

Design and Development of a PLC-Based Conveyor Trainer with Variable Speed Drive

Andi Muh Akbar Amanullah Taufik^{*1}, M Sakir Syarif^{*2}, Lutfi³, Fahri³

^{1,2,3,4}Politeknik ATI Makassar

e-mail: 23osp010@atim.ac.id^{*}, 23osp18@atim.ac.id^{*}, lutfi@atim.ac.id, fahri@atim.ac.id

Abstract

The design and construction of a miniature conveyor based on an Omron CP1E Programmable Logic Controller (PLC) and Schneider ATV212 Variable Speed Drive (VSD) aims to provide a safe and representative industrial automation training medium for technicians and operators at PT Indexim Coalindo. Direct training on real industrial equipment entails high safety risks and substantial operational costs. The experimental method was employed, encompassing hardware design, ladder diagram programming, and integrated system interlock testing. Data were collected through field observations, literature reviews, and component reliability testing. The results indicate that the miniature conveyor was successfully developed and accurately performed basic operational functions (start, stop, and reset). The VSD effectively regulated the speed of the three-phase induction motor. Furthermore, the integrated protection devices—including the emergency stop, pull cord switch, belt drift switch, and rotation sensor—proved responsive in detecting potential faults and automatically stopping the system to ensure operational safety. This system is suitable for interactive simulation to enhance human resource competencies in industrial automation.

Keywords: Miniature Conveyor; PLC; Variable Speed Drive; Industrial Automation; Training Medium

Abstrak

Rancang bangun miniatur conveyor berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) Omron CP1E dan *Variable Speed Drive* (VSD) Schneider ATV212 ini bertujuan menyediakan media pelatihan otomasi industri yang aman dan representatif untuk teknisi serta operator di PT Indexim Coalindo. Pelatihan langsung menggunakan peralatan industri nyata memiliki risiko keselamatan tinggi dan biaya operasional yang besar. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental, meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*), pemrograman diagram tangga (*ladder diagram*), serta pengujian interlock sistem secara terintegrasi. Data diperoleh melalui observasi lapangan, studi literatur, dan pengujian keandalan komponen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa miniatur conveyor berhasil direalisasikan serta mampu menjalankan fungsi operasional dasar (*start*, *stop*, dan *reset*) secara akurat. VSD terbukti optimal dalam mengatur kecepatan motor induksi tiga fasa. Selain itu, integrasi perangkat proteksi yang meliputi *emergency stop*, *pull cord switch*, *belt drift switch*, dan *rotation sensor* terbukti responsif dalam mendeteksi potensi gangguan dan menghentikan sistem secara otomatis demi keselamatan operasional. Sistem ini laik digunakan sebagai sarana simulasi interaktif untuk meningkatkan kompetensi sumber daya manusia di bidang otomasi industri.

Kata Kunci: Miniatur Conveyor; PLC; Variable Speed Drive; Otomasi Industri; Media Pelatihan

1. Pendahuluan

PT. Indexim Coalindo merupakan perusahaan pertambangan batu bara di Kalimantan Timur yang sangat mengandalkan sistem *belt conveyor* sebagai sarana utama transportasi material [1]. Penggunaan *conveyor* dalam skala industri dinilai jauh lebih ekonomis dan efisien untuk memindahkan muatan besar secara kontinu dibandingkan penggunaan armada truk [2]. Agar produktivitas tetap terjaga, perusahaan membutuhkan sistem kontrol yang mampu memantau kinerja operasional secara akurat dan berkelanjutan [3]. Adaptasi terhadap teknologi kontrol terbaru di era Industri 4.0 menjadi sangat krusial bagi perusahaan pertambangan untuk mengatasi kendala teknis dan memberikan indikasi masalah secara *real-time* [1]. Peningkatan

efisiensi melalui sistem transportasi otomatis diharapkan dapat meminimalkan risiko operasional sekaligus menjaga stabilitas aliran material di lapangan [3].

Penerapan teknologi otomasi modern pada sistem *conveyor* saat ini bertumpu pada penggunaan *Programmable Logic Controller* (PLC) sebagai otak pengendali utama [4]. Selain PLC, integrasi *Variable Speed Drive* (VSD) menjadi solusi krusial dalam mengatur kecepatan motor induksi tiga fasa untuk mencapai efisiensi daya yang maksimal [5]. Koordinasi yang tepat antara PLC dan VSD terbukti meningkatkan fleksibilitas dan stabilitas sistem dalam menghadapi variasi beban material yang berubah-ubah [6]. Sinergi kedua perangkat ini juga mampu memperpanjang umur pakai komponen mesin dengan cara mengurangi kejutan torsi serta lonjakan arus awal saat motor dihidupkan [4]. Selain itu, sistem kendali otomatis ini memungkinkan pengaturan parameter operasional yang jauh lebih presisi dibandingkan sistem kontrol konvensional [6].

Meskipun pemanfaatan teknologi kontrol telah menjadi standar global, industri pertambangan masih menghadapi tantangan besar dalam penyiapan sumber daya manusia yang kompeten [7]. Kesenjangan keterampilan sering terjadi karena banyak lulusan teknik belum menguasai keahlian pengaturan kecepatan motor listrik akibat terbatasnya akses terhadap alat peraga fisik [5]. Melakukan pelatihan langsung menggunakan peralatan industri nyata di area tambang memiliki risiko keselamatan yang sangat tinggi bagi operator pemula [8]. Tanpa adanya alat peraga yang representatif, proses pembelajaran teknis sering kali bersifat terlalu abstrak sehingga sulit menggambarkan kondisi operasional yang sebenarnya [7]. Hal ini menyebabkan rendahnya kesiapan kerja tenaga teknis dalam menangani sistem otomasi industri yang semakin kompleks [5].

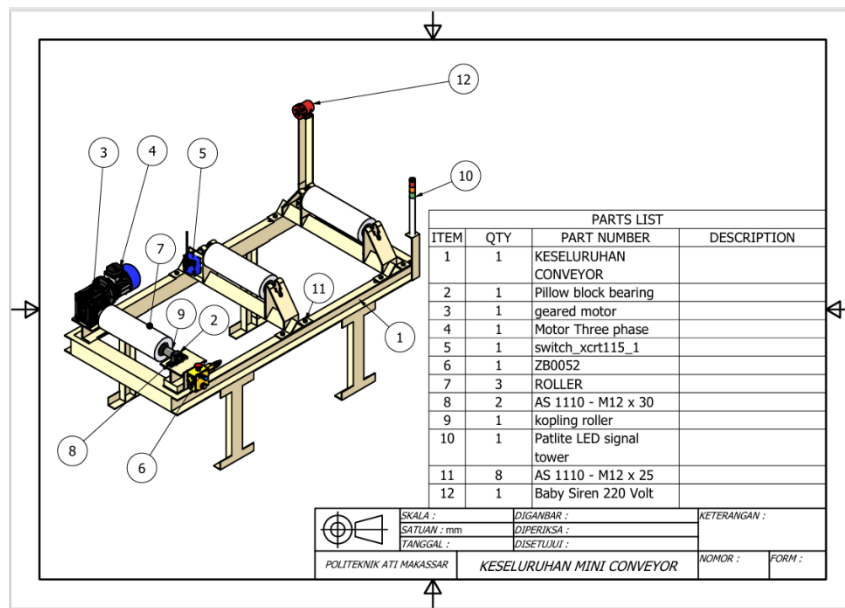
Pengembangan media pembelajaran berupa *trainer kit* fisik menjadi solusi paling efektif untuk menjembatani celah antara teori akademik dan praktik industri [7]. Alat peraga PLC yang dirancang secara khusus mampu memberikan pengalaman langsung dalam mensimulasikan skenario operasional dunia kerja secara nyata namun tetap aman [2]. Penelitian membuktikan bahwa penggunaan *training kit* secara signifikan lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dibandingkan hanya menggunakan simulator perangkat lunak [9]. Ketersediaan media pelatihan yang interaktif juga terbukti mampu meningkatkan motivasi serta antusiasme teknisi dalam mempelajari teknologi otomasi terbaru [5]. Transformasi model pembelajaran ini berdampak langsung pada peningkatan pemahaman psikomotorik dalam melakukan pemrograman dan *troubleshooting* sistem [9].

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan "Design and Development of a PLC-Based Conveyor Trainer with Variable Speed Drive". Sistem kontrol yang dirancang mencakup fitur pemantauan arah putaran serta pengaturan frekuensi motor induksi yang dapat dikendalikan secara fleksibel [10]. Perangkat ini akan mengintegrasikan berbagai jenis sensor standar industri dan komponen keselamatan guna memberikan pengalaman praktik yang realistis bagi pengguna [7]. Melalui penerapan media pelatihan ini di PT. Indexim Coalindo, diharapkan kompetensi operator dan teknisi dalam mengoperasikan serta memelihara sistem otomasi *conveyor* dapat meningkat secara signifikan [2]. Peningkatan kualitas sumber daya manusia ini pada akhirnya akan mendukung kelancaran operasional dan pencapaian target produksi perusahaan secara lebih profesional [1].

2. Metode Penelitian

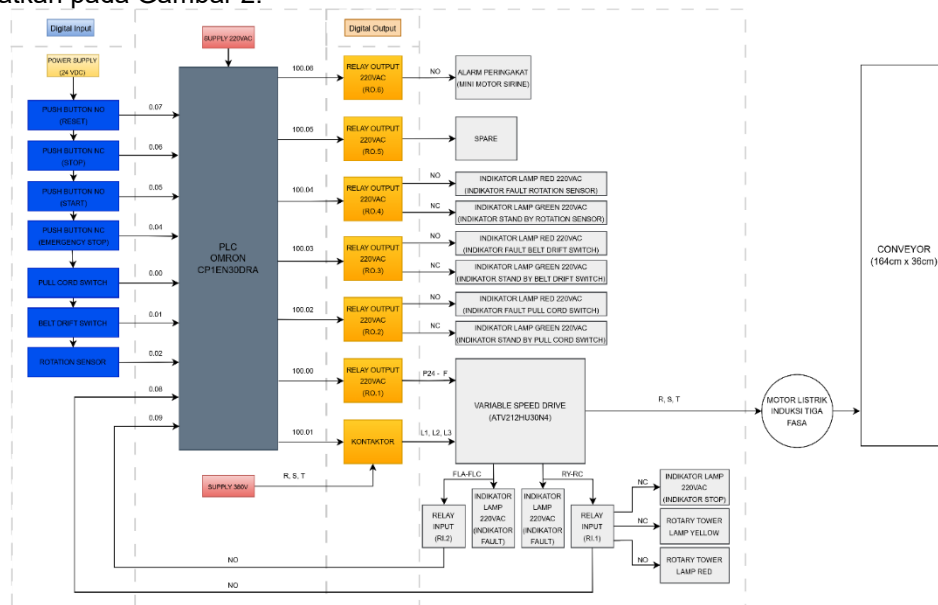
Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental (*experimental research*) yang difokuskan pada rancang bangun dan pengujian keandalan miniatur *conveyor* berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) Omron CP1E-N30DRA dan *Variable Speed Drive* (VSD) Schneider ATV212HU30N4. Penelitian dilaksanakan di PT Indexim Coalindo mulai bulan September 2025 hingga April 2026.

Sistem mekanik miniatur *conveyor* dirancang menggunakan struktur profil kokoh untuk menopang pergerakan sabuk konveyor berukuran 164 cm x 36 cm. Konstruksi fisik ini memuat penempatan motor induksi 3-fasa yang terhubung ke *geared motor*, *pillow block bearing*, *roller*, serta sakelar pengaman seperti *switch XCRT115 (belt drift)*, *baby siren 220V*, dan *patlite LED signal tower*. Keseluruhan rancangan isometrik 3D beserta daftar bagian teknis miniatur *conveyor* dapat dilihat pada Gambar 1.



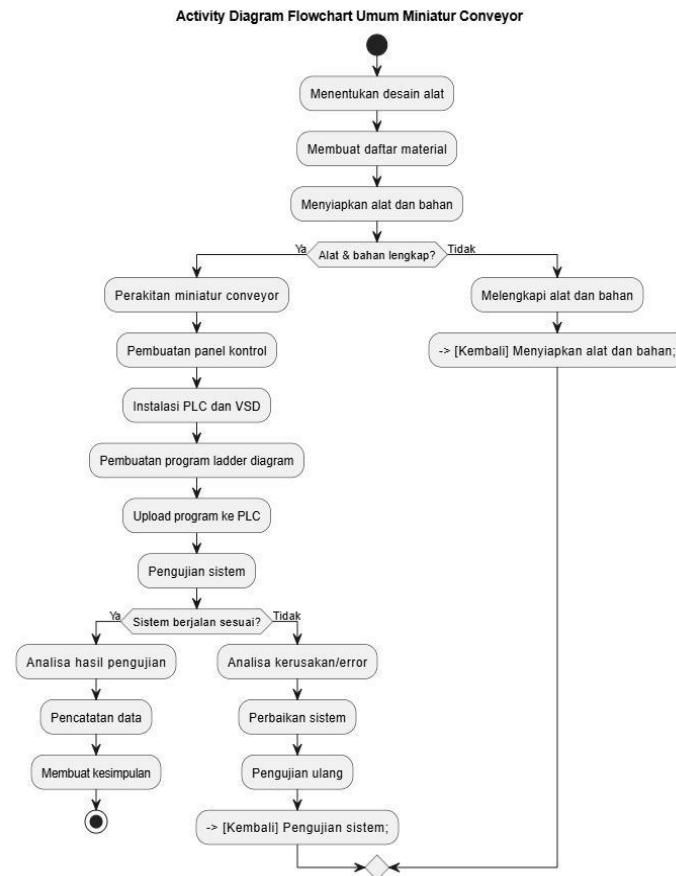
Gambar 1. Desain 3D Keseluruhan Miniatur Conveyor

Arsitektur kontrol menggabungkan masukan digital dari tombol operasional dan sensor pengaman menuju PLC Omron CP1E-N30DRA, yang memproses sinyal untuk mengendalikan VSD ATV212HU30N4, kontaktor, sirine, serta indikator visual pada keluaran digital. Rangkaian daya menggunakan suplai 380 VAC dari MCB 3-pole 4A menuju kontaktor KM1.1 dan VSD untuk menggerakkan motor 3-fasa, sedangkan rangkaian kontrol 24 VDC dan 220 VAC dicatu melalui *power supply* dan MCB 1-pole. Hubungan integrasi sinyal dan distribusi daya antar-modul diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Block Diagram Integrasi Sistem Kontrol

Pelaksanaan pengembangan sistem ini dilakukan secara terstruktur melalui beberapa tahapan utama. Pengerjaan R&D diawali dengan studi literatur dan penentuan spesifikasi alat, dilanjutkan dengan perancangan desain mekanik dan elektrik, pembuatan panel kontrol, instalasi *hardware*, pemrograman *ladder diagram*, hingga tahap pengujian sistem serta evaluasi perbaikan. Alur pelaksanaan tahapan penelitian secara menyeluruh ditunjukkan pada Gambar 3.



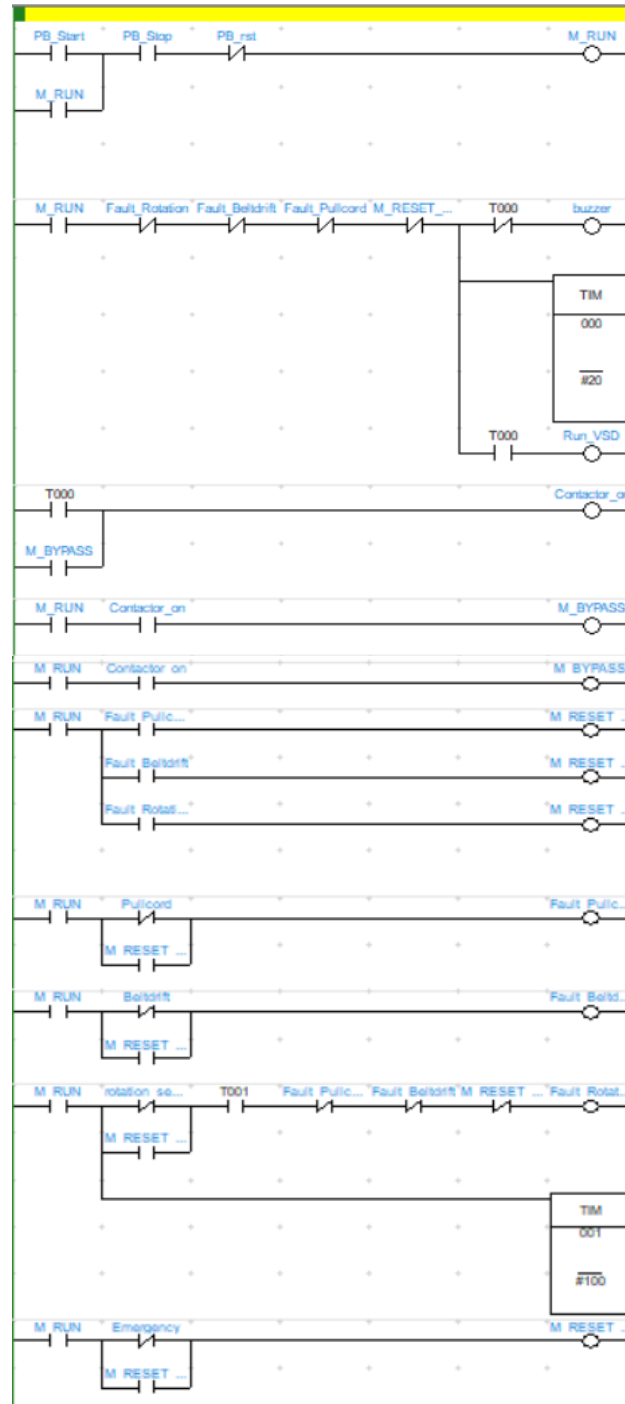
Gambar 3. Flowchart Tahapan Penelitian

Untuk memastikan pemrosesan data pada memori PLC berjalan presisi, disusun daftar alokasi alamat *Input/Output* (I/O List). Pemetakan ini memuat alamat masukan digital (DI 0.00–0.07) untuk sakelar proteksi dan tombol operasional, keluaran digital (DO 100.00–100.06) untuk VSD, kontaktor, sirine, dan lampu *fault*, serta bit memori kerja internal (*Work Bit* 200.00–200.05) untuk penanganan status *latching* dan *reset fault*. Rincian alokasi memori I/O disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. I/O List Rangkaian Kontrol PLC Omron CP1E-N30DRA

No.	Tag Name	I/O Type	Address
1	Pull Cord	DI	0.00
2	Belt Drift	DI	0.01
3	Rotation Sensor	DI	0.02
4	Emergency Stop	DI	0.04
5	PB Stop	DI	0.05
6	PB Start	DI	0.06
7	PB Reset	DI	0.07
8	Run VSD	DO	100.00
9	Contactora On	DO	100.01
10	Fault lamp Pull Cord	DO	100.02
11	Fault lamp Belt Drift	DO	100.03
12	Fault lamp Rotation	DO	100.04
13	Sirine	DO	100.06
14	M_RUN	Work	200.00
15	M_RESET_PULLCORD	Work	200.01
16	M_RESET_BELTDRIFT	Work	200.02
17	M_RESET_ROTATION	Work	200.04
18	M_BYPASS	Work	200.05

Logika pemrograman dikembangkan pada *software* CX-Programmer menggunakan bahasa *Ladder Diagram*. Struktur program mencakup penggunaan bit memori M_RUN untuk *latching* tombol utama, pewaktu TIM 000 untuk penundaan sirine, pewaktu TIM 001 untuk *delay* verifikasi awal sensor putaran, serta logika *interlock* yang secara otomatis mengunci status *fault* sampai tindakan *reset* dilakukan. Rangkaian logika *ladder diagram* tersebut disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ladder Diagram Sistem Utama dan Safeties

Pengujian dan akuisisi data dilakukan secara *real-time* untuk menguji dua parameter utama kinerja sistem. Parameter pertama mencakup verifikasi fungsi kendali dasar seperti penguncian tombol *Start/Stop*, akurasi penundaan pewaktu sirine keselamatan, dan keandalan pemutusan daya melalui tombol *Emergency Stop*. Parameter kedua dilakukan dengan mensimulasikan gangguan fisik secara langsung pada *Pull Cord Switch*, *Belt Drift Switch*, dan

Rotation Sensor guna mengukur kecepatan respons PLC dan VSD dalam mematikan motor secara instan demi mencegah kerusakan sistem lebih lanjut.

3. Hasil dan diskusi

Pengujian dilakukan untuk mengukur keandalan fungsionalitas sistem kendali, tingkat responsivitas sensor proteksi keselamatan (*safeties*), kelancaran prosedur pengoperasian, serta persepsi pengguna terhadap miniatur *conveyor* berbasis PLC Omron CP1E-N30DRA dan VSD Schneider ATV212HU30N4.

3.1. Hasil

Pengujian dilakukan untuk mengukur keandalan fungsionalitas sistem kendali, tingkat responsivitas sensor proteksi keselamatan (*safeties*), kelancaran prosedur pengoperasian, serta tanggapan responden terhadap miniatur *conveyor* berbasis PLC Omron CP1E-N30DRA dan VSD Schneider ATV212HU30N4. Hasil pengujian fungsionalitas kendali dasar menunjukkan bahwa logika *Ladder Diagram* pada PLC dapat memproses perintah masukan (*push button*) dan menghasilkan respons keluaran yang akurat. Penekanan tombol *Start* mengaktifkan sirine keselamatan selama 3 detik sebelum motor dioperasikan oleh VSD, sedangkan tombol *Emergency Stop* berhasil mematikan sistem secara total dan mengunci kondisi tersebut hingga tombol *Reset* ditekan, seperti yang terangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sistem Kendali dan Proteksi

No	Kondisi	Input	Output	Hasil Lapangan	Status
1	Start ditekan	PB Start ON	Sirine aktif 3 detik, Motor ON	Sesuai	Berhasil
2	Stop ditekan	PB Stop ON	Motor OFF	Sesuai	Berhasil
3	Emergency stop ditekan	Emergency stop ON	Motor OFF, tidak dapat berjalan kembali sebelum ditekan tombol reset	Sesuai	Berhasil
4	Reset ditekan	PB Reset ON	Sistem kembali ke posisi awal	Sesuai	Berhasil

Pengujian perangkat pengaman dilakukan dengan memberikan simulasi gangguan fisik secara langsung pada tiga sakelar proteksi utama, yaitu *Pull Cord Switch*, *Belt Drift Switch*, dan *Rotation Sensor*. Pada pengujian *Pull Cord Switch*, saat kabel ditarik, PLC secara seketika mematikan arus ke motor dan menyalakan indikator *fault*, di mana sistem tetap mengunci kondisi tersebut sampai tombol *Reset* ditekan. Hasil pengujian *Pull Cord Switch* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Pull Cord Switch

No	Kondisi	Input	Output	Hasil Lapangan	Status
1	Normal	Pull Cord tidak aktif	Sistem berjalan normal	Sesuai	Berhasil
2	Gangguan	Pull Cord aktif	Motor OFF, Lampu fault ON	Sesuai	Berhasil
3	Setelah Gangguan	Belum Reset	Sistem tidak bisa start	Sesuai	Berhasil
4	Reset	PB Reset ditekan	Sistem kembali standby	Sesuai	Berhasil

Pada pengujian *Belt Drift Switch*, pergeseran sabuk yang disimulasikan berhasil menghentikan perputaran motor VSD secara instan serta memicu sinyal *fault* pada indikator panel. Hasil pengujian *Belt Drift Switch* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Belt Drift Switch

No	Kondisi	Input	Output	Hasil Lapangan	Status
1	Normal	Belt Drift tidak aktif	Sistem berjalan normal	Sesuai	Berhasil
2	Gangguan	Belt Drift aktif	Motor OFF, Lampu fault ON	Sesuai	Berhasil
3	Setelah Gangguan	Belum Reset	Sistem tidak bisa start	Sesuai	Berhasil
4	Reset	Belt Drift direset	Sistem kembali standby	Sesuai	Berhasil

Pada pengujian *Rotation Sensor*, ketika terjadi penurunan RPM pada *roller* melebihi batas toleransi pewaktu PLC, sistem secara otomatis mendeteksi kondisi selip atau macet lalu mematikan suplai daya ke motor. Hasil pengujian *Rotation Sensor* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian *Rotation Sensor*

No	Kondisi	Input	Output	Hasil Lapangan	Status
1	Normal	Putaran stabil	Sistem berjalan	Sesuai	Berhasil
2	Kecepatan menurun	Putaran berkurang	Motor OFF, Lampu fault ON	Sesuai	Berhasil
3	Motor berhenti	Tidak ada putara	Motor OFF	Sesuai	Berhasil

Verifikasi tahapan prosedur dilakukan dari persiapan daya hingga proses *shutdown* untuk memastikan seluruh siklus kerja alat memenuhi kriteria operasional. Seluruh 22 tahapan prosedur operasional memperoleh status OK, yang mengindikasikan bahwa integrasi *hardware* dan *software* pada miniatur *conveyor* telah berfungsi secara optimal. Rincian pengujian prosedur kerja secara lengkap ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Tahap Prosedur

No	Tahapan Prosedur	Status		Keterangan
		Ok	Fail	
1	Menyiapkan alat dan bahan sesuai perancangan	✓		1
2	Menghubungkan sumber listrik 220 VAC dan 380 VAC	✓		2
3	Mengaktifkan MCB pada panel kontrol	✓		3
4	Menyalakan power supply	✓		4
5	Menyalakan PLC	✓		5
6	Menyalakan VSD	✓		6
7	Memeriksa koneksi input (Push Button & Safety Device)	✓		7
8	Menghubungkan PLC dengan laptop	✓		8
9	Mengupload Program ke PLC	✓		9
10	Menjalankan PLC pada mode RUN	✓		10
11	Menekan tombol START	✓		11
12	Mengamati motor conveyor	✓		12
13	Mengamati pergerakan belt conveyor	✓		13
14	Mengatur kecepatan melalui VSD	✓		14
15	Menekan tombol Stop	✓		15
16	Menguji Emergency Stop	✓		16

17	Menguji Pull Cord Switch	✓		17
18	Menguji Belt Drift switch	✓		18
19	Menguji Rotation sensor	✓		19
20	Menekan tombol RESET	✓		20
21	Mengamati keseluruhan sistem	✓		21
22	Mematikan sistem (Power OFF)	✓		22

Evaluasi keandalan serta kemudahan penggunaan miniatur *conveyor* diuji melalui penyebaran kuisioner kepada 11 responden di PT Indexim Coalindo dengan rentang skala penilaian 1 hingga 4. Distribusi persentase jawaban responden dari seluruh butir pertanyaan evaluasi disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Kuisioner Evaluasi Sistem

No.	Pertanyaan	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)
1	Apakah Miniaatur conveyor ini mampu merepresentasikan sistem kerja conveyor di PT Indexim Colindo?	9,1%		54,5%	36,4%
2	Apakah sistem memberikan respon yang akurat saat tombol operasional atau perangkat pengaman diaktifkan?	9,1%		45,5%	45,5%
3	Apakah perangkat pengaman seperti <i>Pull Cord</i> , <i>Belt Drift</i> , dan <i>Rotation Sensor</i> berfungsi dengan efektif untuk mencegah kerusakan mekanis saat simulasi gangguan?	9,1%		36,4%	54,5%
4	Apakah desain tata letak komponen pada miniatur ini memudahkan anda untuk melakukan simulasi troubleshooting?	9,1%		45,5%	45,5%
5	Apakah instruksi operasional serta penggunaan panel kontrol (<i>push button</i> dan <i>lampu indikator</i>) pada alat simulasi mudah dipahami?		9,1%	63,6%	27,3%
6	Apakah sistem pengunci antara tombol emergency, pull cord, dan belt drift sudah bekerja sesuai dengan standar keamanan di lapangan?	9,1%		45,5%	45,5%
Rata-Rata		7,58%	1,52%	48,5%	42,4%

3.2. Diskusi

Keberhasilan pengujian kendali dasar dan proteksi utama membuktikan bahwa pengkodean logika *interlock* pada *Ladder Diagram* PLC Omron CP1E-N30DRA telah terintegrasi dengan presisi bersama VSD Schneider ATV212HU30N4. Penggunaan penundaan sirine selama 3 detik saat tombol *Start* ditekan merepresentasikan standar keselamatan industri untuk memberikan peringatan awal kepada personel di area kerja sebelum mekanisme mekanis bergerak. Fungsi penguncian status *fault* pada tombol *Emergency Stop* maupun sakelar pengaman sangat krusial dalam mencegah bahaya pengoperasian kembali secara tidak sengaja (*unintended restart*) sebelum area gangguan dibersihkan atau diperbaiki oleh operator.

Akurasi respons pada *Pull Cord Switch*, *Belt Drift Switch*, dan *Rotation Sensor* menegaskan keandalan sistem proteksi miniatur *conveyor* dalam mensimulasikan kondisi riil di lapangan. Respons pemutusan daya instan saat *Pull Cord* ditarik dan *Belt Drift* terpicu mampu meminimalkan risiko kerusakan struktural pada *belt* akibat pergeseran atau bahaya operasional lainnya. Selain itu, efektivitas *Rotation Sensor* dalam mendeteksi penurunan RPM terbukti mampu mencegah potensi *overheating* pada motor dan kerusakan transmisi mekanis akibat beban berlebih atau kemacetan *roller*. Keberhasilan 22 tahapan prosedur operasional juga menandakan bahwa tata letak komponen dan pengkabelan panel kontrol telah sesuai dengan prinsip keterandalan industri.

Hasil kuisioner pada Tabel 6 menunjukkan tingkat kepuasan dan persetujuan akumulatif responden yang mencapai 90,9% (gabungan kategori Setuju sebesar 48,5% dan Sangat Setuju

sebesar 42,4%). Tingginya persentase pada aspek representasi sistem dan efektivitas perangkat pengaman mengindikasikan bahwa miniatur ini berhasil menirukan alur kerja serta skenario proteksi *conveyor* penanganan batubara riil di PT Indexim Coalindo. Kemudahan pemahaman instruksi panel kontrol serta kesesuaian tata letak komponen juga menjadikan miniatur ini sarana yang sangat efektif untuk simulasi operasional maupun pengujian *troubleshooting* sistem kendali berbasis PLC dan VSD.

4. Kesimpulan

Rancang bangun miniatur *conveyor* berbasis PLC Omron CP1E-N30DRA dan VSD Schneider ATV212HU30N4 terbukti berhasil merepresentasikan sistem penanganan batubara secara akurat dan handal. Integrasi logika *Ladder Diagram* mampu mengendalikan fungsi operasional dasar dengan presisi, termasuk penerapan penundaan sirine keselamatan selama 3 detik sebelum motor dioperasikan serta fungsi *interlock* penguncian status *fault* pada tombol *Emergency Stop*. Pengujian perangkat pengaman menunjukkan bahwa *Pull Cord Switch*, *Belt Drift Switch*, dan *Rotation Sensor* memiliki responsivitas tinggi dalam memutus arus daya motor secara seketika saat terjadi simulasi gangguan, sehingga efektif meminimalkan risiko kerusakan mekanis maupun bahaya operasional. Pengujian menyeluruh terhadap 22 tahapan prosedur kerja menghasilkan status sukses (OK) secara keseluruhan, yang diperkuat oleh hasil evaluasi kuisisioner dengan tingkat persetujuan responden mencapai 90,9%. Hasil ini menegaskan bahwa miniatur *conveyor* sangat layak dijadikan sarana simulasi operasional, pemantauan keselamatan kerja, serta pengujian *troubleshooting* sistem otomasi industri berbasis PLC dan VSD.

Referensi

- [1] Apriansyah Zulatama, Popy Prasasti, and Sarmidi, "Upgrade System Control Conveyor Coal (CC) 10 Dengan Mengintegrasikan PLC LOGO! 0BA8 Dengan PLC Schneider Quantum 11302 di Tambang Air Laya PT Bukit Asam Tbk.," *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 39–46, Sep. 2024, doi: 10.62278/jits.v2i1.37.
- [2] M. Aulia Rahman Sembiring *et al.*, "Development of a Programmable Logic Control Trainer as An Industrial Automation Learning Tool," European Alliance for Innovation n.o., Jan. 2025. doi: 10.4108/eai.17-9-2024.2352842.
- [3] L. Wang *et al.*, "Research on and Design of an Electric Drive Automatic Control System for Mine Belt Conveyors," *Processes*, vol. 11, no. 6, Jun. 2023, doi: 10.3390/pr11061762.
- [4] M. Alghiffari Azzuhri *et al.*, "Penerapan PLC dan VSD untuk Mengontrol Kecepatan Motor Induksi dengan Pemantauan SCADA," 2024.
- [5] M. A. Hamid *et al.*, "Variable frequency drive trainer kits for electronic control system subjects in vocational secondary schools," *International Journal of Evaluation and Research in Education*, vol. 13, no. 5, pp. 3036–3046, Oct. 2024, doi: 10.11591/ijere.v13i5.29333.
- [6] R. Herlangga, "Motor Drive Coordination on a Belt Conveyor System Controlled by PLC at PT. Charoen Pokphand Indonesia," 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.sutajaya.org>
- [7] "6.+Aditya+Rahman+128-137".
- [8] M. O. Arowolo, A. A. Adekunle, and M. O. Opeyemi, "Design and implementation of a PLC trainer workstation," *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, vol. 5, no. 4, pp. 755–761, 2020, doi: 10.25046/AJ050489.
- [9] P. W. Rusimamto, E. Endryansyah, R. Harimurti, and N. Nurkholis, "The Effect of the PLC Training Kit on Critical Thinking Ability in PLC Programming for Electrical Engineering," *TEM Journal*, vol. 14, no. 4, pp. 3099–3106, 2025, doi: 10.18421/TEM144-19.
- [10] M. Rafi, T. Hidayat, D. Tri, and P. Yanto, "Design of a Two-Way Conveyor Belt Control System Based on PLC and HMI."