

PENGARUH PENGGUNAAN APLIKASI SIMULASI *FACTORY I/O* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN TERHADAP HASIL BELAJAR PESERTA DIDIK JURUSAN TEKNIK KELISTRIKAN KAPAL PADA ELEMEN SISTEM KONTROL KELISTRIKAN DI SMK NEGERI 3 BUDURAN

Ibrohim Zuhayr Achmad

Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Surabaya
ibrohim.20030@mhs.unesa.ac.id

Tri Rijanto

Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Surabaya
tririjanto@unesa.ac.id

Muhamad Syariffuddin Zuhrie

Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Surabaya
zuhrie@unesa.ac.id

Nur Kholis

Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Surabaya
nurkholis@unesa.ac.id

Abstrak

Tantangan umum dalam pendidikan kejuruan sering kali berkaitan dengan keterbatasan infrastruktur laboratorium dan kurangnya keterlibatan peserta didik akibat metode pembelajaran yang masih bergantung pada media presentasi seperti *PowerPoint*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan aplikasi simulasi *Factory I/O* sebagai media pembelajaran terhadap hasil belajar peserta didik SMK, khususnya pada elemen sistem kontrol kelistrikan. Desain penelitian ini menggunakan quasi-eksperimen dengan *nonequivalent control group design*. Subjek penelitian terdiri peserta didik 72 peserta didik fase F (kelas 11 dan 12) jurusan Teknik Kelistrikan Kapal di SMK Negeri 3 Buduran ($\alpha = 5\%$). 36 peserta didik kelas 11 menjadi kelas eksperimen yang menggunakan *Factory I/O* dan 36 peserta didik kelas 12 menjadi kelas kontrol yang menggunakan *PowerPoint*. Instrumen penelitian meliputi tes pengetahuan (*pre-test*), tes kinerja (*post-test*), serta angket respon peserta didik. Analisis data dilakukan menggunakan *T-test (independent dan paired)*, analisis *effect size*, serta statistik deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan signifikan dalam hasil belajar kelas eksperimen setelah menggunakan *Factory I/O*, dengan rerata *pre-test* 76,94 dan *post-test* 85,24, $t(35) = -6,997$, $p < 0,001$, $d = 1,166$ (efek besar). Perbandingan antara hasil *post-test* kelas eksperimen dan kontrol juga menunjukkan perbedaan signifikan, $t(70) = 2,558$, $p = 0,013$, $d = 0,603$ (efek sedang). Selain itu, respon siswa terhadap penggunaan *Factory I/O* umumnya positif, dengan mayoritas menyatakan bahwa aplikasi ini membantu pemahaman konsep sistem kontrol melalui visualisasi yang lebih realistis. Dengan demikian, penggunaan media *Factory I/O* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil belajar peserta didik pada elemen sistem kontrol kelistrikan.

Kata Kunci: *factory I/O*, sistem kontrol kelistrikan, media pembelajaran, quasi-eksperimen, hasil belajar, sekolah menengah kejuruan

Abstract

Vocational education often faces challenges related to limited laboratory infrastructure and low student engagement due to the reliance on conventional presentation-based teaching methods such as *PowerPoint*. This study aims to analyze the effect of using the *Factory I/O* simulation application as a learning medium on vocational high school students' learning outcomes, particularly in the field of electrical control systems. This research employs a quasi-experimental design with a *nonequivalent control group design*. The study participants consisted of 72 Phase F students (Grades 11 and 12) from the Ship Electrical Engineering program at SMK Negeri 3 Buduran ($\alpha = 5\%$). The experimental group comprised 36 Grade 11 students who used *Factory I/O*, while the control group consisted of 36 Grade 12 students who used *PowerPoint*. The research instruments included a knowledge test (*pre-test*), a hands on practice test (*post-test*), and a student response questionnaire. Data analysis was conducted using paired and independent *t-tests*, effect size analysis, and descriptive statistics. The results indicate a significant improvement in the experimental group's learning outcomes after using *Factory I/O*, with a mean *pre-test* score of 76.94 and a *post-test* score of 85.24, $t(35) = -6.997$, $p < 0.001$, $d = 1.166$ (large effect). A comparison of the *post-test* results between the experimental and control groups also revealed a significant difference, $t(70) = 2.558$, $p = 0.013$, $d = 0.603$ (medium effect). Additionally, students' responses to *Factory I/O* were generally positive, with the majority stating that the application enhanced their understanding of control system concepts through more realistic visualizations. Therefore, the use of *Factory I/O* as a learning medium has a significant impact on students' learning outcomes in the field of electrical control systems.

Keywords: *factory I/O*, electrical control system, learning media, quasi-experiment, learning outcomes, vocational education.

PENDAHULUAN

Sistem Kontrol memainkan peran penting dalam sektor industri dengan menyediakan otomatisasi mesin industri, sistem robotika, dan sistem monitoring yang dirancang melalui protokol komunikasi khusus (Asghar dkk., 2019). Secara keseluruhan, penerapan sistem kontrol di berbagai sektor industri tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional namun juga produktivitas dan ergonomi yang lebih tinggi (Barosz dkk., 2020; Bortolini dkk., 2021). Dengan meningkatnya penggunaan otomasi industri, kebutuhan akan tenaga kerja profesional yang kompeten untuk merancang dan mengoperasikan sistem kontrol juga semakin meningkat (Coombs dkk., 2020). Oleh karena itu membekali calon pekerja masa depan dengan pengetahuan dan keterampilan khusus menjadi sangat penting. Pendidikan kejuruan, khususnya di lembaga formal seperti Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), mempunyai peran penting dalam memenuhi kebutuhan tersebut (Aini & Purba, 2022). Fokus SMK adalah membekali peserta didik dengan keterampilan dan pengetahuan yang dapat diterapkan langsung ke dunia kerja (Dinita dkk., 2024).

Tantangan umum dalam melaksanakan pembelajaran di sekolah kejuruan sering kali berkaitan dengan ketidakselarasan antara sumber daya pendidikan dengan kebutuhan industri, serta keterbatasan infrastruktur laboratorium. (Ferreira dkk., 2024). Hasil observasi di SMK Negeri 3 Buduran mencerminkan permasalahan ini, seperti terbatasnya akses peserta didik terhadap peralatan praktikum dan komponen pendukung lainnya yang sebagian besar sudah kurang relevan dengan teknologi industri saat ini. Selain itu, metode pengajaran masih bergantung pada media tradisional seperti buku dan *PowerPoint*, yang cenderung kurang interaktif. Hal ini menyebabkan keterlibatan peserta didik dalam memahami konsep pembelajaran menjadi rendah. Sejauh ini aplikasi simulasi belum dimanfaatkan secara maksimal di SMK Negeri 3 Buduran dikarenakan persiapannya dianggap sulit, akibatnya pendidik cenderung memilih media pembelajaran yang lebih sederhana, seperti buku atau *PowerPoint*. Padahal, pemanfaatan perangkat simulasi secara maksimal dapat menghadirkan visualisasi konsep yang lebih jelas dan realistis. Dengan simulasi, peserta didik dapat mengeksplorasi konsep-konsep yang kompleks serta skenario yang sulit disampaikan hanya melalui media presentasi.

Dampak aplikasi simulasi terhadap pendidikan terlihat jelas dalam kemampuannya mengatasi kompleksitas yang ada. Aplikasi simulasi menawarkan pengalaman belajar yang lebih dinamis dan fleksibel (Campos dkk., 2020). Peserta didik dapat berinteraksi dengan model

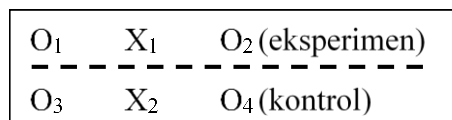
virtual dari sistem yang kompleks, sehingga mereka dapat dengan mudah memvisualisasikan dan memanipulasi proses industri (de Magalhães dkk., 2005; Ramchandra dkk., 2024). Studi yang dilakukan di Panamericana Universidad Meksiko menunjukkan nilai rata-rata mata kuliah mekatronika mahasiswa yang menggunakan perangkat virtual selama pandemi sama dengan nilai rata-rata sebelum pandemi. Pada tahun 2018, nilai rata-rata mahasiswa adalah 93 dan tetap pada angka 93 pada tahun 2020, sedangkan pada tahun 2019 hanya sedikit peningkatan menjadi 94, yang menunjukkan tidak ada perubahan signifikan (Delgado dkk., 2020).

Di luar lingkungan pendidikan, aplikasi simulasi juga diaplikasikan di dunia industri khususnya dalam ranah komisioning virtual. Komisioning virtual adalah praktik penggunaan teknologi simulasi untuk menguji perilaku sistem dengan model virtual sebelum diterapkan ke sistem yang sebenarnya (Ugarte Querejeta dkk., 2022). Dengan komisioning virtual, perusahaan dapat memanfaatkan data *real-time* untuk memprediksi dan mencegah kegagalan fungsi peralatan yang pada akhirnya meningkatkan keandalan sistem (Barbieri dkk., 2021).

Factory I/O menjadi salah satu opsi aplikasi simulasi yang sering digunakan untuk pelatihan sistem kontrol. *Factory I/O* memungkinkan penggunaannya untuk mengkonstruksi mesin industri karena didukung lebih dari delapan puluh komponen virtual 3D yang dapat dihubungkan ke perangkat fisik untuk simulasi *real-time*. Selain itu, *Factory I/O* hadir dengan lebih dari dua puluh *pre-built* mesin industri (yang juga disebut sebagai *scene*) untuk mereplikasi operasi mesin industri di dunia nyata (Vargas dkk., 2023). Studi telah membuktikan bahwa penggunaan *Factory I/O* dan *LabVIEW* mampu mensimulasikan kontrol level air berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID) kontroler dengan 99,59% akurasi dan 0,69% presisi, hal ini dibuktikan dengan *rise time* 396 detik dengan *steady-state error* 0.566 cm (Lutfi & Sukriyah Buwarda, 2022). Tingkat keakuratan dan ketelitian ini memastikan *Factory I/O* dapat berfungsi sebagai platform latihan yang andal bagi peserta didik. Dengan memanfaatkan platform seperti *Factory I/O* studi menemukan bahwa mahasiswa di Universidade da Coruña mencapai nilai rata-rata yang lebih tinggi (8,42) dibandingkan dengan mereka yang menggunakan laboratorium tatap muka (7,71), menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam hasil belajar (Timiraos dkk., 2024). Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka penelitian ini akan mengkaji penggunaan *Factory I/O* sebagai media pembelajaran pada tingkat SMK dan dampaknya terhadap hasil belajar peserta didik pada elemen sistem kontrol kelistrikan.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah *quasi-experimental* dengan *non-equivalent control group*.



Gambar 1. Desain Quasi Eksperimental
(sumber: Sugiyono, 2013:79)

Keterangan

O₁ & O₃ : *Pre-test*

O₂ & O₄ : *Post-test*

X₁ : Treatment berupa penerapan *Factory I/O* sebagai media pembelajaran.

X₂ : Treatment berupa penerapan *PowerPoint* sebagai media pembelajaran.

Subjek penelitian terdiri dari Kelas XI TKK 1 sebanyak 36 peserta didik sebagai kelas eksperimen dan kelas XII TKK 1 sebanyak 36 peserta didik sebagai kelas kontrol. Kedua kelas ini diikutsertakan secara keseluruhan tanpa pengambilan sampel karena populasi yang digunakan dapat dijangkau seluruhnya, dengan total 72 peserta didik.

Pre-test yang digunakan berbentuk soal pilihan ganda untuk mengukur pengetahuan awal peserta didik sebelum diberikan perlakuan. Setelah pembelajaran selesai, *post-test* diberikan dalam bentuk tes kinerja, di mana peserta didik harus menyelesaikan praktikum sesuai kompetensi yang diuji. Data hasil *pre-test* dan *post-test* selanjutnya dianalisis untuk mengukur pengaruhnya dalam hasil belajar. *Paired sample t-test* digunakan untuk menganalisis perubahan nilai dalam satu kelas sebelum dan sesudah perlakuan, sedangkan *independent t-test* digunakan untuk membandingkan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kontrol. Jika ditemukan perbedaan yang signifikan, dilakukan analisis *effect size* untuk menentukan sejauh mana pengaruh penggunaan *Factory I/O* terhadap peningkatan hasil belajar. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS 27.

Selain mengukur hasil belajar, penelitian ini juga mengumpulkan persepsi peserta didik terhadap penggunaan *Factory I/O* dalam pembelajaran melalui angket. Angket terdiri dari 18 pernyataan yang disusun berdasarkan *Technology Acceptance Model* (TAM) oleh Davis (1989), yang mengevaluasi penerimaan teknologi berdasarkan empat aspek utama yaitu *Perceived Usefulness*, *Perceived Ease of Use*, *Attitude Toward Use*, dan *Behavioral Intention to Use*. Respon peserta didik diukur menggunakan skala Likert 4 poin (4 = Sangat Setuju, 3 = Setuju, 2 = Tidak Setuju, 1 = Sangat Tidak Setuju). Data yang

diperoleh dari angket digunakan untuk memberikan wawasan tambahan mengenai bagaimana peserta didik merespons penggunaan *Factory I/O* dalam pembelajaran. Selain instrumen tes dan angket, penelitian ini juga menggunakan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) dan modul ajar sebagai bagian dari perangkat pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini. Instrumen ini memastikan bahwa proses pembelajaran di kelas eksperimen dan kontrol mengikuti standar yang sama, sehingga perbedaan hasil belajar lebih dapat difokuskan pada penggunaan media pembelajaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Validasi Ahli (*Expert Judgement*)

Proses validasi ini melibatkan tiga validator, yang terdiri dari dua dosen Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya, serta satu guru dari Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, SMK Negeri 3 Buduran. Nilai validasi yang diberikan oleh para validator dianalisis menggunakan *Scale-Level Content Validity Index* (S-CVI), yang dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$S - CVI = \frac{\sum I - CVI}{\text{Jumlah pernyataan validasi}} \quad (1)$$

(sumber: Yusoff, 2019)

Di mana I-CVI dihitung dengan rumus berikut.

$$I - CVI = \frac{\text{Jumlah validator yang memberi nilai } >3}{\text{total validator}} \quad (2)$$

(sumber: Yusoff, 2019)

Tabel 1. Rekapitulasi Skor Penilaian Para Ahli

Instrumen	S-CVI/Ave
<i>Pre-test</i>	0,8571
<i>Post-test</i>	0,8333
Angket Peserta Didik	0,8095
ATP Kelas Eksperimen	0,8462
ATP Kelas Kontrol	0,8462
Modul Ajar Kelas Eksperimen	0,8974
Modul Ajar Kelas Kontrol	0,8974

Mengacu pada standar yang diterima secara umum, nilai minimum dari S-CVI yang dianggap memiliki validitas isi yang baik adalah $\geq 0,80$ (Amponsah dkk, 2020). Dengan demikian, seluruh instrumen telah memenuhi kriteria validitas isi yang baik dan dapat digunakan dalam penelitian.

2. Hasil Uji Validitas

Uji validitas dalam penelitian ini dilakukan menggunakan *Pearson Correlation* dengan taraf signifikansi 5% dan sampel sebanyak 36 responden. Berdasarkan perhitungan, nilai r_{tabel} yang diperoleh adalah 0,329. Suatu item

dinyatakan valid apabila $r_{hitung} > r_{tabel}$, sedangkan item dengan $r_{hitung} < r_{tabel}$ dianggap tidak valid.

Pada instrumen tes pengetahuan, dari 30 soal yang diuji, 20 memenuhi kriteria validitas, sementara 10 lainnya tidak valid dan dikeluarkan dari instrumen akhir. Adapun hasil uji validitas pada instrumen tes kinerja menunjukkan bahwa seluruh indikator dalam rubrik penilaian dinyatakan valid. Sementara itu, dari 20 pernyataan dalam instrumen angket, 18 memenuhi kriteria validitas, sedangkan 2 lainnya tidak valid dan dihapus.

3. Hasil Uji Reliabilitas

Reliabilitas instrumen dalam penelitian ini dianalisis menggunakan metode Cronbach's Alpha pada tiga jenis instrumen: tes pengetahuan, tes kinerja, dan angket peserta didik. Instrumen dinyatakan reliabel apabila nilai Cronbach's Alpha $> 0,6$ (Nunnally & Bernstein, 1994). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai reliabilitas tes pengetahuan adalah 0,812, rubrik penilaian tes kinerja 0,726, dan angket peserta didik 0,875. Dengan demikian, seluruh instrumen memenuhi kriteria reliabilitas, yang mengindikasikan konsistensi internal yang baik.

4. Hasil Analisis Pengetahuan Awal

Analisis pengetahuan awal peserta didik dilakukan dengan membandingkan hasil *pre-test* antara kelas eksperimen dan kelas kontrol menggunakan *independent sample t-test*. Uji ini bertujuan untuk menguji kesetaraan pengetahuan awal sebelum diberikan perlakuan.

Tabel 2. Hasil *Independent Sample T-test* Nilai *Pre-test* Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

	<i>Equal variances assumed</i>	<i>Equal variances not assumed</i>
<i>Levene's Test (F)</i>	0,275	
<i>Sig. Levene's Test</i>	0,602	
<i>t</i>	-1,883	-1,883
<i>df</i>	70	69,431
<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,064	0,064
<i>Mean Difference</i>	-4.16667	-4.16667

Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara nilai *pre-test* kelas eksperimen ($M = 76,94$) dan kelas kontrol ($M = 81,11$), $t(70) = -1,883$, $p = 0,064$. Dengan demikian, peserta didik di kedua kelas memiliki tingkat pengetahuan awal yang setara sebelum diberikan perlakuan.

5. Hasil Analisis Pengaruh Media *Factory I/O*

Analisis ini bertujuan untuk mengukur

pengaruh penggunaan *Factory I/O* terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik di kelas eksperimen. Berdasarkan hasil perhitungan, terdapat peningkatan skor yang signifikan dari tahap *pre-test* ke *post-test*. Nilai rata-rata *pre-test* peserta didik, yang awalnya sebesar ($M = 76,94$), meningkat menjadi ($M = 85,24$) pada *post-test*.

Tabel 3. Hasil *Paired Sample T-test* Nilai *Pre-test* dan *Post-test* Kelas Eksperimen

Kriteria	Nilai
<i>Mean</i>	-8.29861
<i>Std. Deviation</i>	7.11608
<i>Std. Error Mean</i>	1.18601
<i>Confidence Interval (95%) Lower Bound</i>	-10.70635
<i>Confidence Interval (95%) Upper Bound</i>	-5.89087
<i>t</i>	-6.997
<i>df</i>	35
<i>Sig. (2-tailed)</i>	<.0001

Tabel 4. Hasil Analisis *Effect Size* Nilai *Pre-test* dan *Post-test* Kelas Eksperimen

	<i>Cohen's d</i>	<i>Hedges' Correction</i>
<i>Standardizer</i>	7,11608	7,19348
<i>Point Estimate</i>	-1,166	-1,154
<i>95% Confidence Interval Lower</i>	-1,586	-1,569
<i>95% Confidence Interval Upper</i>	-0,736	-0,728

Hasil *paired sample t-test* menunjukkan bahwa peningkatan ini signifikan secara statistik, $t(35) = -6,997$, $p < 0,001$, yang mengindikasikan bahwa penggunaan *Factory I/O* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil belajar. Selain itu, perhitungan *effect size* (*Cohen's d* = 1,166) menunjukkan bahwa efek yang ditimbulkan berada dalam kategori besar (*large effect*). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *Factory I/O* sebagai media pembelajaran berbasis simulasi memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik.

6. Hasil Analisis Hasil Belajar

Analisis ini bertujuan untuk mengukur perbedaan hasil belajar antara peserta didik kelas eksperimen (yang menggunakan *Factory I/O* sebagai media pembelajaran) dan peserta didik kelas kontrol (yang menggunakan *PowerPoint* sebagai media pembelajaran). Hasil perhitungan menunjukkan rata-rata nilai *post-test* kelas eksperimen ($M = 85,24$) sedangkan kelas kontrol memperoleh rata-rata ($M = 80,80$).

Tabel 5. Hasil *Independent Sample T-test* Nilai *Post-test* Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

	<i>Equal variances assumed</i>	<i>Equal variances not assumed</i>
<i>Levene's Test (F)</i>	0,196	
<i>Sig. Levene's Test</i>	0,659	
<i>t</i>	2,558	2,558
<i>df</i>	70	69,555
<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,013	0,013
<i>Mean Difference</i>	4,44444	4,44444

Tabel 6. Hasil Analisis *Effect Size* Nilai *Post-test* Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

	<i>Cohen's d</i>	<i>Hedges' correction</i>	<i>Glass's delta</i>
<i>Standardizer</i>	7,37083	7,45100	7,65992
<i>Point Estimate</i>	0,603	0,596	0,580
<i>95% confidence interval Lower</i>	0,128	0,127	0,95
<i>95% confidence interval upper</i>	1,074	1,062	1,058

Hasil *independent sample t-test* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok, $t(70) = 2,558$, $p = 0,013$. *Effect size* (*Cohen's d*) sebesar 0,603 mengindikasikan bahwa perbedaan hasil belajar antara kedua kelas berada dalam kategori sedang. Dengan demikian, penggunaan media *Factory I/O* berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan hasil belajar. Namun, karena *effect size* berada dalam kategori sedang, peningkatan ini tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan penggunaan media *PowerPoint*.

7. Hasil Analisis Angket Peserta Didik

Angket diberikan kepada kelas eksperimen untuk menganalisis persepsi peserta didik terhadap penggunaan *Factory I/O*.

Tabel 7. Hasil Rekapitulasi Perhitungan Skor Angket Peserta Didik

Aspek	Rerata
<i>Perceived Usefulness</i>	3,29
<i>Perceived Ease of Use</i>	3,10
<i>Attitude Toward Use</i>	3,13
<i>Behavioral Intention to Use</i>	3,21

Berdasarkan hasil analisis, aspek *Perceived Usefulness* memperoleh rata-rata skor tertinggi (3,29), menunjukkan bahwa peserta didik merasa *Factory I/O* bermanfaat dalam mendukung

pembelajaran. *Behavioral Intention to Use* juga menunjukkan skor yang relatif tinggi (3,21), yang mengindikasikan adanya kecenderungan peserta didik untuk menggunakan *Factory I/O* di masa mendatang. Sementara itu, aspek *Perceived Ease of Use* memiliki skor terendah (3,10), yang mengindikasikan bahwa meskipun teknologi ini bermanfaat, beberapa peserta didik mungkin mengalami kesulitan dalam penggunaannya. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa *Factory I/O* diterima dengan baik sebagai media pembelajaran.

8. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi simulasi *Factory I/O* memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil belajar peserta didik dalam elemen sistem kontrol kelistrikan. Hal ini terlihat dari peningkatan nilai rata-rata *post-test* ($M = 85,24$) kelas eksperimen dibandingkan dengan *pre-test* ($M = 76,94$), serta perbedaan signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol yang ditunjukkan melalui hasil *independent sample t-test* $t(70) = 2,558$, $p = 0,013$, $d = 0,603$ (*moderate effect*). Hasil ini sejalan dengan temuan Timiraos dkk. (2024) dan Delgado dkk. (2020), yang menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual, termasuk *Factory I/O*, dapat memberikan hasil belajar yang signifikan. Timiraos dkk. menemukan bahwa mahasiswa yang menggunakan *Factory I/O* memperoleh nilai rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan praktik langsung di laboratorium fisik. Sementara itu, Delgado dkk. melaporkan bahwa pembelajaran berbasis simulasi, termasuk *Factory I/O*, mampu mempertahankan kualitas hasil belajar mahasiswa selama pembelajaran jarak jauh saat pandemi COVID-19. Dengan demikian, temuan ini semakin menguatkan bahwa penggunaan *Factory I/O* sebagai media pembelajaran berbasis simulasi dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil belajar peserta didik bahkan ketika digunakan sebagai media penyampaian teori sebelum praktikum.

Hasil angket juga menunjukkan bahwa peserta didik menerima *Factory I/O* dengan baik, terutama pada aspek *Perceived Usefulness* (3,29), yang memperoleh skor tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik merasa *Factory I/O* bermanfaat dalam pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan penelitian Vargas dkk. (2023), di mana 100% mahasiswa setuju bahwa *Factory I/O* meningkatkan pemahaman mereka terhadap sistem kontrol, memberikan gambaran nyata tentang lingkungan industri, serta membantu mereka dalam mengenali dan mendiagnosis permasalahan dalam sistem kontrol industri. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan *Factory I/O* dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif. Namun,

penelitian Vargas dkk., tidak membahas aspek kemudahan penggunaan, sedangkan penelitian ini menemukan bahwa sebagian peserta didik mengalami kesulitan dalam menggunakan *Factory I/O*, sebagaimana ditunjukkan oleh skor yang lebih rendah pada aspek *Perceived Ease of Use* (3,10).

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan *Factory I/O* sebagai media pembelajaran pada elemen sistem kontrol kelistrikan dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil belajar peserta didik. Hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan nilai rata-rata *pre-test* ($M = 76,94$) menjadi ($M = 85,24$) pada *post-test* pada kelas eksperimen serta perbedaan signifikan antara nilai *post-test* kelas eksperimen dan kelas kontrol, $t(70) = 2,558$, $p = 0,013$, $d = 0,603$ (*moderate effect*). Selain itu, hasil angket menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik menilai *Factory I/O* sebagai media yang bermanfaat, meskipun beberapa peserta didik mengalami kendala dalam penggunaannya.

Saran

Penelitian ini menunjukkan bahwa *Factory I/O* dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran dalam elemen sistem kontrol kelistrikan. Namun, untuk meningkatkan efektivitasnya, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Pertama, pendampingan yang lebih intensif perlu diberikan kepada peserta didik yang mengalami kesulitan dalam mengoperasikan *Factory I/O*, misalnya melalui tutorial atau pelatihan tambahan. Kedua, durasi penggunaan *Factory I/O* sebaiknya diperpanjang agar peserta didik memiliki waktu yang cukup untuk membiasakan diri dengan antarmuka dan fitur-fiturnya. Ketiga, penelitian lanjutan disarankan untuk mengevaluasi dampak penggunaan *Factory I/O* dalam jangka panjang serta membandingkan efektivitasnya dengan metode pembelajaran lain, seperti praktik langsung atau aplikasi simulasi serupa. Terakhir, ketersediaan perangkat dan akses terhadap aplikasi *Factory I/O* juga perlu menjadi perhatian, mengingat aplikasi ini bersifat berbayar dan memerlukan spesifikasi perangkat tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Y. N., & Purba, Y. A. (2022). Analisis penyerapan tenaga kerja dan program link & match pada lulusan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) program kelautan & perikanan. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 12(1), 23.
- Amposnah, A. K., Bam., Stolt., Korhonen., Axelin. (2020). Evaluating the content validity of two versions of an instrument used in measuring pediatric pain knowledge and attitudes in Ghanaian context. *PLoS ONE*, 15(11).
- Asghar, M. R., Hu, Q., & Zeadally, S. (2019). Cybersecurity in industrial control systems: Issues, technologies, and challenges. *Computer Networks*, 165.
- Barbieri, G., Bertuzzi, A., Capriotti, A., Ragazzini, L., Gutierrez, D., Negri, E., & Fumagalli, L. (2021). A virtual commissioning based methodology to integrate digital twins into manufacturing systems. *Production Engineering*, 15(3–4), 397–412.
- Barosz, P., Gołda, G., & Kampa, A. (2020). Efficiency analysis of manufacturing line with industrial robots and human operators. *Applied Sciences*, 10(8).
- Bortolini, M., Faccio, M., Galizia, F. G., Gamberi, M., & Pilati, F. (2021). Adaptive automation assembly systems in the industry 4.0 era: A reference framework and full-scale prototype. *Applied Sciences*, 11(3).
- Campos, N., Nogal, M., Caliz, C., & Juan, A. A. (2020). Simulation-based education involving online and on-campus models in different european universities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 8.
- Coombs, C., Hislop, D., Taneva, S. K., & Barnard, S. (2020). The strategic impacts of intelligent automation for knowledge and service work: An interdisciplinary review. *The Journal of Strategic Information Systems*, 29(4).
- Davis, F. D. (1989) Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*. 13(3), 319–340.
- de Magalhães, A. P., Vigário, B. T., & Freitas, F. T. (2005). 3D virtual environments for PLC programming education and training. *Department of Mechanical Engineering and Industrial Management Faculty of Engineering University of Porto, Portugal*.
- Delgado, L. D. R., Alvarez, S. D. M., Gutierrez, S., & Ponce, H. (2020). Mechatronics teaching through virtual platforms for home confinement due to COVID-19. 2020 *International Conference on Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering (ICMEAE)*, 180–185.
- Dinita, J. F., Setyaningsih, K., & Kanada, R. (2024). Pelaksanaan Praktik Kerja Industri (Prakerin) bagi siswa jurusan bisnis daring & pemasaran di SMK Negeri 3 Palembang. *Journal of Law, Administration, and Social*

Science, 4(4), 544–555.

- Ferreira, C., Gabriel, B., Valente, R., & Figueiredo, C. (2024). Engineering education challenges and strengths: Reflecting on key-stakeholder's perspectives. *Frontiers in Education*, 9.
- Lutfi & Sukriyah Buwarda. (2022). Development of DCS SCADA teaching module on a PID-based water level control case using labview and factory I/O. *Inspiration: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 12(2), 89–96.
- Nunnally, J.C. and Bernstein, I.H. (1994) *Psychometric theory*. 3rd Edition, New York: McGraw-Hill.
- Ramchandra, S., Diddi, S., & Panda, S. (2024). Implementing simuladtion software to evelop virtual experiments in undergraduate chemical engineering education. *Qeios*
- Sugiyono. (2013). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Timiraos, M., Zayas-Gato, F., Michelena, Á., & Arce, E. (2024). Laboratorios virtuales para el aprendizaje a distancia en grados STEAM. *Revista de Investigación En Educación*, 22(1), 87–106.
- Ugarte Querejeta, M., Illarramendi Rezabal, M., Unamuno, G., Bellanco, J. L., Ugalde, E., & Valor Valor, A. (2022). Implementation of a holistic digital twin solution for design prototyping and virtual commissioning. *IET Collaborative Intelligent Manufacturing*, 4(4), 326–335.
- Vargas, H., Heradio, R., Donoso, M., & Farias, G. (2023). Teaching automation with factory I/O under a competency-based curriculum. *Multimedia Tools and Applications*, 82(13), 19221–19246.
- Yusoff, M, S, B. (2019). ABC of Content Validation and Content Validity Index Calculation. *Education in Medicine Journal*. 11(2):49–54.