2,3 μm dengan parameter pengujian 15 A dalam waktu 60 menit.
- b. Perbandingan dilakukan dengan penelitian terdahulu dimana untuk mendapatkan lapisan saat ini dapat dilakukan dengan arus yang lebih besar dan dapat mempengaruhi durasi waktu pelapisan menjadi lebih singkat. Maka dengan adanya peningkatan kinerja pada alat *electroplating* siklus tertutup ini, proses pelapisan dapat menghasilkan homogenitas ketebalan lapisan yang baik dengan durasi waktu pelapisan yang lebih singkat.

2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya perlu diperhatikan kembali beberapa hal yang dapat mempengaruhi hasil pelapisan pada saat proses pelapisan berlangsung antara lain seperti:

- a. Melakukan proses pemolesan dan pembersihan permukaan dalam pipa sebelum dilakukan pelapisan, agar permukaan pipa bersih dari karat, minyak, dan zat pengotor lainnya,
- b. Setelah melakukan pengujian bersihkan seluruh komponen pada alat agar komponen pada alat selalu bersih pada saat digunakan kembali, dan

- c. Perlu diperhatikan untuk penjepit pengumpan arus pastikan agar selalu mencengkam dengan kuat pada spesimen supaya pada saat proses pelapisan berlangsung arus yang digunakan tetap konstan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Firmansyah, “Perancangan Sub Sistem Adaptor Pengumpan Elektrolit pada Peralatan Pelapisan Elektro Jalur Tertutup Aliran Tembus (Flow Trough Closed Loop Electro Plating),” Universitas Pasundan, 2023.
- [2] M. R. Wawondatu, “Perancangan Sub Sistem Pengaturan Pengumpan Arus pada Pelapisan Elektro Sistem Jalur Tertutup Aliran Tembus (Flow Trough Closed Loop Electro Plating),” Universitas Pasundan, 2023.
- [3] R. H. Ananta and A. M. Sakti, “Pengaruh Variasi Waktu Celup dan Kuat Arus Terhadap Ketebalan Permukaan dan Struktur Mikro Baja ST 41 pada Proses Pelapisan Nikel,” *J. Tek. Mesin*, vol. 04, no. 03, pp. 479–488, 2016, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/18023>
- [4] I. Nugraha, “Pengujian Alat Pelapisan Elektro Jalur Siklus Tertutup Aliran Tembus (Flow Trough Closed Loop Electro Plating),” Universitas Pasundan, 2024.
- [5] F. Y. Hutauruk, “Analisa Laju Korosi pada Pipa Baja Karbon dan Pipa Galvanis dengan Metode Elektrokimia,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017. [Online]. Available: https://repository.its.ac.id/44852/1/4215105017-Undergraduate_Theses.pdf
- [6] Darmawi, *Pelapisan Logam*, vol. 2, no. 1. Palembang: Universitas Sriwijaya, 2018. [Online]. Available: <https://repository.unsri.ac.id/22279/>
- [7] Purwanto and S. Huda, *Teknologi Industri Elektroplating*. Semarang: Universitas Diponegoro, 2005. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/362988571_TEKNOLOGI_INDUSTRI_ELEKTROPLATING
- [8] E. Budiyanto, D. A. Setiawan, H. Supriadi, and K. Ridhuan, “Pengaruh Jarak Anoda-Katoda pada Poses Elektroplating Tembaga Terhadap Ketebalan Lapisan dan Efisiensi Katoda Baja AISI 1020,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 21–29, Sep. 2016, doi: 10.24127/trb.v5i1.115.
- [9] N. Denhas, “Analisa Variasi Waktu Pelapisan Chrome pada Permukaan Baja AISI 1006 menggunakan Metode Electroplating dengan Waktu 10 Menit dan 15 Menit,” Universitas Pasundan, 2019. [Online]. Available: [https://repository.unpas.ac.id/46384/1/Naufal Denhas_123030033_Teknik Mesin.pdf](https://repository.unpas.ac.id/46384/1/Naufal_Denhas_123030033_Teknik_Mesin.pdf)

- [10] I. Hilmi and Sutarno, "Electroplating Chrome Baja ST 37 dengan Perubahan Tegangan Listrik 6v, 10v, dan 12v Terhadap Kekerasan dan Ketebalan," *Edu Elektr. J.*, vol. 9, no. 1, pp. 5–10, 2020, [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/sju/eduel/article/view/36659>
- [11] E. E. Susanto, Boediyanto, and Sugiyanto, "Pelapisan Krom pada Bahan Komposit dengan Proses Elektroplating," *J. Flywheel*, vol. 8, no. 2, pp. 19–23, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/flywheel/article/view/694/630>
- [12] Sugiarta, A. Bayuseno, and S. Nugroho, "Pengaruh Konsentrasi Larutan dan Kuat Arus Terhadap Ketebalan pada Proses Pelapisan Nikel untuk Baja Karbon Rendah," *Rotasi J. Tek. Mesin*, vol. 14, no. 1, pp. 23–27, 2012, [Online]. Available: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi-23->
- [13] Y. Yetri, U. Marsedi, J. Affi, and D. Leni, "Pengaruh Waktu dan Temperatur Larutan terhadap Ketebalan dan Kekerasan Permukaan Lapisan Hasil Elektroplating Kuningan pada Baja," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 12, no. 01, pp. 55–63, 2020, doi: <https://doi.org/10.33504/manutech.v12i01.131>.
- [14] A. W. Atmojo, "Pengaruh Waktu Pelapisan dengan Elektroplating Zinc Pada Baja St-41 Terhadap Ketebalan Lapisan," Politeknik Harapan Bersama, 2023. [Online]. Available: [https://eprints.poltektegal.ac.id/2842/1/LAPORAN TA ACC PERPUS ADITIO WIRA ATMOJO BAJA KETEBALAN LAPISAN.pdf](https://eprints.poltektegal.ac.id/2842/1/LAPORAN%20TA%20ACC%20PERPUS%20ADITIO%20WIRA%20ATMOJO%20BAJA%20KETEBALAN%20LAPISAN.pdf)
- [15] A. F. Alphanoda, "Pengaruh Jarak Anoda-Katoda dan Durasi Pelapisan Terhadap Laju Korosi pada Hasil Electroplating Hard Chrome," *J. Teknol. Rekayasa*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2017, doi: [10.31544/jtera.v1.i1.2016.1-6](https://doi.org/10.31544/jtera.v1.i1.2016.1-6).
- [16] I. M. Sudana, I. A. A. Arsani, and I. G. N. S. Waisnawa, "Alat Simulasi Pelapisan Logam dengan Metode Elektroplating," *J. Log.*, vol. 14, no. 3, pp. 190–198, 2014, [Online]. Available: <https://ojs.pnb.ac.id/index.php/LOGIC/article/view/351>
- [17] T. Setiawan, Z. Abidin, and C. Hendra, "Pembuatan Prototype Alat Electro Plating untuk Home Industri," *J. Ilm. Teknol. Inf. Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 145–149, 2021, [Online]. Available: [http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=2967234&val=12612&title=PEMBUATAN PROTOTYPE ALAT ELECTRO PLATING UNTUK](http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=2967234&val=12612&title=PEMBUATAN%20PROTOTYPE%20ALAT%20ELECTRO%20PLATING%20UNTUK)
- [18] E. A. P. Putra, Kadriadi, K. W. Wirakusuma, A. B. Pratama, and E. P. D. Boangmanalu, "Analisis Alat Pelapis Logam Portabel dengan Metode Electroplating Terhadap Hasil Pengujian Kekerasan Material Logam ST37," *J. Ilm.*

- Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 62–68, 2024, doi: <https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v5i2.1653>.
- [19] M. Shafwallah, A. C. Arifin, and R. M. Bisono, “Analisis Sifat Mekanik Lapisan Krom pada Titanium dengan Metode Elektroplating,” *J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 1, no. 9, pp. 112–118, 2023, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8437512> Analisis.
- [20] S. M. B. Respati, “Bahan Biomaterial Stainless Steel dan Keramik,” *Momentum*, vol. 6, no. 1, pp. 5–8, 2010, [Online]. Available: https://www.bing.com/search?q=Bahan+Biomaterial+Stainless+Steel+Dan+Keramik&gs_lcrp=EgRlZGdlKgYIABBFdKyBggAEEUYOagCALACAA&FORM=ANCMS9&PC=U531
- [21] S. P. Dwivedi *et al.*, “Homogeneity, Metallurgical, Mechanical, Wear, and Corrosion Behavior of Ni and B4C Coatings Deposited on 304 Stainless Steels Developed by Microwave Cladding Technique,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 27, no. August, pp. 5854–5867, 2023, doi: 10.1016/j.jmrt.2023.10.202.
- [22] A. S. Darmawan, I. D. K. Okariawan, and N. H. Sari, “Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses Electroplating Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Ketebalan Lapisan pada Baja Karbon Rendah dengan Krom,” *Din. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 66–71, 2015, doi: 10.29303/d.v5i2.31.
- [23] B. H. Priyambodo and Y. Kristiawan, “Pengaruh Durasi Hard Chrome Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon S45C,” *J. Crankshaft*, vol. 3, no. 2, pp. 29–34, 2020, doi: 10.24176/crankshaft.v3i2.5212.
- [24] A. K. Anwar, S. M. B. Respati, and A. Nugroho, “Pengaruh Waktu Electroplating Terhadap Laju Korosi dan Kekuatan Tarik pada Pelapisan Baja Karbon Rendah dengan Hard Chrome,” *Momentum*, vol. 16, no. 2, pp. 127–131, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.36499/jim.v16i2.3766>.
- [25] N. G. Furqon and Sulistijono, “Pengaruh Densitas Arus dan Waktu Kontak Efektif Elektrolit Gel Terhadap Ketebalan dan Kekuatan Lekat Lapisan Krom pada Baja dengan Metode Elektroplating,” *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, pp. 134–139, 2015, doi: 10.12962/j23373539.v4i1.9138.
- [26] B. Setyahandana and Y. E. Christianto, “Pengaruh Hard Chrome Plating pada Peningkatan Kekerasan Baja Komponen Kincir,” *Media Tek. J. Teknol.*, vol. 12, no. 1, pp. 26–35, 2017, [Online]. Available: <https://e-journal.usd.ac.id/index.php/MediaTeknika/article/view/944/739>

- [27] W. Soedarmadji, "Pengaruh Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada Mild Steel S45C di Daerah HAZ dengan Pengujian Metalografi," *Mech. Manuf. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 12–17, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/jmmt%0AVolume>
- [28] M. Kartaman, Junaedi, A. Sari, and E. Nurlaily, "Pembakuan Metode Uji Metalografi PEB U-Mo/Al Pasca Iradiasi," *J. EBN*, vol. 1, no. 1, pp. 158–167, 2015, [Online]. Available: <https://karya.brin.go.id/id/eprint/3513/1/2015-Maman.pdf>
- [29] T. B. Santoso, Solichin, and P. T. Hutomo, "Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Las SMAW dengan Elektroda E7016," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 1, p. 20, 2020, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/141149-ID-pengaruh-kuat-arus-listrik-pengelasan-te.pdf>
- [30] M. I. Almadani and R. Siswanto, "Proses Manufaktur Mesin Poles dan Ampelas Untuk Proses Metalografi," *Jtam Rotary*, vol. 2, no. 1, p. 15, 2020, doi: 10.20527/jtam_rotary.v2i1.2001.