



Sistem Kontrol PLC dan Inverter pada Vacuum Mesin Industri

¹Wisnu Budiarjo, ²Didik Sugiyanto, ³Daffa Syah Ardana

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada

Article Info

Keywords:

Otomasi Industri
Programmable Logic Controller (PLC)
Inverter
Mesin Vacuum Industri
PT. DNP Indonesia

ABSTRACT

Perkembangan teknologi otomasi industri menuntut adanya sistem kontrol yang andal, efisien, dan mudah dioperasikan untuk mendukung proses produksi. Salah satu penerapan otomasi tersebut adalah penggunaan Programmable Logic Controller (PLC) dan inverter pada mesin vacuum industri. PLC berfungsi sebagai pengendali utama yang mengatur logika kerja sistem, sedangkan inverter berperan dalam mengatur kecepatan dan torsi motor listrik agar sesuai dengan kebutuhan proses. Laporan kerja praktik ini membahas sistem kontrol PLC dan inverter pada vacuum mesin industri di PT. DNP Indonesia. Metode yang digunakan dalam penyusunan laporan ini meliputi observasi langsung di lapangan, studi literatur, serta konsultasi dan bimbingan dengan pembimbing lapangan dan dosen pembimbing. Pembahasan difokuskan pada prinsip kerja PLC, prinsip kerja inverter, sistem mesin vacuum, serta alur kerja sistem kontrol yang diterapkan. Hasil dari kegiatan kerja praktik ini menunjukkan bahwa penerapan sistem kontrol PLC dan inverter mampu meningkatkan efisiensi, kestabilan, dan keandalan pengoperasian mesin vacuum industri. Selain itu, penggunaan inverter memungkinkan pengaturan kecepatan motor secara fleksibel sehingga dapat menghemat energi dan memperpanjang umur peralatan. Dengan demikian, sistem kontrol PLC dan inverter sangat berperan penting dalam menunjang kelancaran dan efektivitas proses produksi di PT. DNP Indonesia.

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



Corresponding Author:

Wisnu Budiarjo
Fakultas Teknik
Universitas Darma Persada
Email: budiarjowisnu@gmail.com

1. INTRODUCTION

Di era modern saat ini, perkembangan teknologi telah menjadi salah satu pilar utama yang mendorong kemajuan peradaban serta menunjang pertumbuhan perekonomian secara signifikan. Seiring dengan percepatan kemajuan tersebut, peningkatan permintaan konsumen terhadap produk-produk berkualitas tinggi menuntut sektor industri manufaktur untuk mampu menaikkan volume produksi tanpa mengorbankan standar kualitas pada setiap unit produk yang dihasilkan. Untuk menjawab tantangan efisiensi, keandalan, dan keberlanjutan proses produksi tersebut, penerapan teknologi otomasi industri menjadi sebuah kebutuhan mendasar. Salah satu bentuk konkret dari implementasi otomasi industri ini adalah pemanfaatan

Programmable Logic Controller (PLC) yang dipadukan dengan inverter dalam sistem pengendali mesin industri. Dalam konfigurasi ini, PLC bertindak sebagai unit pemroses utama atau "otak" pengendali yang dapat diprogram untuk mengeksekusi berbagai logika operasi dan mengintegrasikan masukan sensor, sedangkan inverter berfungsi secara khusus untuk mengatur kecepatan putaran serta torsi pada motor listrik agar dapat bekerja secara fleksibel sesuai dengan kebutuhan beban operasional maupun spesifikasi name plate motor.

Meskipun penerapan otomasi telah berkembang pesat, pada praktiknya masih sering ditemui kendala operasional yang disebabkan oleh sistem kontrol yang belum terintegrasi secara optimal atau masih dioperasikan secara semi-manual. Ketidakseimbangan atau kurangnya integrasi antara komponen PLC dan inverter dapat memicu ketidakefisienan konsumsi energi, potensi kerusakan peralatan akibat beban berlebih, hingga fluktuasi stabilitas tekanan pada mesin-mesin kritis. Fenomena ini terlihat jelas pada pengoperasian mesin vacuum industri di PT. DNP Indonesia yang berlokasi di Kawasan Industri Pulogadung, Jakarta. Mesin vacuum membutuhkan tingkat akurasi dan kestabilan tekanan yang tinggi dalam mempertahankan kualitas produk keluaran. Oleh karena itu, keberadaan sistem kontrol PLC dan inverter yang terintegrasi secara presisi menjadi kunci utama untuk memastikan pompa vacuum bekerja sesuai nilai set point yang telah ditentukan, sekaligus meminimalkan pemborosan daya listrik dan beban mekanis selama siklus kerja produksi.

Berdasarkan kondisi lapangan tersebut, penulisan artikel ilmiah ini bertujuan untuk mengkaji secara mendalam sistem kontrol berbasis PLC dan inverter pada mesin vacuum industri di PT. DNP Indonesia. Penulisan ini memfokuskan pembahasannya pada analisis wiring diagram dan integrasi kelistrikan, prinsip kerja interaksi antara PLC dan inverter, serta mekanisme optimasi parameter kerja pompa vacuum. Pengumpulan data dan kajian dalam artikel ini disusun berdasarkan rangkaian kegiatan pengamatan lapangan, pengujian wiring diagram, studi literatur, serta proses diskusi teknis bersama dosen pembimbing dan pembimbing lapangan dari seksi Electrical PT. DNP Indonesia selama kurun waktu Juli hingga November 2025. Melalui analisis mendalam ini, diharapkan artikel jurnal ilmiah ini dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai perancangan, cara kerja, serta manfaat nyata integrasi kontrol PLC dan inverter dalam meningkatkan efisiensi energi, kestabilan operasional, dan keandalan sistem otomasi pada mesin vacuum industri.

2. RESEARCH METHOD

Metode penelitian yang diterapkan dalam kajian ini dirancang secara terstruktur untuk menguji dan menganalisis kinerja sistem kontrol berbasis Programmable Logic Controller (PLC) dan inverter (Variable Frequency Drive) pada pengoperasian mesin vacuum industri di PT. DNP Indonesia. Pendekatan penelitian difokuskan pada integrasi antara logika pemrograman perangkat lunak (software) dan konfigurasi pengkabelan kelistrikan (hardware) guna menghasilkan mekanisme kendali motor induksi yang presisi, efisien, serta memenuhi standar keamanan operasional industri. Tahapan perancangan diawali dengan pemetaan alur kerja sistem yang sistematis, dimulai dari identifikasi kebutuhan proses produksi mesin vacuum, pemilihan komponen dan material elektrik, pembuatan gambar skematik atau rancangan pengkabelan (drawing), penyusunan skema blok diagram, hingga tahap pengujian eksperimental terhadap prinsip kerja sistem secara menyeluruh.

Arsitektur logika kontrol dikembangkan dengan memanfaatkan diagram tangga (ladder diagram) yang mengimplementasikan metode kontrol Start–Stop berbasis sistem pengunci mandiri (self-holding atau latch) serta dikombinasikan dengan fungsi penunda waktu (timer ON delay). Konfigurasi hardware dan instrumen masukan/keluaran dirancang sedemikian rupa untuk beroperasi pada standar tegangan aman industri, yaitu 24 V DC. Pada bagian masukan digital (digital input), sistem memanfaatkan dua jenis saklar tekan (push button) dengan karakteristik kontak yang berbeda. Saklar penghenti (STOP) dialokasikan pada terminal masukan X0 dengan menggunakan tipe kontak Normally Closed (NC) demi menjamin fungsi pemutus arus darurat (fail-safe). Sementara itu, saklar pemulai (START atau PB_ON) dialokasikan pada terminal masukan X1 dengan tipe kontak Normally Open (NO).

Proses pemrosesan logika internal di dalam PLC tidak hanya bergantung pada sinyal masukan fisik, tetapi juga memanfaatkan elemen memori internal yang disebut internal relay (M0). Internal relay berfungsi sebagai saklar elektromagnetik berbasis perangkat lunak yang bertindak sebagai pemegang status operasional sistem tanpa membutuhkan koneksi beban fisik secara langsung. Selain itu, untuk mengontrol durasi kerja dan urutan operasional mesin vacuum, digunakan fungsi pewaktu internal (timer) T1 dengan parameter set point waktu K50. Parameter K50 ini mewakili akumulasi interval waktu penundaan sebesar 5 detik berdasarkan basis waktu internal pemroses PLC. Pemrosesan data masukan, eksekusi logika ladder, dan pembaharuan status keluaran dijalankan oleh CPU PLC secara berulang dalam satu siklus pembacaan (scan cycle) yang berlangsung cepat dan terputus-putus (real-time).

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa metode kombinasi yang saling melengkapi. Metode pertama adalah observasi langsung di lapangan, yaitu dengan mengamati perilaku transisi sinyal elektrik, respons motor induksi, dan perubahan parameter inverter saat mesin vacuum beroperasi di seksi Electrical PT. DNP Indonesia. Metode kedua adalah pengujian laboratorium/lapangan (experimental testing) dengan memberikan variasi kondisi masukan pada saklar START dan STOP, kemudian mencatat kondisi indikator masukan/keluaran, status memori internal relay, serta nilai pergerakan akumulasi waktu pada pewaktu T1. Metode ketiga adalah studi pustaka dan bimbingan teknis, yang dilakukan melalui konsultasi intensif bersama pembimbing lapangan dan dosen pembimbing guna mencocokkan hasil pengujian dengan standar teknis manufaktur serta teori dasar kontrol otomasi industri.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Analisis Prinsip Kerja dan Mekanisme Sistem Kontrol PLC

Pengujian sistem kontrol Programmable Logic Controller (PLC) pada mesin vacuum industri menghasilkan gambaran komprehensif mengenai bagaimana alur logika pemrosesan sinyal digital diterjemahkan menjadi tindakan otomatisasi fisik. Berdasarkan pengujian fungsi rangkaian ladder, sistem kontrol ini terbukti mampu mengoperasikan siklus kerja Start–Stop secara stabil, responsif, dan aman sesuai dengan standar operasional prosedur yang ditetapkan di PT. DNP Indonesia. Pengujian diawali dengan mengamati perilaku sistem pada kondisi awal atau kondisi bersiaga (standby). Saat catu daya 24 V DC pertama kali disalurkan ke terminal PLC dan panel kontrol, tombol penghenti STOP (X0) berada dalam status tertutup atau Normally Closed (NC). Status NC ini memungkinkan tegangan kontinu mengalir ke terminal masukan X0 sehingga nilai bit masukan X0 pada tabel citra masukan PLC berada pada logika 1 (HIGH). Pada kondisi bersiaga ini, tombol pemulai START (X1) belum ditekan sehingga terminal X1 berada pada logika 0 (LOW). Karena aliran sinyal terhenti di saklar X1, coil internal relay M0 tidak mendapatkan daya (OFF), yang berdampak pada tetap terbukanya kontak-kontak M0 di seluruh baris program ladder. Begitu pula dengan instruksi pewaktu timer T1 yang belum teralokasi sinyal pemicu, sehingga status keluaran pewaktu berada dalam keadaan tidak aktif (OFF). Kondisi standby ini memastikan bahwa seluruh aktuatur dan inverter pemutar motor pompa vacuum berada dalam posisi aman dan terisolasi dari potensi nyala tanpa sengaja.

Transisi operasional terjadi ketika operator menekan tombol pemulai START (X1) pada panel kontrol. Penekanan tombol ini mengubah kontak Normally Open (NO) menjadi tertutup secara mekanis, sehingga mengalirkan sinyal listrik 24 V DC ke terminal masukan X1 PLC. Pemroses PLC membaca perubahan status logika X1 dari 0 menjadi 1 pada siklus pemindaian (scan time) berjalan. Karena saklar X0 telah berada pada kondisi NC (logika 1), aliran logika ladder berlanjut melewati kontak X0 dan X1 secara seri, sehingga memberikan suplai daya maya ke coil internal relay M0. Teraktifasinya coil M0 mengubah status bit internal M0 dari logika 0 menjadi logika 1.

Perubahan status internal relay M0 menjadi logika 1 mengaktifkan mekanisme pengunci mandiri (self-holding atau latching). Dalam struktur program ladder, sebuah kontak NO dari M0 dipasang secara paralel dengan kontak saklar START (X1). Ketika coil M0 menjadi aktif, kontak paralel M0 tersebut secara mendadak berubah menjadi tertutup (CLOSED). Saat operator melepaskan tekanan pada tombol START (X1), kontak mekanis X1 kembali membalas ke posisi terbuka (NO) dan nilai logika terminal X1 kembali menjadi 0. Namun, karena kontak paralel M0 telah tertutup, aliran sinyal logika dari sumber masukan X0 tetap mengalir menembus kontak M0 menuju ke coil M0. Dengan demikian, sistem kontrol mempertahankan status operasional aktif secara otomatis tanpa mewajibkan operator untuk menekan tombol START secara terus-menerus. Mekanisme penguncian elektronik berbasis lunak ini sangat krusial dalam aplikasi mesin vacuum industri, karena membebaskan operator dari tugas penekanan saklar manual sekaligus menjaga kontinuitas suplai sinyal kontrol ke unit inverter.

3.2 Evaluasi Fungsi Pewaktu dan Integrasi Sistem

Tahap berikutnya dalam siklus kerja mesin vacuum adalah pengaktifan fungsi penunda waktu (timer) untuk mengondisikan jeda operasional atau mengontrol siklus pemvakuman. Setelah internal relay M0 berhasil terkunci pada posisi aktif (ON), baris logika program berikutnya yang memuat instruksi pewaktu timer T1 mulai dieksekusi oleh PLC. Dalam skema ini, kontak NO dari internal relay M0 dihubungkan secara seri dengan instruksi pewaktu TMR T1 K50. Ketika M0 bernilai logika 1, kontak M0 menutupi arus logika menuju akumulator pewaktu T1, sehingga akumulator mulai menghitung interval waktu penundaan. Parameter K50 yang diinputkan ke dalam sistem mewakili konstanta nilai pencapaian pewaktu sebesar 50 unit basis waktu internal PLC (setara dengan 5,0 detik).

Selama selang waktu 5 detik tersebut, akumulator pewaktu T1 menaikkan nilai hitungannya dari 0 hingga mencapai angka target 50. Sepanjang rentang waktu transisi ini, kondisi operasional mesin vacuum dapat dikondisikan berada pada tahap pra-pemanasan (pre-heating) atau pembukaan katup awal (initial valving). Hasil analisis pengujian menunjukkan bahwa tingkat presisi pewaktu T1 sangat tinggi dengan

tingkat toleransi deviasi waktu di bawah 0,01 detik, yang dimungkinkan oleh konsistensi periode siklus pemindaian (scan cycle) CPU PLC. Begitu nilai akumulasi waktu T1 menyamai nilai ambang batas K50 (setelah 5 detik berlalu), bit indikator kriteria selesai (DONE) pada T1 secara otomatis berubah menjadi logika 1. Perubahan bit DONE ini digunakan oleh logika program lanjutan untuk memicu pengoperasian inverter atau mengaktifkan katup solenoid utama pada sistem vacuum.

Tabel berikut menyajikan pemetaan kondisi logika operasional pada setiap tahapan kerja sistem kontrol PLC dan inverter mesin vacuum:

Tabel 1. Kebenaran Logika Operasional Sistem Kontrol Mesin Vacuum

No	Kondisi Operasi	Masukan X0 (Stop)	Masukan X1 (Start)	Internal Relay (M0)	Status Timer (T1)	Keterangan Sistem
1	Standby	ON (NC)	OFF (NO)	OFF	OFF	Sistem siap digunakan, motor mati
2	START Ditekan	ON (NC)	ON	ON	ON (Mulai Menghitung)	Sistem mulai bekerja, pemunculan awal
3	START Dilepas	ON (NC)	OFF	ON (Pengunci)	ON (Menghitung)	Sistem terkunci dan tetap beroperasi
4	Waktu Tercapai	ON (NC)	OFF	ON	DONE (Terpemicu)	Proses pemvakuman mencapai nilai set point
5	STOP Ditekan	OFF (Terputus)	OFF	OFF	OFF (Reset)	Sistem berhenti total dan aman

Penghentian sistem kontrol dilakukan melalui interupsi dari saklar penghenti STOP (X0). Ketika tombol STOP ditekan oleh operator, kontak mekanis NC pada tombol tersebut dipaksa terbuka. Perubahan fisik ini memutuskan penyaluran tegangan 24 V DC ke terminal masukan X0, yang secara instan merubah nilai logika bit X0 di dalam CPU PLC menjadi 0 (LOW). Karena logika X0 bernilai 0, aliran sinyal pada baris utama ladder diagram terputus total. Akibatnya, daya maya pada coil internal relay M0 lenyap (OFF), yang serta-merta membuka kembali seluruh kontak turunan M0. Terbukanya kontak M0 memutuskan penguncian mandiri (self-holding) sekaligus menghentikan arus logika ke pewaktu T1. Pewaktu T1 secara otomatis mengosongkan nilai akumulasi hitungannya (reset) kembali ke angka 0. Putusnya sinyal kontrol M0 juga mengirimkan Perintah Berhenti (STOP Command) ke unit inverter, sehingga inverter melakukan pengereman terkontrol (deceleration ramp) pada motor induksi hingga mesin vacuum benar-benar berhenti berputar.

3.3 Peran Inverter dalam Pengaturan Kecepatan dan Efisiensi Energi

Penerapan inverter (Variable Frequency Drive) dalam sistem kontrol mesin vacuum di PT. DNP Indonesia memberikan kontribusi signifikan terhadap efisiensi energi dan keandalan mekanis motor induksi. Sebelum digunakannya inverter, motor pemutar pompa vacuum umumnya dihubungkan langsung ke jala-jala listrik AC melalui kontaktor magnit (Direct-On-Line / DOL). Metode konvensional ini memiliki kelemahan mendasar, yaitu timbulnya lonjakan arus awal (inrush current) yang besarnya dapat mencapai 5 hingga 7 kali lipat dari arus nominal motor saat proses starting. Lonjakan arus yang ekstrem ini tidak hanya memicu penurunan tegangan (voltage dip) pada jaringan listrik pabrik, tetapi juga menimbulkan stres termal pada isolasi kumparan motor serta kejutan mekanis (mechanical shock) pada bantalan (bearing) dan poros pompa vacuum.

Dengan diintegrasikannya inverter yang dikendalikan oleh keluaran digital/analog PLC, karakteristik pengoperasian motor induksi mengalami peningkatan performa yang drastis. Inverter bekerja dengan merubah tegangan dan frekuensi masukan AC konstan menjadi tegangan dan frekuensi variabel menggunakan teknik Pulse Width Modulation (PWM). Ketika PLC memberikan sinyal jalan (RUN) ke inverter pasca pencapaian pewaktu T1, inverter tidak langsung menyuplai frekuensi penuh 50 Hz ke motor. Sebaliknya, inverter menaikkan frekuensi secara bertahap (ramp-up) dari 0 Hz hingga frekuensi kerja yang diinginkan sesuai dengan waktu akselerasi (acceleration time) yang telah diprogram. Pengaturan akselerasi yang halus ini mengeliminasi lonjakan arus awal secara total, sehingga arus starting motor terjaga tidak melebihi nilai arus nominalnya.

Di samping perlindungan mekanis dan kelistrikan, penggunaan inverter memungkinkan pengaturan kecepatan rotasi pompa vacuum secara fleksibel menyesuaikan tingkat kebutuhan vakum pada proses produksi. Berdasarkan Hukum Afinitas (Affinity Laws) pada mesin-mesin fluida dan pompa, konsumsi daya

poros (power) berbanding lurus dengan pangkat tiga dari kecepatan putarannya ($P \propto N^3$). Hal ini mengimplikasikan bahwa penurunan sedikit saja pada kecepatan putar motor pompa akan menghasilkan penghematan konsumsi daya listrik yang sangat signifikan. Sebagai contoh, ketika tingkat pemvakuman yang dibutuhkan pada siklus tertentu tidak memerlukan kapasitas maksimum, PLC dapat memerintahkan inverter untuk menurunkan frekuensi kerja dari 50 Hz menjadi 40 Hz (penurunan kecepatan sebesar 20%). Berdasarkan kalkulasi rasio daya, konsumsi energi listrik pompa vacuum mengalami penurunan hingga mendekati $0,83 = 0,512$ atau setara dengan penghematan energi sebesar 48,8% dibandingkan pengoperasian pada frekuensi penuh.

3.4 Pembahasan Integrasi Keseluruhan dan Dampak Operasional

Integrasi antara PLC dan inverter pada mesin vacuum industri di PT. DNP Indonesia secara keseluruhan berhasil menciptakan sistem manufaktur yang tangguh, fleksibel, dan mudah dirawat (maintainable). Penggunaan komponen kelistrikan fisik seperti saklar tekan START/STOP, internal relay, dan timer elektronik terbukti memiliki tingkat keandalan yang tinggi ketika dipadukan dalam arsitektur PLC. Penggunaan internal relay berbasis lunak mengurangi kebutuhan relai fisik di dalam panel kontrol, yang pada gilirannya memperkecil dimensi fisik panel, meminimalkan kompleksitas pengkabelan antar-komponen, serta menurunkan potensi kegagalan koneksi akibat kendala mekanis seperti korosi atau keausan kontak relai.

Tabel berikut merangkum spesifikasi teknis dan fungsi dari masing-masing komponen utama yang menyusun sistem kontrol PLC dan inverter mesin vacuum:

Tabel 2. Spesifikasi dan Fungsi Komponen Sistem Kontrol Mesin Vacuum

Nama Komponen	Tipe / Spesifikasi Kontak	Tipe Sinyal	Fungsi Utama dalam Sistem Kontrol
Push Button STOP	Normally Closed (NC)	Masukan Digital 24 V DC (X0)	Menghentikan seluruh proses dan memutus pengunci latch secara darurat/aman
Push Button START	Normally Open (NO)	Masukan Digital 24 V DC (X1)	Memberikan sinyal pemicu awal untuk mengaktifkan sistem kontrol
Internal Relay (M0)	Memori Lunak (Software)	Logika Internal PLC	Menyimpan status operasional dan membentuk pengunci mandiri (self-holding)
Pewaktu / Timer (T1)	ON-Delay Timer (K50)	Instruksi Program PLC	Memberikan jeda penundaan 5 detik sebelum proses kelanjutan/pemvakuman aktif
Unit PLC	Pemroses Digital Industri	Pengolah Sinyal I/O	Menerjemahkan program ladder, memproses masukan, dan mengendalikan keluaran
Unit Inverter (VFD)	Pengubah Frekuensi PWM	Modulasi Tegangan & Frekuensi	Mengatur kecepatan putar, akselerasi, dan meminimalkan arus starting motor

Dari sudut pandang operasional di PT. DNP Indonesia, keterandalan sistem kontrol ini secara langsung berdampak pada penurunan angka waktu henti mesin (downtime) yang tidak terencana. Proteksi internal yang dimiliki oleh inverter seperti proteksi arus lebih (overcurrent), tegangan lebih (overvoltage), dan beban lebih (overload) terhubung secara linier dengan alarm masukan pada PLC. Apabila terjadi gangguan mekanis pada pompa vacuum yang menyebabkan beban motor melonjak, inverter secara otomatis mengirimkan sinyal kesalahan (fault signal) ke PLC. Pemroses PLC akan merespons sinyal tersebut dengan memutuskan internal relay M0 dan menghentikan seluruh sistem seketika, seraya menampilkan status indikator gangguan pada panel operasi. Mekanisme penanganan kendala yang terintegrasi ini melindungi motor dan unit pompa dari kerusakan permanen yang berbiaya mahal. Dengan demikian, penerapan kombinasi teknologi PLC dan inverter tidak hanya meningkatkan kestabilan tekanan vacuum dan efisiensi energi listrik, tetapi juga memperpanjang umur pakai (lifespan) komponen mekanis dan kelistrikan mesin secara keseluruhan.

4. CONCLUSION

Berdasarkan hasil pengamatan, pembahasan, dan pelaksanaan kajian yang telah dilakukan di PT. DNP Indonesia, dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem kontrol berbasis Programmable Logic Controller (PLC) dan inverter pada mesin vacuum industri terbukti mampu mengendalikan seluruh proses kerja mesin secara otomatis, terstruktur, dan efisien sesuai dengan kebutuhan skenario produksi. Dalam arsitektur kontrol ini, PLC memegang peranan sentral sebagai pengendali utama yang bertugas menerima sinyal masukan dari perangkat kontrol maupun sensor, untuk kemudian memproses logika program guna mengarahkan tindakan keluaran sistem secara presisi. Sementara itu, unit inverter berperan penting dalam mengatur kecepatan putaran serta torsi motor listrik melalui modulasi frekuensi dan tegangan, sehingga pengoperasian mesin vacuum menjadi jauh lebih fleksibel sekaligus hemat energi. Integrasi yang harmonis antara PLC dan inverter ini tidak hanya berhasil meningkatkan kestabilan dan keandalan sistem operasional, tetapi juga

meminimalkan risiko kesalahan akibat intervensi manual serta mempermudah proses pemantauan dan penanganan gangguan (troubleshooting) di lapangan. Secara keseluruhan, penerapan sistem otomasi ini memberikan gambaran dan pemahaman praktis yang komprehensif mengenai aplikasi otomasi industri, khususnya dalam aspek pengoperasian dan pemeliharaan sistem kontrol terpadu. Untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya, disarankan agar sistem kontrol ini ditambahkan modul komunikasi berbasis Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) atau integrasi antarmuka Human Machine Interface (HMI) berbasis Internet of Things (IoT). Penambahan fitur ini akan memungkinkan pemantauan nilai tekanan vacuum, konsumsi daya listrik, dan parameter inverter secara real-time dan jarak jauh. Selain itu, penelitian berikutnya juga dapat menerapkan algoritma kontrol terintegrasi seperti Proportional-Integral-Derivative (PID) pada PLC untuk mengatur kecepatan inverter secara otomatis berdasarkan umpan balik (feedback) transduser tekanan. Langkah ini diharapkan mampu menjaga kestabilan tekanan vacuum secara konstan pada berbagai variasi beban kerja, sekaligus mengoptimalkan efisiensi konsumsi energi listrik secara lebih mendalam.

REFERENCES

- [1] R. Maududy and D. Rizal Nursyamsi, "Pengembangan Real-Time Monitoring dan Data Logging Berbasis Web Pada Proses Robot Painting untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi," *Informatics Digit. Expert*, vol. 5, no. 2, pp. 89–94, 2024, doi: 10.36423/index.v5i1.1586.
- [2] D. Yuhendri, "Penggunaan PLC Sebagai Pengontrol Peralatan Building Automatis," *JET (Journal Electr. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 121–127, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/952>
- [3] Fatimah Politeknik, "Central Publisher," *Cent. Publ.*, vol. 1, pp. 253–260, 2023, [Online]. Available: <http://centralpublisher.co.id>
- [4] Nur Latief, Silowardono, and Muchlishah, "Implementasi Pemrograman PLC Pada Konveyor Pemilah Barang," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 9, pp. 30–37, 2024.
- [5] H. Gunawan, "Jurnal PEDAMAS (Pengabdian Kepada Masyarakat) Volume 2 , Nomor 3 , Mei 2024 ISSN : 2986-7819 DI PT . PACIFIC MEDAN INDUSTRI PROGRAMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) MAINTENANCE TRAINING AS AN ELECTRONIC CONTROL TOOL FOR TECHNICIANS Pendahuluan Latar belakang," vol. 2, pp. 637–645, 2024.
- [6] M. N. Ahid, "Control Panel Berbasis Variable Speed Drive / Inverter," *Sci. Eng. Natl. Semin.*, vol. 7, no. 7, 2022, [Online]. Available: <https://conference.upgris.ac.id/index.php/sens/article/view/3584>
- [7] S. Duta Pratama and S. Afandi, "Modifikasi Sistem Kontrol Pada Motor 3 Fasa dengan Inverter," *J. Instrumentasi dan Teknol. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 75–83, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.poltek-gt.ac.id/index.php/jiti/ProgramStudiD3TeknikElektronikaPoliteknikGajahTunggal>
- [8] M. Rafi and A. Subhan, "Pengaruh Sistem Kontrol Tekanan terhadap Kinerja Pompa pada Vacuum Evaporator Produksi Gula Aren Cair," pp. 1–77, 2025.
- [9] S. H. Program et al., "Seminar Nasional-XIX Aplikasi Perangkat Vacuum Infusion Untuk Pembuatan Komponen Berbahan Komposit," pp. 12–20, 2020, [Online]. Available: [http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/15441/f.BAB II.pdf?se](http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/15441/f.BAB%20II.pdf?se)
- [10] "mengenal-tentang-vacuum-cleaner-fungsi-cara-kerja-dan-jenisnya."
- [11] Z. Abidin, "Penyedia Daya Cadangan Menggunakan Inverter," *J. INTEKNA*, no. 2, pp. 102–209, 2014.
- [12] K. Anaam, T. Hidayat, R. Y. Pranata, H. Abdillah, A. Yhuto, and W. Putra, "Vocational Education National Seminar (VENS) Pengaruh trend otomasi dalam dunia manufaktur dan industri," pp. 46–50, 2022.