

# RANCANG BANGUN SISTEM PENGOLAHAN BATUBARA BERBASIS PLC MITSUBISHI FX3U-48MR

## Abdul Aziz

Pogram Studi Teknik  
Elektro Universitas Ibn  
Khaldun Bogor Jl. KH  
Sholeh Iskandar km 2,  
Bogor, Kode Pos 16162  
email :

[abdulaziz74903@gmail.com](mailto:abdulaziz74903@gmail.com)

## Joki Irawan

Pogram Studi Teknik  
Elektro Universitas Ibn  
Khaldun Bogor Jl. KH  
Sholeh Iskandar km 2,  
Bogor, Kode Pos 16162  
email :

[joki.irawan@uika-bogor.ac.id](mailto:joki.irawan@uika-bogor.ac.id)

## Iwan Sumirat

Pogram Studi Teknik  
Elektro Universitas Ibn  
Khaldun Bogor Jl. KH  
Sholeh Iskandar km 2,  
Bogor, Kode Pos 16162  
email :

[iwansumirat@gmail.com](mailto:iwansumirat@gmail.com)

## Abstrak

Proses pengolahan batubara melalui tahapan *crushing*, *separating*, dan *conveying* merupakan kunci untuk menjaga kualitas produk dan kelancaran proses produksi di industri pertambangan. Peningkatan kinerja sistem pengendalian pada ketiga unit tersebut dapat dilakukan melalui pemanfaatan teknologi *Programmable Logic Controller* (PLC) Mitsubishi FX3U-48MR yang terintegrasi dengan konsep otomatisasi modern. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses pengolahan batubara dengan merancang, memodifikasi, dan meng-*upgrade* sistem kendali pada unit *crusher*, *separator*, dan *conveyor*. Perancangan meliputi pembaruan rangkaian pengkabelan, penyesuaian logika kontrol, serta pengujian kinerja untuk memastikan keandalan, efisiensi energi, dan keamanan operasional. Hasil implementasi menunjukkan peningkatan efisiensi kerja, penurunan *downtime*, dan pengurangan risiko kesalahan manusia. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu mendukung produktivitas dan keberlanjutan pengelolaan sumber daya batubara di Indonesia.

**Kata kunci:** *Crusher, Separator, Conveyor, PLC Mitsubishi FX3U-48MR, Otomatisasi, Efisiensi Operasional, Industri Pertambangan.*

## Abstract

*The coal processing stages crushing, separating, and conveying play a crucial role in ensuring product quality and maintaining production continuity in the mining industry. Performance improvement of the control system in these three units can be achieved through the application of the Mitsubishi FX3U-48MR Programmable Logic Controller (PLC) integrated with modern automation concepts. This study aims to optimize the coal processing workflow by designing, modifying, and upgrading the control systems for the crusher, separator, and conveyor units. The development includes updating wiring configurations, adjusting control logic, and conducting performance tests to ensure reliability, energy efficiency, and operational safety. The implementation results show increased work efficiency, reduced downtime, and minimized human error. The proposed system is expected*

*to enhance productivity and support the sustainable management of coal resources in Indonesia*

**Keywords:** *Crusher, Separator, Conveyor, Mitsubishi FX3U-48MR PLC, Automation, Operational Efficiency, Mining Industry.*

## I. LATAR BELAKANG

Indonesia memiliki total sumber daya batubara sekitar 166 miliar ton dengan cadangan mencapai 37 miliar ton. Oleh karena itu, sektor pertambangan batubara berperan besar dalam menyumbang pemasukan bagi negara [1]. Industri pertambangan batubara di Indonesia memainkan peran vital dalam mendukung kebutuhan energi nasional dan ekspor komoditas. Proses pengolahan batubara merupakan tahapan kritis yang menentukan kualitas produk akhir, dimana batubara mentah harus diolah melalui serangkaian proses untuk mencapai spesifikasi ukuran dan kualitas yang sesuai dengan kebutuhan konsumen [2]. Salah satu tahapan pengolahan utama adalah proses *crushing* dan Separating material batubara.

Mesin *crushing* batubara memiliki peranan vital dalam industri pertambangan karena berfungsi sebagai penghancur batubara untuk menghasilkan ukuran yang seragam, sementara proses Separating digunakan untuk memisahkan material berdasarkan gradasi ukuran tertentu [3]. Kedua proses ini sangat menentukan efisiensi produksi dan kualitas batubara yang dihasilkan.

Proses otomatisasi memberikan kemampuan bagi perangkat elektronik untuk menyelesaikan permasalahan secara lebih efektif, sehingga dapat menghemat waktu, mengurangi potensi kerugian, serta meningkatkan mutu produksi. [4]. Pengendalian suatu mesin atau peralatan memerlukan perangkat khusus yang berfungsi sebagai pengendali. Salah satu perangkat yang paling populer digunakan untuk mengendalikan sistem pada mesin adalah PLC (*Programmable Logic Controller*) [5]. PLC merupakan komputer elektronik yang berfungsi sebagai pengendali berbagai jenis sistem dengan tingkat kerumitan berbeda. Perangkat ini memudahkan pemrograman, penerapan, perawatan, penelusuran kesalahan, serta modifikasi program, dan juga mampu merekam proses kerja suatu alat. Sistem yang dikendalikan PLC dapat berupa pengaturan variabel secara terus-menerus (analog) maupun kontrol sederhana dengan dua kondisi, yaitu on dan off. [6] PLC memungkinkan proses *crushing* dan Separating berjalan secara otomatis, terintegrasi, dan mudah dikendalikan. Teknologi ini tidak hanya mengurangi risiko kesalahan manusia, tetapi juga meningkatkan keselamatan kerja mengingat lingkungan tambang memiliki risiko operasional yang tinggi.

PLC Mitsubishi FX3U-48MR merupakan salah satu controller yang banyak digunakan dalam industri karena memiliki keandalan tinggi, kemudahan pemrograman, dan kemampuan I/O yang memadai untuk mengontrol sistem pengolahan batubara [7]. Kode FX3U-48MR pada PLC memberikan detail konfigurasi perangkat. Angka 48 merepresentasikan jumlah keseluruhan titik I/O, huruf M menandakan penggunaan sumber daya listrik AC (umumnya 220–240 VAC), sedangkan huruf R menunjukkan bahwa jenis keluarannya berupa relay [8].

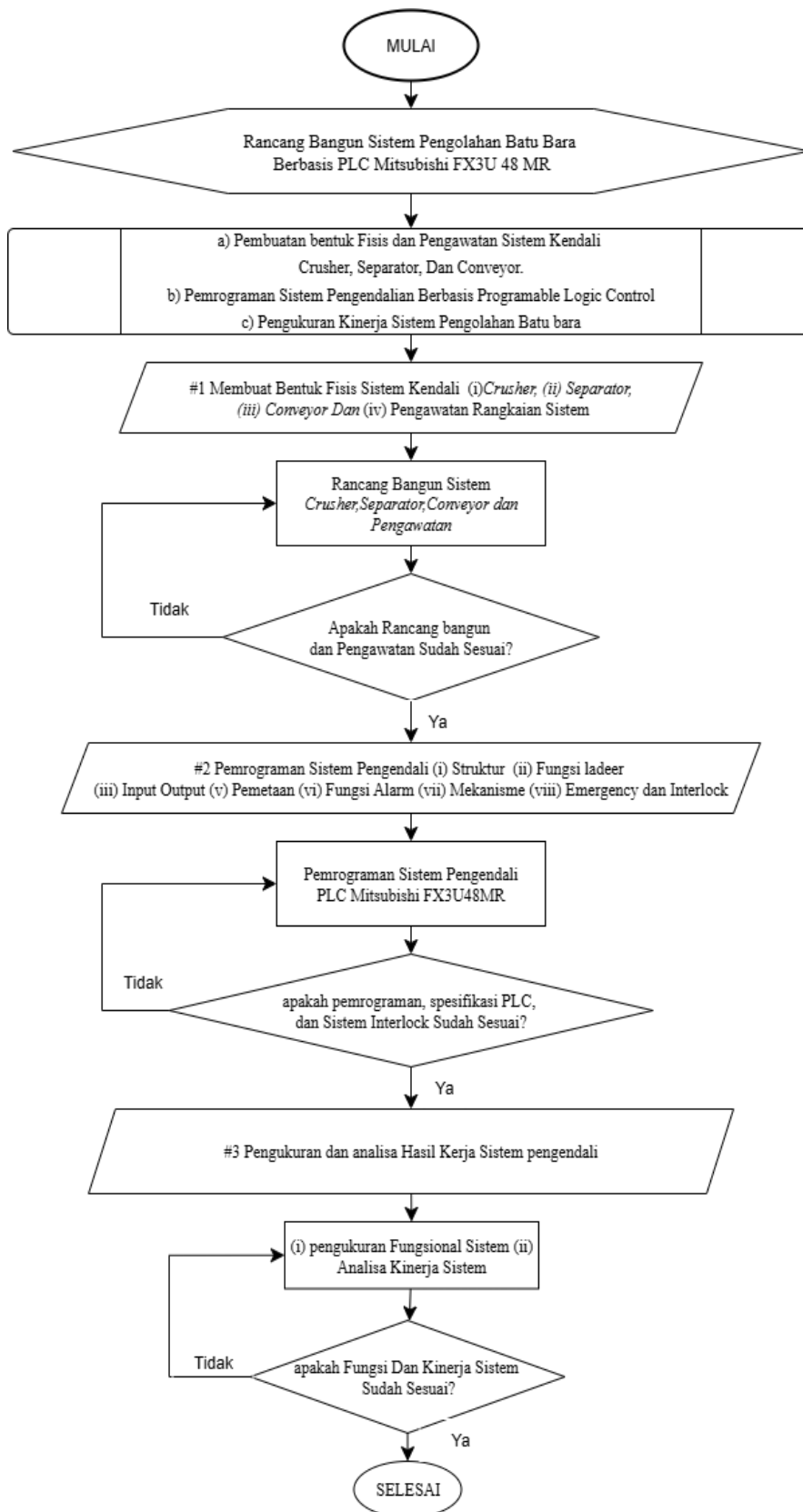
Penelitian dan pengembangan sistem berbasis PLC untuk pengolahan material tambang telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya operasional, serta memastikan kualitas produk akhir yang sesuai dengan standar industri [9]. Penerapan sistem otomatisasi mendukung terciptanya operasi penambangan yang lebih presisi dan efisien, sekaligus mengurangi limbah serta menekan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas pertambangan [10].

Namun, tantangan dalam perancangan sistem *crushing* dan *Separating* batubara berbasis PLC tidak dapat diabaikan. Desain sistem harus mempertimbangkan berbagai faktor, seperti karakteristik batubara, kapasitas produksi, keamanan operasional, dan kompatibilitas dengan peralatan yang ada. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pengolahan batubara berbasis PLC Mitsubishi FX3U-48MR yang efisien, andal, dan sesuai dengan kebutuhan industri pertambangan batubara di Indonesia

Berdasarkan permasalahan tersebut penelitian ini mempunyai sasaran utama yaitu: (i) Pembuatan Bentuk Fisis Sistem Pengolahan Batu Bara; (ii) Pemrograman Sistem Pengendalian Berbasis Programmable Logic Control; dan (iii) Pengukuran Kinerja Sistem Pengolahan Batu Bara

## II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini melalui tahapan perakitan dan percobaan diantaranya: (a) Perolehan bentuk fisis sistem kendali; (b) Pemograman sistem kendali berbasis *Programmable Logic Control*; dan (c) Pengukuran kinerja sistem pengolahan batu bara. Perolehan bentuk fisis system kendali dilakukan dengan (i) pembuatan bentuk fisis Crusher; (ii) pembuatan bentuk fisis *Separator*; (iii) pembuatan bentuk fisis *conveyor*; dan (iv) pengawatan rangkaian sistem. Pemograman system kendali dilakukan dengan (i) pembuatan struktur progam; (ii) pembuatan fungsi *ladeer*; (iii) pembuatan *input output*; (iv) pemetaan; (v) pembuatan fungsi alarm; (vi) pembuatan program mekanisme; dan (vii) pembuatan program *emergency* dan *interlock*. Dilanjutkan pemograman PLC Mitsubishi FX3U48MR. Pengukuran dan Analisa hasil kerja sistem pengendali dilakukan berdasarkan: (i) pengukuran fungsional sistem; dan (ii) Analisa kinerja system. Diagram alir metode penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran fungsional sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh perangkat pada sistem pengendalian (crusher, separator, dan conveyor) dapat bekerja sesuai logika program dan wiring yang telah dirancang. Pengujian ini dibagi menjadi dua mode, yaitu manual dan otomatis. Pada subbab ini dibahas terlebih dahulu hasil pengujian pada mode manual.

#### A. HASIL PENGUJIAN MODE MANUAL

Pengujian mode manual dilakukan dengan cara mengoperasikan setiap unit melalui push button (start/stop) yang terdapat pada panel kontrol. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa masing-masing unit dapat beroperasi secara individual sesuai dengan input tombol, serta output PLC yang terhubung bekerja dengan benar. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel berikut:

**Tabel 1. Tabel hasil Pengukuran**

No	Komponen	Tombol <i>Start</i>	Tombol <i>Stop</i>	Output <i>Aktif</i>	Hasil
1	<i>Crusher</i>	X000	X001	Y000	Berfungsi
2	<i>Conveyor</i> BCA01	X002	X003	Y001	Berfungsi
3	<i>Separator</i>	X006	X007	Y002	Berfungsi
4	<i>Conveyor</i> BC02	X010	X011	Y003	Berfungsi
5	<i>Conveyor</i> BC03	X014	X015	Y004	Berfungsi

Berdasarkan tabel di atas, seluruh komponen yang diuji dalam mode manual dapat berfungsi sesuai dengan rancangan. Setiap unit (Crusher, Conveyor BC01, Separator, Conveyor BC02, dan Conveyor BC03) berhasil dioperasikan melalui kombinasi tombol start dan stop masing-masing. Output PLC (Y000–Y004) menyala sesuai input yang diberikan, menunjukkan bahwa rangkaian wiring, logika kontrol, serta interkoneksi antara input–output bekerja normal. Dengan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa sistem kendali dalam mode manual dapat digunakan sebagai alternatif pengoperasian ketika mode otomatis tidak berfungsi, serta sebagai sarana pengujian (troubleshooting) setiap unit secara individual.

#### B. HASIL PENGUJIAN MODE OTOMATIS

Pengujian mode otomatis dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh unit sistem dapat bekerja secara terintegrasi mengikuti urutan kerja (start sequence) yang telah diprogram dalam PLC Mitsubishi FX3U- 48MR. Pada mode ini, operator hanya perlu menekan tombol Start Sequence (X026), kemudian PLC akan mengatur aktivasi tiap komponen dengan delay timer tertentu sesuai logika ladder diagram. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel berikut:

**Tabel 2. Pengukuran Sistem Sequence**

<b>Urutan</b>	<b>Komponen</b>	<b>Memori Aktif</b>	<b>Timer</b>	<b>Output Aktif</b>	<b>Hasil</b>
1.	<i>Conveyor BC01</i>	M1	T5 (12s)	Y001	Sesuai
2.	<i>Separator</i>	M2	T4 (8s)	Y002	Sesuai
3.	<i>Crusher</i>	M0	T6 (8s)	Y000	Sesuai
4.	<i>Conveyor BC02</i>	M3	T3 (12s)	Y003	Sesuai
5.	<i>Conveyor BC03</i>	M4	T3 (12s)	Y004	Sesuai

Berdasarkan tabel di atas, seluruh unit beroperasi sesuai urutan kerja yang telah diprogram. Conveyor BC01 aktif terlebih dahulu setelah memori M1 terpenuhi dengan delay timer T5 selama 12 detik. Setelah jalur material siap, Separator menyala melalui memori M2 dengan timer T4 selama 8 detik, diikuti Crusher yang aktif melalui memori M0 dengan timer T6 selama 8 detik. Selanjutnya, Conveyor BC02 dan Conveyor BC03 aktif melalui memori M3 dan M4 dengan timer T3 masing-masing selama 12 detik.

Urutan ini membuktikan bahwa sistem otomatis mampu mengatur aktivasi unit secara terstruktur dan mencegah terjadinya penumpukan material pada jalur proses. Output PLC (Y001–Y004 dan Y000) menyala sesuai instruksi memori dan timer, sehingga logika interlock serta delay waktu berfungsi dengan baik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pengoperasian mode otomatis berjalan stabil, aman, dan sesuai rancangan, serta lebih efisien dibandingkan mode manual.

### C. PENGUJIAN STOP SEQUENCE DAN EMERGENCY STOP

Pengujian Stop Sequence (X027) dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat berhenti secara bertahap sesuai logika ladder yang telah diprogram. Berdasarkan hasil uji, ketika tombol stop sequence ditekan, seluruh unit berhenti satu per satu mengikuti urutan yang telah ditentukan oleh timer T8–T12. Crusher menjadi komponen pertama yang berhenti, diikuti Conveyor BC01, kemudian Separator, dan terakhir Conveyor BC02 serta Conveyor BC03. Mekanisme ini terbukti mampu mencegah material tertinggal atau menumpuk di jalur proses, sehingga kondisi sistem tetap bersih dan aman saat berhenti.

Sementara itu, pengujian Emergency Stop (X024) dilakukan untuk menguji fungsi proteksi prioritas pada sistem. Hasilnya menunjukkan bahwa ketika tombol emergency ditekan, seluruh unit berhenti secara instan tanpa menunggu urutan maupun delay timer. Semua memori (M0–M4) serta output (Y000–Y004) langsung ter-reset, memastikan tidak ada komponen yang masih aktif. Selain itu, sistem tidak dapat dijalankan kembali sebelum tombol emergency dilepas dan kondisi safety dinyatakan normal. Hal ini membuktikan bahwa fungsi proteksi darurat bekerja dengan baik, mampu memberikan keamanan maksimal bagi operator maupun peralatan dalam kondisi tidak terduga.

#### D. PENGUJIAN SAFETY DEVICE

Pengujian safety device dilakukan untuk memastikan seluruh perangkat pengaman yang terhubung dengan PLC berfungsi dengan baik dalam melindungi sistem dan operator. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 3. Pengukuran Sistem Safety Device**

<b>Safety Device</b>	<b>Fungsi</b>	<b>Hasil Uji</b>
<i>Emergency</i>	Menghentikan seluruh sistem secara serentak pada kondisi darurat.	Bekerja baik, sistem langsung OFF.
<i>Belt Sway Switch</i>	Mendeteksi pergeseran belt conveyor dari jalur normal.	Bekerja baik, conveyor berhenti saat belt bergeser.
<i>Pull Rope Switch</i>	Memberi akses penghentian darurat sepanjang jalur conveyor.	Bekerja baik, sistem langsung OFF ketika rope ditarik.

Berdasarkan hasil uji, seluruh safety device pada sistem pengendalian berfungsi dengan baik dan terintegrasi sesuai rancangan. Tombol Emergency Stop mampu memutus seluruh operasi secara serentak ketika ditekan, sehingga sistem berhenti total dalam waktu singkat. Belt Sway Switch berhasil mendeteksi penyimpangan posisi belt dari jalurnya; saat belt bergeser, sistem segera menghentikan operasi conveyor untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Selain itu, Pull Rope Switch yang terpasang di sepanjang jalur conveyor juga terbukti efektif, karena sistem langsung berhenti saat rope ditarik oleh operator.

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem proteksi berbasis safety device yang dikendalikan melalui PLC mampu memberikan jaminan keamanan tambahan bagi peralatan maupun operator. Dengan adanya integrasi ini, sistem hanya dapat beroperasi dalam kondisi aman, dan akan langsung berhenti jika terjadi anomali atau keadaan darurat.

#### E. ANALISA KINERJA SISTEM

Berdasarkan hasil pengujian fungsional pada mode manual dan otomatis, serta uji stop sequence dan safety device, dapat disimpulkan bahwa sistem kendali berbasis PLC Mitsubishi FX3U-48MR telah bekerja sesuai rancangan. Pada mode manual, seluruh unit dapat dioperasikan secara individual melalui push button, sehingga memudahkan troubleshooting dan pengujian peralatan. Pada mode otomatis, sistem mampu menjalankan urutan kerja dengan stabil dan terkoordinasi, di mana setiap unit aktif sesuai memori dan timer yang diprogram, sehingga aliran material berjalan lancar tanpa penumpukan.

Pengujian stop sequence menunjukkan bahwa mekanisme penghentian bertahap berfungsi baik, menjaga agar material tidak tertinggal di jalur proses. Sedangkan emergency stop mampu menghentikan seluruh sistem secara instan, memastikan perlindungan prioritas saat kondisi darurat. Selain itu, hasil uji safety device (emergency stop, belt sway switch, dan pull rope

switch) membuktikan bahwa perangkat proteksi terintegrasi baik dengan PLC, sehingga sistem hanya dapat berjalan pada kondisi aman, dan akan langsung berhenti bila terjadi anomali.

Dengan demikian, kinerja sistem pengendalian dapat dinyatakan andal, aman, dan efisien, serta siap digunakan sebagai model otomasi pengolahan batubara skala laboratorium maupun dasar pengembangan di skala industri.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, serta pengujian sistem pengendalian otomatis pada miniatur sistem pengolahan batubara berbasis PLC Mitsubishi FX3U-48MR, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Sistem pengolahan batubara skala laboratorium yang terdiri dari crusher, separator, dan conveyor berhasil dibuat dengan integrasi pengendalian menggunakan PLC, sehingga dapat merepresentasikan proses industri secara lebih sederhana namun fungsional.
- Hasil pengujian menunjukkan bahwa mode manual berfungsi dengan baik, seluruh unit dapat dikendalikan secara individual melalui *push button*, sehingga memudahkan *troubleshooting* dan pengujian peralatan.
- Pada mode otomatis, sistem mampu bekerja sesuai urutan kerja (*start sequence* dan *stop sequence*) yang diprogram, dengan delay timer yang tepat untuk mencegah lonjakan arus maupun penumpukan material.
- *Stop sequence* terbukti mampu menghentikan sistem secara bertahap, menjaga agar material tidak tertinggal di jalur proses, sementara *emergency stop* dapat menghentikan sistem secara instan sebagai proteksi prioritas.
- Seluruh *safety device* (*emergency stop, belt sway switch, dan pull rope switch*) terintegrasi baik dengan PLC, sehingga sistem hanya dapat berjalan dalam kondisi aman dan otomatis berhenti bila terjadi anomali.
- Secara keseluruhan, sistem kendali berbasis PLC Mitsubishi FX3U-48MR ini terbukti andal, aman, dan efisien, serta dapat dijadikan dasar penerapan otomasi pada pengolahan batubara di skala industri yang lebih besar.

#### V. REFERENSI

- [1] Qadaryati, N., Praditya, D. T., Hidajat, W. K., & Martiningtyas, I. (2019). Penentuan Lingkungan Pengendalian Batubara Berdasarkan Karakteristik dan Maseral Batubara di PT X, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 2(3), 107-116
- [2] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2010.
- [3] J. W. Webb and R. A. Reis, *Programmable Logic Controllers: Principles and Applications*, 6th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2012.

- [4] Dase, R. S., Sumirat, I., & Mulyawati, F. (2022). RANCANG BANGUN CLEANING IN PLACE MESIN PEMBUAT YOGURT BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL. *JuTEkS (Jurnal Teknik Elektro Dan Sains)*, 9(1).
- [5] Kustiaman, A. I., Somantri, Y., & Gunawan, T. (2023). RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM PENGENDALIAN MESIN CARTONING. *JuTEkS (Jurnal Teknik Elektro Dan Sains)*, 5(2).
- [6] Ilham Aldiansyah, Suratun, & Joki Irawan. (2025). PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM TRACEABILITY BERBASIS BARCODE UNTUK IDENTIFIKASI PRODUK PADA PROTOTIPE MESIN PEMILAH DENGAN KONTROL PLC. *JuTEkS (Jurnal Teknik Elektro Dan Sains)*, 11(2), 183–197
- [7] Mitsubishi Electric Corp., FX3U Series Programmable Logic Controller User's Manual, Tokyo: Mitsubishi Electric, 2014.
- [8] Aldi, A., Akbar, M., Hamdani, H., & Najib, N. R. (2024). Development of Learning Media for Pneumatic Control Systems for Separation and Transportation of Goods Based on Programmable Logic Controller (PLC). *Jurnal Teknologi Elekterika*, 21(2), 111-116.
- [9] W. Bolton, *Programmable Logic Controllers*, 6th ed. Oxford: Newnes, 2015.
- [10] Long, M., Schafrik, S., Kolapo, P., Agioutantis, Z., & Sottile, J. (2024). Equipment and operations automation in mining: a review. *Machines*, 12(10), 713