

NASKAH ORISINAL

Inovasi Pembelajaran Energi: Operasi PLTU Berbasis *Simgenics* Operator Training Simulator (OTS)

Tri Vicca Kusumadewi* | Ary Bachtiar | Wawan Aries | Maulana Yusuf Izzuddin

Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Korespondensi

*Tri Vicca Kusumadewi, Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: vicca@its.ac.id

Alamat

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Abstrak

Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kompetensi teknis mahasiswa di bidang ketenagalistrikan, khususnya dalam memahami dan mengoperasikan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pelatihan dirancang secara aplikatif dengan menggunakan *software Simgenics*. Melalui pendekatan berbasis simulasi dan visualisasi, baik mahasiswa maupun dosen diharapkan memperoleh pemahaman langsung mengenai komponen utama PLTU, alur energi, serta prosedur pengoperasian dan pengendalian unit pembangkit. Pelatihan dilaksanakan selama 39 jam pelatihan yang terdiri dari 15 jam pemahaman konsep materi pembangkit dan 24 jam pengembangan operasi dengan praktik *simgenics*. Dari hasil *pre-test* dan *post-test* menunjukkan rata-rata akurasi peserta dalam menjawab permasalahan (soal) meningkat dari 49% menjadi 92% dan rata-rata skor meningkat juga dari 9.300 menjadi 16.000. Hasil survey skor kepuasan peserta terhadap fasilitas 3,76; *trainer* pelatihan 3,41; materi pelatihan 3,41 dan keberlangsungan pelatihan 3,53. Dengan demikian, program ini diharapkan dapat menjadi model pengembangan pendidikan vokasi yang berbasis teknologi, memperkuat *link and match* antara dunia pendidikan dan industri, serta berkontribusi pada peningkatan kualitas sumber daya manusia di sektor ketenagalistrikan.

Kata Kunci:

Operasi PLTU, *Operator training simulator* (OTS), *Simgenics*.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Konsumsi listrik menjadi salah satu indikator kemajuan negara. Pada 2021, konsumsi listrik Indonesia baru mencapai 1.122 kWh per kapita, terendah di antara negara G20^[1, 2]. Pemerintah menargetkan peningkatan menjadi 1.408 kWh per kapita pada 2024^[3], yang membutuhkan penambahan kapasitas dan persebaran pembangkit listrik.

Saat ini, pasokan listrik nasional masih didominasi PLTU, yang menyumbang sekitar 83% produksi listrik^[2], dengan 61% berasal dari PLTU berbahan bakar batubara serbuk (*pulverised coal*). Perluasan PLTU ini menuntut tersedianya SDM kompeten, khususnya operator ruang kontrol. Namun, banyak mahasiswa teknik belum memiliki pengalaman praktis secara langsung dalam pengoperasian pembangkit, sehingga terjadi kesenjangan antara teori dan praktik.

Untuk menjawab kebutuhan tersebut, Laboratorium Rekayasa Thermal dan Sistem Energi (RTSE) Departemen Teknik Mesin FTIRS ITS menyediakan “Pelatihan Dasar Simulasi PLTU” bagi mahasiswa sarjana teknik maupun vokasi khususnya di lingkungan Surabaya. Program ini menjadi bentuk kolaborasi perguruan tinggi dengan dunia usaha dan industri guna menyiapkan calon operator PLTU yang terampil dan memahami sistem pembangkit. Kegiatan ini memberi manfaat strategis bagi banyak pihak. Peserta memperoleh penguatan kompetensi teknis dan pemahaman realistik tentang operasi PLTU melalui simulasi, sehingga lebih siap memasuki dunia kerja. Institusi mitra terbantu dalam penerapan Permendikbudristek terkait peningkatan kompetensi dan pembelajaran berbasis praktik *industry*^[4, 5]. Bagi perguruan tinggi, kegiatan ini menjadi kontribusi nyata dalam pengabdian masyarakat melalui transfer teknologi. Industri ketenagalistrikan pun diuntungkan dengan tersedianya calon tenaga kerja yang memiliki pengetahuan awal dan pengalaman praktis mengenai sistem operasi PLTU.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

PLTU masih menjadi pembangkit utama di Indonesia sehingga kebutuhan SDM yang kompeten untuk mengoperasikannya terus meningkat. Namun, banyak perguruan tinggi belum memiliki akses ke fasilitas PLTU nyata, sehingga pembelajaran cenderung teoritis. Simulator PLTU hadir sebagai solusi dengan meniru proses dan operasi PLTU secara virtual, memungkinkan peserta memahami alur kerja pembangkit secara interaktif, melakukan operasi dan *troubleshooting* tanpa risiko, serta berlatih menghadapi kondisi darurat. Pelatihan dilakukan melalui tahap analisis kebutuhan, penyusunan kurikulum, serta penyediaan fasilitas simulator. Peserta menerima teori dasar PLTU sebelum praktik menggunakan SIMGENICS untuk simulasi operasi.

1.3 | Target Luaran

Luaran utama dari program pengabdian masyarakat ini adalah berupa satu artikel yang dipublikasikan di jurnal nasional Sewagati, publikasi di media, 1 video dokumentasi yang mendokumentasikan proses dan hasil kegiatan secara komprehensif, serta modul materi dan praktik simulasi. Modul pelatihan simulator dapat dilihat pada https://drive.google.com/file/d/1YNm9IO4RHonDUoWYrNqDhndcUUCZSy9R/view?usp=drive_link.



Gambar 1 Sampel gambar sampul modul simulator.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

Kebutuhan sumber daya manusia (SDM) berkompetensi tinggi pada sektor ketenagalistrikan terus meningkat seiring berkembangnya industri energi nasional. Salah satu kompetensi kritis adalah kemampuan dalam mengoperasikan dan memelihara pembangkit listrik, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). PLTU merupakan pembangkit dominan di Indonesia dan memiliki sistem operasi kompleks serta risiko tinggi, sehingga membutuhkan operator dengan keterampilan teknis yang matang^[6]. Namun, perguruan tinggi umumnya menghadapi keterbatasan fasilitas untuk memberikan pengalaman praktis kepada mahasiswa. Pembelajaran teori tidak mampu sepenuhnya menggambarkan dinamika operasional PLTU yang mencakup proses termodinamika, pengendalian sistem, hingga manajemen kondisi darurat. Hal ini menyebabkan terjadinya kesenjangan kompetensi antara lulusan dan kebutuhan industri, sehingga banyak perusahaan energi harus melakukan pelatihan ulang bagi pekerja baru^[7].

Pelatihan berbasis simulator menjadi solusi efektif untuk menjembatani kesenjangan tersebut. Simulator PLTU merupakan perangkat lunak yang meniru kondisi nyata pembangkit secara virtual, memungkinkan peserta berlatih operasi dan *troubleshooting* tanpa risiko terhadap peralatan maupun keselamatan. Metode pembelajaran berbasis simulasi terbukti meningkatkan pemahaman teknis, kemampuan pengambilan keputusan, dan keterampilan menghadapi keadaan darurat dalam lingkungan yang aman^[8]. Simulasi interaktif juga memberikan pengalaman visual dan aplikatif yang membantu mahasiswa memahami hubungan antara variabel termodinamika, proses konversi energi, serta respons sistem terhadap perubahan operasi. Dalam konteks pendidikan teknik, penggunaan simulator telah diakui sebagai strategi pembelajaran efektif untuk meningkatkan kesiapan kerja lulusan.

Perangkat lunak SIMGENICS telah banyak digunakan sebagai simulator pembangkit di berbagai institusi pelatihan karena kemampuannya menampilkan model PLTU secara realistis, menyediakan skenario operasi dan gangguan, serta memungkinkan evaluasi performa peserta^[9]. Pelatihan berbasis SIMGENICS memadukan teori sistem termodinamika dengan praktik pengoperasian PLTU, sehingga peserta dapat menguasai prinsip kerja pembangkit sekaligus praktik operasional secara virtual.

Program pelatihan yang disusun secara terstruktur mulai dari analisis kebutuhan mitra, penyusunan modul, pelaksanaan luring, hingga *monitoring* dan evaluasi akan memberikan dampak optimal dalam peningkatan kompetensi peserta. Penggunaan media visual seperti diagram PLTU juga terbukti meningkatkan kualitas pemahaman peserta melalui pendekatan multimodal dalam pembelajaran teknik^[8, 10]. Dengan demikian, pelatihan berbasis simulator PLTU dapat menjadi solusi strategis dalam menghasilkan SDM energi yang profesional, adaptif, dan siap kerja, sekaligus mendukung upaya penguatan ketahanan energi nasional melalui peningkatan kualitas pendidikan vokasi.

3 | METODE KEGIATAN

Flowchart pada gambar 2 berikut menyajikan alur penelitian yang dilakukan secara berurutan sebagai panduan dalam pelaksanaan setiap tahap kegiatan.

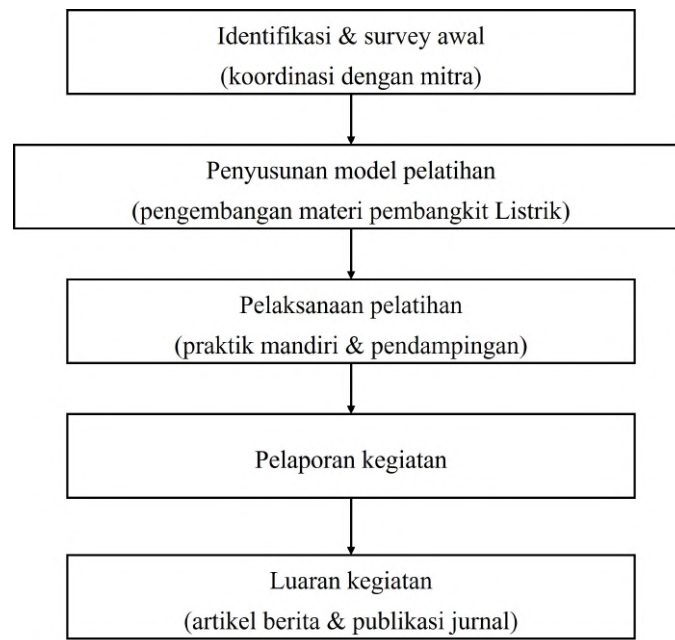
Adapun pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini dilakukan secara bertahap melalui beberapa metode sebagai berikut:

1. Identifikasi dan survei awal

Tim pelaksana akan melakukan analisis kebutuhan kegiatan dan ditindaklanjuti dengan koordinasi awal dengan berbagai pihak mitra melalui pertemuan luring untuk mendiskusikan mekanisme pelaksanaan kegiatan, termasuk skema pengiriman peserta, penyusunan jadwal, dan teknis administratif yang diperlukan. Diskusi ini juga bertujuan untuk melakukan pemetaan tingkat pengetahuan awal mitra, serta memastikan kesiapan pihak kampus dalam mendukung pelaksanaan kegiatan, seperti seleksi peserta dan pendampingan. Proses ini menjadi dasar dalam penyusunan modul pelatihan dan desain skenario simulasi, agar sesuai dengan latar belakang dan kebutuhan mitra

2. Penyusunan modul pelatihan

Modul pelatihan akan disusun oleh tim dosen dengan mengacu pada materi teknis sistem PLTU, yang dikombinasikan dengan gambar diagram PLTU nyata dan fitur-fitur Simgenics. Modul mencakup teori dasar, pengenalan antarmuka *software*, hingga simulasi berbagai kondisi operasional PLTU (*startup*, *shutdown*, beban parsial, dan gangguan sistem).



Gambar 2 Alur kegiatan pengabdian.

3. Pelaksanaan Pelatihan

Perangkat lunak Simgenics hanya tersedia dan berlisensi eksklusif di Laboratorium Simulasi DTM FTIRS ITS, maka seluruh pelatihan akan dilaksanakan secara terjadwal di ITS. Mitra akan datang ke ITS dalam kelompok kecil sesuai jadwal yang telah disepakati. Setiap sesi pelatihan akan berlangsung selama satu hari dengan skenario praktik dan simulasi langsung pada 6 *booth* Simgenics yang tersedia (setiap *booth* untuk 2 peserta). Selama pelatihan, siswa akan mendapatkan pengantar teori singkat, dilanjutkan dengan simulasi interaktif menggunakan Simgenics. Metode yang digunakan mencakup demonstrasi langsung, praktik mandiri dengan pendampingan, sesi tanya jawab, serta evaluasi kemampuan peserta melalui observasi dan kuis singkat.

4. Evaluasi dan dokumentasi

Evaluasi dilakukan melalui *pre-test* dan *post-test*, observasi kemampuan mitra dalam mengoperasikan *software*, dan wawancara dengan guru pendamping. Seluruh kegiatan akan didokumentasikan dalam bentuk laporan, video kegiatan, artikel berita, serta luaran berupa artikel ilmiah yang akan dipublikasikan di jurnal terindeks SINTA (Jurnal Sewagati)

4 | HASIL DAN DISKUSI

4.1 | Proses FGD dengan mitra

Tahap awal pelaksanaan program dimulai dengan kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD) antara tim pelaksana dan perwakilan mitra pendidikan, meliputi dosen mitra kolaborator, serta koordinator program pelatihan dari institusi peserta. FGD ini bertujuan untuk menyelaraskan kebutuhan pelatihan, memastikan kesiapan peserta, dan mengidentifikasi kesenjangan kompetensi terkait operasi PLTU yang ingin dipenuhi melalui kegiatan simulasi Simgenics.

FGD dilakukan secara luring di Departemen Teknik Mesin ITS melalui forum diskusi terstruktur. Beberapa hal penting yang dibahas meliputi:

1. Pemetaan kebutuhan kompetensi peserta, khususnya pemahaman dasar PLTU, kemampuan membaca parameter operasi, dan pengetahuan tentang prosedur desain keselamatan pembangkit.
2. Identifikasi hambatan pembelajaran di institusi mitra, terutama keterbatasan akses laboratorium pembangkit dan tidak adanya peralatan simulasi di sekolah asal.

3. Penjelasan skema pelatihan dan jadwal, termasuk pembagian kelompok kecil, durasi sesi, dan mekanisme *pre-test* serta *post-test*.
4. Penyesuaian modul pelatihan, agar sesuai tingkat pendidikan peserta yang beragam (vokasi dan sarjana).
5. Validasi kesiapan peserta, baik dari sisi jumlah, kompetensi dasar, maupun fasilitas penunjang (transportasi, pendampingan guru, dan administrasi).

Dari diskusi tersebut, mitra memberikan beberapa masukan, antara lain pentingnya memulai pelatihan dengan penguatan teori dasar siklus Rankine, penggunaan diagram alir sederhana untuk menjelaskan komponen PLTU, serta permintaan untuk menyertakan *disturbance simulation* agar peserta dapat mengalami kondisi operasional nyata. Diskusi ini menjadi dasar penyusunan kurikulum pelatihan lima hari (39 jam), baik Blok A (teori dan penguatan dasar) maupun Blok B (praktik simulasi).



Gambar 3 Focus Group Discussion bersama PENS, PPNS, Vokasi UNESA, dan PT. Acuan Teknologi Rekayasa.

4.2 | Pelaksanaan pelatihan



Gambar 4 Penyambutan dan Pengenalan fasilitas simulator serta penggunaan laboratorium.

Pelatihan dilaksanakan secara luring di Laboratorium Simulasi PLTU, Departemen Teknik Mesin FTIRS-ITS, dalam lima hari kegiatan dengan total durasi 39 jam. Seluruh sesi menggunakan perangkat *Operator Training Simulator* (OTS) SIMGENICS, yang terpasang pada enam *booth* komputer, sehingga setiap dua peserta dapat menjalankan satu modul simulasi secara mandiri. Pelatihan dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Penyambutan dan Penjelasan Teknis Pelatihan

Kegiatan dimulai dengan orientasi pelatihan yang dipandu oleh tim instruktur. Pada sesi ini, peserta diperkenalkan pada:

- (a) struktur umum pelatihan lima hari,
- (b) peraturan penggunaan laboratorium dan standar keselamatan,
- (c) pengenalan fasilitas simulator dan komponen perangkat keras,
- (d) mekanisme evaluasi observasi praktik.

Peserta juga diarahkan untuk mengenali tampilan fisik *workstation*, termasuk tiga layar utama Simgenics (*dashboard* operasi, grafik *monitoring*, dan skema sistem). Hal ini bertujuan agar peserta *familiar* dengan tampilan sistem sejak awal sebelum memulai simulasi.

2. Hari ke-1 & ke-2 — Pembelajaran Teoretis Terstruktur (Blok A)

Peserta menerima penguatan teori yang diberikan secara bertahap oleh instruktur:

(a) Dasar Termodinamika dan Konversi Energi

Instruktur menjelaskan konsep siklus Rankine, alur pembangkitan energi, perpindahan panas, aliran fluida, fenomena kondensasi–evaporasi, dan proses ekspansi uap pada turbin. Banyak peserta yang baru memahami keterkaitan energi *input–transformasi–output* melalui diagram interaktif yang ditampilkan.

(b) Komponen Utama PLTU

Materi meliputi:

- i. *boiler* dan ruang bakar,
- ii. *economizer*, *superheater*, *reheater*,
- iii. turbin HP–IP–LP,
- iv. generator dan sinkronisasi,
- v. *feedwater tank* dan *deaerator*.

Instruktur menggunakan diagram PLTU yang telah disiapkan dalam bentuk digital dan cetak sehingga peserta dapat menghubungkan teori dengan tampilan simulasi.

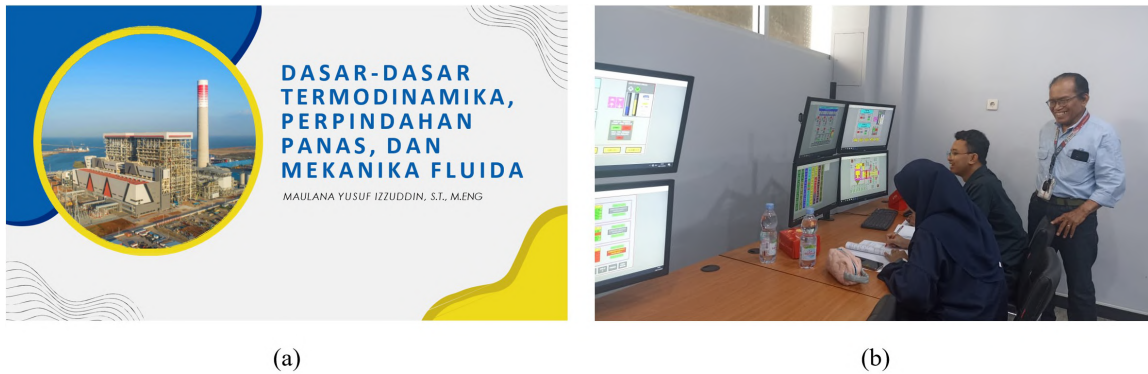
(c) Sistem Bantu dan Instrumentasi

Peserta diperkenalkan pada perangkat pembantu seperti:

- i. *coal handling system*,
- ii. *circulating water system*,
- iii. *lube oil system*,
- iv. *forced draft* dan *induced draft fan*,
- v. kondensor dan pompa kondensat.

Pada sesi instrumentasi, peserta mempelajari fungsi sensor tekanan, *flowmeter*, indikator level, dan pembacaan grafik tren (*trend data*) sebagai dasar pengoperasian.

Seluruh materi diberikan secara multimodal: kuliah singkat, video edukasi, latihan membaca diagram, dan diskusi terarah.



Gambar 5 Pembekalan dasar teori dan Pengarahan langsung dari instruktur.

3. Hari ke-3 sampai ke-5 — Simulasi Operasi PLTU Berbasis SIMGENICS (Blok B)

Bagian inti pelatihan adalah *hands-on simulation* menggunakan SIMGENICS. Seluruh modul yang dikerjakan peserta disajikan dalam tabel berikut agar lebih terstruktur:

Tabel 1 Rangkain Kegiatan Pelatihan Hari ke-3 hingga ke-5 (Blok B: 24 Jam)

No	Modul/Kegiatan Inti	Tujuan Pembelajaran	Aktivitas Peserta	Durasi
1	Pengenalan Antarmuka & Procedural Notes	Memahami struktur menu, panel operasi, dan navigasi Simgenics	Menjelajahi dashboard, membuka diagram alir, membaca alarm & interlock	1 jam 30 menit
2	Circulating Water System	Menjalankan sistem pendingin utama untuk kondensor	Mengoperasikan pompa CW, mengatur flow rate, memonitor temperatur kondensor	2 jam
3	Miscellaneous Auxiliary Systems	Memahami fungsi sistem bantu pendukung pembangkit	Menjalankan fan bantu, sistem pelumasan, dan auxiliary lainnya	2 jam
4	Turbine Auxiliaries	Memahami subsistem pendukung turbin uap	Mengoperasikan sistem gland seal, temperatur & tekanan turbin	2 jam
5	Condensate System	Memahami pengelolaan kondensat dari turbin sampai deaerator	Menyalakan pompa kondensat, mengatur aliran, memonitor backpressure	2 jam
6	Condensate/Feedwater Heaters	Mengerti prinsip pemanasan bertingkat air pengisi boiler	Mengamati LP/HP heaters dan kontrol temperatur	1 jam 30 menit
7	Feedwater System	Mengatur aliran air umpan menuju boiler	Menjalankan feedwater pump, mengatur valve & kontrol level drum	2 jam
8	Boiler Water Circulating Pumps	Menjaga sirkulasi internal air dalam boiler	Mengoperasikan BWCP, mengamati kestabilan tekanan	1 jam 30 menit
9	Boiler Air & Gas System	Memahami mekanisme pembakaran & aliran udara/gas buang	Mengatur FDF, IDF, damper, memantau komposisi gas buang	2 jam
10	Boiler Purge Preparation	Menyiapkan boiler untuk pembersihan awal	Mengecek interlock, memastikan aliran udara aman	1 jam

Tabel 1 Rangkain Kegiatan Pelatihan Hari ke-3 hingga ke-5 (Blok B: 24 Jam)

No	Modul / Kegiatan Inti	Tujuan Pembelajaran	Aktivitas Peserta	Durasi
11	Boiler Purge & Ignition	Melakukan purge dan penyalakan burner	Menjalankan prosedur purge, menyalakan burner, memantau pembangunan tekanan	1 jam 30 menit
12	Raising Boiler Pressure	Menstabilkan tekanan boiler dari kondisi awal	Menganalisis grafik tekanan dan menjaga kestabilan parameter	1 jam 30 menit
13	Turbine Gland Seal Steam System	Memahami pentingnya seal uap untuk turbin	Mengatur tekanan seal, memantau kebocoran uap	1 jam 30 menit
14	Boiler Feed Pump Turbine Operation	Mengoperasikan turbin penggerak pompa air umpan	Mengatur katup uap, memantau respon daya turbin	1 jam 30 menit
15	Persiapan Uji Kompetensi	Menyiapkan peserta menghadapi post-test & simulasi mini	Review parameter kritis & alur sistem	1 jam
16	Uji Kompetensi Akhir (Post-test)	Mengukur peningkatan kompetensi peserta	Tes teori + penilaian interaksi peserta dengan simulator	1 jam



(a)



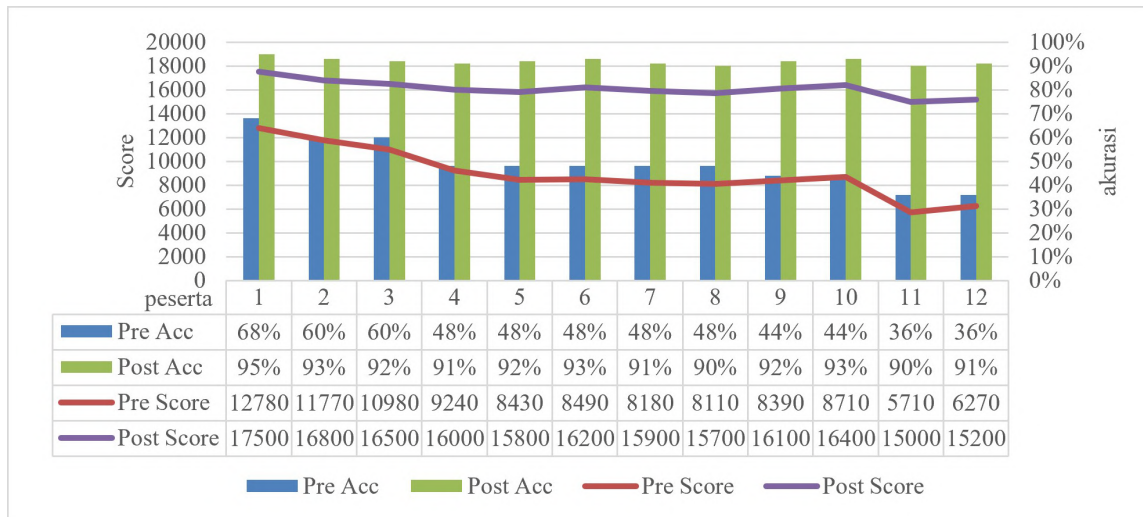
(b)

Gambar 6 Proses *hands-on simulation* menggunakan SIMGENICS. (a) Suasana pelatihan di Lab Simulasi Simgenics Teknik Mesin ITS; dan (b) Dokumentasi bersama instruktur setelah sesi berakhir.

Instruktur melakukan pengamatan langsung terhadap:

- (a) ketepatan menjalankan urutan operasi,
- (b) ketelitian membaca parameter (*pressure, level drum, temperature*),
- (c) respons terhadap alarm,
- (d) kemampuan bekerja dalam tim saat menjalankan simulasi.

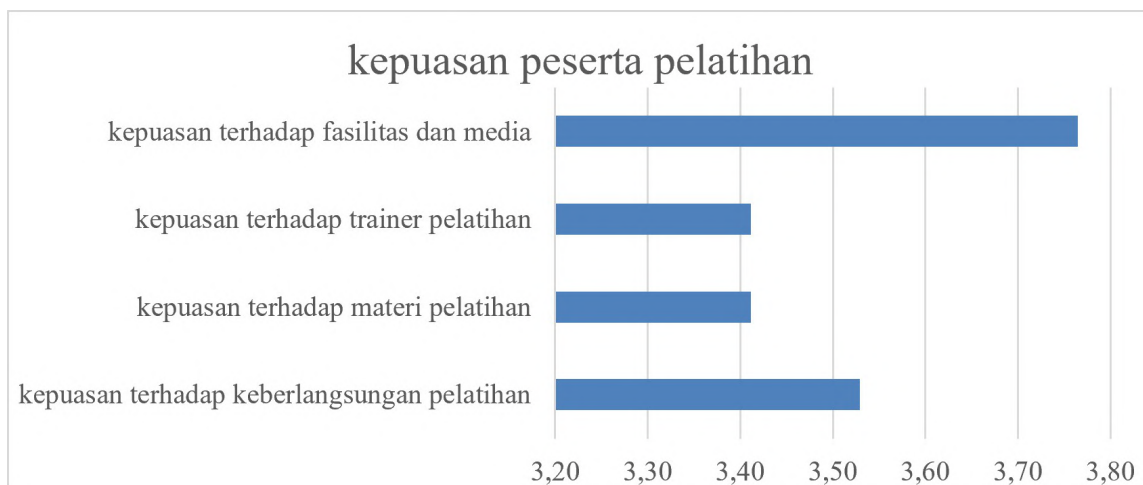
Hasil observasi menunjukkan bahwa peserta mengalami peningkatan kompetensi operasional yang nyata, khususnya dalam memahami hubungan antar subsistem PLTU. Hal ini dapat dilihat dari hasil *pre-test* dan *post-test* yang menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. Pengukuran tersebut dilakukan menggunakan media pembelajaran Kahoot, hasil analisis *score* tiap peserta dan akurasi dalam menjawab soal dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7 Hasil nilai skor *pre test* dan *post test*.

Dari gambar 7 menunjukkan peningkatan yang sangat besar antara *pre-test* dan *post-test*. Akurasi naik dari 36%–68% menjadi 90%–95%, sementara skor meningkat dari 5.710–12.780 menjadi 15.000–17.500 pada seluruh peserta. Secara rata-rata, akurasi peserta meningkat dari sekitar 49% pada *pre-test* menjadi sekitar 92% pada *post-test*, atau mengalami kenaikan sekitar 40 poin persentase. Sementara itu, skor rata-rata meningkat dari sekitar 9.300 menjadi 16.000, atau naik sekitar 6.700 poin. Peningkatan yang cukup besar ini menunjukkan efektivitas pelatihan yang telah dilakukan selain itu juga mengindikasikan bahwa penggunaan simulator mampu membantu peserta memahami proses operasional pembangkit secara lebih aplikatif dan interaktif dibandingkan metode konvensional. Namun demikian, kualitas pelatihan ini masih dapat terus ditingkatkan, misalnya dengan pengayaan variasi tingkat kesulitan soal, penambahan skenario simulasi yang lebih beragam, serta penguatan evaluasi yang tidak hanya mengukur hasil, tetapi juga proses berpikir peserta. Dengan pengembangan tersebut, pelatihan diharapkan dapat memberikan dampak yang lebih optimal dan berkelanjutan, terutama dalam membentuk pemahaman konseptual dan keterampilan operasional yang lebih mendalam.

Adapun hasil *survey* kepuasan (nilai kepuasan 1 - 5, tidak puas – sangat puas) peserta pelatihan dapat dilihat pada gambar berikut ini. Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa para peserta rata-rata puas terhadap kegiatan pelatihan baik dari fasilitas dan media yang disediakan, materi, keberlangsungannya dan *trainer*-nya.



Gambar 8 Kepuasan peserta pelatihan.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Program pelatihan *Operator Training Simulator* (OTS) berbasis SIMGENICS berhasil memberikan pengalaman pembelajaran yang komprehensif bagi peserta dalam memahami sistem operasi PLTU. Kegiatan yang mencakup penguatan teori, demonstrasi sistem, dan praktik simulasi langsung terbukti meningkatkan kompetensi peserta secara signifikan.

Peserta mampu mengenali keterkaitan antar subsistem PLTU, memahami hubungan parameter operasi seperti tekanan, temperatur, dan *level drum*, serta lebih terampil dalam mengoperasikan panel simulasi secara berurutan sesuai prosedur. Selain itu, pendampingan intensif melalui observasi langsung membantu peserta membangun kemampuan analitis dan sikap kerja yang diperlukan dalam lingkungan operasi pembangkit.

Dari hasil *pre-test* dan *post-test* menunjukkan rata-rata akurasi peserta dalam menjawab permasalahan (soal) meningkat dari 49% menjadi 92% dan rata-rata *score* meningkat juga dari 9.300 menjadi 16.000. Hasil *survey score* kepuasan (1–5) peserta terhadap fasilitas 3,76; *trainer* pelatihan 3,41; materi pelatihan 3,41 dan keberlangsungan pelatihan 3,53.

Kegiatan ini menunjukkan bahwa penggunaan simulator industri dalam pembelajaran teknik dapat menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik, terutama bagi mahasiswa vokasi dan sarjana teknik yang belum memiliki akses langsung ke fasilitas pembangkit listrik. Pelatihan berhasil mencapai target luaran berupa peningkatan kompetensi peserta, dokumentasi kegiatan, dan penyusunan materi pelatihan yang siap dikembangkan lebih lanjut.

Beberapa saran untuk penyempurnaan dan pengembangan kegiatan di masa mendatang antara lain:

1. Penambahan modul tingkat lanjut seperti skenario gangguan (*abnormal operation*) dan prosedur penanganannya untuk meningkatkan kemampuan pengambilan keputusan peserta.
2. Integrasi sistem evaluasi berbasis performa, sehingga penilaian peserta tidak hanya melalui *pre/post-test*, tetapi juga berdasarkan akurasi langkah operasi, ketelitian membaca parameter, dan respons terhadap alarm.
3. Kolaborasi berkelanjutan dengan institusi pendidikan vokasi, agar pelatihan dapat diadakan secara periodik sehingga memperluas dampak dan memberikan kesempatan pembelajaran praktis kepada lebih banyak mahasiswa.
4. Pengembangan modul daring pendamping berupa video tutorial, lembar observasi, dan rangkuman materi, sehingga peserta dapat melakukan pengulangan belajar di luar sesi pelatihan.

Dengan implementasi saran-saran tersebut, program pelatihan SIMGENICS diharapkan dapat menjadi model pembelajaran teknik yang lebih efektif, adaptif, dan mampu mendukung penguatan kompetensi sumber daya manusia di sektor ketenagalistrikan nasional.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian masyarakat ini didukung oleh DRPM dana Departemen Teknik Mesin ITS Sesuai Surat Perjanjian Pelaksanaan Pengabdian Nomor: 2497/PKS/ITS/2025.

Referensi

1. Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. Statistik Ketenagalistrikan 2021. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia; 2022.
2. Lolla A, Yang M. Global Electricity Review 2021 Indonesia: Indonesia defies global trend with more coal in the generation-mix. Ember; 2021.
3. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Konsumsi Listrik Masyarakat Meningkat, Tahun 2023 Capai 1.285 kWh/Kapita; 2024. <https://www.esdm.go.id>, [Online; diakses 1-April-2024].

4. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 12 Tahun 2024 tentang Kurikulum pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah; 2024. https://kurikulum.kemdikbud.go.id/file/1711507788_manage_file.pdf.
5. International Energy Agency. Electricity Information 2022. IEA Publications; 2022. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022/outlook-for-electricity>.
6. Arilaha MNI, Zairil, Widayati C, Pramudito O, Ardian D, Fadjarenie RA, et al. Bridging the Skill Gap in Energy Transition: Towards a Sustainable Workforce Development. *KnE Social Sciences* 2025;2025:19756.
7. Republik Indonesia, Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 6 Tahun 2021 tentang Standardisasi Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan; 2021. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/175255/permen-esdm-no-6-tahun-2021>.
8. Bauer E, Heitzmann N, Fischer F. Simulation-based learning in higher education and professional training: Approximations of practice through representational scaffolding. *Studies in Educational Evaluation* 2022;74:101213.
9. Simgenics. Advanced Power Plant Simulation and Training Systems: Technical Documentation; 2021, <https://simgenics.com/>.
10. Mayer RE. *Multimedia Learning*. 3rd ed. Cambridge University Press; 2020.

Cara mengutip artikel ini: Kusumadewi, T. V., Bachtiar, A., Aries, W., Izzuddin, M. Y., (2026), Inovasi Pembelajaran Energi: Operasi PLTU Berbasis *Simgenics Operator Training Simulator* (OTS), *Sewagati*, 10(3):622–632, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i3.9216>.