



Prototipe sistem kontrol berbasis PLC pada alat pencucian komponen *Hook Racking* menggunakan metode elektrolisis

Rahmat Hidayat^{1*}, Trinil Muktiningrum²

^{1,2} Fakultas Teknik, Universitas Kahuripan Kediri

ARTICLE INFO

Article history:

Received: September 06, 2026

Revised: September 11, 2026

Accepted: September 15, 2026

Available online: September 16, 2026

Kata Kunci:

PLC; hook racking; elektrolisis; sistem kontrol; pencucian komponen

Keywords:

PLC; hook rack; electrolysis; control system; component washing



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2022 by Author. Published by Pintarologi Media.

ABSTRAK

Proses pencucian komponen hook racking di PT Lion Metal Works masih dilakukan secara manual sehingga membutuhkan waktu dan tenaga operator serta menghasilkan tingkat kebersihan yang kurang konsisten. Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji prototipe sistem kontrol berbasis PLC Omron CP1L untuk mengotomatisasi proses pencucian hook racking menggunakan metode elektrolisis. Penelitian dilakukan melalui observasi, studi literatur, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi, serta pengujian dengan variasi tegangan dan waktu elektrolisis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem PLC mampu mengendalikan proses secara otomatis sesuai logika yang dirancang. Kondisi pembersihan terbaik diperoleh pada tegangan 28VDC selama 4 menit dengan arus 13,2–13,6 A. Pada kondisi tersebut, kontaminan oli hilang, residu karbon berkurang, dan proses finishing cukup menggunakan kain lap. Hasil ini menunjukkan bahwa prototipe dapat meningkatkan efektivitas dan konsistensi proses pencucian hook racking.

ABSTRACT

The cleaning process of hook racking components at PT Lion Metal Works was still carried out manually, requiring considerable operator effort and processing time while producing inconsistent cleaning results. This study

aimed to design and evaluate a prototype control system based on an Omron CP1L programmable logic controller for automating the cleaning of hook racking components using an electrolysis method. The research involved observation, literature study, hardware and software design, prototype implementation, and testing using variations in electrolysis voltage and processing time. The results showed that the programmable logic controller was able to control the cleaning process automatically according to the designed control logic. The best cleaning performance was obtained at 28 VDC for 4 minutes with a current of 13.2–13.6 A. Under these conditions, oil contamination was removed, carbon residue was reduced, and final cleaning could be completed using a cloth. These results indicate that the prototype has potential to improve the effectiveness and consistency of the hook racking cleaning process.

1. PENDAHULUAN

Tuntutan terhadap peningkatan produktivitas dalam industri manufaktur terus berkembang seiring dengan semakin ketatnya persaingan di sektor industri. Perusahaan dituntut mampu mengoptimalkan proses produksi dengan tetap mempertahankan kualitas produk sekaligus mengendalikan penggunaan biaya dan sumber daya. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan untuk memenuhi tuntutan tersebut adalah penggunaan teknologi otomasi dan sistem kontrol. Penerapan teknologi tersebut dapat membantu mengurangi ketergantungan pada aktivitas manual, menekan kemungkinan terjadinya kesalahan akibat faktor manusia, serta meningkatkan produktivitas dalam pelaksanaan proses produksi (Anaam, Hidayat, Pranata, Abdillah, & Putra, 2022).

Pada industri manufaktur yang mengolah material logam, cairan berbahan dasar oli kerap digunakan selama proses pembentukan sebagai media pelumas maupun pendingin. Penggunaan cairan tersebut dapat meninggalkan lapisan oli dan residu karbon pada permukaan komponen yang telah diproses. Salah satu komponen yang mengalami kondisi tersebut adalah hook racking. Sisa kontaminan pada permukaan komponen perlu dihilangkan sebelum dilakukan proses selanjutnya, terutama pengecatan

*Corresponding author

E-mail addresses: rahmat.hidayat@students.kahuripan.ac.id (Rahmat Hidayat)

maupun pelapisan, karena kondisi permukaan material dapat memengaruhi kualitas hasil pada tahapan berikutnya.

Proses pencucian hook racking yang diterapkan di PT Lion Metal Works pada kondisi saat ini masih mengandalkan tenaga manusia. Pelaksanaan proses secara manual menyebabkan kebutuhan tenaga kerja menjadi relatif tinggi dan durasi pencucian membutuhkan waktu yang cukup lama. Permasalahan lain muncul pada konsistensi hasil pembersihan, karena kualitas pencucian dapat dipengaruhi oleh tingkat ketelitian dan keterampilan masing-masing operator. Apabila kondisi tersebut berlangsung secara terus-menerus, proses manual berpotensi meningkatkan beban biaya produksi sekaligus mengurangi efektivitas kegiatan pencucian.

Pemanfaatan otomasi dapat menjadi salah satu pendekatan untuk meningkatkan efektivitas proses tersebut. Melalui sistem otomasi, suatu tahapan kerja dapat dijalankan berdasarkan instruksi dan urutan operasi yang telah ditentukan sehingga proses dapat dilakukan secara berulang dengan kondisi yang lebih seragam. Dalam penerapannya pada bidang industri, sistem kontrol berperan dalam mengatur jalannya proses agar dapat bekerja secara efisien, aman, dan stabil. Salah satu perangkat yang banyak digunakan untuk kebutuhan tersebut adalah Programmable Logic Controller (PLC). Perangkat ini dapat menerima masukan dari berbagai komponen input, memprosesnya berdasarkan program yang telah ditetapkan, kemudian mengendalikan perangkat output secara real-time serta memiliki kemampuan integrasi dengan berbagai perangkat dalam sistem industri (Permatasari, Fahreza, Haitsam, & Pamungkas, 2023).

Penggunaan PLC sebagai bagian dari sistem kontrol dapat mendukung pengoperasian proses melalui pengaturan urutan kerja dan durasi setiap tahapan secara terprogram (Rezaputra & Cahyono, 2021). Penerapan PLC pada sistem pencucian otomatis juga telah menunjukkan potensi dalam meningkatkan efisiensi proses apabila dibandingkan dengan pencucian yang masih dilakukan secara manual (Sitinjak et al., 2024). Hal tersebut menunjukkan bahwa PLC dapat dimanfaatkan untuk mengotomatisasi proses pencucian komponen industri yang membutuhkan pengaturan tahapan kerja secara terstruktur dan berulang.

Selain menentukan sistem pengendalian, metode yang digunakan untuk membersihkan permukaan komponen juga perlu diperhatikan. Berbagai teknik telah digunakan dalam proses pembersihan material logam, salah satunya adalah sandblasting. Teknik ini dilakukan dengan memberikan media abrasif bertekanan pada permukaan material untuk melepaskan kontaminan. Meskipun memiliki kemampuan pembersihan yang baik, penggunaan media abrasif dapat memengaruhi karakteristik permukaan dengan meningkatkan tingkat kekasaran material. Kondisi tersebut menyebabkan metode sandblasting tidak selalu sesuai untuk komponen yang memerlukan tingkat presisi permukaan tertentu (Ilmi, Utama, & Wulandari, 2024).

Teknik lainnya adalah chemical degreasing, yaitu metode pembersihan dengan memanfaatkan bahan kimia untuk melarutkan minyak dan lemak yang terdapat pada permukaan material. Beberapa produk degreaser konvensional menggunakan kandungan seperti volatile organic compounds (VOCs) dan pelarut berbasis klorin. Meskipun senyawa tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam melarutkan kontaminan, penggunaannya dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan maupun kesehatan sehingga diperlukan pengaturan dan pengendalian dalam penerapannya (Cholis, Razali, Ramli, & Sahran, 2025).

Pembersihan menggunakan gelombang ultrasonik atau ultrasonic cleaning merupakan metode lain yang dapat diterapkan untuk membersihkan permukaan material. Prinsip kerjanya memanfaatkan gelombang ultrasonik yang merambat melalui cairan sehingga menghasilkan fenomena kavitasi. Fenomena tersebut membantu proses pelepasan pengotor dari permukaan komponen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan ultrasonic cleaner dapat memberikan kemampuan penghilangan kontaminan yang lebih baik dibandingkan metode pembersihan konvensional tanpa ultrasonik, terutama pada material yang memiliki kontaminasi minyak (Syahwir & Firmansyah, 2018). Akan tetapi, penerapan metode tersebut membutuhkan peralatan khusus dan menyebabkan adanya kebutuhan energi tambahan selama proses pembersihan.

Selain beberapa metode tersebut, elektrolisis dapat dipertimbangkan sebagai salah satu alternatif untuk proses pembersihan permukaan logam. Pada metode ini, arus listrik searah diberikan melalui larutan yang berfungsi sebagai elektrolit sehingga menghasilkan proses elektrokimia pada permukaan material (Budi, Prayitno, Fadillah, Ramadhyagita, & Sofyan, 2025). Reaksi elektrokimia yang berlangsung dapat membantu proses pelepasan lapisan atau kontaminan yang terdapat pada permukaan logam. Oleh karena itu, metode elektrolisis memiliki potensi untuk diterapkan sebagai bagian dari proses pembersihan komponen logam.

Keberhasilan proses elektrolisis dipengaruhi oleh kondisi operasi yang diterapkan selama proses berlangsung. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan meliputi pemilihan elektroda, konsentrasi elektrolit, besar tegangan, dan nilai arus yang digunakan (Muchtar & Rustana, 2020). Perubahan pada tegangan

kondisi larutan dapat memberikan pengaruh terhadap kecepatan berlangsungnya reaksi elektrokimia (Aziz, Udaibah, & Hidayah, 2018). Selain parameter tersebut, kestabilan penyaluran arus DC juga menjadi aspek yang penting karena dapat memengaruhi keseragaman proses dan hasil elektrolisis (Napitupulu & Karti, 2024).

Penelitian terkait penggunaan PLC sebagai perangkat pengendali maupun pemanfaatan elektrolisis dalam proses yang berhubungan dengan pembersihan logam telah banyak dikembangkan. Namun, penerapan kedua teknologi tersebut secara terpadu pada proses pencucian komponen industri, khususnya hook racking, masih memiliki peluang untuk dikembangkan lebih lanjut. Kondisi proses pencucian yang masih dilakukan secara manual di PT Lion Metal Works menunjukkan adanya kebutuhan terhadap sistem yang dapat mengurangi keterlibatan operator sekaligus memberikan pengendalian proses yang lebih konsisten.

2. METODE

Penelitian dilaksanakan di bagian maintenance PT Lion Metal Works pada Maret–Mei 2026. Data diperoleh melalui observasi proses pencucian hook racking secara manual, studi literatur terkait PLC dan proses elektrolisis, serta pengujian prototipe sistem pembersihan otomatis. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi tahapan kerja, waktu proses, dan kendala pada metode pencucian yang digunakan.

Prototipe dirancang menggunakan Programmable Logic Controller (PLC) Omron CP1L-L20DR-A sebagai pengendali utama. Sistem terdiri atas MCB, selector switch, push button, emergency switch, PLC, power supply 24 VDC, relay, fuse, amperemeter, elektroda grafit, dan pilot lamp. PLC mengatur aktivasi sistem serta waktu proses elektrolisis berdasarkan durasi yang telah diprogram. Arus DC dialirkan melalui larutan elektrolit menggunakan elektroda grafit dan hook racking sebagai bagian dari rangkaian elektrolisis.

Pengujian dilakukan dengan merendam hook racking yang telah terkontaminasi dalam larutan elektrolit, kemudian menjalankan sistem berdasarkan variasi waktu elektrolisis dan tegangan. Data yang dikumpulkan meliputi waktu proses, kondisi permukaan sebelum dan sesudah pembersihan, serta fungsi kerja sistem. Hasil pengujian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan kondisi hook racking sebelum dan setelah proses untuk mengetahui efektivitas sistem serta kestabilan kerja PLC dalam mengendalikan proses pembersihan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

a. Hasil Perancangan Sistem

Hasil penelitian berupa sebuah prototipe sistem pencucian komponen hook racking dengan menerapkan prinsip elektrolisis sebagai metode pembersihan. Pengoperasian prototipe dikendalikan menggunakan Programmable Logic Controller (PLC) sehingga setiap tahapan kerja dapat berjalan sesuai dengan logika kontrol yang telah ditentukan. Sistem yang dikembangkan mencakup bagian perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perangkat keras terdiri atas rangkaian kelistrikan dan komponen penyusun sistem, sedangkan perangkat lunak berfungsi sebagai pengatur kerja PLC.

1) Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Program PLC dibuat menggunakan CX-Programmer dengan bahasa ladder diagram. Program berfungsi mengatur pengoperasian sistem, pemilihan durasi proses, pengaturan timer, serta pengendalian relay dan lampu indikator.

a) Pemetaan Input/Output (I/O)

Pemetaan I/O dilakukan untuk menetapkan alamat PLC pada setiap komponen yang digunakan. Input terdiri atas tombol On/Off, selector switch pemilih waktu, tombol Start/Stop, dan reset. Sementara itu, output digunakan untuk mengendalikan PSU, suplai DC ke elektroda, serta indikator kondisi sistem.

Tabel 1. Alat Input PLC

Alamat PLC	Jenis Input	Fungsi	Keterangan
0.00	Push Button On/Off	On/Off Sistem	Mengaktifkan / nonaktifkan keseluruhan sistem
0.01	Selector Switch Posisi 1	Waktu 2 menit / kondisional	Memilih durasi selama 2 menit
0.02	Selector Switch Posisi 2	Waktu 4 menit / kondisional	Memilih durasi selama 4 menit
0.03	Push Button Proses	Start / Stop Proses	Mengaktifkan /

	Start / Stop		nonaktifkan suplai DC ke elektroda
0.04	Push Lock Reset	Emergency Off	Menghentikan seluruh sistem

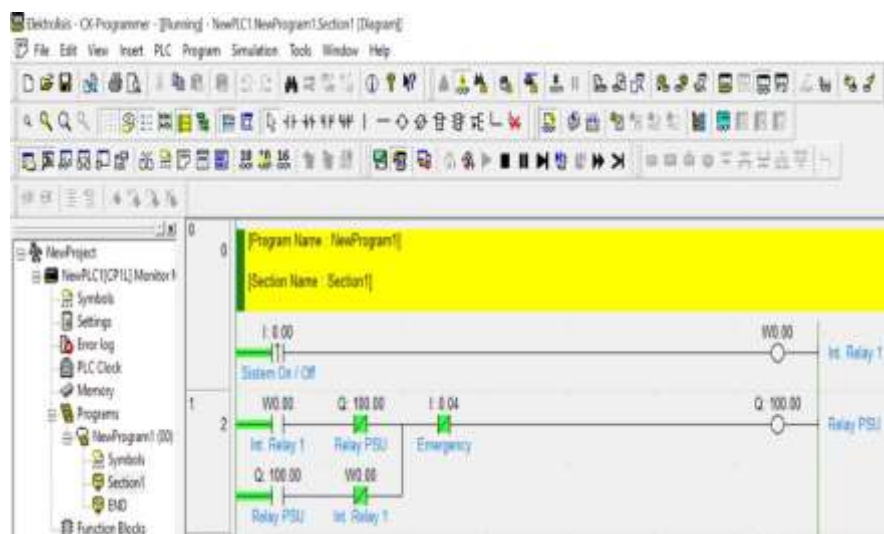
Tabel 2. Alamat Output Pada PLC

Alamat PLC	Jenis Output	Fungsi	Keterangan
100.00	Relay External 1	Kontrol power untuk PSU	Mengaktifkan / nonaktifkan PSU
100.01	Pilot Lamp 1	Indikator PSU aktif	Menyala saat PSU sudah aktif
100.02	Pilot Lamp 2	Indikator Proses Off	Menyala saat proses elektrolisis off
100.03	Relay External 2	Kontrol power DC	Mengaktifkan / nonaktifkan power DC menuju elektroda
100.04	Pilot Lamp 3	Indikator Proses on	Menyala saat proses elektrolisis on

b) Diagram Ladder (*Ladder Diagram*)

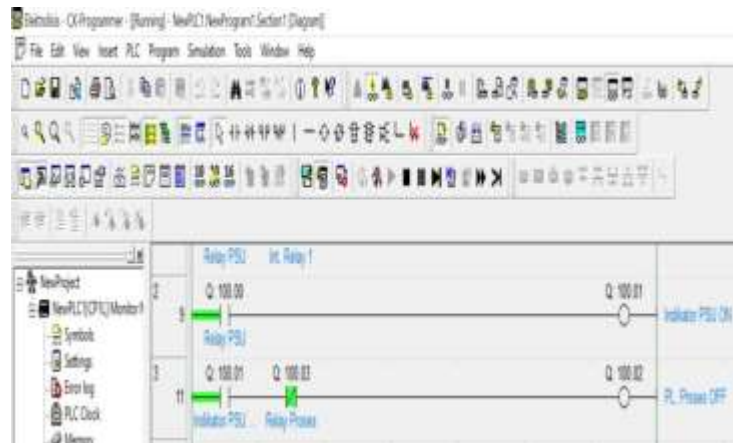
Berdasarkan flowchart dan pemetaan I/O, program PLC dirancang dalam bentuk ladder diagram. Setiap rung memiliki fungsi pengendalian tertentu pada sistem pencucian komponen hook racking, sebagai berikut.

(1) Ruang 0 dan 1: Penguncian Sistem On/Off

**Gambar 1. Diagram *Ladder* Penguncian Sistem On/Off**

Rung 0 dan 1 digunakan untuk mengatur fungsi self-holding sistem menggunakan satu tombol push button. Rangkaian mengendalikan aktivasi dan deaktivasi relay PSU (Q:100.00). Sistem akan tetap aktif setelah tombol dilepas melalui mekanisme penguncian (self-holding). Tombol emergency (I:0.04) berfungsi sebagai pengaman yang dapat memutus sistem secara keseluruhan ketika kondisi darurat terjadi.

(2) Ruang 2 dan 3: Indikator Sistem Kontrol



Gambar 2. Diagram *Ladder* Indikator Sistem Kontrol

Rung 2 dan 3 berfungsi menampilkan kondisi sistem melalui pilot lamp. Q:100.01 menunjukkan PSU dalam kondisi aktif, sedangkan Q:100.02 memberikan indikasi bahwa proses elektrolisis sedang tidak berlangsung.

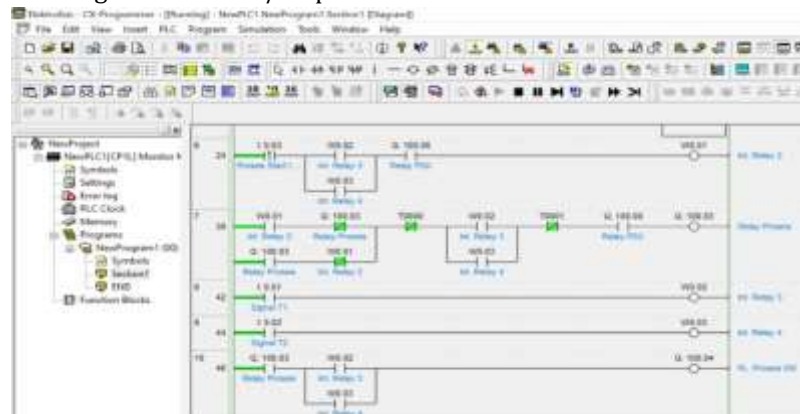
(3) Ruang 4 dan 5: Pengaturan Waktu Elektrolisis



Gambar 3. Diagram *Ladder* Timer Proses Elktrolisis

Rung 4 dan 5 digunakan untuk mengatur durasi proses pencucian melalui timer. Sistem menyediakan dua pilihan waktu, yaitu 2 menit (TIM 0000) dan 4 menit (TIM 0001), yang dipilih melalui selector switch sesuai kebutuhan proses.

(4) Ruang 6-10: Pengendalian Sistem Start/Stop Proses Elektrolisis



Gambar 4. Diagram *Ladder* Penguncian Sistem Start/Stop Proses Elektrolisis

Rung 6-10 mengatur fungsi start/stop proses elektrolisis menggunakan mekanisme self-holding. Relay proses Q:100.03 mengendalikan suplai DC menuju elektroda dan akan bekerja sesuai durasi yang telah dipilih. Rung 8 dan 9 menentukan pilihan waktu proses melalui relay internal, sedangkan rung 10 mengaktifkan Q:100.04 sebagai indikator bahwa proses elektrolisis sedang berlangsung.

Secara keseluruhan, rangkaian ladder diagram memungkinkan sistem mengendalikan kondisi On/Off, pemilihan durasi, proses elektrolisis, serta memberikan informasi kondisi sistem melalui indikator secara terintegrasi.

2) Perancangan *Hardware*

Perancangan hardware dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu menentukan komponen yang diperlukan, menyusun sistem pengkabelan, dan mengatur posisi setiap komponen pada panel kontrol. Seluruh komponen kemudian diintegrasikan agar dapat menjalankan fungsi sesuai dengan sistem kendali yang telah dirancang dan diprogram pada PLC.

(a) Spesifikasi Komponen Utama

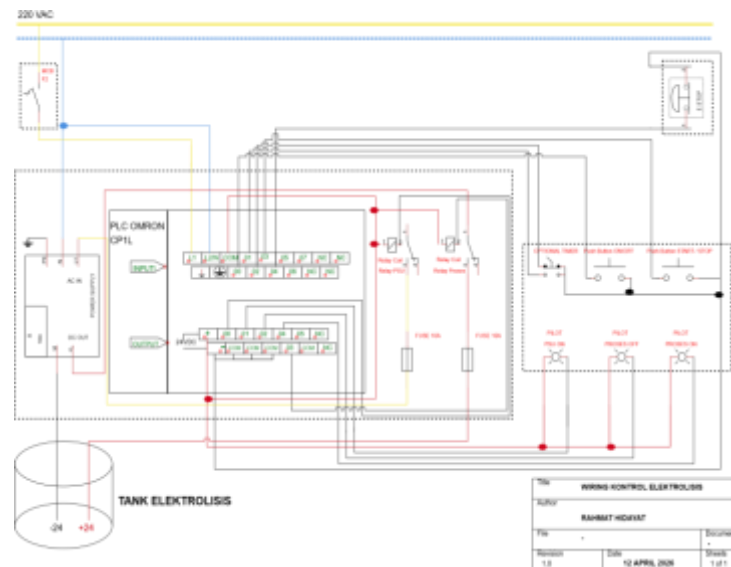
Prototipe menggunakan beberapa komponen utama, antara lain PLC Omron CP1L sebagai pengendali, power supply 24VDC 15A sebagai sumber daya, relay MK2P sebagai penghubung rangkaian, serta fuse dan MCB sebagai pengaman. Sistem juga dilengkapi push button, selector switch, pilot lamp, volt/amper meter, elektroda grafit, kabel NYAF, enclosure panel, bak elektrolisis, dan larutan elektrolit. Rincian spesifikasi masing-masing komponen disajikan pada Tabel 3

Tabel 3. Spesifikasi Komponen Utama

No.	Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	PLC Omron CP1L	Tipe CP1L-L20DR-A, Input 12 (24VDC), Output 8 (Relay), Supply 100-240VAC	1 Pcs
2	Power Supply DC	Input 220VAC, Output 24VDC 15A (Model S-201-24)	1 Pcs
3	Relay MK2P	Coil 24VDC, Kontak 2PDT (2 Pole Double Throw), 10A 250VAC	2 Pcs
4	Socket Relay	8 pin, untuk relay MK2P	2 Pcs
5	Fuse (AC side)	15A, 250VAC	2 Pcs
6	Volt/Amper Meter	Input 5-30VDC, Max.100A	1 Pcs
7	MCB	1 phase, 2A	1 Pcs
8	Push Button (NO)	Diameter 22mm, warna hijau (ON, Proses)	2 Pcs
9	Push Reset (NO)	Diameter 22mm, warna merah (Emergency)	1 Pcs
10	Selector Switch 3P	3 posisi, 2 kontak NO, 1 Off position, diameter 22mm	1 Pcs
11	Pilot Lamp	24VDC, warna hijau (PSU ON, Proses ON, Proses OFF)	3 Pcs
12	Elektroda Grafit	Batang diameter 8mm, panjang 50 mm, kemurnian 99.9%	2 Pcs
13	Kabel NYAF	1.5 mm	Secukupnya
14	Enclosure Panel	30x22x12 cm	1 Pcs
15	Bak Elektrolisis	Plastik tahan kimia, volume 2 liter	1 Pcs
16	Air Elektrolit	Air dengan campuran NaCl (garam dapur) atau Na ₂ CO ₃ (natrium karbonat) dan NaHCO ₃ (natrium bikarbonat)	secukupnya

(b) Wiring Diagram (Diagram Pengkabelan)

Sistem pengkabelan prototipe terdiri atas dua bagian, yaitu rangkaian kontrol dengan tegangan 24VDC dan rangkaian daya dengan sumber AC. Rangkaian tersebut disusun untuk menghubungkan PLC, power supply, relay, perangkat input-output, serta komponen pada proses elektrolisis sesuai dengan fungsi masing-masing.



Gambar 5. Wiring Diagram

b. Hasil Implementasi Sistem

Tahap implementasi dilakukan setelah rancangan software dan hardware selesai. Pada tahap ini, rancangan direalisasikan menjadi prototipe fisik dengan memasang seluruh komponen berdasarkan konfigurasi wiring dan tata letak yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan fungsi untuk memastikan setiap bagian dapat bekerja sesuai program PLC Omron CP1L.

1) Realisasi Fisik Prototipe

Prototipe direalisasikan menggunakan panel kontrol berukuran 30 × 22 × 12 cm dan bak elektrolisis sebagai tempat berlangsungnya proses pencucian. Panel bagian depan dilengkapi tiga lampu indikator 24VDC, volt/amper meter, dua push button hijau untuk pengoperasian sistem dan proses, satu tombol emergency berwarna merah, serta selector switch tiga posisi untuk menentukan waktu elektrolisis selama 2 atau 4 menit.



Gambar 6. Panel Kontrol Bagian Depan

Komponen pada bagian dalam panel meliputi PLC Omron CP1L, power supply 24VDC 15A, dua relay MK2P 24VDC beserta socket, dan fuse holder sebagai pengaman rangkaian. Pengkabelan menggunakan kabel NYAF dengan ukuran 0,75 mm untuk rangkaian kontrol dan 1,5 mm untuk rangkaian daya.



Gambar 7. Panel Kontrol Bagian Dalam

Proses elektrolisis menggunakan bak plastik tahan bahan kimia berkapasitas 2 liter yang berisi larutan Na_2CO_3 . Dua elektroda grafit berukuran diameter 8 mm dan panjang 50 mm diposisikan saling berhadapan dengan jarak 10 cm. Komponen hook racking ditempatkan pada kait tembaga yang terhubung dengan terminal negatif power supply, sedangkan elektroda dihubungkan melalui relay. Sistem pengamanan terdiri atas fuse pada sisi input dan output serta tombol emergency stop yang terhubung dengan PLC.



Gambar 8. Bak Elektrolisis

2) Pengoperasian Sistem

Pengoperasian dimulai dengan mengaktifkan MCB sehingga sumber 220VAC masuk ke sistem. Setelah larutan elektrolit tersedia, komponen hook racking yang terkontaminasi oli dipasang pada kait tembaga dan elektroda grafit ditempatkan dalam larutan tanpa bersentuhan langsung dengan komponen. Tombol ON kemudian ditekan untuk mengaktifkan PLC. PLC menjalankan fungsi latching sehingga power supply 24VDC aktif dan indikator sistem menunjukkan kondisi siap. Operator selanjutnya menentukan durasi proses melalui selector switch, yaitu 2 menit atau 4 menit, kemudian menekan tombol START untuk memulai elektrolisis. Saat proses berlangsung, relay menghubungkan sumber DC dengan elektroda grafit sehingga arus mengalir melalui larutan elektrolit. Aktivitas elektrokimia ditandai dengan terbentuknya gelembung gas di sekitar elektroda dan komponen. PLC mempertahankan proses hingga waktu yang telah dipilih tercapai. Setelah timer selesai, relay diputus secara otomatis sehingga aliran DC berhenti dan indikator proses kembali menunjukkan kondisi OFF. Pengujian operasional menunjukkan bahwa PLC dapat merespons input dalam waktu kurang dari 1 detik, timer berfungsi sesuai pengaturan, dan power supply mampu mempertahankan keluaran sekitar 24VDC. Seluruh indikator juga bekerja sesuai status sistem. Pemanasan relay yang muncul setelah beberapa pengujian berurutan diminimalkan dengan memberikan jeda sekitar 1 menit sebelum menjalankan siklus berikutnya.



Gambar 9. Kondisi Panel Kontrol PSU ON

c. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem kendali PLC Omron CP1L dalam mengatur proses elektrolisis sekaligus mengevaluasi hasil pembersihan hook racking. Pengujian menggunakan variasi tegangan 24VDC, 26VDC, dan 28VDC dengan waktu proses 2 dan 4 menit. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian

No.	Waktu Elektrolisis	Kondisi Awal	Kondisi setelah Proses	Keterangan
1	2 Menit	- Kontaminan Oli Dominan - Carbon Pekat - Kondisi Permukaan Licin	- Kontaminan Oli Masih Dominan - Carbon Masih Pekat - Kondisi Permukaan Masih Licin	- Tegangan 24VDC - Arus terpakai 8,1-8,5A <i>Finishing</i> Menggunakan <i>Spray Air Gun</i>
2	4 Menit	- Kontaminan Oli Dominan - Carbon Pekat - Kondisi Permukaan Licin	- Kontaminan Oli Masih Dominan - Carbon Masih Pekat - Kondisi Permukaan Masih Licin	- Tegangan 24VDC - Arus terpakai 9,9-10,2A <i>Finishing</i> Menggunakan <i>Spray Air Gun</i>
3	2 Menit	- Kontaminan Oli Dominan - Carbon Pekat - Kondisi Permukaan Licin	- Kontaminan Oli Masih Dominan - Carbon Masih Pekat - Kondisi Permukaan Masih Licin	- Tegangan 26VDC - Arus Terpakai 10,9-11,5A <i>Finishing</i> Menggunakan <i>Spray Air Gun</i>
4	4 Menit	- Kontaminan Oli Dominan - Carbon Pekat - Kondisi Permukaan Licin	- Kontaminan Oli Dominan Sebagian sisi - Carbon Cukup pekat - Kondisi Permukaan Tidak terlalu licin	- Tegangan 26VDC - Arus Terpakai 11,8-12,1A <i>Finishing</i> Menggunakan <i>Spray Air Gun</i>
5	2 Menit	- Kontaminan Oli Dominan - Carbon Pekat	Kontaminan Oli Dominan Sebagian sisi	- Tegangan 28VDC - Arus terpakai 12,5-12,6A

		• Kondisi Permukaan Licin	• Carbon Cukup pekat • Kondisi Permukaan Tidak terlalu licin	• <i>Finishing</i> Menggunakan <i>Spray Air Gun</i>
6	4 Menit	• Kontaminan Oli Dominan • Carbon Pekat • Kondisi Permukaan Licin	• Kontaminan Oli Dominan Sebagian sisi • Carbon mulai berkurang kepekatannya • Kondisi Permukaan Sebagian Tidak Terlalu licin	• Tegangan 28VDC • Arus terpakai 13,2-13,6A • <i>Finishing</i> Menggunakan <i>Spray Air Gun</i>
7	4 Menit	• Kontaminan Oli Dominan • Carbon Pekat • Kondisi Permukaan Licin	• Kontaminan Oli Hilang • Carbon mulai Hilang • Kondisi Permukaan Tidak Licin	• Tegangan 28VDC • Arus terpakai 13,2-13,6A • <i>Finishing</i> Menggunakan Lap (majun)

Berdasarkan hasil pengujian, kondisi pembersihan mengalami peningkatan seiring bertambahnya tegangan dan waktu elektrolisis. Pada tegangan 24VDC, perubahan durasi dari 2 menjadi 4 menit belum menghasilkan perbedaan yang berarti. Perubahan mulai terlihat pada 26VDC, terutama ketika proses berlangsung selama 4 menit. Hasil paling baik diperoleh pada tegangan 28VDC dengan waktu elektrolisis 4 menit.

Pengujian pada kondisi tersebut menghasilkan arus sebesar 13,2–13,6A. Setelah proses selesai, kontaminan oli telah hilang, residu karbon mulai berkurang, dan permukaan hook racking tidak lagi licin. Pada pengujian sebelumnya, proses akhir masih membutuhkan spray air gun, sedangkan pada kondisi 28VDC selama 4 menit pembersihan akhir dapat dilakukan menggunakan kain lap (majun). Dengan demikian, kombinasi tegangan 28VDC dan waktu 4 menit menjadi kondisi yang paling efektif dari seluruh parameter yang diuji. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa efektivitas proses mulai meningkat pada rentang tegangan sekitar 26–28VDC, khususnya ketika elektrolisis dilakukan selama 4 menit.

Pembahasan

a. Kinerja Sistem PLC

Berdasarkan hasil pengujian fungsional yang telah dilakukan, sistem kontrol berbasis PLC Omron CP1L menunjukkan kinerja yang baik dan mampu menjalankan seluruh fungsi yang telah diprogram sesuai dengan rancangan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa PLC Omron CP1L mampu menerima dan membaca sinyal masukan dari push button dan selector switch, kemudian mengolah sinyal tersebut berdasarkan program yang tersimpan di dalam memori, serta menghasilkan sinyal keluaran yang sesuai untuk mengendalikan relay dan lampu indikator. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Permatasari, dkk. pada tahun 2023 mengenai “Rancang Bangun Alat Trainer Kontrol Berbasis PLC Omron CP2E untuk Media Pembelajaran”, yang menyatakan bahwa PLC dapat digunakan sebagai pengendali utama pada sistem kontrol karena mampu menerima sinyal input, memprosesnya berdasarkan program, dan menghasilkan output untuk mengendalikan perangkat lainnya (Permatasari, Fahreza, Haitsam, & Pamungkas, 2023).

Salah satu kelebihan yang terlihat dari sistem yang dikembangkan adalah kemampuan PLC dalam memberikan respons dengan cepat terhadap setiap pengoperasian push button. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa PLC Omron CP1L memiliki waktu siklus (scan time) yang relatif singkat sehingga tidak menimbulkan jeda yang berarti dalam proses pengendalian oleh operator. Respons yang cepat menjadi aspek penting dalam penerapan sistem kontrol pada lingkungan industri karena dapat mendukung efektivitas proses sekaligus meningkatkan aspek keselamatan selama pengoperasian. Selain itu, timer internal PLC juga menunjukkan tingkat ketelitian yang baik, dengan perbedaan waktu kurang dari 1 detik dibandingkan waktu aktual. Tingkat ketelitian tersebut memungkinkan proses

elektrolisis dihentikan sesuai dengan durasi yang telah ditetapkan sehingga hasil pembersihan dapat berlangsung secara lebih konsisten dan terkontrol. Temuan ini mendukung penelitian Rezaputra, dkk. pada tahun 2021 mengenai “Perancangan Sistem Kontrol Otomatis Press Roll Berbasis PLC Mitsubishi Type-Q Pada Building Tire Machine”, yang menjelaskan bahwa salah satu keunggulan PLC adalah kemampuannya dalam mengatur waktu dan tahapan kerja secara presisi (Rezaputra & Cahyono, 2021).

Penerapan logika latching atau penguncian pada Rung 0 dan Rung 1 juga dapat berfungsi sebagaimana yang dirancang. Setelah tombol ON ditekan dan dilepaskan, sistem tetap berada dalam kondisi aktif hingga menerima perintah untuk berhenti melalui tombol OFF atau emergency stop. Mekanisme tersebut memberikan kemudahan dalam pengoperasian karena operator tidak perlu mempertahankan tekanan pada tombol ON selama sistem bekerja. Di sisi lain, keberadaan fungsi emergency stop yang terhubung secara langsung dengan input PLC memberikan tambahan perlindungan terhadap kondisi darurat. Ketika emergency stop diaktifkan, seluruh output sistem dapat dihentikan dengan cepat, yaitu dalam waktu kurang dari 1 detik. Fitur tersebut memiliki peranan penting dalam mengurangi risiko kecelakaan serta melindungi operator dan peralatan apabila terjadi kondisi yang tidak diinginkan selama proses berlangsung.

b. Proses Elektrolisis

Penerapan proses elektrolisis pada sistem yang dikembangkan menunjukkan hasil yang cukup efektif dalam mengurangi kontaminan berupa oli dan residu karbon yang terdapat pada permukaan komponen hook racking. Selama proses elektrolisis berlangsung, terlihat adanya gelembung gas yang terbentuk di sekitar elektroda grafit dan permukaan komponen. Kemunculan gelembung tersebut menunjukkan bahwa reaksi elektrokimia sedang berlangsung, yang melibatkan reaksi oksidasi pada anoda berupa elektroda grafit dan reaksi reduksi pada katoda berupa komponen hook racking. Reaksi elektrokimia yang terjadi selama proses tersebut berperan dalam membantu melepaskan lapisan kontaminan yang melekat pada permukaan logam. Hasil ini sejalan dengan penelitian Budi, dkk. pada tahun 2025 mengenai “Kajian Elektrolisis dalam Proses Pembentukan dan Pelepasan Lapisan”, yang menjelaskan bahwa proses elektrolisis menggunakan arus searah untuk memicu reaksi oksidasi dan reduksi pada permukaan material logam sehingga dapat memengaruhi kondisi permukaan material (Budi, Prayitno, Fadillah, Ramadhyagita, & Sofyan, 2025).

Penggunaan elektroda grafit dalam sistem juga menunjukkan kinerja yang baik sebagai media penghantar arus listrik di dalam larutan elektrolit. Berdasarkan beberapa kali pengujian, elektroda grafit tidak menunjukkan adanya tanda korosi maupun degradasi yang berarti. Hal tersebut menunjukkan bahwa grafit memiliki kestabilan yang cukup baik terhadap reaksi kimia yang berlangsung dalam larutan Na_2CO_3 . Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Muchtar, dkk. pada tahun 2020 mengenai “Studi Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Produksi Gas Hidrogen dengan Proses Elektrolisis Air”, yang menyatakan bahwa elektroda grafit memiliki kemampuan yang baik dalam menghantarkan arus listrik serta mendukung terjadinya reaksi elektrokimia secara efektif apabila dibandingkan dengan beberapa jenis material elektroda lainnya (Muchtar & Rustana, 2020).

Sumber tegangan berupa power supply DC 24 V 15 A yang digunakan dalam sistem juga mampu mempertahankan tegangan keluaran pada rentang sekitar 23–28 V selama proses elektrolisis berlangsung. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tidak terjadi penurunan tegangan yang signifikan meskipun arus dialirkan menuju elektroda. Kestabilan tegangan DC merupakan salah satu faktor penting dalam proses elektrolisis karena efektivitas proses dipengaruhi oleh kestabilan distribusi arus yang mengalir dalam sistem. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Napitupulu, dkk. pada tahun 2024 mengenai “Analisis Tegangan dan Arus DC pada Busbar Menuju Plat Anoda dan Katoda dalam Proses Elektrolisis di Unit Chemical Plat PT. Toba Pulp Lestari, Tbk”, yang menunjukkan bahwa kestabilan distribusi arus DC memiliki pengaruh terhadap konsistensi hasil elektrolisis. Tegangan yang relatif stabil memungkinkan reaksi elektrokimia pada permukaan komponen berlangsung secara lebih konsisten (Napitupulu & Karti, 2024).

c. Pengaruh Variasi Waktu dan Tegangan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, terdapat perbedaan hasil pembersihan yang cukup jelas antara proses elektrolisis selama 2 menit dan 4 menit. Pada waktu elektrolisis 2 menit, tingkat kebersihan komponen masih berada pada kategori cukup. Lapisan oli telah mengalami pengurangan, tetapi residu karbon masih terlihat pada permukaan komponen. Sementara itu, peningkatan durasi proses menjadi 4 menit menghasilkan tingkat kebersihan yang lebih baik. Pada kondisi tersebut, sebagian besar lapisan oli telah terlepas dan residu karbon mengalami pengurangan secara signifikan sehingga permukaan logam dan kilap aslinya mulai terlihat kembali.

Peningkatan efektivitas pembersihan seiring dengan bertambahnya waktu elektrolisis dapat dijelaskan berdasarkan prinsip reaksi elektrokimia. Semakin lama proses elektrolisis berlangsung,

semakin besar jumlah muatan listrik yang dialirkan melalui larutan elektrolit. Peningkatan jumlah muatan tersebut menyebabkan semakin banyak elektron yang terlibat dalam reaksi reduksi pada permukaan komponen yang berperan sebagai katoda. Reaksi reduksi yang berlangsung menghasilkan gas hidrogen (H_2), yang pembentukannya dapat membantu melepaskan kontaminan dari permukaan logam melalui efek mekanis gelembung gas. Pada sisi anoda, berlangsung reaksi oksidasi yang menghasilkan gas oksigen (O_2) dan turut berkontribusi terhadap proses elektrokimia selama pembersihan.

Fenomena tersebut sejalan dengan penelitian Aziz, dkk. pada tahun 2018 mengenai “Pengaruh pH dan Tegangan Listrik dalam Proses Elektrolisis Limbah Padat Baja (Slag Eaf) Sebagai Upaya Mereduksi Kandungan Logam Fe pada Limbah Padat Industri Galvanis”, yang menunjukkan bahwa perubahan tegangan dan kondisi larutan dapat memengaruhi laju reaksi elektrokimia yang berlangsung (Aziz, Udaibah, & Hidayah, 2018). Dalam penelitian ini, tegangan dijaga pada kondisi yang relatif konstan, yaitu sekitar 24 V, sehingga durasi elektrolisis menjadi salah satu faktor yang menentukan besarnya total muatan listrik yang dialirkan selama proses. Oleh karena itu, semakin lama proses elektrolisis berlangsung, semakin besar pula peluang terlepasnya kontaminan dari permukaan komponen.

Meskipun demikian, peningkatan durasi elektrolisis tidak dapat diasumsikan selalu menghasilkan peningkatan kebersihan secara linier. Berdasarkan hasil pengamatan, perbedaan antara durasi 2 menit dan 4 menit menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. Namun, penelitian ini belum menguji durasi yang lebih panjang, seperti 6 atau 8 menit, sehingga belum dapat dipastikan apakah penambahan waktu akan menghasilkan peningkatan kebersihan yang sebanding. Terdapat kemungkinan adanya titik jenuh (saturation point), yaitu kondisi ketika penambahan durasi elektrolisis tidak lagi memberikan peningkatan hasil pembersihan yang signifikan. Selain itu, durasi yang terlalu lama juga berpotensi menimbulkan dampak yang tidak diinginkan, seperti perubahan atau korosi pada permukaan logam. Kondisi tersebut menjadi salah satu aspek yang perlu diteliti lebih lanjut pada penelitian berikutnya.

d. Implikasi dan Keterbatasan Sistem

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian dan pembahasan, sistem kontrol berbasis PLC yang dikembangkan memiliki beberapa implikasi yang dapat mendukung pengembangan proses pencucian komponen secara otomatis. Pertama, sistem ini dapat menjadi dasar dalam pengembangan sistem pencucian otomatis yang lebih terkontrol dan konsisten dibandingkan dengan metode manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa durasi elektrolisis selama 4 menit mampu menghasilkan tingkat kebersihan komponen hook racking yang baik, dengan sebagian besar kontaminan pada permukaan berhasil dikurangi. Kedua, penggunaan PLC memberikan fleksibilitas dalam melakukan pengaturan parameter proses, khususnya durasi kerja, tanpa harus melakukan perubahan pada rangkaian kontrol secara fisik. Ketiga, sistem yang dikembangkan masih memiliki peluang untuk diintegrasikan dengan perangkat pendukung lainnya, seperti sensor ketinggian larutan, sensor kondisi proses, maupun alarm, sehingga tingkat otomatisasi sistem dapat ditingkatkan.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, pengujian masih dilakukan dalam skala prototipe laboratorium sehingga hasil yang diperoleh belum dapat secara langsung menggambarkan kondisi penerapan pada skala industri dengan kapasitas produksi yang lebih besar. Kedua, penilaian terhadap hasil pembersihan masih dilakukan berdasarkan pengamatan visual sehingga bersifat relatif subjektif. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode pengukuran yang lebih objektif, misalnya dengan membandingkan massa kontaminan sebelum dan sesudah proses pembersihan. Ketiga, penelitian ini hanya menggunakan dua variasi waktu, yaitu 2 menit dan 4 menit, dengan tegangan kerja sekitar 24–28 VDC. Oleh karena itu, pengaruh parameter lain, seperti variasi tegangan, konsentrasi larutan elektrolit, jenis elektrolit, maupun durasi elektrolisis yang lebih beragam, belum dapat diketahui secara menyeluruh. Keempat, penelitian ini belum mencakup analisis secara mendalam mengenai perubahan sifat kimia larutan elektrolit, dampak lingkungan dari proses elektrolisis, serta analisis biaya produksi dan operasional sistem.

Pengembangan penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan memperluas variasi parameter proses, meliputi tegangan, konsentrasi larutan, jenis elektrolit, serta durasi elektrolisis. Selain itu, evaluasi hasil pembersihan perlu dilakukan menggunakan metode pengukuran yang lebih objektif agar tingkat efektivitas proses dapat dianalisis secara kuantitatif. Dari sisi sistem kontrol, pengembangan dapat dilakukan dengan menambahkan sensor suhu, sensor pH, serta tampilan Human Machine Interface (HMI) untuk memungkinkan pemantauan dan pengendalian proses secara real-time. Dengan adanya pengembangan tersebut, sistem yang telah dirancang memiliki potensi untuk diterapkan pada lingkungan industri manufaktur sebagai alternatif proses pencucian komponen yang lebih efektif, konsisten, terkontrol, dan aman.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, pengujian, serta pembahasan mengenai prototipe sistem kontrol berbasis PLC Omron CP1L pada alat pencucian komponen hook racking menggunakan metode elektrolisis, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Perancangan sistem kontrol berbasis PLC Omron CP1L berhasil diwujudkan dalam bentuk prototipe yang terdiri atas perangkat lunak (software) berupa program ladder diagram menggunakan CX-Programmer dan perangkat keras (hardware) yang meliputi panel kontrol, rangkaian kelistrikan, serta bak elektrolisis. Sistem tersebut mampu mengatur proses pencucian secara otomatis melalui pengaturan durasi menggunakan timer internal PLC dan pengoperasian relay untuk menyalurkan tegangan DC menuju elektroda grafit.
- Sistem kontrol PLC memiliki alur kerja yang meliputi logika penguncian (latching) ON/OFF, pemilihan durasi proses selama 2 atau 4 menit menggunakan selector switch, pengaktifan relay PSU untuk menyalakan sumber 24VDC, serta pengaktifan relay elektroda untuk mengalirkan arus DC menuju elektroda grafit. Proses akan berhenti secara otomatis ketika waktu yang telah ditentukan pada timer tercapai. Sistem juga dilengkapi emergency stop sebagai pengaman dan lampu indikator PSU ON, Proses ON, serta Proses OFF sebagai informasi visual bagi operator. Berdasarkan seluruh pengujian, sistem mampu bekerja sesuai dengan logika dan fungsi yang telah dirancang.
- Hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter yang memberikan hasil pembersihan paling optimal adalah tegangan 28VDC dengan waktu elektrolisis 4 menit pada pengujian nomor 7. Pada kondisi tersebut, kontaminan oli berhasil dihilangkan, residu karbon mulai berkurang, dan permukaan komponen menjadi tidak licin dengan konsumsi arus sebesar 13,2–13,6 A. Proses finishing cukup dilakukan menggunakan kain lap (majun) tanpa memerlukan spray air gun. Secara umum, peningkatan tegangan dan durasi elektrolisis menghasilkan pembersihan yang lebih baik. Namun, pada tegangan 24VDC, penambahan waktu dari 2 menjadi 4 menit tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan. Hal ini menunjukkan adanya indikasi tegangan minimum, yaitu sekitar 26–28VDC, agar proses elektrolisis dapat berlangsung secara efektif.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Kahuripan Kediri dan Fakultas Teknik atas dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada PT Lion Metal Works, khususnya bagian Maintenance, yang telah memberikan kesempatan, fasilitas, dan dukungan selama proses observasi serta pengujian prototipe. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing dan semua pihak yang telah memberikan arahan, bantuan, dan dukungan selama proses perancangan hingga penyusunan penelitian ini. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan sistem otomasi dan proses pencucian komponen di lingkungan industri.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anaam, I. K., Hidayat, T., Pranata, R. Y., Abdillah, H., & Putra, A. Y. W. (2022). Pengaruh trend otomasi dalam dunia manufaktur dan industri. *Vocational Education National Seminar (VENS)*, 1(1), 46–50.
- Aziz, A., Udaibah, W., & Hidayah, M. (2018). Pengaruh pH dan tegangan listrik dalam elektrolisis limbah padat baja (slag EAF) sebagai upaya mereduksi kandungan logam Fe pada limbah padat industri galvanis. *Walisongo Journal of Chemistry*, 1(2), 52–59. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i2.3102>
- Budi, E., Prayitno, T. B., Fadillah, A., Ramadhyagita, I. L., & Sofyan, M. F. (2025). Kajian elektrolisis dalam proses pembentukan dan pelepasan lapisan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains dan Aplikasinya (JPMSA)*, 5(1), 6–16. <https://doi.org/10.21009/jpmsa.v5i1.54554>
- Cholis, N., Razali, M. N., Ramli, N. M., & Sahran, M. S. I. (2025). Biodegradable and green degreaser for industrial application: An overview. *Journal of Physics: Conference Series*, 2933(1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2933/1/012020>
- Ilmi, M. I. U., Utama, F. Y., & Wulandari, D. (2024). Analisis proses sandblasting permukaan logam dengan pasir silika dan udara bertekanan 6 bar. *Jurnal Rekayasa Mesin (JRM)*, 9(3), 424–429.
- Muchtar, S. J., & Rustana, C. E. (2020). Studi pengaruh jenis elektroda terhadap produksi gas hidrogen dengan proses elektrolisis air. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF*, 9, 5–8. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2020.01.FA.02>
- Napitupulu, N., & Karti. (2024). Analisis tegangan dan arus DC pada busbar menuju plat anoda dan katoda dalam proses elektrolisis di Unit Chemical Plant PT. Toba Pulp Lestari, Tbk. *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 3(1), 72–77. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v3i1.92>
- Permatasari, D. C., Fahreza, M. A. R., Haitsam, & Pamungkas, D. W. (2023). Rancang bangun alat trainer kontrol berbasis PLC Omron CP2E untuk media pembelajaran. *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, 5(1), 11–16. <https://doi.org/10.33650/jeeecom.v5i1.5814>

- Rezaputra, M. D. D., & Cahyono, M. R. A. (2021). Perancangan sistem kontrol otomatis press roll berbasis PLC Mitsubishi Type-Q pada building tire machine. *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, 3(2), 92–101. <https://doi.org/10.26740/inajet.v3n2.p92-101>
- Sitinjak, H. V., Ginting, F. G., Rianda, R., Sufandi, M. R., Hasan, & Yuniarto, W. (2024). Rancang bangun prototipe tempat pencucian mobil otomatis berbasis programmable logic controller (PLC Outseal) dan Internet of Things (IoT). *ELIT Journal*, 5(2), 41–49. <https://doi.org/10.31573/elit.v5i2.884>
- Syahwir, I. D., & Firmansyah, V. (2018). Perbandingan pembersihan material berbahan stainless steel menggunakan ultrasonic cleaner dan pembersihan biasa. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 8(2), 1–5. <https://doi.org/10.24198/jmei.v8i2.18688>