

PENGEMBANGAN MODUL AJAR BERBASIS *TRAINING KIT* KONTROL MOTOR AC 3 PHASA DENGAN PROTOKOL *MODBUS RTU* MENGGUNAKAN HMI PADA PEMBELAJARAN DI SMKN 3 BUDURAN SIDOARJO

Alda Apriliani Eka Putri

Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Surabaya
aldaapriliani.21016@mhs.unesa.ac.id

Puput Wanarti Rusimamto

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

Joko

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

Endryansyah

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

Abstrak

Penelitian ini berfokus untuk mengembangkan modul ajar berbasis *training kit* kontrol motor AC 3 fasa pada elemen sistem kontrol kelistrikan kapal pada SMKN 3 Buduran Sidoarjo berdasarkan 3 aspek: (1) kevalidan modul, (2) kepraktisan modul, (3) keefektifan modul. Penelitian ini menggunakan metode pengembangan *Research & Development (R&D)* dengan model ADDIE. Pada uji validitas yaitu uji validitas modul, Hasil uji validitas modul dari ahli media sebesar 91% serta ahli media sebesar 92% dikategorikan sangat valid. Selanjutnya menggunakan uji kepraktisan yang menghasilkan nilai 83%, pada kategori sangat praktis. untuk yang terakhir menggunakan uji keefektifan yang menggunakan uji N-Gain yang dipergunakan untuk menilai seberapa efektif perlakuan yang diterapkan. hasil skor N-Gain hasil belajar mendapatkan nilai 0,3 nilai ini berada di interval $0,3 \leq n < 0,7$ yang berarti bahwa skor rata-rata N-Gain berada di kriteria sedang. untuk membedakan nilai rata-rata pretest serta posttest di uji menggunakan *Paired Sample T-Test* dengan SPSS memberikan nilai 0,000, yang berarti terdapat pengaruh signifikan antara hasil belajar peserta didik sebelum dan sesudah penggunaan modul ajar ini. dapat disimpulkan bahwa modul yang dikembangkan, layak digunakan pada pembelajaran dan dapat dijadikan acuan pengembangan modul ajar di elemen pembelajaran lain. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa modul ajar ini tidak hanya valid dan praktis, tetapi juga efektif dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan peserta didik.

Kata Kunci: ADDIE, motor AC 3 fasa, modul ajar, sistem kontrol kelistrikan kapal, *training kit*

Abstract

This research focuses on developing a teaching module based on a 3 phase AC motor control training kit on the elements of the ship electrical control system at SMKN 3 Buduran Sidoarjo based on 3 aspects: (1) module validity, (2) module practicality, (3) module effectiveness. This research uses the Research & Development (R&D) development method with the ADDIE model. In the validity test, namely the module validity test, the results of the module validity test from media experts of 91% and media experts of 92% are categorized as very valid. Furthermore, a practicality test was used which resulted in a score of 83%, in the very practical category. for the latter, an effectiveness test is used to assess how effective the treatment is applied. The results of the N-Gain score of learning results obtained a value of 0.3, this value is in the interval of $0.3 \leq n < 0.7$, which means that the average score of N-Gain is in the medium criteria. to distinguish the average value of the pretest and posttest in the test using the Paired Sample T-Test with SPSS giving a value of 0.000, which means that there is a significant influence between the learning outcomes of students before and after the use of this teaching module. It can be concluded that the modules developed are suitable for use in learning and can be used as a reference for the development of teaching modules in other learning elements. Based on these results, it can be concluded that this teaching module is not only valid and practical, but also effective in improving students' understanding and skills.

Keywords: ADDIE, 3 phase AC motor, teaching module, ship electrical control system, *training kit*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada era industri 4.0 menuntut lulusan SMK untuk memiliki kompetensi yang sesuai dengan kebutuhan industri modern, khususnya dalam sistem kendali otomatis berbasis

digital. Salah satu kompetensi penting dalam bidang ketenagalistrikan adalah penguasaan teknik kontrol motor AC 3 fasa yang terintegrasi dengan *Human Machine Interface (HMI)* dan protokol komunikasi seperti Modbus RTU. Namun, di SMKN 3 Buduran

Sidoarjo, proses pembelajaran masih didominasi oleh pendekatan teoritis karena belum tersedianya modul ajar yang berbasis teknologi tersebut, sehingga kurang memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan aplikatif. Pendidikan merupakan proses pembinaan menyeluruh terhadap peserta didik, baik dari segi fisik maupun mental, untuk menuju peradaban manusia yang lebih baik. Sesuai dengan amanat Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, pendidikan memiliki tujuan untuk mengembangkan potensi peserta didik agar menjadi individu yang beriman, berilmu, kreatif, mandiri, dan bertanggung jawab. Dalam rangka mewujudkan tujuan tersebut, peran media pembelajaran menjadi sangat penting sebagai sarana penyalur informasi dan penguat proses belajar yang efektif dan efisien.

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) sebagai lembaga pendidikan vokasi dituntut untuk mencetak lulusan yang siap bekerja sesuai bidang keahliannya. Salah satu tantangan yang dihadapi adalah rendahnya tingkat keterhubungan antara dunia pendidikan dengan dunia kerja. Oleh karena itu, penguatan kompetensi teknis (*hard skills*) dan non-teknis (*soft skills*) menjadi sangat penting. Kurikulum Merdeka hadir sebagai solusi untuk memberikan ruang bagi peserta didik dalam mengembangkan potensinya melalui pembelajaran yang kontekstual dan berbasis pengalaman nyata. Modul ajar adalah salah satu bentuk media pembelajaran yang terstruktur dan disesuaikan dengan karakteristik peserta didik. Modul ini tidak hanya berisi materi, tetapi juga memberikan panduan dalam menyelesaikan tugas atau permasalahan yang berkaitan dengan praktik. Apabila siswa terlibat langsung dalam proses pemecahan masalah melalui praktik, maka pemahaman mereka menjadi lebih kuat dan aplikatif. Penggunaan training kit sebagai media pelengkap dapat meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan psikomotorik, serta kualitas pembelajaran secara menyeluruh.

Kontrol motor AC 3 fasa merupakan teknik untuk mengatur kinerja motor industri, baik dari segi kecepatan, torsi, maupun arah putaran, dengan prinsip kerja berdasarkan medan magnet berputar. Untuk mendukung sistem kontrol tersebut, protokol komunikasi Modbus RTU digunakan karena keandalannya dalam transmisi data industri. HMI berperan sebagai antarmuka pengguna untuk memantau, mengatur, dan mengontrol sistem secara real-time. Meskipun HMI sering disamakan dengan *Internet of Things* (IoT), keduanya memiliki fungsi berbeda; HMI fokus pada interaksi manusia-mesin, sedangkan IoT menghubungkan perangkat melalui internet untuk otomatisasi aktivitas sehari-hari.

Penggunaan software PISudio memberikan kemudahan dalam mendesain antarmuka HMI, sehingga sangat mendukung proses pembelajaran berbasis praktik yang dibutuhkan oleh siswa SMK. Berdasarkan hasil observasi selama kegiatan PLP, ditemukan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam memahami materi sistem kontrol motor listrik karena terbatasnya bahan ajar yang relevan dengan praktik di industri. Oleh sebab itu, pengembangan modul ajar berbasis *training kit* menjadi solusi alternatif yang diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, terstruktur, dan sesuai dengan kebutuhan dunia kerja, serta mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik secara signifikan.

METODE

Penelitian tentang pengembangan modul ajar berbasis *training kit* kontrol motor AC 3 fasa untuk membantu mengatasi keterbatasan fasilitas dan media pembelajaran yang sering dihadapi oleh sekolah. Dengan modul yang dirancang khusus, proses pembelajaran menjadi lebih terarah dan sistematis pada materi elemen sistem kontrol kelistrikan kapal di SMKN 3 Buduran Sidoarjo ini merupakan bentuk *Research and Development* (R&D) yang menggunakan model ADDIE. Dengan mengacu pada ketentuan pengembangan produk berupa modul ajar dengan berbentuk penerapan trainer sistem kontrol motor AC 3 fasa menggunakan HMI yang dikendalikan secara otomatis melalui *software PISudio* dan Metodologi untuk penelitian ini terdiri dari serangkaian langkah yang diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Penelitian ADDIE
(Sumber: Hidayat & Nizar, 2021)

Proses penelitian terdiri dari beberapa tahapan yaitu tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, evaluasi. Penelitian ini menggunakan desain *one-group pre-test post-test design*, dimana satu kelompok subjek diberi perlakuan tanpa kelompok kontrol. Tes awal menilai kemampuan dasar peserta didik, sementara tes akhir

mengevaluasi peningkatan hasil pembelajaran setelah menggunakan modul ajar berbasis sistem kontrol motor AC 3 phasa. Desain penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. One Grup Pretest Posttest Study
(Sumber: Sugiyono, 2013: 75)

Keterangan:

- O₁ : *Pre-test* sebelum dilakukan perlakuan dengan menggunakan modul pembelajaran *training kit* kontrol motor AC 3 phasa
- X : Bentuk-bentuk latihan /perlakuan dengan menggunakan menggunakan modul pembelajaran *training kit* kontrol motor AC 3 phasa
- O₂ : *Post-test* setelah dilakukan perlakuan dengan menggunakan modul pembelajaran *training kit* kontrol motor AC 3 phasa

Teknik pengumpulan data pada penelitian digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian yang tepat dapat diuraikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Teknik Pengumpulan Data

No.	Aspek	Teknik Pengumpulan Data
1.	Kevalidan modul	Validasi ahli
2.	Kepraktisan modul	Angket respon peserta didik
3.	Keefktifan modul	Tes soal <i>pre-test</i> dan <i>post-test</i> ranah kognitif dan ranah psikomotorik peserta didik
4.	Observasi	Lembar observasi penilaian keterampilan peserta didik

(Sumber: Djanuarfianti dkk., 2023)

Instrumen pengumpulan data disusun sesuai dengan metode penelitian dan digunakan sebagai acuan penilaian dari para ahli terhadap produk yang dikembangkan. Instrumen ini berfungsi untuk mengumpulkan data mengenai validitas, kepraktisan media, serta efektivitas peningkatan hasil belajar melalui penggunaan modul ajar. Penelitian ini menggabungkan validasi ahli oleh ahli materi dan media, mengevaluasi kepraktisan melalui umpan balik peserta didik, dan mengukur efektivitas melalui peningkatan hasil belajar peserta didik yang dicapai dengan pengembangan modul ajar. Penilaian terhadap modul ajar dilakukan tiga validator, oleh ahli materi dan media. Data hasil validasi diukur menggunakan skala *Likert* dengan pembobotan yang mewakili sangat baik hingga kurang baik. Skala ini dipergunakan untuk mengubah data ordinal

menjadi data kuantitatif yang dapat dianalisis secara statistik. Untuk menilai tingkat validitas media pembelajaran, skor akhir disajikan dalam persentase, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Range Persentase Validator

Presentase Pencapaian	Skala Nilai	Interpretasi
81% ≤ skor ≤ 100%	5	Sangat Valid
61% ≤ skor ≤ 80%	4	Valid
41% ≤ skor ≤ 60%	3	Cukup Valid
21% ≤ skor ≤ 40%	2	Kurang Valid
0% ≤ skor ≤ 20%	1	Tidak Valid

(Sumber: Aprilia dkk., 2022)

Untuk menghitung persentase tanggapan menggunakan rumus berikut:

$$Skor = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{\text{skor maks} \times \text{jumlah validator}} \times 100\% \quad (1)$$

(Sumber: Aprilia dkk., 2022)

Hasil presentasi yang telah diperoleh kemudian diformat ulang menjadi tabel untuk menyederhanakan interpretasi penelitian. Angket respon peserta didik dianalisis untuk mengevaluasi kepraktisan media pembelajaran, dengan kriteria penilaian yang dirinci dalam Tabel 3.

Tabel 3. Range Persentase Angket Respon Peserta Didik

Presentase Pencapaian	Skala Nilai	Interpretasi
81% ≤ skor ≤ 100%	5	Sangat Praktis
61% ≤ skor ≤ 80%	4	Praktis
41% ≤ skor ≤ 60%	3	Cukup Praktis
21% ≤ skor ≤ 40%	2	Kurang Praktis
0% ≤ skor ≤ 20%	1	Tidak Praktis

(Sumber: Aprilia dkk., 2022)

Untuk menghitung persentase tanggapan menggunakan rumus berikut:

$$Skor = \frac{\text{jumlah skor yang diperoleh}}{\text{skor maks} \times \text{jumlah responden}} \times 100\% \quad (2)$$

(Sumber: Aprilia dkk., 2022)

Data respon peserta didik disusun dalam tabel untuk menyederhanakan analisis dan interpretasi temuan penelitian, hasil pembelajaran di kognitif, dan psikomotorik. Dari presentasi yang telah diperoleh kemudian ditransformasikan ke dalam tabel supaya pembacaan hasil penelitian menjadi mudah. Berdasarkan perhitungan di atas, maka range persentase dan kriteria kuantitatif dapat ditetapkan sebagaimana dalam tabel. Prosedur ini menilai efektivitas dengan memeriksa perbedaan signifikan dalam data. Sebelum dilakukan uji-t,

maka diuji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* di SPSS 27 untuk memastikan apakah data terdistribusi normal, dengan kriteria H_0 mengasumsikan data terdistribusi normal dan H_1 mengasumsikan data tidak berdistribusi normal, H_0 diterima jika nilai signifikansi lebih dari $\geq 0,05$.

Maka data memenuhi kriteria normalitas, maka dilanjutkan uji T-Test berpasangan (*paired sample t-test*) untuk mengetahui pengaruh setelah menggunakan modul ajar training kit kontrol motor AC 3 phasa. Hipotesis yang diuji adalah H_0 tidak terdapat pengaruh signifikan dan H_1 terdapat pengaruh signifikan dalam nilai hasil belajar. Selain itu, analisis N-gain dilakukan untuk menilai efektivitas media pembelajaran dengan membandingkan skor *pretest* dan *posttest*. Nilai N-gain dikategorikan sebagai tinggi ($n \geq 0,7$), sedang ($0,3 \leq n < 0,7$), dan rendah ($n \leq 0,3$) (Coletta & Steinert, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dan pengembangan ini menghasilkan modul ajar *Training kit* kontrol motor AC 3 phasa, produk ini dirancang dan dikembangkan untuk membantu permasalahan dalam kurangnya penggunaan modul ajar terhadap hasil belajar pada Fase F kelas XI Teknik Kelistrikan Kapal pada elemen sistem kontrol kelistrikan kapal. Pada modul ajar berisi materi terkait sistem kontrol motor AC 3 phasa yang terdiri dari 3 materi dengan dilengkapi soal formatif dan LKPD dari setiap materi dapat dilihat pada Gambar 3.

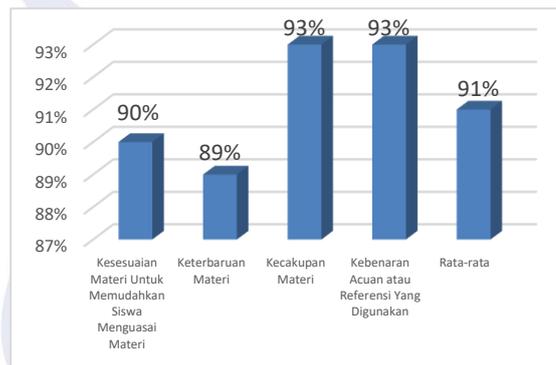


Gambar 3. Cover Modul Ajar *Training Kit* Kontrol Motor AC 3 Phasa

Validasi oleh para ahli untuk memastikan kelayakan modul ajar dalam proses pembelajaran. Dalam penelitian ini melibatkan tiga validator, yaitu dua dosen Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya dan satu guru dari SMK Negeri 3 Buduran. Validator mengisi lembar validasi yang dibuat oleh peneliti. Beberapa elemen yang divalidasi termasuk materi dan media dari modul ajar.

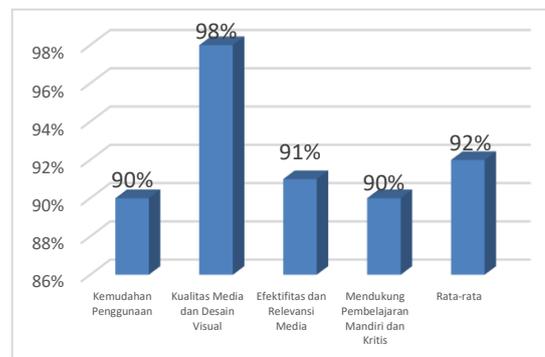
1. Hasil Validasi

Setiap validator memberikan penilaian terhadap penelitian melalui lembar instrumen validasi dengan memberikan checklist pada setiap butir pernyataan. Dalam penelitian ini, dilakukan dua jenis validasi, yaitu validasi materi dan media. Hasil validasi konten materi oleh tiga validator menunjukkan kualitas yang sangat baik, dengan aspek kesesuaian, keterbaruan, kecakupan, dan kebenaran referensi memperoleh skor rata-rata antara 89% hingga 93%. Secara keseluruhan, rata-rata nilai validasi mencapai 91%, yang menandakan bahwa modul ajar tergolong sangat valid dan layak digunakan dalam proses pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Hasil Validasi Materi Modul Ajar

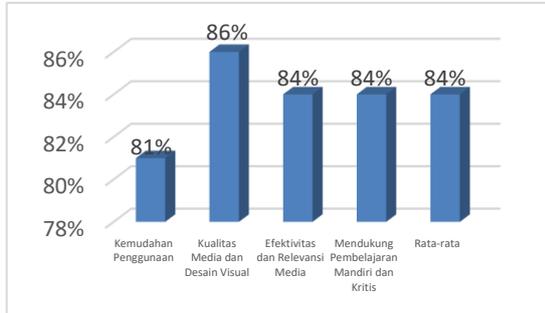
Pada tahap validasi media pembelajaran, empat aspek utama dievaluasi oleh tiga validator menggunakan skala 1–5. Hasil penilaian menunjukkan bahwa semua aspek, yakni kemudahan penggunaan, kualitas desain visual, efektivitas media, serta dukungan terhadap pembelajaran mandiri dan berpikir kritis, memperoleh skor rata-rata antara 90% hingga 98%. Secara keseluruhan, validasi media mencapai skor rata-rata 92% dikategorikan sangat valid, menunjukkan bahwa media pembelajaran berupa modul telah memenuhi standar kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Hasil Validasi Media Modul Ajar

2. Hasil Kepraktisan

Respon peserta didik digunakan untuk mengetahui bagaimana tanggapan dari peserta didik terhadap media pembelajaran yang telah dikembangkan. Dalam angket respon peserta didik, terdapat beberapa aspek yang dinilai berkaitan dengan modul ajar *training kit* kontrol motor AC 3 phasa, dan aspek-aspek tersebut ditanggapi langsung oleh peserta didik yang bisa dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Hasil Respon Peserta Didik

3. Hasil Keefektifan

Efektifan modul ajar diuji melalui empat pendekatan yaitu, uji normalitas, uji homogenitas, uji *T-Test*, dan uji *N-gain*. Dengan uji tersebut bertujuan untuk menilai seberapa efektif media pembelajaran yang dikembangkan terhadap nilai hasil belajar. Namun, sebelum dilakukan uji tersebut maka dilakukan deskripsi minimum dan maksimum mean dan standart deviasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Standart Deviation

	<i>N</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>
Pre_kog	35	38	69	48.69	9.346
Post_kog	35	46	90	66.14	10.396
Pre_psiko	35	31	69	48.69	9.346
Post_psiko	35	49	87	63.63	9.397
Valid N	35				

Uji normalitas merupakan prasyarat untuk memastikan apakah data hasil belajar siswa terdistribusi secara normal sebelum dilakukan uji perbedaan dengan metode statistik parametrik. Uji ini dilaksanakan menggunakan metode *Shapiro-Wilk* dengan bantuan SPSS Statistics 27. Hipotesis statistik yang diterapkan dalam penelitian ini dinyatakan sebagai berikut:

H_0 : Data terdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Berdasarkan tabel, diketahui bahwa nilai signifikansi (*Sig.*) pada uji normalitas *pretest* kognitif adalah 0,673 dan *posttest* kognitif sebesar 0,867. Sementara itu, nilai *Sig.* untuk *pretest* psikomotorik adalah 0,673 dan *posttest* psikomotorik sebesar 0,216. Karena seluruh nilai signifikansi uji *Shapiro-Wilk* lebih besar dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data pada keempat kategori tersebut berdistribusi normal bisa dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji Normalitas

	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
Pre Kognitif	.977	35	.673
Post Kognitif	.984	35	.867
Pre Psikomotorik	.977	35	.673
Post Psikomotorik	.959	35	.216

Setelah dilakukan uji normalitas dan dikatakan data berdistribusi normal, maka dapat dilakukan uji homogenitas, diketahui bahwa nilai signifikansi untuk hasil belajar kognitif sebesar 0,585 (berdasarkan mean), sedangkan nilai signifikansi untuk hasil belajar psikomotorik adalah 0,914. Seluruh nilai signifikansi pada masing-masing metode (mean, median, dan trimmed mean) menunjukkan angka lebih besar dari 0,05 pada Tabel 6.

Tabel 6. Uji Homogenitas

		<i>Levene Statistic</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>Sig.</i>
Hasil Belajar Kognitif	<i>Based on trimmed mean</i>	.300	1	68	.585
Hasil Belajar Psikomotorik	<i>Based on trimmed mean</i>	.005	1	68	.941

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data hasil belajar kognitif dan psikomotorik memiliki varians yang homogen, atau dengan kata lain, sampel berasal dari populasi yang homogen. Berdasarkan hasil uji *t-test*, diperoleh nilai signifikansi (*Sig.* 2-tailed) sebesar 0,000 baik pada hasil belajar kognitif maupun psikomotorik. Nilai tersebut lebih kecil dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest*. Artinya, modul ajar *training kit* kontrol motor AC 3 phasa yang dikembangkan memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik, baik pada ranah kognitif

maupun psikomotorik pada Tabel 7.

Tabel 7. Uji T-Test

	<i>Mean</i>	<i>Std. Deviasi</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig. (2-tailed)</i>
Pretest-Posttest Kognitif	-17.457	4.699	-21.976	34	.000
Pretest-Posttest Psikomotorik	-14.943	6.178	-14.308	34	.000

Selanjutnya untuk uji keefektifan juga dilakukan dengan menghitung nilai *normalized gain*, yang mengukur seberapa besar peningkatan hasil belajar terhadap nilai maksimum yang diperoleh. Nilai N-gain yang dihitung berdasarkan 35 peserta didik adalah sebagai berikut:

$$\text{Kognitif} = \frac{66-49}{100-49} = 0,3$$

$$\text{Psikomotorik} = \frac{64-49}{100-49} = 0,3$$

Hasil uji N-gain dari 35 sampel yang terdiri dari nilai skor *pretest* dan *posttest* hasil belajar ranah kognitif dan psikomotorik mendapatkan rata-rata skor N-gain sebesar 0,3 nilai ini berada pada interpretasi dengan kriteria $0,3 \leq n < 0,7$ atau interpretasi sedang, dengan demikian pengembangan modul ajar *training kit* kontrol motor AC 3 fasa terdapat peningkatan dalam kategori sedang.

PENUTUP

Simpulan

Maka dapat disimpulkan bahwa modul ajar berbasis *training kit* kontrol motor AC 3 fasa dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran sistem kontrol kelistrikan kapal di SMKN 3 Buduran Sidoarjo. Hasil validasi dari ahli materi dan media menunjukkan tingkat kelayakan yang sangat tinggi, dengan rata-rata persentase sebesar 92%. Uji kepraktisan oleh 35 peserta didik menunjukkan skor 83%, yang termasuk kategori sangat praktis dan membantu pemahaman materi meskipun masih memerlukan beberapa perbaikan. Dari sisi efektivitas, terdapat peningkatan hasil belajar yang signifikan berdasarkan uji *Paired Sample T-Test* dengan nilai signifikansi 0,000 dan rata-rata N-Gain sebesar 0,3 dalam kategori sedang. Peningkatan ini meliputi aspek kognitif dan psikomotorik. Dengan demikian, modul ajar yang dikembangkan terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran yang relevan

dengan kebutuhan dunia industri.

Saran

Dari hasil peneliti memberikan beberapa saran. Bagi guru dan pihak sekolah, diharapkan modul ajar ini dapat diintegrasikan secara rutin dalam proses pembelajaran untuk meningkatkan efektivitas dan keterampilan praktik peserta didik yang relevan dengan kebutuhan industri. Sekolah juga disarankan untuk mereplikasi dan mengembangkan modul serupa sebagai bagian dari pengayaan media ajar. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan agar mengembangkan modul dengan tingkat kompleksitas yang lebih tinggi atau mengintegrasikan sistem kontrol lain seperti SCADA atau IoT, serta memperluas cakupan penelitian dengan jumlah sampel dan pendekatan analisis yang lebih beragam. Sementara itu, peserta didik diharapkan dapat menggunakan modul ini secara mandiri sebagai sarana belajar praktis yang mendukung penguasaan teknologi industri secara aplikatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, A., Yudiyanto, Y., & Hakim, N. (2022). Pengembangan E-Modul Menggunakan Flip PDF Professional pada Materi Fungsi Kelas X SMA. *Journal of Education and Teaching (JET)*, 3(1), 116–127. <https://doi.org/10.51454/jet.v3i1.141>
- Coletta, V. P., & Steinert, J. J. (2020). Why normalized gain should continue to be used in analyzing preinstruction and postinstruction scores on concept inventories. *Physical Review Physics Education Research*, 16(1), 10108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010108>
- Djanuarfianti, F. A., Zuhrie, M. S., Rusimanto, P. W., & Achmad, F. (2023). Pengembangan Modul Ajar Programmable Logic Controller (Plc) Berbasis Discovery Learning Menggunakan Cx-Programmer Untuk Siswa Xii Teknik Tenaga Listrik Smk Negeri 2 Surabaya. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 12(03), 235–240. <https://doi.org/10.26740/jpte.v12n03.p235-240>
- Hidayat, F., & Nizar, M. (2021). Model Addie (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Addie (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) Model in Islamic Education Learning. *Jurnal UIN*, 1(1), 28–37.
- Sugiyono. (2013). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung : Alfabeta.

