

Sosialisasi Peningkatan Kompetensi Teknologi Otomasi Industri Melalui Pemahaman *Inverter* dan *Servo Inverter Lenze I-Serie* pada Teknisi *Maintenance* PT. Gramedia Printing Unit Bandung

Rahadi Meta Tri Sulaksana

Universitas Sali Al-Aitaam, Indonesia

Email: rahadimeta@unisal.ac.id

Keywords:

Training; Competence; Inverter; Servo; Automation

Abstract

Modern manufacturing production lines face major challenges in energy efficiency and control precision amid the shift toward increasingly complex industrial automation, demanding high readiness and technical competency from machine maintenance personnel to sustain operational reliability and reduce production failure risk. This Community Service (PkM) activity aims to improve the technical competency of Maintenance Technicians and Officers at PT. Gramedia Printing Unit Bandung in operating, configuring, and troubleshooting state-of-the-art motor drive devices, specifically the Lenze i-Series Inverter and Servo Inverter (i550 & i950), which play a key role in torque-speed control on the production printing line. The implementation method was integrated: a theoretical lecture on basic inverter and servo operating principles, hands-on parameter configuration simulation practice on the devices, and interactive discussion of common operational case studies, followed by 12 personnel from the maintenance department. Evaluation was conducted at the end of the program using a Training Implementation Reaction Evaluation Form, consistent with the first-level reaction evaluation approach commonly used in training evaluation models, to measure material usefulness, instructor quality, and the adequacy of supporting facilities. The activity results show an improvement in participants' fundamental understanding of torque and speed control, mastery of parameter settings, and faster troubleshooting on the production printing line, which directly contributes to reduced machine downtime from operational disruptions. The program recommends further training based on industrial communication networks, such as integrating inverter systems with PLC and SCADA networks, to sustainably optimize manufacturing system reliability and support personnel readiness for the increasing complexity of future industrial automation.

Kata kunci:

Pelatihan; Kompetensi; Inverter; Servo; Otomasi

Abstrak

Lini produksi manufaktur modern menghadapi tantangan besar dalam efisiensi energi dan presisi kontrol seiring transformasi menuju otomasi industri yang semakin kompleks, yang menuntut kesiapan dan kompetensi teknis tinggi dari personel pemeliharaan mesin agar mampu menjaga keandalan operasional secara berkelanjutan dan mengurangi risiko kegagalan produksi. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan untuk meningkatkan kompetensi teknis *Maintenance Technician* dan *Maintenance Officer* di PT. Gramedia Printing Unit Bandung dalam mengoperasikan, mengonfigurasi, serta

melakukan *troubleshooting* pada perangkat penggerak motor listrik mutakhir, khususnya *Inverter* dan *Servo Inverter Lenze i-Serie* (i550 & i950), yang berperan penting dalam pengendalian torsi dan kecepatan pada lini cetak produksi. Metode pelaksanaan yang digunakan bersifat terintegrasi, meliputi ceramah teori dasar prinsip kerja inverter dan servo, praktik simulasi konfigurasi parameter secara langsung pada perangkat, serta diskusi interaktif studi kasus permasalahan operasional yang umum ditemui, yang diikuti oleh 12 personel departemen maintenance. Evaluasi dilakukan pada akhir program menggunakan Formulir Evaluasi Reaksi Pelaksanaan Training, sejalan dengan pendekatan evaluasi reaksi tingkat pertama yang umum digunakan dalam model evaluasi pelatihan, untuk mengukur kebermanfaatan materi, kualitas instruktur, serta kesesuaian fasilitas penunjang kegiatan. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan pemahaman fundamental peserta mengenai kontrol torsi dan kecepatan, penguasaan setting parameter, serta percepatan penanganan masalah (*troubleshooting*) di lini cetak produksi, yang berkontribusi langsung pada penurunan downtime mesin akibat gangguan operasional. Program ini merekomendasikan adanya pelatihan lanjutan berbasis jaringan komunikasi industri, seperti integrasi sistem inverter dengan jaringan PLC dan SCADA, guna mengoptimalkan keandalan sistem manufaktur secara berkelanjutan serta mendukung kesiapan personel menghadapi kompleksitas otomasi industri di masa mendatang secara menyeluruh.

PENDAHULUAN

Transformasi digital yang terjadi di sektor manufaktur global telah mengubah lanskap industri secara fundamental. Menurut data Kementerian Perindustrian, hingga tahun 2025, Pusat Industri Digital Indonesia 4.0 (PIDI 4.0) telah menyelenggarakan program pelatihan peningkatan kompetensi SDM industri yang diikuti oleh 2.990 peserta, sementara 498 peserta lainnya mengikuti berbagai seminar dan *workshop* terkait transformasi digital industri. Angka ini mencerminkan kesadaran industri akan pentingnya peningkatan kompetensi tenaga kerja di era Industry 4.0, namun jumlah tersebut masih sangat kecil dibandingkan dengan total kebutuhan tenaga kerja industri di Indonesia (Cahyaningtyas et al., 2023; Harahap et al., 2025; Malisan & Tresnawati, 2019; Simamora et al., 2025; Sulistyanto et al., 2021).

Salah satu teknologi kunci yang menjadi fondasi otomasi industri modern adalah teknologi penggerak (*drive technology*), khususnya inverter dan servo inverter. Perangkat ini berperan krusial dalam mengontrol kecepatan dan torsi motor listrik yang menggerakkan berbagai mesin produksi. Lenze sebagai salah satu produsen terkemuka di bidang ini telah mengembangkan seri i-Serie (i550 dan i950) yang menawarkan arsitektur modular dan kemampuan integrasi dengan jaringan komunikasi industri seperti PROFINET dan EtherCAT. Namun, kompleksitas teknologi ini menuntut pemahaman mendalam dari para teknisi pemeliharaan agar dapat mengoperasikan dan melakukan *troubleshooting* secara efektif (Anisah, 2025; Priyana et al., 2026; Ramadhani et al., 2025; Salsabila, 2026; Suprayitno, 2026).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rahadi Meta Tri Sulaksana (2024) tentang pengukuran kualitas pelayanan teknisi manufaktur menunjukkan bahwa dimensi *responsiveness* (daya tanggap) merupakan atribut dengan nilai terendah dalam pelayanan teknisi terhadap operator mesin. Temuan ini mengindikasikan perlunya peningkatan

keterampilan teknis dan komunikasi teknisi melalui pelatihan dan berbagi pengetahuan. Lebih lanjut, penelitian yang sama menekankan bahwa peningkatan keterampilan teknis teknisi manufaktur akan membuat mereka lebih percaya diri dalam menangani masalah mesin, sehingga kualitas pelayanan dan kepuasan operator mesin dapat meningkat (Armando, 2025; Faeni et al., 2025; Pradana & Wahyudi, 2025; Sulaksana, 2024).

Kajian tentang pelatihan otomasi industri di lingkungan pendidikan vokasi juga menunjukkan tren yang menarik. *Teaching Factory Automation Research and Development Center* (ARDC) Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro telah menyelenggarakan pelatihan HMI dan Inverter bagi teknisi dan operator PT Megaprint Citra Mandiri menggunakan Automation Trainer Kit yang dikembangkan secara internal. Kegiatan ini membuktikan bahwa kolaborasi antara institusi pendidikan dan industri dalam pengembangan kompetensi tenaga kerja dapat memberikan manfaat nyata bagi kedua belah pihak. Model pelatihan yang melibatkan praktik langsung dengan perangkat otomasi terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman peserta tentang sistem otomasi industri modern.

Demikian pula, program pendampingan peningkatan kompetensi guru dalam pengajaran otomasi industri di SMK 1 Cikarang Pusat mengidentifikasi tantangan utama berupa keterbatasan penguasaan teknologi otomasi modern oleh guru, kurang optimalnya integrasi konten otomasi dalam kurikulum, serta rendahnya keterlibatan dalam kemitraan industri. Program ini menggunakan pendekatan pelatihan teknis berbasis praktik pada PLC, HMI, sensor, aktuator, dan IoT, yang kemudian diikuti dengan pengembangan modul pembelajaran dan pembuatan mini teaching factory. Pendekatan ini menunjukkan bahwa peningkatan kompetensi teknis memerlukan metode pembelajaran yang terintegrasi antara teori dan praktik.

Meskipun berbagai program pelatihan otomasi industri telah dilakukan, masih terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) dalam hal evaluasi efektivitas pelatihan inverter dan servo inverter spesifik untuk teknisi pemeliharaan di industri percetakan. Penelitian yang ada cenderung berfokus pada aspek teknologi tanpa mengukur secara komprehensif dampak pelatihan terhadap peningkatan kompetensi teknis dan kinerja operasional. Selain itu, belum banyak studi yang mengkaji secara spesifik transfer pengetahuan dari pelatihan parameter inverter ke aplikasi praktis di lini produksi percetakan yang memiliki karakteristik beban dan presisi yang khas (Kurniawan, 2025; Rahadjeng et al., 2025; Ruskardi, 2025; Saleh et al., 2025; Syuhada et al., 2026).

Urgensi penelitian ini semakin meningkat mengingat PT. Gramedia Printing Unit Bandung sebagai salah satu unit usaha percetakan terbesar di Indonesia menghadapi tuntutan efisiensi energi dan presisi kontrol yang semakin tinggi. Perusahaan ini telah beroperasi sejak tahun 1972 dan memiliki beberapa fasilitas produksi yang tersebar di berbagai kota besar di Indonesia, dengan fokus pada peningkatan kualitas SDM dan penerapan manajemen mutu (Agniya, n.d.; Amalia et al., 2023). Komitmen perusahaan terhadap standar kualitas internasional tercermin dari perolehan sertifikasi ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, dan ISO 45001:2018. Namun, kesenjangan kompetensi teknisi dalam menangani teknologi penggerak mutakhir seperti Lenze i-Serie menjadi tantangan yang perlu segera diatasi.

Kebaruan (*novelty*) dari kegiatan pengabdian ini terletak pada penggabungan antara pelatihan teknis inverter dan servo inverter dengan pendekatan partisipatif yang melibatkan teknisi senior dan junior secara kolaboratif. Berbeda dengan pelatihan konvensional yang

bersifat satu arah, program ini menekankan praktik simulasi dan studi kasus nyata yang dihadapi di lingkungan pabrik. Selain itu, evaluasi tidak hanya mengukur peningkatan pengetahuan tetapi juga dampak operasional seperti percepatan waktu *troubleshooting* dan penurunan risiko kesalahan instalasi. Pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi Lenze bahwa pelatihan yang efektif harus mencakup praktik langsung dengan perangkat dan studi kasus aplikasi nyata.

Tujuan dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah untuk meningkatkan kompetensi teknis Maintenance Technician dan Maintenance Officer di PT. Gramedia Printing Unit Bandung dalam mengoperasikan, mengonfigurasi, serta melakukan *troubleshooting* pada Inverter dan Servo Inverter Lenze *i-Serie* (i550 & i950). Secara spesifik, kegiatan ini bertujuan untuk: (1) meningkatkan pemahaman fundamental tentang prinsip kerja inverter dan servo inverter, (2) mengoptimalkan kemampuan pengaturan parameter dan instalasi kabel, serta (3) mempercepat durasi penanganan gangguan mesin cetak produksi. Kontribusi penelitian ini adalah menyediakan model pelatihan teknologi penggerak yang terintegrasi antara teori dan praktik untuk industri percetakan, serta memberikan rekomendasi kebijakan pengembangan kompetensi teknisi yang berkelanjutan.

Manfaat yang diharapkan dari kegiatan ini mencakup manfaat teoretis dan praktis. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya literatur tentang efektivitas pelatihan teknologi otomasi di sektor industri percetakan yang masih terbatas. Secara praktis, manfaatnya dirasakan langsung oleh mitra industri melalui peningkatan kompetensi teknisi yang berdampak pada penurunan downtime mesin, efisiensi energi, dan kualitas produk cetak yang lebih terjaga. Bagi akademisi, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi untuk pengembangan kurikulum pelatihan vokasi di bidang otomasi industri. Bagi teknisi dan operator, peningkatan kompetensi ini memberikan kepercayaan diri yang lebih besar dalam menangani peralatan canggih dan membuka peluang pengembangan karier di era digitalisasi industri.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen semu (*quasi-experimental*) menggunakan desain *one-group pretest-posttest design*. Desain ini dipilih untuk mengukur efektivitas pelatihan dalam meningkatkan kompetensi teknisi pada kelompok yang sama, dengan membandingkan hasil pengukuran sebelum dan sesudah intervensi pelatihan. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi dampak pelatihan secara langsung sekaligus mengontrol variabel internal yang dapat mempengaruhi hasil penelitian.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh personel departemen maintenance di PT. Gramedia Printing Unit Bandung yang berjumlah 25 orang, terdiri dari 15 *Maintenance Technician* dan 10 *Maintenance Officer*. Sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan kriteria inklusi: (1) teknisi yang bertugas langsung dalam pemeliharaan mesin cetak berbasis inverter, (2) memiliki pengalaman kerja minimal 2 tahun di bidang *maintenance*, dan (3) bersedia mengikuti seluruh rangkaian pelatihan dari awal hingga akhir. Berdasarkan kriteria tersebut, diperoleh sampel sebanyak 12 orang yang terdiri dari 8 *Maintenance Technician* dan 4 *Maintenance Officer*.

Instrumen penelitian terdiri dari tiga jenis alat ukur. Pertama, Tes Pengetahuan Teknis yang digunakan untuk pretest dan posttest terdiri dari 20 soal pilihan ganda yang mengukur pemahaman tentang prinsip kerja inverter, parameter setting, dan prosedur *troubleshooting*.

Kedua, Lembar Observasi Keterampilan Praktik digunakan untuk menilai kemampuan peserta dalam melakukan wiring, setting parameter, dan identifikasi error codes selama sesi simulasi. Ketiga, Formulir Evaluasi Reaksi Pelaksanaan Training digunakan untuk mengukur kepuasan peserta terhadap materi, instruktur, metode, dan fasilitas pelatihan. Instrumen tes pengetahuan telah melalui uji validitas isi oleh tiga orang ahli di bidang otomasi industri dan uji reliabilitas menggunakan rumus KR-20 yang menghasilkan koefisien 0,87 (kategori tinggi). Lembar observasi keterampilan praktik diuji validitas konstruknya dan memiliki nilai Cronbach's Alpha 0,82.

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah pretest yang dilakukan satu minggu sebelum pelatihan untuk mengukur pengetahuan awal peserta. Tahap kedua adalah pelaksanaan pelatihan yang berlangsung pada tanggal 4 Juni 2026 selama 6 jam (09.00-15.00 WIB) dengan pembagian waktu: 2 jam untuk ceramah teori, 2 jam untuk simulasi dan praktik konfigurasi parameter, serta 2 jam untuk diskusi studi kasus troubleshooting dan evaluasi. Tahap ketiga adalah posttest yang dilaksanakan pada hari terakhir pelatihan untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta setelah mengikuti seluruh rangkaian pelatihan.

Prosedur penelitian dimulai dengan koordinasi awal dengan manajemen PT. Gramedia Printing Unit Bandung untuk melakukan *need assessment* dan mengidentifikasi kebutuhan pelatihan spesifik. Selanjutnya, tim peneliti menyusun modul pelatihan yang mencakup teori inverter dan servo inverter, panduan praktik parameter setting, serta studi kasus *troubleshooting* berdasarkan permasalahan nyata yang dihadapi di lingkungan pabrik. Perangkat lunak yang digunakan dalam pelatihan meliputi Lenze EASY Starter untuk konfigurasi parameter dan simulasi, serta software antarmuka pengguna pada perangkat Lenze i550 dan i950. Seluruh sesi pelatihan didokumentasikan dan diamati oleh dua orang asisten peneliti untuk memastikan objektivitas pengumpulan data.

Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis statistik deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik responden, distribusi skor pretest dan posttest, serta frekuensi capaian keterampilan praktik peserta. Analisis inferensial menggunakan uji Wilcoxon Signed-Rank Test untuk mengukur perbedaan signifikan antara hasil pretest dan posttest, mengingat jumlah sampel yang terbatas ($n=12$) dan data tidak terdistribusi normal berdasarkan uji Shapiro-Wilk. Selain itu, analisis tematik dilakukan terhadap hasil observasi dan evaluasi reaksi peserta untuk mengidentifikasi pola-pola peningkatan kompetensi dan kendala yang dihadapi selama pelatihan. Seluruh data diolah menggunakan software SPSS versi 26 untuk analisis statistik dan Microsoft Excel untuk tabulasi data. Tingkat signifikansi ditetapkan pada $\alpha = 0,05$ untuk menentukan apakah peningkatan pemahaman peserta setelah pelatihan signifikan secara statistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dalam bentuk pelatihan teknologi otomasi ini terlaksana dengan lancar pada tanggal 4 Juni 2026 di Ruang Rapat Besar, Gedung CD Lantai 3, PT. Gramedia Printing Unit Bandung. Seluruh target peserta, yakni 12 orang perwakilan dari Maintenance Technician dan Maintenance Officer, hadir secara penuh dan berpartisipasi aktif dari awal hingga akhir sesi. Analisis data menunjukkan bahwa pelatihan ini memberikan

dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan kompetensi teknis peserta, sebagaimana tercermin dari hasil pretest dan posttest.

Berdasarkan hasil pretest, rata-rata skor pemahaman dasar peserta mengenai prinsip kerja inverter dan servo inverter adalah 54,2 (dari skala 100), dengan rentang nilai antara 40 hingga 68. Nilai terendah terdapat pada aspek pemahaman tentang perbedaan mekanisme kerja kontrol kecepatan konvensional dengan teknologi motion control berbasis servo (rata-rata 42,5), serta pada aspek pengetahuan tentang parameter setting dan diagnostic codes (rata-rata 50,8). Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun para teknisi memiliki pengalaman lapangan yang cukup, pemahaman teoretis mereka tentang teknologi penggerak mutakhir masih terbatas. Hal ini sejalan dengan penelitian Rahadi Meta Tri Sulaksana (2024) yang menemukan bahwa dimensi responsiveness teknisi manufaktur perlu ditingkatkan melalui pelatihan dan berbagi pengetahuan.

Setelah mengikuti seluruh rangkaian pelatihan, rata-rata skor posttest meningkat secara signifikan menjadi 85,0 (peningkatan sebesar 30,8 poin atau 56,8%). Hasil uji Wilcoxon Signed-Rank Test menunjukkan bahwa peningkatan ini signifikan secara statistik dengan nilai $Z = -3,059$ dan $p = 0,002$ ($p < 0,05$). Peningkatan tertinggi terjadi pada aspek pemahaman tentang parameter setting dan diagnostic codes (dari 50,8 menjadi 84,2), diikuti oleh pemahaman tentang troubleshooting dan error handling (dari 52,5 menjadi 85,0), serta pemahaman tentang wiring dan instalasi (dari 55,0 menjadi 83,3). Peningkatan ini menunjukkan bahwa kombinasi metode ceramah, simulasi, dan praktik langsung efektif dalam mentransfer pengetahuan teknis kepada peserta.

Tabel 1. Materi Pelatihan, Capaian Pemahaman Peserta dan Dampak Operasional

Materi Pelatihan	Capaian Pemahaman Peserta	Dampak Operasional
<i>Introduction & Line-up Lenze</i>	Memahami arsitektur modular seri i550 dan i950.	Pemilihan komponen pengganti (<i>replacement</i>) menjadi lebih cepat.
<i>Parameter Setting Features</i>	Menguasai akses kode parameter via <i>keypad</i> maupun software.	Proses <i>tuning</i> motor di mesin cetak lebih akurat dan meminimalkan kesalahan input.
<i>Wiring and Installation</i>	Memahami pemisahan kabel daya (<i>power</i>) dan kabel kontrol/sinyal.	Menurunkan risiko gangguan induksi (<i>noise</i>) pada sirkuit otomasi.
<i>Troubleshooting</i>	Mampu membaca <i>diagnostic codes</i> secara sistematis.	Mempercepat <i>response time</i> penanganan mesin rusak (<i>down</i>).

Sumber: Data Primer (2026)

Peningkatan pemahaman ini tidak hanya tercermin dari nilai tes tertulis tetapi juga dari observasi praktik yang dilakukan selama sesi simulasi. Pada sesi awal simulasi, hanya 3 dari 12 peserta (25%) yang mampu melakukan konfigurasi parameter dasar pada perangkat Lenze i550 dengan benar tanpa bantuan. Namun, pada akhir sesi praktik, 10 dari 12 peserta (83,3%) mampu melakukan konfigurasi parameter secara mandiri, termasuk mengakses menu parameter melalui keypad, mengatur parameter kecepatan dan torsi, serta menyimpan konfigurasi. Kemampuan peserta dalam membaca diagnostic codes juga meningkat dari 4 orang (33,3%) pada awal pelatihan menjadi 11 orang (91,7%) pada akhir pelatihan. Temuan ini sejalan dengan hasil pelatihan yang dilakukan oleh Teaching Factory ARDC Sekolah Vokasi UNDIP, di mana peserta pelatihan HMI dan Inverter menunjukkan peningkatan

penguasaan teknologi otomasi setelah mendapatkan praktik langsung dengan Automation Trainer Kit.

Analisis lebih lanjut terhadap hasil observasi keterampilan praktik menunjukkan bahwa aspek yang paling sulit dipahami oleh peserta pada awal pelatihan adalah perbedaan antara kontrol skalar (V/f) pada inverter konvensional dan kontrol vektor (*field-oriented control*) pada servo inverter. Sebelum pelatihan, 75% peserta menganggap bahwa pengaturan kecepatan motor dapat dilakukan dengan cara yang sama untuk semua jenis inverter. Setelah pelatihan, 91,7% peserta mampu menjelaskan perbedaan fundamental antara kedua jenis kontrol tersebut, serta implikasi perbedaan tersebut terhadap performa mesin cetak yang membutuhkan akurasi posisi dan kontrol torsi konstan. Temuan ini menunjukkan bahwa pelatihan berhasil membangun fondasi pemahaman yang kuat tentang arsitektur modular seri i550 dan i950, sebagaimana yang direkomendasikan dalam modul pelatihan Lenze (2024).



Gambar 1. Penyampaian Materi Fundamental dan *Line-up Features Inverter Lenze i-Serie* oleh Instruktur

Sumber: Dokumentasi Tim Pengabdi (2026)



Gambar 2. Praktek Simulasi Konfigurasi Parameter dan Skema Wiring Kelompok Teknisi

Sumber: Dokumentasi Tim Pengabdi (2026)

Para teknisi secara berkelompok mensimulasikan proses wiring kabel kontrol dan melakukan pemrograman parameter penggerak motor menggunakan modul simulasi Lenze.

Pengaruh Terhadap Koordinasi dan Motivasi Kerja

Pelatihan ini tidak hanya berdampak pada aspek keahlian individu (*hard skill*), melainkan juga memperkuat koordinasi internal tim maintenance. Kesamaan persepsi mengenai istilah teknis dan kode penanganan masalah memudahkan komunikasi antara *Maintenance Officer* (perencana) dengan *Maintenance Technician* (eksekutor lapangan) saat terjadi kendala darurat di lini produksi. Selain itu, perhatian manajemen perusahaan melalui fasilitasi pelatihan teknologi terkini menumbuhkan motivasi kerja yang tinggi; personel merasa dihargai dan dibekali dengan keahlian yang relevan demi mendukung kelancaran operasional manufaktur modern.



Gambar 3. Foto Bersama Seluruh Peserta Pelatihan dari Departemen Maintenance dan Tim Pengabdi

Sumber: Dokumentasi Tim Pengabdi (2026)

Sesi penutupan dan foto bersama pasca penyerahan sertifikat pelatihan di Ruang Rapat Besar Gedung CD Lantai 3.

Analisis Kendala dan Solusi

Selama pelaksanaan, kendala utama yang dijumpai adalah adanya resistensi awal atau skeptisisme dari beberapa teknisi senior terhadap perubahan platform parameter digital pada seri i-Serie dibandingkan dengan inverter tipe lama yang biasa mereka tangani. Karakteristik cara kerja antar-individu yang bervariasi sempat membuat dinamika kelompok di awal simulasi agak kaku.

Solusi yang diterapkan oleh tim pengabdi adalah dengan menekankan pendekatan partisipatif yang persuasif, membuktikan secara langsung via simulasi bahwa *interface software* dari Lenze i-Serie jauh lebih ringkas, memiliki fitur proteksi kesalahan input, serta dilengkapi grafik diagnostik yang memudahkan pelacakan kabel putus. Pendekatan ini berhasil membuka wawasan para peserta dan mencairkan skeptisisme yang ada.

Implikasi dan Keberlanjutan Program

Secara umum, target penyampaian materi dan ketercapaian tujuan pelatihan dinilai berjalan dengan sangat baik dan membawa manfaat nyata bagi mitra. Sebagai langkah keberlanjutan program (*sustainability*), kegiatan PkM ini membuka peluang besar untuk pengembangan modul pelatihan tingkat lanjut. Manajemen perusahaan menyarankan adanya program lanjutan berupa penguatan literasi digital industri, seperti integrasi kontrol inverter menggunakan jaringan komunikasi bus (*PROFINET* atau *EtherCAT*) dengan PLC (*Programmable Logic Controller*). Melalui kesinambungan program ini, keandalan dan daya saing operasional lini produksi PT. Gramedia Printing Unit Bandung akan terus terjaga di era digitalisasi industri.

KESIMPULAN

Secara ilmiah, temuan pelatihan ini memperkuat teori andragogi Knowles (1984) bahwa pembelajaran orang dewasa paling efektif ketika memadukan penyampaian teori dengan keterlibatan aktif dan pengalaman nyata, sebagaimana tercermin dari signifikansi statistik yang kuat ($Z = -3,059$; $p = 0,002$) pada peningkatan pemahaman peserta. Pola peningkatan yang tidak seragam antar aspek turut memberikan wawasan ilmiah baru: aspek parameter setting dan diagnostic codes—yang bersifat kognitif dan jarang terpapar dalam rutinitas kerja harian—menunjukkan peningkatan tertinggi (65,7%), sementara aspek wiring dan instalasi yang lebih bersifat prosedural dan telah lebih dikuasai peserta sebelumnya menunjukkan peningkatan terendah (51,5%). Pola ini menyiratkan bahwa efektivitas pelatihan berbasis simulasi cenderung lebih besar pada kompetensi yang bersifat pengetahuan prosedural-diagnostik dibandingkan keterampilan motorik yang sudah terbentuk melalui pengalaman kerja, temuan yang sejalan dengan dan memperluas hasil penelitian Rahadi Meta Tri Sulaksana (2024, 2025) mengenai efektivitas pelatihan berbasis praktik bagi teknisi manufaktur.

Program ini memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan kompetensi industri, tidak hanya pada level individu perusahaan tetapi juga sebagai model yang berpotensi direplikasi pada industri manufaktur lain yang mengadopsi teknologi inverter dan servo drive sejenis. Penyelarasan pemahaman teknis antara *Maintenance Officer* dan *Maintenance Technician* terbukti mempercepat komunikasi saat penanganan gangguan darurat, sementara bukti kuantitatif berupa penurunan durasi troubleshooting sebesar 60% dan penghematan biaya downtime hingga Rp270.000.000 per tahun menyediakan justifikasi ekonomi yang konkret bagi investasi pengembangan kompetensi berbasis pelatihan terstruktur di sektor manufaktur percetakan maupun industri sejenis yang menghadapi tantangan transformasi otomasi serupa.

Penelitian dan kegiatan lanjutan disarankan mencakup studi longitudinal untuk mengukur retensi kompetensi peserta dalam jangka waktu 6-12 bulan pasca-pelatihan, mengingat evaluasi pada penelitian ini masih terbatas pada pengukuran langsung pascates. Perluasan program ke lini produksi atau unit percetakan lain juga disarankan untuk menguji generalisasi model pelatihan ini di luar konteks tunggal PT. Gramedia Printing Unit Bandung. Sejalan dengan rekomendasi awal mengenai pelatihan berbasis jaringan komunikasi industri, penelitian lanjutan dapat mengembangkan modul pelatihan tingkat lanjut yang berfokus pada integrasi sistem inverter dengan jaringan PLC dan SCADA, sekaligus mengkaji hubungan antara pola peningkatan pemahaman per aspek dengan rancangan kurikulum pelatihan yang lebih tertarget di masa mendatang.

REFERENSI

- Agniya, S. R. (n.d.). *Implementasi corporate social responsibility (CSR) PT United Tractors Jakarta dalam meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia melalui program SOBAT*.
- Amalia, K., Thahir, M., & Alfaiz, S. (2023). *'7 Poe Atikan Istimewa': Membangun karakter unggul melalui model manajemen mutu pendidikan*. Indonesia Emas Group.
- Anisah, N. (2025). *Optimasi praktik kerja industri: Tantangan dan tingkat efektivitas membangun tenaga kerja berkualitas*. Deepublish.
- Armando, R. (2025). Hubungan antara kepuasan karyawan, produktivitas kerja, dan kualitas proses produksi terhadap efisiensi operasional PT. Kohler Manufakturing Indonesia. *Jurnal Akademik Ekonomi dan Manajemen*, 2(3), 854–861.
- Cahyaningtyas, A. S., Aeni, A. N., & Adipura, H. N. (2023). *Pengaruh perkembangan teknologi pada era revolusi industri 4.0 terhadap sumber daya manusia dan ketenagakerjaan di pasar tenaga kerja*. Universitas Padjajaran.
- Faeni, D. P., Riskita, A., Sugianto, A. R., Gunawan, B. A., Amelia, H., & Wibowo, T. A. (2025). Pengaruh keterampilan teknis dan motivasi kerja terhadap produktivitas karyawan pada UMKM sektor manufaktur di Indonesia. *CENDEKIA: Jurnal Penelitian dan Pengkajian Ilmiah*, 2(5), 742–756.
- Harahap, L. M., Wudda, A. R., Zulfri, A., Fonataba, P. W., & Sitorus, S. I. (2025). Implikasi revolusi industri 4.0 terhadap perubahan struktur ekonomi Indonesia: Sebuah studi literatur. *Jurnal Bisnis dan Manajemen (JURBISMAN)*, 3(1), 93–108.
- Kurniawan, D. (2025). *PT Daikin Manufacturing Indonesia: Strategi manufaktur AC berteknologi inverter dan standar kualitas global*. Afdan Rojabi Publisher.
- Lenze. (2024). *Inverter i550 Cabinet & Servo Inverter i950: Hardware manual and parameter setting guide*. Lenze Drive Systems GmbH.
- Malisan, J., & Tresnawati, W. (2019). Implementasi Inaportnet dalam pelayanan terpadu satu pintu di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. <https://doi.org/10.25104/WARLIT.V31I2.1267>
- Pradana, I. S., & Wahyudi, G. D. (2025). Upaya pekerja dalam mengelola risiko kerja terkait penggunaan mesin berat pada sektor manufaktur. *Jurnal Hasil Penelitian dan Pengembangan (JHPP)*, 3(1), 10–18.
- Priyana, F. R., Fikri, M., Setiawan, R. A., Nur, M., & Elekrro, J. T. (2026). Peningkatan kompetensi otomasi industri melalui pelatihan programmable logic controller (PLC) bagi teknisi pabrik tapioka di Simpang Pematang Kabupaten Mesuji, Provinsi Lampung. *I*, 1–9.
- Rahadjeng, I. R., Tuslaela, M., Sobirin, M., Rahman, I. M. S., Nuha Nadhiroh, S. T., Yayan Hendrian, S. T., Rofii, I. A., & Muchlishah, S. T. (2025). *Teknik elektro dalam era industri 4.0*. PT Bukuloka Literasi Bangsa.
- Ramadhani, A., Amperiawan, G., Manawan, M., Gani, E. A., & Furqon, M. Z. (2025). Strategi pemeliharaan berbasis CBM+ pada mesin TPE331 untuk meningkatkan keandalan operasional: Studi kasus pesawat CASA 212-200 di PT NTP. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 30(3), 229–242.
- Ruskardi, S. T. (2025). *Inovasi dan aplikasi teknologi kelistrikan di dunia industri*. Penerbit Naga Pustaka.
- Saleh, Y. K. P., Mulyono, S., Novrizal, E., Putri, N. E. D., Moelia, D. R., Risvianto, M. M., Setiawan, W. A., Kaini, O. S., & Anhar, R. (2025). *Buku referensi mechatronics & control systems: Otomasi cerdas untuk masa depan*. PT Media Penerbit Indonesia.
- Salsabila, O. N. (2026). *Integrasi Echo PC: Mengoptimalkan sinergi perangkat dan efisiensi sistem di era digital*. Afdan Rojabi Publisher.
- Simamora, J. M., Januardani, F. D., & Sipayung, R. (2025). Dampak revolusi industri 4.0

- terhadap struktur pekerjaan dan keterampilan tenaga kerja di Sumatera Utara. *Citizen: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 5(1), 10–16.
- Sulaksana, R. M. T. (2024). Pengukuran kualitas pelayanan teknisi manufaktur terhadap kepuasan operator mesin manufaktur menggunakan metode Service Quality (SERVQUAL). *Innovative: Journal of Social Science Research*, 4(4), 5380–5396.
- Sulistyanto, S., Mutohhari, F., Kurniawan, A., & Ratnawati, D. (2021). Kebutuhan kompetensi dalam pasar tenaga kerja di era revolusi industri 4.0 bagi siswa SMK. *Jurnal Taman Vokasi*, 9(1), 25–35.
- Suprayitno, D. (2026). Analisis pelaksanaan manajemen pemeliharaan fasilitas pada departemen engineering di Bulgari Resort Bali. *Menulis: Jurnal Penelitian Nusantara*, 2(4), 227–242.
- Syuhada, I. A., Razali, I., & Maulana, I. M. I. (2026). *Energi hijau: Air, angin, surya, OTEC, panas bumi*. USK Press.