

Implementasi *Project-Based Learning* Berbantuan *Simurelay* Pada Mata Pelajaran Instalasi Motor Listrik

Alfi Fahrezi^{1*}, Oriza Candra¹

¹Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Indonesia

*Corresponding Author: alfifahrezi2609@gmail.com

Abstract—This study investigated the effect of implementing the Project-Based Learning (PjBL) model supported by the Simurelay application on students' learning outcomes in the Electrical Motor Installation subject. The study employed a one-group pretest–posttest design involving 26 Grade XI students from the Electrical Power Installation Engineering program at SMKN 1 Bonjol. Data were collected through cognitive tests and skills observations. The results showed a substantial increase in students' average scores, from 54.62 on the pretest to 82.00 on the posttest. An N-gain score of 0.56 confirmed that the improvement was in the moderate category. Regarding learning mastery, there was a marked increase, with 88% of the students meeting the Learning Objective Achievement Criteria after the intervention, whereas nearly all students had failed to meet the criteria before the intervention. In addition to cognitive improvement, students demonstrated good psychomotor skills in designing and simulating electrical circuits. In conclusion, the combination of PjBL and Simurelay was effective in improving students' theoretical understanding and practical skills, while also fostering independence and collaboration in completing electrical motor installation projects.

Keywords: Project-Based Learning, Simurelay, Learning Outcomes, Electric Motor Installation, and Vocational High School

I. PENDAHULUAN

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) merupakan jenjang pendidikan menengah yang dirancang khusus untuk mempersiapkan peserta didik menjadi tenaga kerja yang kompeten di bidangnya [1]. Dalam bidang teknik kelistrikan, penguasaan kompetensi instalasi dan pengendalian motor listrik menjadi salah satu kemampuan fundamental yang wajib dikuasai. Namun, realitas di lapangan menunjukkan tantangan serius, dimana hasil belajar siswa pada mata pelajaran produktif ini masih rendah. Sebagaimana teridentifikasi di SMKN 1 Bonjol, sebanyak 68% siswa belum mencapai ketuntasan belajar, mengindikasikan adanya masalah mendasar dalam proses pembelajaran.

Rendahnya capaian hasil belajar ini berkorelasi dengan beberapa faktor penyebab. Metode pembelajaran yang masih bersifat konvensional dan kurang variatif, keterbatasan ketersediaan media pembelajaran interaktif, serta minimnya pengalaman praktik langsung akibat kendala peralatan menjadi penghambat utama dalam proses pembelajaran [2]. Situasi ini justru bertolak belakang dengan prinsip dasar Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berpusat pada siswa (*student-centered*) dan bersifat kontekstual.

pretest (PjBL) hadir menawarkan solusi melalui pendekatan pembelajaran dengan karakteristik yang komprehensif, mencakup: model *project* inkuiri yang menekankan proses penyelidikan, model kerja kelompok yang mengembangkan keterampilan kolaboratif, serta model presentasi yang melatih kemampuan komunikasi [3]. Beberapa penelitian terdahulu telah mengkonfirmasi efektivitas PjBL dalam meningkatkan hasil belajar di lingkungan SMK. Model ini menempatkan proyek dunia nyata sebagai inti pembelajaran, dimana siswa secara aktif membangun pengetahuan melalui investigasi untuk menghasilkan produk nyata. Temuan studi [4] dan [5] membuktikan bahwa PjBL mampu meningkatkan keaktifan dan hasil belajar siswa. Meskipun demikian, implementasi PjBL pada materi instalasi motor listrik seringkali terkendala oleh risiko kerusakan komponen dan keterbatasan alat praktik.

Integrasi dengan teknologi simulasi digital menjadi solusi strategis untuk mengatasi kendala tersebut. Aplikasi *Simurelay*, sebuah perangkat lunak simulasi elektromekanik berbasis Android, memungkinkan siswa merancang dan menguji rangkaian kendali motor secara virtual sebelum melakukan praktik fisik [6]. Penelitian [7] mengungkapkan bahwa *Simurelay* terbukti dapat meningkatkan kreativitas siswa. Berdasarkan kerangka teoritis, penelitian ini secara spesifik memfokuskan pada pengembangan keterampilan siswa secara holistik,

dengan penekanan pada aspek psikomotorik yang mencakup kemampuan bertindak setelah memperoleh pengalaman belajar [8], serta keterampilan menyeluruh dalam melaksanakan tugas secara efektif dan efisien [9]. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini mengusulkan integrasi model *Project-Based Learning* dengan media simulasi *Simurelay* sebagai sebuah pendekatan inovatif. Nilai kebaruan penelitian ini terletak pada sintesis sistematis antara model pembelajaran berbasis proyek yang menekankan keaktifan siswa dengan media simulasi yang menyediakan lingkungan belajar yang aman dan interaktif. Pendekatan terintegrasi ini diharapkan mampu meningkatkan hasil belajar siswa sekaligus mengatasi kendala keterbatasan fasilitas praktik di SMK.

II. METODE

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menerapkan desain pre-experimental dengan bentuk one group *posttest-posttest* guna mengevaluasi keefektifan integrasi model *Project-Based Learning* (PjBL) dan media *Simurelay* [10].

Tabel 1. Desain penelitian

<i>Pretest</i>	<i>Treatment</i>	<i>Posttest</i>
Q1	X	Q2

Keterangan :

Q1 = Nilai *Pretest*

X = *Treatment*

Q2 = Nilai *Posttest* dilakukan.

B. Subjek Penelitian

Subjek penelitian terdiri dari 28 siswa kelas XI Teknik Instalasi Tenaga Listrik (TITL) SMKN 1 Bonjol tahun ajaran 2025/2026 dengan pertimbangan kelas tersebut sedang menempuh mata pelajaran Instalasi Motor Listrik dan memerlukan peningkatan hasil belajar. Prosedur penelitian mengikuti tiga tahap utama. Tahap persiapan meliputi observasi lapangan, penyusunan instrumen penelitian (silabus, RPP, kisi-kisi soal), dan validasi instrumen oleh ahli [11]. Tahap pelaksanaan dimulai dengan pemberian *pretest*, dilanjutkan implementasi PjBL berbantuan *Simurelay* selama 8 pertemuan yang mengintegrasikan enam tahapan utama: (1) pemahaman konsep melalui pertanyaan esensial, (2) perancangan proyek menggunakan *Simurelay*, (3) penyusunan jadwal pengerjaan, (4) monitoring kemajuan proyek, (5) pengujian hasil, dan (6) evaluasi pengalaman belajar melalui presentasi. Tahap diakhiri dengan pemberian *posttest* dan dilanjutkan dengan tahap penyelesaian berupa analisis data serta penyusunan laporan penelitian.

Pengumpulan data dilakukan melalui teknik tes menggunakan instrumen *pretest* dan *posttest* berbentuk pilihan ganda yang telah teruji validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya bedanya [12], serta teknik non-tes melalui observasi keterampilan praktik dengan lembar penilaian yang mencakup aspek persiapan, pelaksanaan, dan hasil akhir praktik. Seluruh proses pengumpulan data dilakukan dengan memperhatikan protokol penelitian yang berlaku di lingkungan sekolah.

C. Instrumen Penelitian

Sebagai alat pengumpulan data, penelitian ini menggunakan dua jenis instrumen utama berupa tes awal (*pretest*) dan tes akhir (*posttest*).

Tabel 2. Kisi -Kisi Pretest

Kompetensi Dasar	Indikator	Jumlah soal
3.7. menerapkan instalasi motor listrik berbagai kendali.	3.7.1. mengidentifikasi komponen rangkaian instalasi motor listrik dengan berbagai kendali.	15
	3.7.2 menjelaskan prinsip kerja rangkaian instalasi motor listrik dengan berbagai kendali	15
Jumlah		30

Tabel 3. Kisi -Kisi Posttest

Kompetensi dasar	Indikator	Jumlah soal
3.8 menerapkan instalasi motor dengan pengasut	3.8.1 menjelaskan instalasi dengan pengasut	15
	3.8.2 menerapkan gambar instalasi dengan pengasut	15
Jumlah		30

Sebelum soal tes digunakan, maka akan dilakukan uji coba soal untuk mengetahui validitas, reliabilitas.

1. Uji validitas

Untuk menghitung validitas tes menggunakan rumus yang dikemukakan oleh [12] sebagai berikut :

$$Y_{pbi} = \frac{Mp - Mt}{St} \sqrt{\frac{p}{q}} \quad (1)$$

Analisis tingkat kesukaran terhadap 30 butir soal menunjukkan pola distribusi yang berbeda antara tes awal dan tes akhir. Pada *pretest*, terdistribusi 9 butir mudah, 1 butir sukar, dan 20 butir dengan tingkat kesukaran sedang. Sementara itu, *posttest* menunjukkan pergeseran dengan 8 butir mudah dan 22 butir sedang, tanpa ada butir yang tergolong sukar.

2. Daya beda

Daya beda didefinisikan sebagai kemampuan butir soal dalam mengidentifikasi perbedaan kompetensi antara kelompok siswa berkemampuan tinggi dan rendah. Standar penilaian untuk daya beda dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria Daya Beda

Daya Pembeda	Kriteria
0,00-0,20	Jelek
0,21-0,40	Cukup
0,41-0,71	Baik
0,71-1,00	Baik sekali

Berdasarkan hasil uji daya beda menunjukkan variasi distribusi kualitas butir yang signifikan antara kedua instrumen. *Pretest* menghasilkan 9 butir dengan daya beda sangat baik, 12 butir baik, 6 butir cukup, dan 3 butir jelek. *Posttest* menunjukkan peningkatan dengan 20 butir baik, meskipun butir sangat baik menurun menjadi 1 butir, dengan 6 butir cukup dan 3 butir jelek yang tetap.

3. Teknik Analisa Data

a. Peningkatan hasil belajar

Pengukuran terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik dapat dilakukan dengan membandingkan nilai *pretest* dan *posttest*. Uji gain ternormalisasi (*g*) diaplikasikan untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai perkembangan hasil belajar antara sebelum dan pasca intervensi pembelajaran. Perhitungan perbandingan nilai *pretest* dan *posttest* tersebut dilakukan dengan menerapkan rumus N-Gain Score. Menurut Hake (1999), formula yang digunakan untuk menghitung gain score adalah sebagai berikut:

$$\langle G \rangle = \frac{Sf - Si}{100 - Si} \quad (2)$$

Keterangan :

G = Gain score ternormalisasi

Si = Skor *Pretest*

Sf = Skor *Posttest*

100 = Skor maksimum

Tabel 5. Tabel 6. Kriteria Gain Score

Gain score ternormalisasi	Kriteria
$\langle G \rangle \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq \langle G \rangle < 0,7$	Sedang
$\langle G \rangle < 0,3$	Rendah

b. Ketuntasan hasil belajar

Penilaian keberhasilan belajar siswa diukur dari hasil *posttest* yang bertujuan mengetahui proporsi siswa yang mencapai standar ketuntasan. Standar ketuntasan belajar di institusi ini ditetapkan pada nilai 75. Untuk mengkuantifikasi tingkat ketuntasan hasil belajar, digunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$\text{ketuntasan hasil belajar} = \frac{\text{jumlah siswa yang tuntas belajar}}{\text{jumlah siswa}} \times 100\% \quad (3)$$

c. Kompetensi keterampilan

Analisis data kompetensi keterampilan siswa dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$K = \frac{Sa}{Sm} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

K : Nilai Keterampilan
Sa : Skor Yang Diperoleh
Sm : Skor Maksimum

Kriteria yang digunakan untuk menentukan kompetensi keterampilan praktik dapat dilihat pada tabel 7 dibawah ini.

Tabel 6. Tabel 7. Kriteria Penilaian Keterampilan

Nilai	Predikat	Kriteria
85 -100	A	Sangat baik
70 -85	B	Baik
55-70	C	Cukup
≤ 55	D	Kurang

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Data Pretest

Analisis data *pretest* mengungkapkan variasi nilai dari terendah 44 hingga tertinggi 68. Skor mean yang dihasilkan adalah 54,62 didampingi standar deviasi 8,90. Untuk pemaparan lebih detail, distribusi frekuensi nilai *pretest* dapat dilihat pada Tabel 8

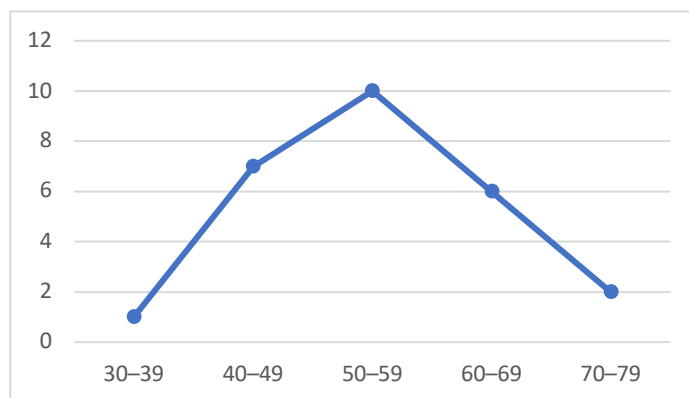
Tabel 7. Data Frekuensi Pretest

Interval	Frekuensi
30-39	1
40-49	7
50-59	10
60-69	6
70-79	2

Berdasarkan Tabel 8, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar siswa belum mencapai kriteria ketuntasan pembelajaran sebelum diterapkannya model Project-Based Learning (PjBL) berbantuan aplikasi Simurelay. Hasil pretest menunjukkan bahwa kemampuan awal siswa dalam memahami materi Instalasi Motor Listrik masih relatif rendah. Hal ini terlihat dari sebaran nilai yang didominasi oleh kategori rendah hingga sedang, sehingga secara umum pemahaman konseptual siswa terhadap materi yang akan dipelajari masih belum memadai.

Nilai tertinggi yang diperoleh siswa pada tahap pretest adalah 76, sedangkan sebagian besar siswa memperoleh nilai di bawah Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) yang ditetapkan, yaitu 75. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa hanya sebagian kecil siswa yang telah memiliki pemahaman yang memadai terhadap materi sebelum mengikuti proses pembelajaran. Dengan demikian, tingkat ketuntasan hasil belajar secara keseluruhan masih tergolong rendah, sehingga diperlukan suatu strategi pembelajaran yang lebih efektif untuk meningkatkan penguasaan konsep dan keterampilan siswa.

Rendahnya capaian hasil belajar pada tahap awal ini mengindikasikan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep dasar serta prosedur pada mata pelajaran Instalasi Motor Listrik. Temuan ini sekaligus menjadi dasar penting bagi penerapan model Project-Based Learning (PjBL) berbantuan aplikasi Simurelay, yang dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif, kontekstual, dan berorientasi pada penyelesaian proyek. Oleh karena itu, hasil pretest berfungsi sebagai data awal (baseline) untuk membandingkan tingkat peningkatan hasil belajar siswa setelah diberikan perlakuan. Visualisasi distribusi frekuensi nilai pretest tersebut dapat diamati pada Gambar 1 sehingga memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai sebaran kemampuan awal siswa.



Gambar. 1. Grafik Nilai *Pretest*

2. Data Posttest

Data *posttest* pasca penerapan PjBL berbantuan *Simurelay* mencatat nilai maksimal 96 dan minimal 64. Pencapaian mean sebesar 82 dengan standar deviasi 7,94 mengindikasikan tingkat kemampuan siswa. Pola distribusi nilai *posttest* dapat diamati pada Tabel 9.

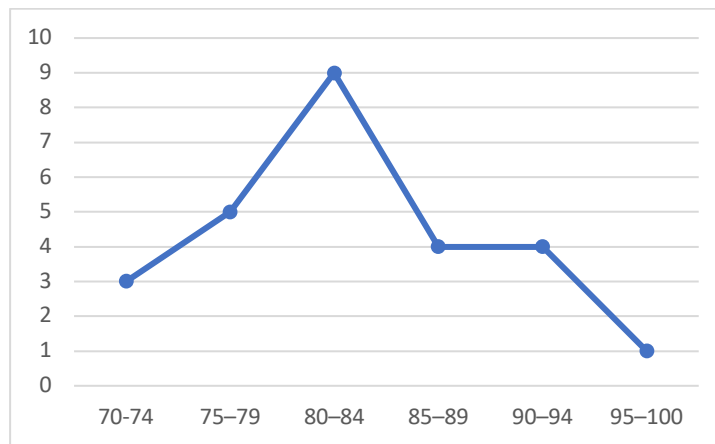
Tabel 8. Data Frekuensi *Posttest*

Interval	Frekuensi
70-74	3
75-79	5
80-84	9
85-89	4
90-94	4
95-100	1

Berdasarkan Tabel 9, interval nilai 80–84 merupakan kelas dengan frekuensi tertinggi (modus), yang menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik memperoleh hasil belajar pada rentang nilai tersebut setelah mengikuti pembelajaran menggunakan model Project-Based Learning (PjBL) berbantuan aplikasi *Simurelay*. Sebaran nilai yang terkonsentrasi pada interval ini mengindikasikan adanya peningkatan kemampuan siswa secara umum dibandingkan dengan kondisi sebelum diberikan perlakuan.

Hasil *posttest* menunjukkan bahwa terjadi peningkatan hasil belajar yang cukup signifikan. Sebanyak 23 dari 26 siswa atau sebesar 88,5% telah berhasil mencapai Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP), sedangkan hanya 3 siswa (11,5%) yang masih memperoleh nilai di bawah batas ketuntasan. Persentase ketuntasan tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar siswa telah menguasai kompetensi yang diharapkan setelah mengikuti proses pembelajaran.

Peningkatan tingkat ketuntasan ini mengindikasikan bahwa penerapan model PjBL berbantuan *Simurelay* mampu memberikan dampak positif terhadap penguasaan konsep dan pemahaman siswa pada mata pelajaran Instalasi Motor Listrik. Melalui pembelajaran berbasis proyek yang dipadukan dengan simulasi interaktif, siswa memperoleh kesempatan untuk menghubungkan konsep teoretis dengan praktik secara lebih nyata, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan berorientasi pada pemecahan masalah. Visualisasi distribusi frekuensi nilai *posttest* dapat dilihat pada Gambar 2, yang memperlihatkan bahwa sebaran nilai siswa cenderung bergeser ke kategori nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil *pretest*.



Gambar. 2. Grafik Nilai *Posttest*

3. Peningkatan Hasil Belajar

Berdasarkan hasil analisis terhadap 26 siswa, diperoleh nilai N-Gain sebesar 0,56, yang termasuk dalam kategori sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan model Project-Based Learning (PjBL) berbantuan aplikasi Simurelay mampu memberikan peningkatan hasil belajar yang cukup efektif. Nilai N-Gain pada kategori sedang mengindikasikan bahwa terjadi peningkatan kemampuan siswa yang bermakna setelah mengikuti proses pembelajaran, meskipun masih terdapat peluang untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran agar mencapai kategori tinggi.

Peningkatan ini menunjukkan bahwa proses pembelajaran yang berpusat pada siswa, dipadukan dengan penggunaan media simulasi interaktif, mampu membantu siswa memahami konsep-konsep Instalasi Motor Listrik secara lebih mendalam. Melalui kegiatan proyek, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan secara teoritis, tetapi juga berkesempatan menerapkan konsep tersebut dalam penyelesaian tugas yang bersifat nyata. Dengan demikian, penerapan PjBL berbantuan Simurelay memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kualitas proses dan hasil pembelajaran pada siswa kelas XI TITL SMK Negeri 1 Bonjol.

4. Ketuntasan Hasil Belajar

Hasil analisis ketuntasan belajar menunjukkan adanya peningkatan yang sangat signifikan antara kondisi sebelum dan sesudah penerapan model pembelajaran. Pada tahap pretest, tingkat ketuntasan belajar masih sangat rendah, di mana hanya 1 siswa (3,8%) yang berhasil mencapai Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) dengan nilai 76, sedangkan 25 siswa (96,2%) lainnya belum memenuhi kriteria ketuntasan. Temuan ini menunjukkan bahwa kemampuan awal siswa dalam memahami materi Instalasi Motor Listrik masih tergolong rendah.

Setelah diterapkan model Project-Based Learning (PjBL) berbantuan Simurelay, hasil posttest memperlihatkan perubahan yang sangat positif. Sebanyak 23 siswa (88,5%) berhasil mencapai ketuntasan belajar, sementara hanya 3 siswa (11,5%) yang masih berada di bawah KKTP. Peningkatan persentase ketuntasan tersebut menunjukkan bahwa model pembelajaran yang diterapkan mampu meningkatkan pemahaman siswa secara efektif.

Secara keseluruhan, hasil ini membuktikan bahwa kombinasi PjBL dan Simurelay tidak hanya meningkatkan nilai rata-rata siswa, tetapi juga mampu meningkatkan jumlah siswa yang mencapai standar kompetensi yang ditetapkan. Perubahan dari kondisi awal yang hanya memiliki satu siswa tuntas menjadi lebih dari delapan puluh persen siswa mencapai ketuntasan merupakan indikator kuat bahwa model pembelajaran ini efektif dalam meningkatkan hasil belajar pada mata pelajaran Instalasi Motor Listrik.

5. Kompetensi Keterampilan

Penilaian kompetensi keterampilan dilakukan untuk mengukur kemampuan siswa dalam menerapkan pengetahuan yang telah diperoleh selama proses pembelajaran ke dalam aktivitas praktik, khususnya dalam merancang dan mensimulasikan rangkaian Instalasi Motor Listrik menggunakan aplikasi Simurelay. Hasil penilaian menunjukkan bahwa seluruh 26 siswa memperoleh predikat baik, yang menunjukkan bahwa siswa telah mampu melaksanakan setiap tahapan proyek sesuai dengan indikator keterampilan yang ditetapkan.

Capaian tersebut mengindikasikan bahwa penerapan model Project-Based Learning (PjBL) berbantuan Simurelay tidak hanya berdampak pada peningkatan aspek kognitif, tetapi juga mampu mengembangkan kompetensi psikomotorik siswa. Selama proses pembelajaran, siswa dituntut untuk merancang, menguji, menganalisis, dan mengevaluasi hasil pekerjaan secara mandiri maupun berkelompok. Aktivitas tersebut

memberikan pengalaman belajar yang lebih autentik sehingga mampu meningkatkan keterampilan teknis, kemampuan berpikir sistematis, pemecahan masalah, komunikasi, serta kerja sama dalam menyelesaikan proyek.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa implementasi PjBL berbantuan *Simurelay* berhasil menghasilkan kompetensi keterampilan yang baik pada seluruh siswa. Temuan ini memperkuat bahwa penggunaan model pembelajaran berbasis proyek yang didukung media simulasi sangat relevan untuk meningkatkan kompetensi vokasional siswa, baik pada aspek pengetahuan maupun keterampilan praktik.

D. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, menunjukkan bahwa penerapan *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan *Simurelay* efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa kelas XI TITL SMKN 1 Bonjol untuk mata pelajaran Instalasi Motor Listrik. Nilai N-Gain 0,56 yang termasuk kategori sedang mengonfirmasi keberhasilan model pembelajaran ini dalam meningkatkan pencapaian akademik peserta didik. Hasil ini selaras dengan penelitian [1] yang mengungkapkan bahwa PjBL dapat meningkatkan hasil belajar Instalasi Penerangan Listrik melalui keterlibatan aktif siswa dalam penyelesaian masalah kontekstual.

Tidak hanya terjadi peningkatan nilai rata-rata dari 54,62 menjadi 82, persentase ketuntasan belajar siswa juga mengalami kenaikan signifikan menjadi 88% pasca implementasi model ini. Hasil tersebut sejalan dengan temuan [5] yang melaporkan bahwa PjBL mampu mendorong ketuntasan hasil belajar hingga 85% pada mata pelajaran Pendidikan Agama Islam, dimana siswa diberikan keleluasaan untuk belajar mandiri dan berkolaborasi dalam proyek. Konsistensi hasil ini juga diperkuat oleh penelitian yang menyatakan bahwa PjBL pada mata pelajaran Instalasi Motor Listrik dapat meningkatkan hasil belajar sekaligus menumbuhkan kemandirian dan tanggung jawab peserta didik [2], [13], [14].

Keberhasilan peningkatan hasil belajar dalam penelitian ini juga tidak terlepas dari peran *Simurelay* sebagai media pembelajaran. Aplikasi ini memfasilitasi pemahaman siswa terhadap prinsip kerja sistem kendali motor listrik melalui simulasi virtual sebelum pelaksanaan praktik sesungguhnya. Kesesuaian hasil ini juga terlihat dalam penelitian yang menegaskan bahwa penerapan *Simurelay* dalam pembelajaran berbasis proyek efektif meningkatkan kreativitas dan penguasaan konsep elektromekanik, di mana simulasi digital berhasil mengonversi konsep abstrak menjadi lebih aplikatif dan mudah dipahami [5], [14], [15].

Aspek psikomotorik siswa juga menunjukkan perkembangan positif dengan rata-rata capaian keterampilan dalam kategori "baik". Temuan ini konsisten dengan penelitian yang membuktikan bahwa PjBL pada pembelajaran praktik di SMK berhasil meningkatkan kompetensi psikomotorik melalui latihan kerja mandiri, pemecahan masalah, dan produksi karya nyata. Dukungan media *Simurelay* memungkinkan siswa berlatih merancang diagram kontrol, diagram daya, dan melakukan simulasi pengasutan motor listrik tiga fasa secara lebih efisien [9], [16], [17].

Dampak positif model ini juga terlihat pada peningkatan keaktifan dan kolaborasi siswa selama proses pembelajaran. Peserta didik dituntut untuk berpartisipasi aktif, berdiskusi, dan menyelesaikan proyek kelompok dengan pembagian peran yang jelas. Temuan ini didukung penelitian yang menunjukkan bahwa PjBL efektif dalam mengembangkan keterampilan kolaboratif dan komunikasi melalui aktivitas proyek nyata. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih bermakna karena siswa tidak hanya menguasai konsep teoritis tetapi juga mampu mengaplikasikannya secara langsung [10], [11], [18].

Lebih jauh, model PjBL berbantuan *Simurelay* juga mendorong berkembangnya kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa dalam menyelesaikan permasalahan dunia nyata. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang menyatakan bahwa PjBL meningkatkan kreativitas dan hasil belajar melalui keterlibatan siswa dalam aktivitas menantang yang memerlukan solusi nyata. Dalam konteks penelitian ini, siswa ditantang untuk merancang dan mensimulasikan rangkaian pengasutan motor listrik tiga fasa menggunakan *Simurelay*, yang sekaligus menguatkan penguasaan konsep dan keterampilan teknis [18], [19].

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini sejalan dengan hasil studi yang mengkonfirmasi bahwa PjBL mampu meningkatkan penguasaan konsep, keaktifan, dan prestasi akademik mahasiswa teknik. Kondisi ini menunjukkan bahwa efektivitas PjBL tidak hanya terbatas pada perguruan tinggi, melainkan juga dapat diadaptasi di jenjang SMK, terutama ketika didukung media simulasi digital seperti *Simurelay* [7], [19]. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kombinasi *Project-Based Learning* dan *Simurelay* efektif dalam meningkatkan kemampuan kognitif, psikomotorik, serta keterampilan berpikir kritis siswa di SMKN 1 Bonjol.

IV. PENUTUP

Penerapan model *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan *Simurelay* terbukti memberikan pengaruh positif melalui penelitian di SMK Negeri 1 Bonjol yang menyimpulkan adanya peningkatan hasil belajar kognitif dan psikomotorik siswa. Data mengungkapkan kenaikan nilai rata-rata dari 54,62 (*pretest*) ke 82 (*posttest*) dengan N-Gain 0,56 berkategori sedang. Realitas ini menjustifikasi bahwa pembelajaran dengan PjBL dan *Simurelay* mampu mengembangkan kemampuan komprehensi dan implementasi konsep pada peserta didik. Selain itu, tingkat

ketuntasan belajar siswa meningkat signifikan dari yang semula banyak belum mencapai KKTP menjadi 88% siswa tuntas setelah penerapan model pembelajaran. Siswa juga menunjukkan peningkatan kemampuan keterampilan praktik dalam menyusun dan menguji rangkaian pengasutan motor listrik tiga fasa menggunakan aplikasi *Simurelay*, dengan kategori penilaian keterampilan “baik”. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan media simulasi digital seperti *Simurelay* mampu membantu siswa memahami konsep secara visual sebelum praktik langsung di lapangan. Penerapan *Project-Based Learning* berbantuan *Simurelay* secara keseluruhan tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan hasil belajar, tetapi juga berperan dalam mengasah kemampuan analisis kritis, kerja kelompok, dan kreativitas peserta didik dalam menangani proyek nyata. Dengan demikian, pendekatan ini dapat dijadikan sebagai pilihan pembaruan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran praktik ketenagalistrikan, khususnya untuk mata pelajaran Instalasi Motor Listrik di SMK Negeri 1 Bonjol.

REFERENSI

- [1] A. Dwianto and I. Basuki, “Analisis pengaruh model pembelajaran Project-Based Learning terhadap peningkatan hasil belajar siswa pada mata pelajaran instalasi penerangan listrik di SMK,” *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 81–88, 2021, doi: 10.26740/jpte.v10n01.p81-88.
- [2] D. T. P. Yanto, E. Astrid, and R. Hidayat, “The achievement of four student competencies in domestic electrical installations using a project-based learning model,” in *Borderless Education as a Challenge in the 5.0 Society: Proceedings of the 3rd International Conference on Educational Sciences (ICES 2019)*, Bandung: Routledge, 2020, p. 349.
- [3] R. Anggraini and Ta’ali, “Penerapan Project-Based Learning pada mata pelajaran instalasi motor listrik,” *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 233–241, 2023.
- [4] A. S. Putri, D. A. Septiana, M. Latifah, and M. Saputri, “Penerapan pembelajaran berbasis proyek dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar,” *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, vol. 2, no. 2, pp. 69–79, 2023.
- [5] P. D. Anggraini and S. S. Wulandari, “Analisis penggunaan model pembelajaran Project-Based Learning dalam peningkatan keaktifan siswa,” *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP)*, vol. 9, no. 2, pp. 292–299, 2020, doi: 10.26740/jpap.v9n2.p292-299.
- [6] D. T. P. Yanto, H. Zaswita, M. Kabatiah, S. Sukardi, and A. Ambiyar, “Validity Test Analysis of Virtual Laboratory-Based Job Sheet for Power Electronics Course,” *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 13, no. 9, pp. 1469–1477, 2023, doi: 10.18178/ijiet.2023.13.9.1951.
- [7] E. Wahyuni and Fitriana, “Implementasi model pembelajaran Project-Based Learning dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik pada mata pelajaran Pendidikan Agama Islam SMP Negeri 7 Kota Tangerang,” *Jurnal Kajian Islam dan Pendidikan Tadarus Tarbawy*, vol. 3, no. 1, pp. 320–327, 2021, doi: 10.31000/jkip.v3i1.4262.
- [8] I. Nurhayati, S. I. Haryudo, and B. Suprijono, “Pengaruh jobsheet berbantuan software Simurelay berbasis pembelajaran proyek untuk meningkatkan kompetensi siswa kelas XI TITL di SMKN 7 Surabaya,” *Journal of Vocational and Technical Education (JVTE)*, vol. 5, no. 2, pp. 145–152, 2023, doi: 10.26740/jvte.v5n2.p145-152.
- [9] D. T. P. Yanto, G. Ganefri, S. Sukardi, R. Kurani, and J. P. Yanto, “Examining The Practicality of Mobile-Based Gamification Assessment in Electrical Machine Course: A Study in Industrial Electrical Engineering,” *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, vol. 5, no. 1, pp. 349–360, 2023, doi: 10.37385/jaets.v5i1.2803.
- [10] A. Rifqi and S. I. Haryudo, “Implementasi pembelajaran berbasis proyek berbantuan aplikasi Simurelay untuk meningkatkan kreativitas siswa,” *Jurnal Pendidikan Madrasah*, vol. 9, no. 1, pp. 123–132, 2024, doi: 10.14421/jpm.2024.123-132.
- [11] D. N. Avivah and Usmeldi, “Keterampilan siswa dalam pembelajaran instalasi penerangan listrik menggunakan model Project-Based Learning,” vol. 4, no. 2, pp. 543–547, 2023.
- [12] D. T. P. Yanto, “Praktikalitas Media Pembelajaran Interaktif pada Proses Pembelajaran Rangkaian Listrik,” *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, vol. 19, no. 1, pp. 75–82, 2019, doi: 10.24036/invotek.v19i1.409.
- [13] F. R. Haq and Elfizon, “Penerapan model Project-Based Learning pada mata pelajaran instalasi penerangan listrik,” *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 73–80, 2022, doi: 10.24036/jpte.v3i2.194.
- [14] Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung, Indonesia: Alfabeta, 2013.

- [15] A. M. Made, Ambiyar, A. R. Riyanda, M. K. Sagala, and N. H. Adi, "Implementasi model Project-Based Learning (PjBL) dalam upaya meningkatkan hasil belajar mahasiswa teknik mesin," *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, vol. 4, no. 4, pp. 5162–5169, 2022, doi: 10.31004/edukatif.v4i4.3128.
- [16] S. Arikunto, *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta, Indonesia: Rineka Cipta, 2013.
- [17] F. Eliza, S. Suriyadi, and D. T. P. Yanto, "Peningkatan kompetensi psikomotor siswa melalui model pembelajaran Project-Based Learning (PjBL) di SMKN 5 Padang," *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, vol. 19, no. 2, pp. 57–66, 2019, doi: 10.24036/invotek.v19i2.427.
- [18] S. A. Aziz and K. Nurachadijat, "Project-Based Learning dalam meningkatkan keterampilan belajar siswa," *Jurnal Inovasi, Evaluasi dan Pengembangan Pembelajaran (JIEPP)*, vol. 3, no. 2, pp. 67–74, 2023, doi: 10.54371/jiepp.v3i2.273.
- [19] R. A. Natty, F. Kristin, and I. Anugraheni, "Peningkatan kreativitas dan hasil belajar siswa melalui model pembelajaran Project-Based Learning di sekolah dasar," *Jurnal Basicedu*, vol. 3, no. 4, pp. 1082–1092, 2019, doi: 10.31004/basicedu.v3i4.262.