PENINGKATAN KOMPETENSI MAHASISWA TEKNOLOGI REKAYASA ENERGI BERKELANJUTAN MELALUI PELATIHAN SIMULATOR SIMGENICS PADA SISTEM PEMBANGKIT TENAGA UAP

Eky Novianarenti[1], Egisti Elenia Azzahra[1], Anisa Ayuk Lestari[1], Muchammad Nidhor Fairuza[1], Imaniah Sriwijayasih[2], M Anis Mustaghfirin[1]

[1]*Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*
[2]*Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*

E-mail: ekynovianarenti@ppns.ac.id

Abstract

*The **SIMGENICs Simulator Training for Steam Power Plant Systems** was conducted to enhance the competencies of students in the Sustainable Energy Engineering Technology Program in understanding the principles, operation, and control of steam power plant systems. The use of the SIMGENICs simulator enables students to study power plant operating conditions in a virtual and interactive environment, allowing them to gain a comprehensive understanding of power generation processes, fluid flow systems, boilers, steam turbines, condensers, as well as operational control and safety procedures without direct exposure to industrial facilities. The training involved 54 students and employed learning methods that included an introduction to the SIMGENICs interface, simulation of startup and shutdown procedures, monitoring of key operating parameters, and case studies on troubleshooting steam power plant systems. The training results demonstrated a significant improvement in students' knowledge and technical skills related to power plant operation. Prior to the training, only about 45% of participants had a clear understanding of steam power plant operational and control processes. After completing the training, this figure increased to 88%. Furthermore, 90% of participants reported greater confidence in understanding power plant operations and felt better prepared to meet the competency requirements of the energy and power generation industries. Although several challenges were encountered, including limited computer specifications and restricted practice time, the training proved effective in strengthening students' competencies in steam power plant systems and supporting graduate readiness for the evolving demands of the sustainable energy sector and digital transformation in the power industry.*

Keywords: *competency, powerplant systems, simulator SIMGENICs, student*

PENDAHULUAN

Sektor ketenagalistrikan menuntut lebih dari sekadar pemahaman teoritis di ruang kelas. Industri ini membutuhkan tenaga kerja dengan kompetensi teknis, analitis, dan kesiapan operasional yang matang. Kompleksitas sistem pembangkit tenaga uap yang mengintegrasikan *boiler*, turbin, hingga sistem kontrol memaksa mahasiswa untuk tidak sekadar menghafal teori secara parsial. Mereka dituntut mampu memadukan konsep termodinamika, mekanika fluida, perpindahan panas, dan instrumentasi ke dalam satu pemahaman fungsional yang siap diterapkan di lapangan sesungguhnya.



Gambar 1. Urgensi penggunaan simulator dalam pembelajaran sistem pembangkit tenaga uap

Perkembangan teknologi digital turut mengubah cara pendidikan teknik diselenggarakan, dan salah satu perubahan yang cukup signifikan adalah masuknya virtual laboratory dan simulator sebagai media pembelajaran yang semakin diperhitungkan seperti pada Gambar 1. Penggunaan laboratorium virtual kini tidak dapat diabaikan dalam ekosistem pendidikan teknik (Heradio et al., 2016). Secara signifikan, metode ini mampu meningkatkan kemampuan kognitif dan capaian akademik mahasiswa (Li & Liang, 2024), serta memberikan manfaat praktis berupa efisiensi biaya, fleksibilitas, keamanan, hingga penguatan keterampilan konsep maupun teknis secara bersamaan (Wahyudi et al., 2023)

Sebagai simulator *high-fidelity* berbasis *digital twin*, SIMGENICs mampu menyimulasikan operasi aktual pembangkit listrik secara nyata dan aman (BPSDM ESDM, 2020), sehingga sangat ideal digunakan sebagai media pembelajaran praktik akademik ketika akses langsung ke fasilitas industri tidak memungkinkan. Meskipun transisi energi terus berjalan, penguasaan sistem pembangkit tenaga uap tetap menjadi kompetensi wajib bagi mahasiswa rekayasa energi karena sistem ini masih terintegrasi kuat dalam ketenagalistrikan nasional, sementara pemahaman komprehensif mengenai operasi, efisiensi, dan keselamatannya sangat sulit dibangun hanya dari teori kelas. Penggunaan simulator terbukti berkontribusi positif terhadap peningkatan hasil belajar dan keterlibatan peserta didik (Kefalis et al., 2025). Selain itu, laboratorium virtual sangat efektif sebagai pelengkap eksperimen fisik karena menyediakan akses praktik yang aman, berulang, dan hemat biaya, namun tetap mampu merepresentasikan kompleksitas sistem pembangkit secara kontekstual (Zhang & Liu, 2024)

Meskipun manfaat simulasi secara umum telah banyak diteliti, kajian empiris mengenai penerapan SIMGENICs secara khusus bagi mahasiswa Teknologi Rekayasa Energi Berkelanjutan masih sangat terbatas, padahal program studi ini menuntut kompetensi kompleks mulai dari operasi pembangkit hingga adaptasi digitalisasi dengan

karakteristik berbeda dari teknik mesin konvensional. Kebaruan kegiatan ini terletak pada penerapan *Simulation-Based Learning* yang dipadukan dengan *Experiential Learning* secara terstruktur. Dengan demikian, pelatihan ini memberikan bukti terukur mengenai dampak SIMGENICs terhadap kesiapan kerja mahasiswa di sektor energi berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Program Pengabdian kepada Masyarakat ini dilaksanakan sebagai upaya untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam memahami prinsip kerja dan analisis performa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) melalui pemanfaatan perangkat lunak simulator SIMGENICs. Kegiatan ini dirancang untuk mendukung pengembangan keterampilan mahasiswa pada bidang energi dan ketenagalistrikan, khususnya dalam aspek pemodelan, simulasi, dan analisis sistem pembangkit. Pemanfaatan simulasi dalam proses pembelajaran terbukti mampu meningkatkan pemahaman konseptual serta keterampilan teknis peserta melalui lingkungan belajar yang interaktif dan mendekati kondisi operasi sebenarnya.

Pelaksanaan kegiatan menggunakan pendekatan *Simulation-Based Learning* (SBL) yang dipadukan dengan *Experiential Learning*, yaitu pendekatan pembelajaran yang menekankan pengalaman belajar melalui praktik dan simulasi secara langsung sehingga peserta dapat menghubungkan konsep teoritis dengan kondisi operasional sistem yang disimulasikan.

Kegiatan pengabdian dilaksanakan melalui beberapa tahapan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

Kegiatan pengabdian dilaksanakan melalui lima tahapan. Tahap pertama adalah identifikasi kebutuhan kompetensi 54 mahasiswa Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Energi Berkelanjutan (kelas RE4A dan RE4B) melalui koordinasi dengan dosen pengampu dan pihak Laboratorium SIMGENICs. Selanjutnya disusun jadwal pelatihan serta tim tutor yang terdiri atas instruktur laboratorium dan pendamping kegiatan untuk memberikan arahan, demonstrasi, dan pendampingan selama simulasi berlangsung.

Tahap persiapan meliputi penyusunan materi pelatihan konsep dasar PLTU, siklus Rankine, komponen utama, dan pengenalan fitur SIMGENICs, studi kasus simulasi, perangkat keras/lunak, serta instrumen pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta sebelum dan sesudah pelatihan. Pelatihan kemudian dilaksanakan

selama dua hari dengan peserta dibagi ke dalam empat batch, melalui tiga metode utama: ceramah mengenai prinsip kerja PLTU, siklus Rankine, dan pengenalan SIMGENICs; peragaan berupa demonstrasi langsung oleh instruktur mencakup pembuatan model sistem, pengaturan parameter operasi, serta interpretasi hasil simulasi; dan praktik, di mana peserta mengoperasikan simulator secara mandiri dengan pendampingan instruktur untuk menjalankan simulasi sistem PLTU, mengatur kondisi operasi, mengamati parameter termodinamika, dan menganalisis performa sistem secara *hands-on*.

Sebagai tahap akhir, post-test diberikan untuk membandingkan capaian peserta terhadap hasil pre-test sebagai indikator keberhasilan pelatihan, disertai dokumentasi kegiatan dan penyusunan laporan pengabdian.



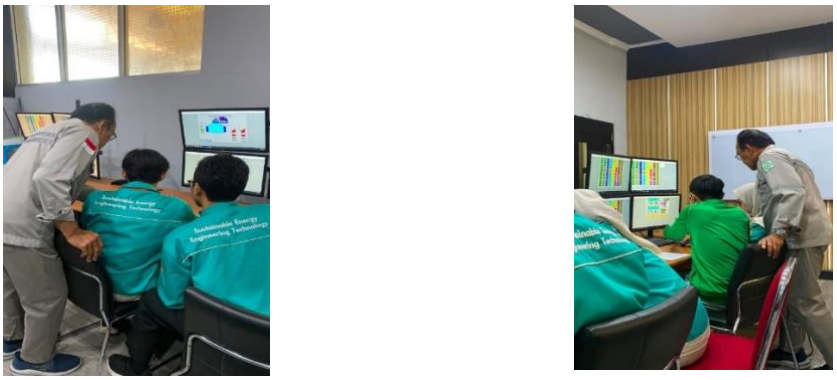
Gambar 2. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan meningkatkan kompetensi 54 mahasiswa D4 Teknologi Rekayasa Energi Berkelanjutan ITS dalam memahami dan menganalisis performa PLTU menggunakan simulator SIMGENICs. Pelatihan dilaksanakan di Laboratorium SIMGENICs ITS pada 5-6 Juni 2026, yang dibagi menjadi 4 *batch* berdurasi masing-masing 4 jam.

Pada sesi awal, peserta diberikan pemahaman mengenai konsep dasar simulasi sistem energi, prinsip kerja siklus Rankine, serta pengenalan antarmuka dan fitur-fitur utama SIMGENICs. Selanjutnya, instruktur melakukan demonstrasi penggunaan simulator mulai dari pengaturan kondisi operasi, menjalankan simulasi, hingga analisis hasil simulasi. Pendekatan ini dipilih agar peserta tidak hanya memperoleh pemahaman teoritis mengenai sistem pembangkit tenaga uap, tetapi juga memiliki gambaran visual sebelum mempraktikkannya. Pembelajaran berbasis simulasi terbukti mampu meningkatkan

pemahaman konsep dan keterampilan teknis mahasiswa karena memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif.



Gambar 3. Pengajaran dan Pembimbingan Pelatihan SIMGENICs oleh Inspektur

Memasuki metode praktik, mahasiswa diberikan kesempatan untuk mengoperasikan simulator SIMGENICs secara langsung dengan pendampingan intensif dari instruktur (Gambar 3). Pada tahap ini, peserta melakukan simulasi sistem PLTU, mengatur kondisi operasi pembangkit, mengamati perubahan parameter termodinamika, serta menganalisis performa sistem berdasarkan hasil simulasi yang diperoleh.



(a) (b)

Gambar 4. Aktivitas Praktik (a) Simulasi PLTU (b) sesi foto bersama

Dibutuhkan waktu adaptasi pada awal sesi praktik, namun di pertengahan hingga akhir *batch*, sebagian besar mahasiswa menunjukkan peningkatan signifikan dalam hal ketepatan mengatur parameter dan membaca data hasil simulasi. Hasil evaluasi praktik menunjukkan bahwa lebih dari 85% peserta mampu menyelesaikan pemodelan sirkulasi PLTU dasar dan merumuskan analisis performanya secara mandiri. Penggunaan laboratorium virtual dan media simulasi dalam pembelajaran ini diketahui secara nyata dapat meningkatkan pemahaman konsep serta keterampilan peserta melalui interaksi langsung dengan lingkungan belajar (Gambar 4).

Sebelum sesi pelatihan dimulai, dilakukan *pre-test* untuk mengukur pengetahuan awal peserta tentang operasional PLTU dan simulator termodinamika. Secara umum, tingkat pemahaman teoritis peserta berada dalam kategori cukup baik, namun pemahaman teknis terkait *software* masih memerlukan banyak bimbingan.

Tabel 1. Hasil Pre-test Pengetahuan PLTU dan Simulator Sebelum Pelatihan

No	Aspek yang Diujikan	Persentase Pre-Test	Presentase Post-Test	Interpretasi
1.	Konsep dasar Siklus Rankine pada PLTU	92%	97%	Pemahaman teori termodinamika pembangkit semakin baik setelah melakukan praktik simulasi.
2.	Komponen utama PLTU (Boiler, Turbin, Kondensor)	95%	98%	Mahasiswa semakin memahami keterkaitan fungsional antar komponen melalui visualisasi pada simulator.
3.	Fungsi parameter tekanan dan suhu uap	85%	92%	Keraguan penerapan konsep pada peserta di awal berkurang signifikan setelah praktik langsung.
4.	Pengaruh beban operasional terhadap kinerja	78%	90%	Korelasi fluktuasi beban dengan respons system menjadi lebih dipahami melalui simulasi kondisi operasi nyata.
5.	Pengenalan *interface* (antarmuka) SIMGENICs	45%	88%	Peningkatan tertinggi terjadi pada aspek ini, peserta yang sebelumnya belum pernah menggunakan software kini mampu mengoperasikannya sendiri.

Berdasarkan hasil kegiatan, terlihat bahwa metode pembelajaran berbasis praktik langsung dan pendekatan partisipatif memberikan dampak positif terhadap peningkatan kompetensi mahasiswa. Peserta tidak hanya memahami konsep teoritis mengenai sistem pembangkit tenaga uap, tetapi juga mampu mengaplikasikan pengetahuan tersebut dalam simulasi yang menyerupai kondisi operasi nyata di industri. Peningkatan paling menonjol terjadi pada aspek pengenalan antarmuka SIMGENICs, yang menegaskan bahwa keterbatasan awal peserta bukan pada pemahaman konseptual, melainkan pada keterpaparan teknis terhadap perangkat lunak simulator kesenjangan yang berhasil dijembatani secara efektif melalui pelatihan ini.



Gambar 5. Hasil Analisis Performa Sistem Pembangkit oleh Peserta Pelatihan

Kemampuan mahasiswa dalam mengatur parameter operasi, membaca data proses, dan menganalisis performa pembangkit mengalami peningkatan yang signifikan selama pelatihan berlangsung. Dengan demikian, pelatihan SIMGENICs dapat menjadi salah satu metode efektif dalam mendukung peningkatan kompetensi dan kesiapan kerja mahasiswa di bidang energi dan pembangkitan listrik.

SIMPULAN

Secara keseluruhan, pelatihan penggunaan simulator SIMGENICs pada sistem pembangkit tenaga uap berhasil meningkatkan pemahaman, kompetensi teknis, serta kemampuan analitis mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Energi Berkelanjutan. Melalui pendekatan pembelajaran berbasis simulasi, mahasiswa memperoleh pengalaman praktis dalam memahami proses operasi pembangkit, mulai dari startup dan shutdown sistem, pemantauan parameter operasi, hingga penanganan gangguan yang umum terjadi pada pembangkit tenaga uap. Pendekatan ini mampu menjembatani kesenjangan antara teori yang diperoleh di kelas dengan praktik yang diterapkan di industri ketenagalistrikan. Meskipun masih terdapat beberapa kendala, seperti keterbatasan spesifikasi perangkat komputer dan waktu praktik yang relatif terbatas, hasil pelatihan menunjukkan dampak yang sangat positif terhadap pengembangan kompetensi mahasiswa. Oleh karena itu, integrasi simulator SIMGENICs dan teknologi simulasi sejenis ke dalam kegiatan pembelajaran maupun pelatihan berbasis praktik sangat direkomendasikan untuk mendukung peningkatan kualitas lulusan, memperkuat keterampilan kerja yang relevan dengan kebutuhan industri, serta mempersiapkan sumber daya manusia yang unggul dalam menghadapi tantangan transformasi sektor energi di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Energi dan Sumber Daya Mineral. (2020). Penggunaan simulator dalam pelatihan pengoperasian pembangkit listrik. Diakses 11 Juni 2026, dari https://bpsdm.esdm.go.id/posts/2020/06/24/penggunaan-simulator-dalam-pelatihan-pengoperasian-pembangkit-listrik/286

Chernikova, O., Heitzmann, N., Stadler, M., Holzberger, D., Seidel, T., & Fischer, F. (2020). Simulation-based learning in higher education: A meta-analysis. Review of Educational Research, 90(4), 499–541. https://doi.org/10.3102/0034654320933544

Hasan, H., Wulansari, R. E., Maksum, H., & Putri, T. T. A. (2024). Investigating the Impacts of A Simulation-Based Learning Model Using Simulation Virtual Laboratory on Engineering Students. *Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika*, *8*(3), 1569-1576. DOI: 10.33395/sinkron.v8i3.13747

Heradio, R., de la Torre, L., Galan, D., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E., & Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. Computers & Education, 98, 14–38. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010

Kefalis, C., Skordoulis, C., & Drigas, A. (2025). Digital simulations in STEM education: Insights from recent empirical studies, a systematic review. Encyclopedia, 5(1), 10. https://doi.org/10.3390/encyclopedia5010010

Li, J., & Liang, W. (2024). Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis. PLOS ONE, 19(12), e0316269. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316269

Meilina, I. L., Rohmah, A. A., & Farikha, N. (2023). Studi literatur efektivitas virtual laboratorium pada pembelajaran fisika. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Pembelajaran*, *1*(2), 40-50. https://doi.org/10.58706/jipp.v1n2.p40-50

Wahyudi, M. N. A., Budiyanto, C. W., Widiastuti, I., Hatta, P., & Bakar, M. S. B. (2023). Understanding virtual laboratories in engineering education: A systematic literature review. International Journal of Pedagogy and Teacher Education, 7(2), 102–118. https://doi.org/10.20961/ijpte.v7i2.85271

Zhang, N., & Liu, Y. (2024). Design and implementation of virtual laboratories for higher education sustainability: A case study of Nankai University. Frontiers in Education, 8, 1322263. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1322263