

Study Of Forward - Reverse Mototr Control System Using Zelio Smart Relay in Fild Work Activities

Studi Sistem Kendali Motor Forward–Reverse Menggunakan Smart Relay Zelio Pada Kegiatan Praktik Kerja Lapangan

M. Agus Safiuddin¹, Agus Hayatal Falah²

*Email corresponding author: agushf@umsida.ac.id

Program Studi Teknik Elektro, Univerutas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Abstract. *The three-phase induction motor is widely used in industrial applications and requires a reliable control system to start, stop, and change its direction of rotation. This article discusses the design and assembly of a forward–reverse motor control panel using a Zelio Smart Relay during field work practice. The system consists of a control panel, single-phase MCB, three-phase MCB, two contactors, two overload relays, Zelio Smart Relay, emergency stop, stop push button, forward push button, reverse push button, and three indicator lamps. The control logic is programmed using Ladder Diagram. Forward operation is controlled through input I1 and output Q1, reverse operation through input I2 and output Q2, while I3 is used as the stop input and Q3 is used for the red standby indicator. Interlocking is implemented in the ladder program so that the forward and reverse outputs cannot be active simultaneously. The design provides a structured control system and helps improve practical understanding of motor control, panel wiring, protection, and industrial automation.*

Keywords - Three-Phase Motor, Forward–Reverse, Zelio Smart Relay, Contactor, Overload Relay, Ladder Diagram.

Abstrak. *Motor induksi tiga fasa banyak digunakan pada aplikasi industri sehingga diperlukan sistem kendali yang mampu mengatur proses pengoperasian dan perubahan arah putaran motor secara aman. Artikel ini membahas perancangan dan perakitan rangkaian kendali motor forward–reverse menggunakan Smart Relay Zelio pada kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL). Sistem terdiri dari panel kontrol, MCB 1 fasa, MCB 3 fasa, dua buah kontaktor, dua buah overload relay, Smart Relay Zelio, emergency stop, push button stop, push button forward, push button reverse, serta tiga lampu indikator. Logika kendali dibuat menggunakan Ladder Diagram. Operasi forward dikendalikan melalui input I1 dan output Q1, operasi reverse melalui input I2 dan output Q2, sedangkan I3 digunakan sebagai input stop dan Q3 sebagai indikator merah ketika motor tidak beroperasi. Program dilengkapi interlock agar output forward dan reverse tidak aktif secara bersamaan. Perancangan ini menghasilkan sistem kendali yang lebih terstruktur serta memberikan pengalaman praktis mengenai wiring panel, proteksi motor, pemrograman smart relay, dan otomasi industri.*

Kata Kunci - Motor Tiga Fasa, Forward–Reverse, Smart Relay Zelio, Kontaktor, Overload Relay, Ladder Diagram.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang ketenagalistrikan dan otomasi industri menuntut tenaga kerja yang tidak hanya memahami teori, tetapi juga memiliki keterampilan dalam merancang, merakit, menguji, dan mengoperasikan sistem kendali listrik. Salah satu aplikasi dasar yang banyak digunakan pada instalasi industri adalah sistem kendali motor induksi tiga fasa. Motor tiga fasa dapat diarahkan berputar maju (forward) atau berlawanan arah (reverse) dengan mengubah urutan dua fasa pada rangkaian daya. Pengendalian tersebut umumnya menggunakan dua kontaktor yang bekerja secara bergantian dan harus dilengkapi interlock untuk mencegah kedua kontaktor aktif secara bersamaan [1], [2].

Penggunaan Smart Relay Zelio merupakan salah satu alternatif untuk membuat sistem kendali motor menjadi lebih terstruktur. Zelio Logic dapat diprogram menggunakan Ladder Diagram melalui perangkat lunak Zelio Soft sehingga logika input, output, penguncian, dan interlock dapat dirancang sebelum diterapkan pada panel [3]. Penelitian Irawan menunjukkan penerapan Smart Relay Zelio untuk kendali motor tiga fasa forward–reverse dengan dua kontaktor, MCB, tombol tekan, dan lampu indikator [1]. Penelitian Anjab et al. juga menunjukkan bahwa sistem forward–reverse berbasis Zelio dapat dibuat lebih sederhana dan terotomasi dibandingkan rangkaian konvensional, walaupun membutuhkan perangkat kontrol yang sesuai [2].

Praktik Kerja Lapangan merupakan kegiatan yang memberikan kesempatan untuk menghubungkan pengetahuan yang diperoleh selama pembelajaran dengan kondisi pekerjaan nyata. Melalui kegiatan tersebut, mahasiswa dapat mempelajari pembacaan wiring diagram, pemasangan komponen panel, penyambungan rangkaian daya dan kontrol, pemrograman Smart Relay Zelio, serta pengujian fungsi sistem.

Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel ini bertujuan untuk mendeskripsikan proses perancangan dan pembuatan sistem kendali motor tiga fasa forward–reverse menggunakan Smart Relay Zelio, menjelaskan fungsi setiap komponen, serta menganalisis cara kerja program Ladder yang digunakan pada panel.

II. METODE

Metode yang digunakan dalam penyusunan artikel Praktik Kerja Lapangan ini adalah metode deskriptif kualitatif. Metode tersebut digunakan untuk menggambarkan proses perancangan, pemasangan, pemrograman, dan pengujian sistem kendali motor forward–reverse berdasarkan kegiatan praktik dan dokumen rangkaian yang digunakan. Tahapan pengumpulan data terdiri dari:

a. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan pembimbing atau teknisi untuk memperoleh informasi mengenai fungsi komponen, urutan kerja panel, sistem pengamanan, serta prosedur pengoperasian rangkaian forward–reverse.

b. Observasi

Observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung panel dan rangkaian kendali, mulai dari identifikasi komponen, pembacaan wiring diagram, pemasangan kabel daya dan kontrol, pemrograman Zelio, hingga pemeriksaan fungsi input dan output.

c. Studi Pustaka

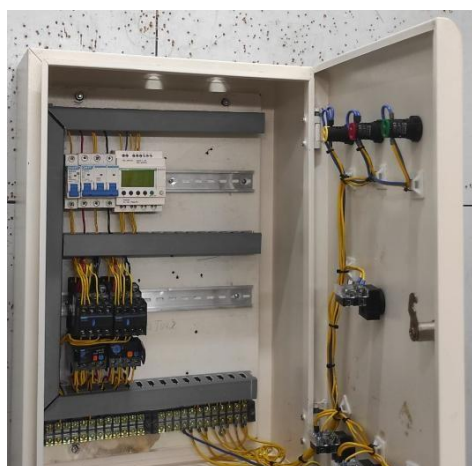
Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari jurnal ilmiah dan dokumentasi teknis yang berkaitan dengan motor induksi tiga fasa, sistem forward–reverse, kontaktor, proteksi motor, serta Smart Relay Zelio [1]–[5].

d. Perancangan dan Pengujian

Perancangan dilakukan dengan membagi sistem menjadi rangkaian daya dan rangkaian kontrol. Rangkaian kontrol diprogram menggunakan Ladder Diagram sesuai alamat input dan output pada Zelio. Pengujian dilakukan dengan memeriksa kondisi standby, forward, reverse, stop, interlock, dan emergency sesuai konfigurasi panel.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem yang dirancang merupakan panel kendali motor induksi tiga fasa dengan fungsi forward–reverse. Sistem menggunakan dua kontaktor sebagai pengubah arah putaran, dua overload relay sebagai bagian dari proteksi motor, MCB 3 fasa untuk pengamanan rangkaian daya, MCB 1 fasa untuk rangkaian kontrol, dan Smart Relay Zelio sebagai pengendali logika. Perancangan juga dilengkapi push button dan lampu indikator untuk mempermudah pengoperasian serta pemantauan kondisi sistem.



Gambar 1. Panel Forward Reverse

A. Komponen Sistem

No.	Komponen	Fungsi
1	Panel kontrol	Tempat pemasangan dan penataan komponen daya serta kontrol.
2	MCB 1 fasa	Pengaman rangkaian kontrol.
3	MCB 3 fasa	Pengaman rangkaian daya motor.
4	Kontaktur K1	Menghubungkan rangkaian daya untuk arah forward.

5	Kontaktor K2	Menghubungkan rangkaian daya untuk arah reverse.
6	Overload relay	Proteksi motor terhadap kondisi beban lebih.
7	Smart Relay Zelio	Pengendali logika input dan output sistem.
8	Push button STOP	Memberikan perintah penghentian.
9	Push button FORWARD	Memberikan perintah putaran forward.
10	Push button REVERSE	Memberikan perintah putaran reverse.
11	Emergency stop	Penghentian sistem pada kondisi darurat.
12	Lampu hijau	Indikator operasi forward.
13	Lampu kuning	Indikator operasi reverse.
14	Lampu merah	Indikator motor berhenti/standby.

B. Rangkaian Daya Forward–Reverse

Rangkaian daya menggunakan MCB 3 fasa sebagai pengaman sumber menuju dua kontaktor. Kontaktor K1 digunakan untuk konfigurasi forward, sedangkan K2 digunakan untuk konfigurasi reverse. Pada rangkaian reverse, dua fasa ditukar sehingga urutan fasa yang diterima motor berubah dan arah putaran motor berlawanan. Setelah kontaktor, rangkaian diteruskan menuju overload relay dan motor tiga fasa. Kedua kontaktor tidak boleh bekerja bersamaan sehingga sistem interlock harus diterapkan pada rangkaian kontrol dan, untuk panel praktik nyata, sebaiknya diperkuat dengan interlock elektrik atau mekanik.

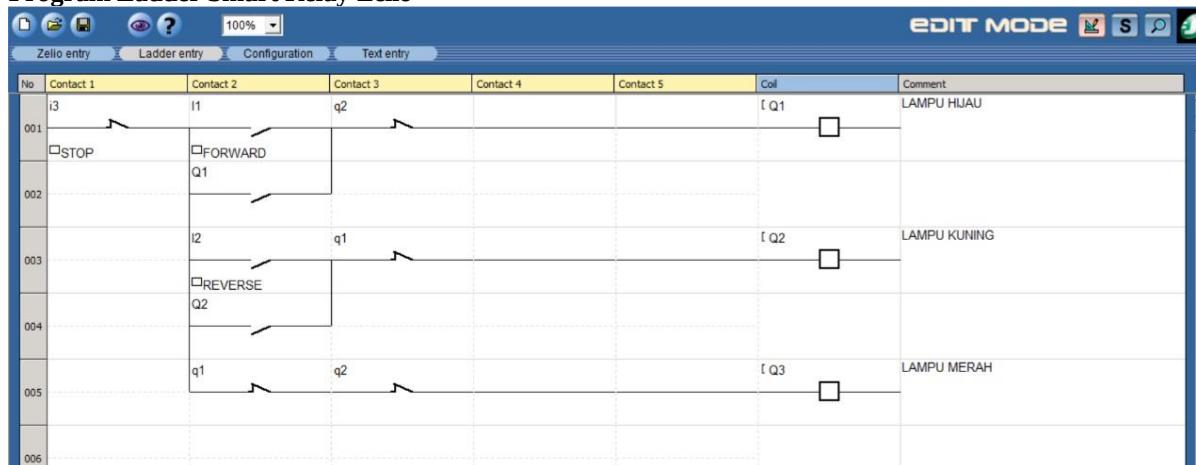
Alur umum rangkaian daya:

Sumber 3 Fasa → MCB 3 Fasa → Kontaktor K1/K2 → Overload → Motor 3 Fasa

C. Rangkaian Kontrol dan Smart Relay Zelio

Rangkaian kontrol menggunakan MCB 1 fasa sebagai pengaman sumber kontrol dan Smart Relay Zelio sebagai pengendali. Input dari push button diproses oleh program Ladder untuk mengaktifkan output yang terhubung ke kontaktor dan lampu indikator. Smart Relay Zelio mendukung pemrograman menggunakan Zelio Soft, sehingga logika kendali dapat dirancang dan diperiksa sebelum diterapkan pada perangkat [3].

D. Program Ladder Smart Relay Zelio



Gambar 2. Program Ladder kendali forward–reverse dan indikator pada Smart Relay Zelio.

Program Ladder pada Gambar 2 menggunakan tiga input utama dan tiga output. I1 digunakan sebagai perintah FORWARD, I2 sebagai perintah REVERSE, dan I3 sebagai STOP. Q1 digunakan untuk keluaran forward, Q2 untuk keluaran reverse, dan Q3 untuk indikator merah. Kontak Q1 dan Q2 juga digunakan sebagai bagian dari logika penguncian dan interlock.

Pada rung pertama, penekanan tombol FORWARD mengaktifkan Q1 selama kondisi penghentian dan interlock reverse terpenuhi. Kontak Q1 yang dipasang sebagai pengunci mempertahankan Q1 setelah tombol dilepas. Dengan demikian, kontaktor forward tetap aktif sampai rangkaian dihentikan.

Pada rung kedua, tombol REVERSE mengaktifkan Q2 apabila Q1 tidak aktif. Kontak Q2 digunakan untuk mempertahankan kondisi reverse setelah tombol dilepas. Kontak Q1 berfungsi sebagai interlock sehingga perintah reverse tidak dapat mengaktifkan Q2 ketika forward masih aktif.

Pada rung ketiga, Q3 digunakan sebagai indikator kondisi motor tidak beroperasi. Ketika Q1 dan Q2 tidak aktif, lampu merah menjadi indikator standby. Ketika salah satu arah aktif, indikator standby harus padam dan indikator arah yang sesuai menyala.

E. Sistem Indikator

Tiga lampu indikator digunakan untuk memberikan informasi visual kepada operator. Lampu hijau menunjukkan kondisi forward, lampu kuning menunjukkan kondisi reverse, dan lampu merah menunjukkan kondisi motor berhenti atau standby. Konsep penggunaan indikator arah dan standby juga diterapkan pada penelitian kendali motor berbasis Smart Relay Zelio [1].

Indikator	Kondisi	Keterangan
Hijau	Q1 aktif	Motor Forward
Kuning	Q2 aktif	Motor Reverse
Merah	Q1 dan Q2 tidak aktif	Motor berhenti / standby

F. Sistem Proteksi dan Keselamatan

MCB berfungsi melindungi rangkaian dari gangguan arus lebih dan hubung singkat sesuai karakteristik perangkat yang digunakan. Overload relay digunakan sebagai proteksi terhadap beban lebih pada motor. Emergency stop digunakan untuk menghentikan sistem ketika terjadi kondisi darurat. Penggunaan perangkat proteksi dan penghentian darurat harus disesuaikan dengan rating komponen, wiring aktual, serta prosedur keselamatan kerja yang berlaku.

Interlock pada program Zelio merupakan pengaman logika, tetapi pada panel motor praktik sebaiknya tidak menjadi satu-satunya pengaman. Interlock elektrik melalui kontak bantu NC dan/atau interlock mekanik antar-kontaktor dapat digunakan untuk memberikan lapisan pengamanan tambahan. Pergantian arah putaran juga sebaiknya dilakukan setelah motor dihentikan, kecuali sistem memang dirancang khusus untuk reversing saat motor masih berputar.

G. Urutan Kerja Sistem

Pada kondisi awal, MCB kontrol dan MCB daya berada pada kondisi ON, emergency stop dalam keadaan normal, Q1 dan Q2 OFF, dan lampu merah menyala sebagai indikator standby. Ketika tombol FORWARD ditekan, I1 diterima Zelio dan Q1 aktif sehingga kontaktor K1 bekerja dan lampu hijau menyala. Ketika tombol FORWARD dilepas, rangkaian self-holding mempertahankan Q1 selama kondisi sistem tetap terpenuhi.

Untuk operasi reverse, motor terlebih dahulu dihentikan sesuai prosedur. Setelah Q1 OFF, tombol REVERSE ditekan sehingga I2 mengaktifkan Q2. Kontaktor K2 kemudian mengubah urutan dua fasa pada rangkaian daya dan motor berputar berlawanan arah, disertai lampu kuning sebagai indikator. Tombol STOP atau emergency digunakan untuk menghentikan operasi sesuai fungsi rangkaian.

H. Hasil Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan berdasarkan kondisi logika pada program. Karena artikel ini disusun dari rancangan dan dokumentasi kegiatan, tabel berikut merupakan parameter hasil yang harus diverifikasi pada panel aktual dan tidak mengklaim nilai pengukuran yang tidak dicatat.

No.	Kondisi	Respons yang diharapkan
1	Kondisi awal/standby	Q1 OFF, Q2 OFF, lampu merah ON.
2	FORWARD ditekan	Q1 ON, kontaktor K1 ON, lampu hijau ON.
3	FORWARD dilepas	Q1 tetap ON melalui self-holding.
4	REVERSE saat Q1 ON	Q2 tetap OFF karena interlock.
5	STOP ditekan	Q1/Q2 OFF dan motor berhenti.
6	REVERSE setelah stop	Q2 ON, kontaktor K2 ON, lampu kuning ON.
7	FORWARD saat Q2 ON	Q1 tetap OFF karena interlock.
8	Emergency diaktifkan	Sistem berhenti sesuai wiring keselamatan.

I. Perhitungan Arus Nominal dan Pemilihan Komponen Motor 3 Fasa

Namplate motor

- Daya = 1,1 kW / 1,5 HP
- Tegangan = 220 V Delta / 380 V Star
- Arus = 4,77 A / 2,76 A
- Frekuensi = 50 Hz
- Jumlah Kutub = 4
- Kecepatan = 1425 rpm
- Service factor = 1,0

1. Menentukan Kapasitas MCB

$$I_{MCB} = (1,25 \text{ s.d. } 2,50) \times I_n$$

Keterangan :

- I_{MCB} : Rating arus MCB yang dipilih (Ampere).
- Faktor 1,25 s.d. 2,50 : Angka pengali untuk menahan lonjakan arus awal (*starting current*) yang besarnya 5-7 kali lipat saat motor pertama kali menyala, agar MCB tidak langsung *trip*.
 - 1,25 - 1,50 untuk pengasutan halus (Star – Delta / Soft Starter).
 - 1,50 – 2,50 untuk pengasutan langsung (Direct Online).
- I_n : Arus nominal / Arus Kerja Motor (Ampere).

2. Menentukan Kapasitas Kontaktor

$$I_{Kontaktor} \geq 1,15 \times I_n$$

Keterangan :

- $I_{Kontaktor}$: Rating kemampuan arus ketahanan kontak utama kontaktor (Ampere).
- Faktor 1,15 : Batas aman minimum agar kontak internal tidak cepat aus atau meleleh akibat percikan api saat sakelar menghubungkan / memutuskan arus motor.

3. Menentukan Nominal Thermal Overload Relay (TOR)

$$\text{Setting Dial TOR} = 1,00 \times I_n$$

Keterangan :

- Setting Dial TOR : Putaran pemutar (*dial*) pada fisik TOR yang wajib disetel tepat pada nilai $1,00 \times I_n$ (100% arus nominal).

J. Pembahasan

Berdasarkan perancangan, penggunaan Smart Relay Zelio memungkinkan logika kendali forward–reverse dibuat dalam satu program Ladder yang terstruktur. Penggunaan self-holding mengurangi kebutuhan operator untuk menahan push button selama motor beroperasi, sedangkan interlock mencegah perintah forward dan reverse aktif secara bersamaan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Irawan yang merancang kendali motor tiga fasa forward–reverse menggunakan Smart Relay Zelio, dua kontaktor, MCB, tombol, dan lampu indikator [1].

Penggunaan Zelio juga relevan untuk pembelajaran instalasi motor listrik karena memberikan pengalaman menghubungkan konsep rangkaian kontrol konvensional dengan sistem kontrol terprogram. Huda dan Rijanto melaporkan bahwa modul pembelajaran Smart Relay dapat digunakan dalam pembelajaran instalasi motor listrik di SMK [4]. Penelitian Fairuzza et al. juga menunjukkan penerapan Zelio Smart Relay pada pengendalian motor induksi tiga fasa [5].

Dengan demikian, kegiatan perancangan panel forward–reverse tidak hanya menghasilkan sistem kendali, tetapi juga meningkatkan keterampilan dalam membaca diagram, mengidentifikasi komponen, melakukan wiring, memprogram Smart Relay, memahami proteksi, dan melakukan pengujian fungsional.

IV. Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pembahasan, sistem kendali motor tiga fasa forward–reverse berbasis Smart Relay Zelio dapat disusun menggunakan panel kontrol, MCB 1 fasa, MCB 3 fasa, dua kontaktor, dua overload relay, push button, emergency stop, dan lampu indikator. Program Ladder menggunakan I1 untuk forward, I2 untuk reverse, dan I3 untuk stop, sedangkan Q1 dan Q2 mengendalikan masing-masing arah serta Q3 digunakan sebagai indikator standby. Sistem self-holding mempertahankan kondisi operasi setelah tombol dilepas, sedangkan interlock mencegah forward dan reverse aktif secara bersamaan. Perancangan ini dapat menjadi media praktik yang baik untuk memahami sistem kendali motor, wiring panel, proteksi, dan otomasi menggunakan Smart Relay Zelio.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak tempat Praktik Kerja Lapangan yang telah memberikan kesempatan, arahan, dan fasilitas selama kegiatan berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing lapangan dan pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dalam proses perancangan, perakitan, pemrograman, dan penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- [1] T. Rahmania, A. R. Matondang, and N. Matondang, "Perbaikan sistem perawatan mesin pada PT XYZ," *Jurnal Sistem Teknik Industri*, vol. 18, no. 2, pp. 47–50, 2016, doi: 10.32734/jsti.v18i2.344.
- [2] Y. Daeng Polewangi, "Analisis sistem perawatan boiler di PT. Dewa Rencana Perangin-Angin," *JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*, vol. 2, no. 1, pp. 29–33, 2018, doi: 10.31289/jime.v2i1.2428.
- [3] P. B. Pratama and K. Jainuri, "Perencanaan perawatan mesin boiler dengan pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) pada PT. Bumi Khatulistiwa."
- [4] Y. Rosa, "Perencanaan dan penerapan preventive maintenance peralatan laboratorium," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 107–119, 2005.
- [5] S. D. Pandi, H. Santosa, and J. Mulyono, "Perancangan preventive maintenance pada mesin corrugating dan mesin flexo di PT. Surindo Teguh Gemilang," *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, vol. 13, no. 1, pp. 33–38, 2014, doi: 10.33508/wt.v13i1.1461.
- [6] Y. R. Rosyid, "Manajemen perawatan pada boiler utilitas batu bara PT. Petrokimia Gresik," Project Report, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2021. Tidak memiliki DOI.
- [7] H. Rachman, A. K. Garside, and H. M. Kholik, "Usulan perawatan sistem boiler dengan metode Reliability Centered Maintenance (RCM)," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 18, no. 1, pp. 86–93, 2017, doi: 10.22219/JTIUMM.Vol18.No1.86-93.
- [8] A. F. Kristanto, "Meminimalisir gangguan dengan preventive maintenance boiler di pembangkit listrik tenaga uap (studi kasus pada PT. PJB UBJOM PLTU Rembang)," *Jurnal Energi dan Manufaktur*, vol. 15, no. 1, pp. 32–41, 2022, doi: 10.24843/JEM.2022.v015.i01.p05.
- [9] A. S. K. R. Q. Alazemi, M. Y. Ali, and M. R. C. Daud, "Preventive maintenance of boiler: A case of Kuwait industry," *International Journal of Engineering Materials and Manufacture*, vol. 4, no. 2, pp. 48–58, 2019, doi: 10.26776/ijemm.04.02.2019.02.
- [10] N. A. Silviana, "Usulan perawatan komponen kritis pada boiler feed pump dengan menggunakan metode preventive maintenance," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Prima (JURITI PRIMA)*, vol. 4, no. 1, 2022, doi: 10.34012/juritiprima.v4i1.1615.
- [11] S. S. Patil and A. K. Bewoor, "Optimization of maintenance strategies for steam boiler system using reliability-centered maintenance (RCM) model: A case study from Indian textile industries," *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 39, no. 7, pp. 1745–1765, 2022, doi: 10.1108/IJQRM-07-2021-0216.
- [12] S. S. Patil, A. K. Bewoor, R. Kumar, M. H. Ahmadi, M. Sharifpur, and S. PraveenKumar, "Development of optimized maintenance program for a steam boiler system using Reliability-Centered Maintenance approach," *Sustainability*, vol. 14, no. 16, p. 10073, 2022, doi: 10.3390/su141610073.
- [13] M. B. Zaman, D. Priyanta, and B. S. S. Putra, "Determination of maintenance task on tanker vessel's marine boiler using Reliability Centered Maintenance (RCM) II method," *International Review of Mechanical Engineering*, vol. 15, no. 5, pp. 228–236, 2021, doi: 10.15866/ireme.v15i5.19061.
- [14] H. H. Azwir, A. I. Wicaksono, and H. Oemar, "Manajemen perawatan menggunakan metode RCM pada mesin produksi kertas," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 19, no. 1, pp. 12–21, 2020, doi: 10.25077/josi.v19.n1.p12-21.2020.
- [15] M. Bastuti, D. Alfian, and M. F. B. C. K. "Penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk perawatan mesin Twin Screw Extruder," *TRAKSI: Majalah Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 21, no. 2, 2021, doi: 10.26714/traksi.21.2.2021.%.