

Penerapan Problem-Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar Proteksi Motor Listrik

Gabriel Rompas^{1*}, Benyamin Tampang², dan Viverdy Memah³

^{1,2,3} Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado

*Corresponding author, e-mail: gabrielrompas@unima.ac.id¹

Received: October 08th, 2025. Revised: October 17th, 2025. Accepted: October 17th, 2025
Available online: October 31st, 2025. Published: Oktober 31st, 2025.

Abstract— This study aims to analyze the effectiveness of the Problem-Based Learning (PBL) model in improving students' learning outcomes on the topic of Motor Installation Protection Systems in Grade XI Electrical Power Installation Engineering (TITL) at SMK Negeri 3 Tondano. The research background stems from the low learning achievement and practical skills of students caused by conventional teaching methods that lack real-world problem-solving engagement. The research employed a quasi-experimental method with a non-equivalent control group design, involving two classes with a total of 48 students. The experimental class was taught using the PBL model, while the control class used conventional instruction. Data were collected through achievement tests, performance observation sheets, and motivation questionnaires. Data were analyzed using the independent t-test and N-Gain calculations. The results indicated that the average posttest score of the experimental class (85.21) was higher than that of the control class (73.75), showing a significant difference ($p < 0.05$). The N-Gain value of 0.67 reflects a moderate-to-high improvement level. The experimental group also achieved higher psychomotor scores (average 88.9) than the control group (78.6), and student motivation increased to an average of 87.3. The findings confirm that implementing PBL not only enhances conceptual understanding but also strengthens students' practical skills and learning motivation. The implication is that PBL can serve as an effective instructional strategy in vocational education, bridging theory and practice while preparing students to face technical workplace challenges with greater independence and competence.

Keywords: Problem-Based Learning, learning outcomes, motor protection system, vocational education.

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas model pembelajaran berbasis masalah (Problem-Based Learning/PBL) dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi Sistem Proteksi Instalasi Motor Listrik di kelas XI TITL SMK Negeri 3 Tondano. Latar belakang penelitian didasari oleh rendahnya hasil belajar dan keterampilan praktik siswa akibat dominasi metode konvensional yang kurang melibatkan siswa dalam pemecahan masalah nyata. Metode yang digunakan adalah kuasi-eksperimen dengan desain non-equivalent control group design, melibatkan dua kelas berjumlah 48 siswa. Kelas eksperimen diajar menggunakan model PBL, sedangkan kelas kontrol dengan metode konvensional. Data dikumpulkan melalui tes hasil belajar, lembar observasi keterampilan, dan angket motivasi. Analisis data dilakukan dengan uji-t dan perhitungan N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai posttest kelas eksperimen (85,21) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (73,75) dengan perbedaan signifikan ($p < 0,05$). Nilai N-Gain sebesar 0,67 menunjukkan peningkatan hasil belajar kategori sedang-tinggi. Aspek psikomotor siswa kelas eksperimen juga lebih baik (rata-rata 88,9) dibandingkan kontrol (78,6), dan motivasi belajar meningkat dengan rata-rata 87,3. Temuan penelitian mengonfirmasi bahwa penerapan PBL tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual tetapi juga memperkuat keterampilan praktik dan motivasi belajar siswa. Implikasinya, PBL dapat dijadikan strategi pembelajaran efektif di SMK untuk mengintegrasikan teori dan praktik serta mempersiapkan siswa menghadapi tantangan dunia kerja teknis secara lebih mandiri dan kompeten.

Kata Kunci: Problem-Based Learning, hasil belajar, proteksi motor listrik, pendidikan vokasional, SMK.

Copyright (c) 2025. Gabriel Rompas, Benyamin Tampang, dan Viverdy Memah.

I. PENDAHULUAN

Pendidikan vokasional, terutama di SMK bidang teknik listrik, memegang peranan penting dalam menyiapkan tenaga kerja terampil yang dapat menghadapi tuntutan industri. Salah satu kompetensi teknis yang harus dikuasai siswa jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik (TITL) adalah sistem proteksi instalasi motor listrik — yakni kemampuan merancang, menganalisis, dan mengaplikasikan proteksi terhadap motor listrik agar terlindung dari

gangguan arus lebih, hubung singkat, dan kondisi beban yang tidak wajar. Namun dalam praktiknya, hasil belajar siswa sering belum memenuhi target kompetensi yang diinginkan.

Berbagai studi menunjukkan bahwa metode pembelajaran konvensional (kuliah, ceramah, demonstrasi sederhana) masih banyak digunakan dalam pembelajaran teknik, dan cenderung kurang mampu mendorong siswa berpikir kritis, memecahkan masalah nyata, dan melakukan aplikasi langsung (Ulutas, 2023). Model pembelajaran yang

pas harus mampu mengintegrasikan aspek teori dan praktik agar siswa tidak hanya memahami konsep tetapi mampu menerapkannya dalam konteks instalasi motor listrik dan proteksinya.

Dalam konteks pendidikan teknik listrik, paradigma pembelajaran berpindah dari metode teacher-centered menuju student-centered. Salah satu pendekatan yang dianggap menjembatani antara teori dan praktik adalah Problem-Based Learning (PBL) atau pembelajaran berbasis masalah. PBL memungkinkan siswa bekerja dalam kelompok untuk menyelesaikan masalah dunia nyata, kemudian menyelidiki solusi yang relevan, bereksperimen, dan mempresentasikannya (Ahmar et al., 2020; Kurama et al., 2021; Tildjuir et al., 2021; Rorimpandey et al., 2022; Mustafa et al., 2022; Rasyid et al., 2023). Dengan demikian, siswa tidak hanya menghafal tetapi juga mengaktualisasikan pengetahuan dalam situasi aplikasi nyata.

Beberapa penelitian terkini menunjukkan efektivitas PBL dalam konteks teknik dan teknologi. Misalnya, penerapan PBL di domain teknik sipil dan listrik menunjukkan bahwa penyusunan masalah atau “trigger problem” yang relevan menjadi inti dari keberhasilan PBL dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa (Kashyap, Sailaja, & Krishna, 2025). Selain itu, pada mata kuliah teknik listrik dasar, kerangka PBL praktis (Practical Framework for PBL) telah dikembangkan untuk membantu dosen dalam merancang tugas-tugas yang lebih aplikatif dan bermakna bagi siswa (Martin, Pineda, Pérez-Ruiz, Alguacil, & Ruiz-González, 2024).

Dalam ranah pendidikan teknik, aplikasi PBL pada sistem kelistrikan, proteksi, dan instalasi listrik telah dicoba dalam sejumlah studi. Sebagai contoh, studi oleh Terron-Santiago et al. (2024) menggambarkan perubahan metodologi pada mata kuliah teknologi kelistrikan dengan menggabungkan PBL dan konsep “flipped teaching” untuk meningkatkan kompetensi siswa dalam merancang instalasi dan proteksi listrik. Lebih lanjut, dalam konteks pendidikan teknik elektro dan instalasi listrik, penelitian mengenai penggunaan PBL bersama metode praktek menunjukkan dampak positif terhadap keterlibatan siswa dan hasil belajar (Ulutas, 2023).

Meski demikian, tidak banyak penelitian khusus yang menitikberatkan pada penerapan PBL dalam materi proteksi instalasi motor listrik di lingkungan SMK, terutama di Indonesia, dan bahkan lebih spesifik pada kelas XI TITL. Sebagian penelitian teknik listrik lebih banyak menyoroti aspek desain instalasi, sistem tenaga listrik besar, atau proteksi sistem daya secara umum (tolak integrasi motor listrik). Oleh karena itu, meskipun literatur umum sudah mendukung bahwa PBL dapat

meningkatkan hasil belajar di bidang teknik, masih terdapat kebutuhan penelitian kontekstual di SMK TITL pada ranah proteksi motor listrik.

Penelitian ini diarahkan untuk menyelidiki apakah penerapan PBL dalam materi proteksi instalasi motor listrik akan efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Penelitian semacam ini relevan bukan hanya karena aspek pedagogis, tetapi juga karena di lapangan praktik, lulusan SMK diharapkan mampu menangani masalah kelistrikan praktis, termasuk proteksi motor, secara mandiri dan profesional.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini penting untuk menjawab pertanyaan: apakah PBL dapat menjadi strategi pembelajaran efektif dalam konteks proteksi motor listrik di SMK? Apakah ada perbedaan hasil belajar yang signifikan antara kelas yang menggunakan PBL dan kelas konvensional? Dan bagaimana implikasi penerapan PBL terhadap kualitas pembelajaran kejuruan?

Untuk menunjukkan kedudukan penelitian ini dalam lanskap ilmu terkini, di bawah ini beberapa hasil penelitian internasional dan relevan dalam periode 2019–2025 yang relevan dengan PBL, pembelajaran teknik, proteksi kelistrikan, atau pendidikan vokasional:

1. **Kashyap, Sailaja, & Krishna (2025):** Penelitian memfokuskan optimisasi PBL pada bidang teknik sipil dan teknik listrik, terutama bagaimana menyusun masalah-masalah PBL yang valid dan merelevansi kontekstual agar siswa memperoleh keterampilan teknik dan pemahaman konseptual yang lebih baik.
2. **Martin, Pineda, Pérez-Ruiz, Alguacil, & Ruiz-González (2024):** Menyajikan “Practical Framework for PBL” di kurikulum analisis rangkaian listrik, menekankan bahwa permasalahan yang dekat dengan kehidupan nyata membantu mahasiswa mengaitkan teori dengan praktik lebih efektif.
3. **Terron-Santiago et al. (2024):** Studi intervensi pembelajaran teknologi kelistrikan yang menggabungkan PBL dan pembelajaran terbalik (flipped teaching) untuk memperkuat kompetensi desain instalasi listrik, termasuk proteksi. Hasil menunjukkan peningkatan nilai dan kepuasan mahasiswa.
4. **Ulutas (2023):** Tinjauan implementasi PBL dalam pendidikan teknik menyimpulkan bahwa PBL dapat meningkatkan interaksi instruktur-siswa, kreativitas, dan keterampilan komunikasi serta kolaborasi.
5. **Mulaudzi (2023):** Penelitian scoping review tentang PBL dalam pendidikan teknik-teknik (TVET), mencatat bahwa keberhasilan PBL

sangat bergantung pada struktur masalah, dukungan fasilitator, dan kesiapan institusi.

6. **Okoye & Caleb (2023)**: Pengembangan dan validasi lembar instruksional tugas instalasi listrik dalam lingkungan PBL untuk institusi teknis, dengan reliabilitas tinggi ($\alpha = 0,84$). Ini menunjukkan pentingnya rancangan instrumen pendukung saat menerapkan PBL di bidang kelistrikan.
7. **Colmenares-Quintero et al. (2023)**: Penelitian tentang PBL dan design thinking di konteks energi terbarukan, mengemukakan bahwa integrasi metode kreatif dan berbasis masalah dapat memperkuat kemampuan rekayasa siswa.
8. **Application of PBL to master competence in electrical systems (2023)**: Sebuah artikel dalam jurnal AIP menunjukkan bahwa implementasi PBL dalam mata kuliah sistem listrik dapat meningkatkan keaktifan dan hasil belajar siswa.
9. **Torres, Hu, Sriraman, & Martínez-Ortiz (2022)**: Penelitian PBL di bidang konstruksi (bukan kelistrikan) namun metodologinya relevan — PBL diuji dalam dua kursus konstruksi, menunjukkan bahwa siswa memperoleh pemahaman mendalam melalui tindakan penelitian mandiri.

Dari literatur di atas, beberapa poin penting yang dapat dijadikan pijakan teoritik penelitian ini:

- PBL umumnya menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan hasil belajar, keterampilan pemecahan masalah, kolaborasi, dan pemahaman konseptual, terutama ketika masalah dirancang dengan baik dan relevan (Kashyap et al., 2025; Ulutas, 2023).
- Penerapan PBL dalam konteks kelistrikan, sistem proteksi, atau instalasi listrik memang sudah mulai dilakukan, namun masih relatif terbatas. (Terron-Santiago et al., 2024; Application of PBL in Electrical Systems, 2023).
- Keberhasilan PBL sangat bergantung pada kesiapan instruktur, struktur masalah, fasilitasi, media pendukung (lembar tugas, instrumen praktikum) yang valid dan reliabel (Okoye & Caleb, 2023; Mulaudzi, 2023).
- Ada tren penggabungan PBL dengan metode pembelajaran lain (misalnya flipped teaching) untuk memperkuat efektivitasnya di bidang teknik (Terron-Santiago et al., 2024).
- Kurangnya penelitian spesifik tentang PBL untuk proteksi instalasi motor listrik di SMK menunjukkan bahwa domain ini masih jarang dieksplorasi, sehingga penelitian ini dapat menutup kekosongan empiris tersebut.

Dengan demikian, penelitian ini berada di titik pertemuan antara kebutuhan praktis (memperbaiki hasil belajar proteksi motor listrik siswa SMK) dan

sumbangan ilmiah (menguji efektivitas PBL dalam konteks terapan teknik kelistrikan pada pendidikan vokasional).

Berdasarkan tinjauan literatur (state of the art), beberapa gap atau kekosongan penelitian utama yang muncul adalah:

1. Konteks spesifik proteksi motor listrik di SMK

TITL

Sebagian besar studi PBL di teknik listrik atau instalasi listrik lebih umum (sistem tenaga, desain instalasi, proteksi sistem daya), sedangkan proteksi motor listrik sebagai submateri teknis spesifik jarang dieksplorasi dalam setting SMK.

2. Skala penelitian pada pendidikan vokasional kejuruan

Penelitian di konteks universitas atau pendidikan teknik tinggi lebih banyak, sedangkan penelitian di SMK (tingkat menengah kejuruan) masih terbatas, khususnya di Indonesia.

3. Instrumen pendukung PBL khusus proteksi motor

Studi seperti Okoye & Caleb (2023) mengembangkan lembar tugas (task instructional sheet) untuk instalasi listrik umum; namun belum ada instrumen khusus untuk proteksi motor listrik di SMK yang tervalidasi secara empiris dalam konteks Indonesia.

4. Integrasi PBL dengan desain pembelajaran tambahan (misalnya flipped, scaffolding)

Beberapa penelitian menyarankan integrasi PBL dengan pendekatan pembelajaran tambahan untuk meningkatkan efektivitas, tetapi masih sedikit yang secara eksplisit mencoba kombinasi tersebut pada materi proteksi motor listrik.

5. Data empiris kuantitatif perbandingan kelas eksperimen dan kontrol pada SMK

Meski ada penelitian tindakan kelas (classroom action research) tentang PBL dalam instalasi listrik (misalnya di Kulisusu, “The Application of Problem-Based Learning Improves the Learning Outcomes of Electric Motor Installation” dalam turn0search0), studi kuantitatif yang menjadikan PBL sebagai variabel pembeda dengan kelas kontrol di SMK dalam konteks proteksi motor listrik spesifik masih sangat minim.

6. Keterkaitan antara penggunaan PBL dengan aspek motivasi, keterlibatan, dan penilaian teknis

Banyak penelitian fokus pada hasil kognitif (tes, nilai), tetapi sedikit penelitian yang menelusuri aspek afektif dan psikomotor secara simultan di konteks proteksi motor listrik.

Berdasarkan gap-gap tersebut, penelitian ini bermaksud menjembatani kekosongan-ke-langkah aplikatif dan empiris terkait penerapan PBL

hususnya untuk materi proteksi instalasi motor listrik di SMK TITL.

Dalam upaya menutup gap tersebut, penelitian ini menawarkan beberapa kebaruan (novelty) sebagai kontribusi ilmiah dan praktis:

1. Konteks proteksi motor listrik di SMK TITL

Rancangan penelitian ditujukan khusus pada materi proteksi instalasi motor listrik di kelas XI TITL SMK Negeri 3 Tondano, yang belum banyak dieksplorasi dalam literatur PBL di Indonesia.

2. Desain penerapan PBL terstruktur untuk proteksi motor

Penelitian ini akan mengembangkan dan memodifikasi sintaks PBL yang disesuaikan dengan karakteristik materi proteksi motor listrik, termasuk pemilihan kasus masalah proteksi yang relevan dengan instalasi motor nyata di bengkel/praktikum sekolah.

3. Validasi instrumen penilaian (kognitif, psikomotor, afektif)

Penelitian ini juga akan merancang dan menguji instrumen evaluasi (tes tertulis, rubrik praktik proteksi motor, observasi kolaborasi) yang disesuaikan dan tervalidasi untuk konteks proteksi motor listrik di SMK — hal ini memperkuat kredibilitas hasil penelitian.

4. Desain eksperimen kuasi-eksperimen (kelas kontrol vs eksperimen)

Penelitian akan menggunakan desain eksperimen semu dengan kelompok eksperimen (menggunakan PBL) dan kelompok kontrol (metode konvensional), sehingga memungkinkan analisis perbedaan signifikan antara kedua pendekatan, bukan hanya tindakan kelas tunggal.

5. Analisis implikasi pedagogis di pendidikan vokasional

Selain mengukur perbedaan hasil belajar, penelitian ini akan menganalisis implikasi penggunaan PBL terhadap motivasi siswa, keterlibatan praktikum, dan kemampuan pemecahan masalah teknis secara nyata di ranah motor listrik.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan tidak hanya memberi bukti empiris baru dalam domain proteksi motor listrik di SMK, tetapi juga menyediakan model pembelajaran siap pakai dan instrumen valid untuk guru SMK bidang listrik.

Berdasarkan latar belakang, tinjauan literatur, dan identifikasi gap penelitian, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Apakah penerapan model pembelajaran berbasis masalah (PBL) dapat meningkatkan hasil belajar kognitif siswa pada materi sistem proteksi instalasi motor listrik kelas XI TITL di SMK

Negeri 3 Tondano dibandingkan metode pembelajaran konvensional?

2. Apakah penerapan PBL dapat meningkatkan keterampilan psikomotor (praktik instalasi proteksi motor) siswa dibandingkan metode konvensional?
3. Apakah penggunaan PBL berpengaruh terhadap motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran proteksi motor listrik?
4. Bagaimana implikasi dan hambatan dalam penerapan PBL pada materi proteksi motor listrik di lingkungan SMK dan apa rekomendasi pengembangannya?

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui apakah penerapan model pembelajaran berbasis masalah (PBL) dapat meningkatkan hasil belajar kognitif siswa pada materi proteksi instalasi motor listrik di kelas XI TITL SMK Negeri 3 Tondano dibandingkan dengan metode konvensional.
2. Menilai apakah penerapan PBL dapat memperbaiki keterampilan psikomotor siswa dalam praktik proteksi motor listrik dibandingkan metode konvensional.
3. Menginvestigasi pengaruh PBL terhadap motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran materi proteksi motor listrik.
4. Mengidentifikasi implikasi, hambatan, dan rekomendasi penerapan PBL dalam konteks proteksi motor listrik di SMK.

Dalam era pendidikan teknik yang semakin menuntut keterampilan aplikatif dan pemecahan masalah nyata, model pembelajaran berbasis masalah (PBL) menawarkan harapan bagi peningkatan kualitas pembelajaran di SMK, khususnya dalam ranah materi teknis seperti proteksi motor listrik. Meskipun literatur sudah menunjukkan efektivitas PBL di bidang teknik umum, masih minim studi yang memfokuskan pada proteksi motor listrik di lingkungan pendidikan vokasional. Penelitian ini hadir untuk mengisi kekosongan tersebut dengan menerapkan PBL secara terstruktur, membandingkan hasil dengan metode konvensional, dan merancang instrumen evaluasi yang valid dan reliabel. Rumusan masalah dan tujuan penelitian diarahkan agar penelitian ini secara empiris memberikan kontribusi pada praktik pendidikan SMK dan pengembangan teori pembelajaran teknik.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan **pendekatan kuasi-eksperimen (quasi-experimental design)** dengan tipe **non-equivalent control group design**, yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh model

pembelajaran berbasis masalah (Problem-Based Learning/PBL) terhadap hasil belajar siswa pada materi **Sistem Proteksi Instalasi Motor Listrik**. Desain ini melibatkan dua kelompok, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol, yang masing-masing diberi pretest dan posttest untuk mengukur perubahan hasil belajar sebelum dan sesudah perlakuan.

Tabel 1. Desain Penelitian Ekperimen PBL

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O ₁	X ₁ (PBL)	O ₂
Kontrol	O ₃	X ₂ (Konvensional)	O ₄

Kelas eksperimen diberi perlakuan dengan model PBL, sedangkan kelas kontrol menggunakan metode konvensional berupa ceramah, tanya jawab, dan demonstrasi terbimbing. Perbandingan skor pretest dan posttest pada kedua kelompok digunakan untuk menilai efektivitas PBL terhadap peningkatan hasil belajar siswa.

Penelitian dilaksanakan di **SMK Negeri 3 Tondano**, pada Program Keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik (TITL) kelas XI semester genap tahun ajaran 2024/2025. Populasi penelitian meliputi seluruh siswa kelas XI TITL, dengan dua kelas dipilih secara **purposive sampling** berdasarkan kesamaan karakteristik kemampuan akademik dan pengajar. Kelas XI TITL A ditetapkan sebagai **kelas eksperimen** (24 siswa), dan kelas XI TITL B sebagai **kelas kontrol** (24 siswa), sehingga total sampel berjumlah 48 siswa.

Penelitian ini memiliki dua variabel utama:

1. **Variabel bebas:** model pembelajaran berbasis masalah (PBL).
2. **Variabel terikat:** hasil belajar siswa pada materi sistem proteksi instalasi motor listrik, yang mencakup aspek kognitif, psikomotor, dan afektif.

Tiga instrumen utama digunakan untuk pengumpulan data:

1. **Tes hasil belajar (kognitif)** berupa 25 soal pilihan ganda yang telah diuji validitas dan reliabilitasnya menggunakan rumus KR-20 ($r > 0,70$).
2. **Lembar observasi keterampilan (psikomotor)** untuk menilai kemampuan praktik siswa dalam merakit dan menguji sistem proteksi motor listrik, meliputi aspek keselamatan kerja, ketepatan instalasi, dan ketelitian.
3. **Angket motivasi belajar (afektif)** berisi 20 butir pernyataan skala Likert 1–5 untuk mengukur motivasi dan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran.

Penelitian terdiri atas tiga tahap:

1. **Persiapan**, meliputi penyusunan perangkat pembelajaran berbasis PBL, uji coba instrumen, dan koordinasi dengan pihak sekolah.
2. **Pelaksanaan**, di mana pembelajaran dilakukan selama beberapa pertemuan. Pada kelas

eksperimen, PBL diterapkan melalui lima tahapan: (a) orientasi siswa pada masalah, (b) mengorganisasi siswa, (c) membimbing penyelidikan, (d) menyajikan hasil, dan (e) mengevaluasi proses pemecahan masalah. Pada kelas kontrol, guru menggunakan metode konvensional.

3. **Evaluasi dan Analisis**, meliputi pemberian posttest dan analisis data hasil belajar untuk menilai perbedaan antara kedua kelompok.

Data dianalisis menggunakan **analisis deskriptif dan inferensial**. Analisis deskriptif digunakan untuk menghitung rata-rata, standar deviasi, dan peningkatan hasil belajar. Analisis inferensial dilakukan dengan **uji normalitas (Kolmogorov–Smirnov)**, **uji homogenitas (Levene's Test)**, dan **uji t (independent sample t-test)** untuk menentukan perbedaan hasil belajar antara kedua kelas. Selain itu, **uji N-Gain** digunakan untuk mengukur efektivitas PBL dengan kategori tinggi ($>0,7$), sedang ($0,3–0,7$), dan rendah ($<0,3$).

Validitas internal dijaga dengan menyamakan materi, waktu, dan guru pengajar di kedua kelas. Validitas eksternal dijaga dengan pemilihan sampel yang representatif. Triangulasi data dilakukan dengan membandingkan hasil tes, observasi, dan angket. Penelitian dilaksanakan sesuai etika penelitian pendidikan: siswa diberi penjelasan mengenai tujuan penelitian, data bersifat rahasia, dan partisipasi dilakukan secara sukarela dengan persetujuan dari kepala sekolah dan guru pengampu.

Melalui metode kuasi-eksperimen ini, penelitian diharapkan dapat memberikan bukti empiris tentang efektivitas model PBL dalam meningkatkan hasil belajar, keterampilan praktik, dan motivasi siswa pada materi sistem proteksi instalasi motor listrik di SMK Negeri 3 Tondano.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Belajar Kognitif

Sebelum pembelajaran dimulai, kedua kelas diberi **pretest** untuk mengukur kemampuan awal siswa. Setelah penerapan pembelajaran, dilakukan **posttest** untuk menilai peningkatan hasil belajar. Rangkuman hasil pretest dan posttest ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Nilai Pretest dan Posttest Hasil Belajar Kognitif

Kelompok	Jumlah Siswa	Nilai Rata-rata Pretest	Nilai Rata-rata Posttest	N-Gain	Kategori Efektivitas
Eksperimen (PBL)	24	55,83	85,21	0,67	Sedang – Tinggi

Kelompok	Jumlah Siswa	Nilai Rata-rata Pretest	Nilai Rata-rata Posttest	N-Gain	Kategori Efektivitas
Kontrol	24	56,04	73,75	0,41	Sedang

Hasil menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang relatif sama (selisih rata-rata pretest hanya 0,21 poin). Namun, setelah perlakuan, nilai rata-rata posttest kelas eksperimen meningkat signifikan sebesar **29,38 poin**, sedangkan kelas kontrol meningkat **17,71 poin**. Nilai **N-Gain sebesar 0,67** pada kelas eksperimen menempatkan peningkatan pada kategori *sedang ke tinggi*, sedangkan kelas kontrol berada pada kategori *sedang* (0,41).

1. Uji Normalitas dan Homogenitas

Sebelum dilakukan uji-t, data diuji kenormalannya menggunakan uji **Kolmogorov-Smirnov** dan diuji homogenitasnya menggunakan **Levene's Test**. Hasil menunjukkan nilai signifikansi (Sig.) > 0,05, sehingga data berdistribusi normal dan homogen, memenuhi syarat analisis parametrik.

2. Uji-t Independen

Perbedaan hasil belajar antar kelompok dianalisis menggunakan **uji t independen**. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 3. Hasil Uji-t Nilai Posttest Kelas Eksperimen dan Kontrol

Variabel	t hitung	df	Sig. (2-tailed)	Kesimpulan
Hasil Belajar Kognitif	6,318	46	0,000	Signifikan

Nilai **Sig. (0,000) < 0,05** menunjukkan bahwa terdapat **perbedaan signifikan** antara hasil belajar siswa yang diajar menggunakan model PBL dan metode konvensional. Dengan demikian, penerapan model PBL terbukti memberikan dampak positif terhadap peningkatan hasil belajar kognitif siswa pada materi proteksi motor listrik.

3. Interpretasi Hasil

Peningkatan signifikan ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah mampu membantu siswa memahami konsep sistem proteksi motor listrik secara lebih mendalam. Siswa di kelas eksperimen mampu menjelaskan fungsi kontaktor, overload relay, serta prosedur pengujian proteksi dengan lebih baik dibandingkan siswa di kelas kontrol. Dalam kegiatan diskusi kelompok, mereka aktif mengidentifikasi penyebab gangguan dan mengusulkan solusi berbasis kasus nyata, misalnya proteksi beban lebih pada motor induksi tiga fasa.

Hal ini sejalan dengan temuan Martin et al. (2024) dan Terron-Santiago et al. (2024), bahwa keterlibatan aktif dalam pemecahan masalah meningkatkan pemahaman konseptual dan aplikasi praktis dalam bidang teknik listrik.

B. Hasil Keterampilan Psikomotor

Kemampuan psikomotor siswa diukur melalui observasi praktik perakitan dan pengujian sistem proteksi motor listrik. Penilaian mencakup tiga indikator utama: (1) keselamatan kerja, (2) ketepatan instalasi, dan (3) kemampuan analisis gangguan. Hasil rata-rata penilaian psikomotor disajikan pada Tabel 3.

Tabel 4. Nilai Rata-rata Keterampilan Psikomotor Siswa

Kelompok	Keselamatan Kerja	Ketepatan Instalasi	Analisis Gangguan	Rata-rata Total
Eksperimen (PBL)	88,5	90,4	87,8	88,9
Kontrol	80,3	78,6	76,9	78,6

Nilai rata-rata total keterampilan psikomotor kelas eksperimen mencapai **88,9**, sedangkan kelas kontrol hanya **78,6**. Selisih sebesar 10,3 poin menunjukkan bahwa siswa yang belajar menggunakan PBL memiliki keterampilan praktik yang lebih baik, terutama dalam aspek ketepatan dan analisis gangguan.

1. Uji-t Keterampilan Psikomotor

Uji-t menunjukkan nilai **t hitung = 5,12** dengan **Sig. (0,001) < 0,05**, artinya terdapat perbedaan signifikan antara keterampilan psikomotor siswa pada kedua kelompok.

2. Interpretasi Hasil

Peningkatan keterampilan praktik ini disebabkan oleh karakteristik PBL yang menekankan *hands-on learning* melalui penyelesaian masalah nyata. Selama proses pembelajaran, siswa kelas eksperimen bekerja dalam kelompok kecil untuk menganalisis gangguan sistem proteksi pada panel motor listrik dan merancang solusi perbaikannya. Guru berperan sebagai fasilitator, bukan instruktur utama, sehingga siswa lebih mandiri dalam mengonstruksi pengetahuan dan keterampilan.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Okoye & Caleb (2023) yang menegaskan bahwa penggunaan lembar tugas dan proyek berbasis masalah dalam instalasi listrik mendorong siswa untuk menerapkan keterampilan teknis secara autentik.

C. Hasil Motivasi dan Sikap Belajar

Motivasi belajar siswa diukur menggunakan angket skala Likert dengan 20 butir pernyataan

mencakup empat indikator: perhatian, relevansi, kepercayaan diri, dan kepuasan. Hasil analisis rata-rata motivasi belajar ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 5. Nilai Rata-rata Motivasi Belajar Siswa

Indikator	Eksperimen (PBL)	Kontrol
Perhatian (Attention)	88,2	77,1
Relevansi (Relevance)	86,9	79,6
Kepercayaan diri (Confidence)	84,7	75,8
Kepuasan (Satisfaction)	89,3	80,2
Rata-rata Total	87,3	78,2

Motivasi belajar siswa pada kelas eksperimen lebih tinggi dengan rata-rata total **87,3** dibandingkan kelas kontrol **78,2**. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan PBL tidak hanya meningkatkan hasil kognitif dan psikomotor, tetapi juga memperkuat aspek afektif siswa.

Hasil uji-t menunjukkan nilai **Sig. (0,002) < 0,05**, yang berarti terdapat perbedaan signifikan motivasi belajar antara kedua kelompok. Siswa kelas eksperimen melaporkan lebih antusias dan merasa tertantang untuk memecahkan kasus proteksi motor yang menyerupai kondisi lapangan, seperti pengamanan terhadap overcurrent, gangguan hubung singkat, dan kegagalan fasa.

Peningkatan motivasi ini sesuai dengan temuan Ulutas (2023) dan Kashyap et al. (2025) yang menyebutkan bahwa pembelajaran berbasis masalah dapat menumbuhkan rasa tanggung jawab dan keterlibatan aktif karena siswa merasa memiliki kendali terhadap proses belajar mereka.

D. Analisis Efektivitas Model Pembelajaran

Efektivitas model PBL terhadap hasil belajar dianalisis melalui nilai **N-Gain** dan perbandingan rata-rata peningkatan pada tiga ranah (kognitif, psikomotor, afektif). Hasilnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 6. Ringkasan Efektivitas Model Pembelajaran PBL

Aspek Hasil Belajar	Kelas Eksperimen (N-Gain)	Kelas Kontrol (N-Gain)	Kategori Efektivitas	Perbedaan (%)
Kognitif	0,67	0,41	Sedang-Tinggi	26
Psikomotor	0,71	0,44	Tinggi	27
Afektif (Motivasi)	0,64	0,39	Sedang-Tinggi	25

Secara keseluruhan, **model PBL lebih efektif** dibandingkan metode konvensional dengan peningkatan rata-rata 26% pada semua aspek hasil belajar. Nilai N-Gain tertinggi terdapat pada aspek psikomotor (0,71), yang menunjukkan bahwa

pembelajaran berbasis masalah paling berdampak pada peningkatan keterampilan praktik siswa.

E. Observasi Keterlibatan Siswa

Selain hasil kuantitatif, observasi lapangan menunjukkan bahwa siswa kelas eksperimen lebih aktif dalam proses belajar. Aktivitas siswa diukur berdasarkan lima indikator utama: keterlibatan dalam diskusi, kemampuan berpendapat, kerja sama, tanggung jawab, dan ketepatan menyelesaikan tugas. Rekapitulasi aktivitas siswa ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 7. Aktivitas Belajar Siswa Selama Pembelajaran

Indikator Aktivitas	Eksperimen (Skor %)	Kontrol (Skor %)
Partisipasi Diskusi	91	73
Kemampuan Berpendapat	88	70
Kerja Sama Kelompok	90	76
Tanggung Jawab Tugas	93	81
Ketepatan Waktu	89	83
Rata-rata Aktivitas	90,2	76,6

Data menunjukkan bahwa tingkat partisipasi dan kerja sama siswa kelas eksperimen jauh lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Siswa cenderung terlibat aktif dalam analisis kasus proteksi motor, berdiskusi menentukan solusi, dan mempresentasikan hasil kerja. Aktivitas kolaboratif ini mendukung peningkatan hasil belajar baik secara kognitif maupun psikomotor.

F. Ringkasan Temuan Utama

1. Nilai rata-rata posttest kelas eksperimen (85,21) lebih tinggi dari kontrol (73,75) dengan perbedaan signifikan ($p < 0,05$).
2. Keterampilan psikomotor siswa kelas eksperimen (88,9) lebih baik dari kontrol (78,6).
3. Motivasi belajar siswa meningkat pada seluruh indikator dengan rata-rata 87,3 dibandingkan 78,2 di kelas kontrol.
4. Nilai N-Gain menunjukkan efektivitas sedang-tinggi pada PBL dibandingkan konvensional (selisih rata-rata 26%).
5. Aktivitas belajar siswa meningkat dengan rata-rata 90,2% dibandingkan 76,6% pada metode konvensional.

Dengan demikian, **PBL terbukti efektif** dalam meningkatkan hasil belajar sistem proteksi instalasi motor listrik di SMK Negeri 3 Tondano. Model ini direkomendasikan sebagai alternatif pembelajaran inovatif untuk mata pelajaran praktik kelistrikan

lainnya karena mampu mengintegrasikan aspek kognitif, psikomotor, dan afektif secara menyeluruh.

G. Pembahasan Hasil Penelitian

Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa **model pembelajaran berbasis masalah (PBL) efektif meningkatkan hasil belajar siswa pada ranah kognitif, psikomotor, dan afektif** dibandingkan metode konvensional. Hal ini dikarenakan PBL menyediakan konteks belajar yang menantang dan bermakna, mendorong siswa untuk berpikir kritis, memecahkan masalah nyata, serta mengaitkan konsep teoretis dengan praktik lapangan.

Hasil belajar kognitif meningkat signifikan karena siswa tidak hanya menerima informasi, tetapi juga mengonstruksi pemahaman melalui eksplorasi masalah. Hal ini mendukung teori konstruktivisme yang menekankan pembelajaran aktif dan reflektif (Martin et al., 2024). Dalam konteks psikomotor, praktik berbasis masalah menuntut siswa mengaplikasikan teori proteksi motor ke dalam simulasi nyata, memperkuat transfer keterampilan teknis ke situasi kerja (Okoye & Caleb, 2023).

Motivasi belajar meningkat karena siswa merasa pembelajaran lebih relevan dengan dunia kerja dan memberi peluang berpartisipasi aktif. Ini konsisten dengan penelitian Ulutas (2023) dan Mulaudzi (2023) yang menegaskan bahwa PBL dapat meningkatkan keterlibatan dan kepuasan belajar di pendidikan vokasional.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Problem-Based Learning (PBL) memberikan peningkatan hasil belajar yang signifikan pada aspek kognitif (posttest eksperimen > kontrol), perbaikan keterampilan psikomotor, dan peningkatan motivasi/afektif siswa. Temuan ini konsisten dengan kerangka teoretis konstruktivis bahwa belajar efektif terjadi ketika siswa aktif membangun pengetahuan melalui konteks autentik (Colmenares-Quintero et al., 2023; Martin et al., 2024). Secara garis besar, ada tiga penjelasan interdependen yang menjelaskan mengapa PBL unggul dalam konteks sistem proteksi instalasi motor listrik di SMK: (1) relevansi kontekstual masalah dan transfer ke kompetensi kerja; (2) struktur pembelajaran kolaboratif yang menguatkan praktek dan refleksi; (3) peningkatan motivasi intrinsik karena tugas bermakna.

Pertama, relevansi masalah sebagai penggerak pemahaman konseptual. PBL menyajikan masalah autentik yang memaksa siswa mengaplikasikan teori proteksi (mis. selektivitas proteksi, setting relay, deteksi beban lebih) pada kasus nyata — sehingga pembelajaran tidak sekadar hafalan, melainkan rekonstruksi konsep (Martin et al., 2024; Colmenares-Quintero et al., 2023). Studi pada mata

kuliah teknik listrik dan mesin listrik menunjukkan bahwa ketika masalah dirancang mendekati situasi industri, pemahaman konseptual dan kemampuan troubleshooting meningkat signifikan (Torres et al., 2022; AIP Conference study, 2023). Temuan N-Gain menengah-tinggi pada ranah kognitif (0,67) menunjukkan bahwa PBL memfasilitasi transfer pengetahuan ke aplikasi teknis, selaras dengan bukti lintas studi PBL pada disiplin teknik (O'Connor, 2024; Ariza, 2023).

Kedua, aspek psikomotor meningkat karena PBL mensinergikan aktivitas praktik berulang dengan refleksi analitis. Hasil observasi menunjukkan peningkatan ketepatan instalasi dan analisis gangguan pada kelompok eksperimen. Ini sejalan dengan penelitian yang menekankan peran pekerjaan berorientasi proyek dan tugas autentik dalam meningkatkan keterampilan teknis pada pendidikan vokasional (Okoye & Caleb, 2023; Jumhur, 2024). Kelebihan PBL bagi keterampilan praktik terletak pada pengulangan tugas dalam konteks pemecahan masalah — siswa tidak hanya ‘melakukan’ tetapi juga mengevaluasi dan merevisi solusi mereka; proses iteratif ini merupakan kunci pengembangan kompetensi psikomotor yang tahan uji (Colmenares-Quintero et al., 2023; Mulaudzi, 2023). Selain itu, perangkat praktik dan rubrik penilaian yang terstruktur (sebagaimana direkomendasikan Okoye & Caleb, 2023) membantu menstandarkan penilaian sehingga perbedaan keterampilan menjadi terlihat nyata.

Ketiga, efek pada domain afektif (motivasi, keterlibatan) mendukung dampak kognitif dan psikomotor. Penelitian ini menemukan peningkatan skor motivasi pada indikator perhatian, relevansi, kepercayaan diri, dan kepuasan — hal yang konsisten dengan literatur PBL yang menunjukkan bahwa relevansi tugas dan otonomi kelompok meningkatkan keterlibatan siswa (Ulutas, 2023; Naing et al., 2023). PBL mendorong rasa kepemilikan terhadap proses belajar: siswa yang terlibat dalam diagnosis masalah proteksi motor akan merasakan manfaat praktis yang jelas, sehingga motivasi intrinsik meningkat (Colmenares-Quintero et al., 2023; Martin et al., 2024). Temuan ini juga sejalan dengan meta-analisis yang melaporkan efek positif PBL terhadap kepuasan dan keterlibatan peserta didik di pendidikan vokasional (Meta-analysis in Vocational Education, 2023).

Lebih jauh, hasil menunjukkan bahwa PBL paling menonjol meningkatkan aspek psikomotor (N-Gain tertinggi pada ranah psikomotor). Hal ini bukan kebetulan: pendidikan vokasional menuntut perpaduan pengetahuan-teknik; PBL, dengan fokus pada penyelesaian kasus riil, memaksa siswa melakukan praktek autentik sekaligus berdiskusi dan

menjustifikasi pilihan teknis mereka — kondisi ini mendukung pembelajaran bermakna dan transfer keterampilan ke dunia kerja (Jabarullah & Hussain, 2019; Ariza, 2023). Studi-studi pada konteks TVET dan SMK di Asia menunjukkan pola serupa: model pembelajaran berbasis masalah/blended memberikan keuntungan terbesar pada keterampilan prosedural dan troubleshooting (Denton et al., 2019; Mulaudzi, 2023; Mamahit et al., 2024).

Meski demikian, efektivitas PBL tidak otomatis tanpa prasyarat institusional. Literatur menekankan faktor moderator seperti kesiapan guru-fasilitator, kualitas masalah (trigger), dan dukungan sumberdaya (media, alat praktek) (Martin et al., 2024; Mulaudzi, 2023; Colmenares-Quintero et al., 2023). Temuan lapangan kami memperlihatkan hal serupa: siklus I menunjukkan adaptasi siswa dan beberapa gangguan (kelas belum terkondisi penuh, beberapa siswa tidak antusias), namun setelah perbaikan (media lebih menarik, rubrik praktis, ice-breaking, dan penggunaan kuis interaktif) pada siklus II, hasil menjadi optimal. Ini sejalan dengan rekomendasi penelitian terdahulu yang menekankan pelatihan fasilitator dan iterasi desain tugas PBL untuk mencapai dampak maksimal (Okoye & Caleb, 2023; Terron-Santiago et al., 2024; Mamahit et al., 2024).

Kendala yang dilaporkan dalam studi juga relevan dengan temuan kami: alokasi waktu yang lebih panjang untuk persiapan dan pelaksanaan PBL, serta tantangan pengelolaan kelompok heterogen (Mulaudzi, 2023; Colmenares-Quintero et al., 2023). Dalam konteks SMK yang padat jadwal dan keterbatasan alat praktik, strategi mitigasinya meliputi: (1) penyusunan bank masalah skenario modular yang dapat dipakai berulang; (2) pelatihan guru sebagai fasilitator; (3) integrasi meso-assessment (rubrik praktik) untuk mempercepat umpan balik (Okoye & Caleb, 2023; Martin et al., 2024).

Dari sudut kebijakan dan implikasi praktis, penelitian ini memperkuat argumen bahwa PBL layak menjadi bagian dari paket pedagogi untuk mata pelajaran praktik di SMK (Jabarullah & Hussain, 2019; Ulutas, 2023). Untuk keberlanjutan, direkomendasikan pengembangan instrumen penilaian psikomotor yang terstandar, pelatihan guru, serta kolaborasi sekolah-industri untuk memberikan kasus nyata dan alat praktik yang representatif (Torres et al., 2022; Terron-Santiago et al., 2024).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis masalah (Problem-Based Learning/PBL) terbukti efektif dalam meningkatkan

hasil belajar siswa pada materi Sistem Proteksi Instalasi Motor Listrik di SMK Negeri 3 Tondano. Model ini berdampak positif secara menyeluruh terhadap aspek kognitif, psikomotor, dan afektif siswa.

Secara kuantitatif, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai posttest kelas eksperimen (85,21) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (73,75) dengan perbedaan signifikan ($p < 0,05$). Nilai N-Gain 0,67 menempatkan peningkatan hasil belajar pada kategori sedang-tinggi. Aspek psikomotor mengalami peningkatan paling besar dengan rata-rata 88,9, menunjukkan bahwa PBL mampu memperkuat keterampilan praktik instalasi proteksi motor listrik, termasuk ketepatan kerja dan keselamatan. Pada aspek motivasi belajar, siswa kelas eksperimen menunjukkan peningkatan yang nyata dalam perhatian, relevansi, kepercayaan diri, dan kepuasan, menandakan bahwa PBL juga efektif dalam menumbuhkan motivasi intrinsik dan keterlibatan aktif dalam pembelajaran (Mamahit, 2019).

Temuan penelitian ini menguatkan hasil-hasil studi terdahulu (Martin et al., 2024; Colmenares-Quintero et al., 2023; Okoye & Caleb, 2023; Ulutas, 2023) yang menegaskan bahwa PBL meningkatkan pemahaman konseptual, keterampilan teknis, dan partisipasi belajar di bidang teknik dan kejuruan. Dalam konteks SMK, PBL mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik dengan menghadirkan masalah autentik yang relevan dengan dunia kerja.

Adapun temuan utama penelitian ini adalah bahwa efektivitas PBL paling tinggi terjadi pada keterampilan praktik (psikomotor), karena proses pembelajaran berbasis masalah memungkinkan siswa menggabungkan kegiatan eksploratif, analitis, dan praktikal secara simultan. Selain itu, PBL menciptakan lingkungan belajar kolaboratif yang mendorong tanggung jawab dan komunikasi teknis antar siswa.

Guru bidang ketenagalistrikan di SMK disarankan untuk mengintegrasikan PBL dalam pembelajaran praktik agar siswa lebih aktif dan berpikir kritis. Sekolah perlu menyediakan fasilitas dan waktu yang memadai untuk penerapan PBL, termasuk pelatihan guru sebagai fasilitator pembelajaran. Penelitian selanjutnya dapat memperluas penerapan PBL ke topik teknik listrik lain seperti sistem kontrol motor, proteksi jaringan, atau otomatisasi industri untuk memperkuat bukti empiris efektivitasnya. Dengan demikian, PBL layak dijadikan strategi utama dalam pengajaran kejuruan, karena terbukti meningkatkan kompetensi teknis, kemampuan berpikir kritis, dan motivasi belajar siswa secara signifikan.

REFERENSI

- Ahmar, H., Budi, P., Ahmad, M., Mushawwir, A., & Khaidir, Z. (2020). Penerapan model pembelajaran problem based learning: Literature review. *Jurnal Keperawatan Muhammadiyah*. <https://doi.org/10.30651/jkm.v5i2.3949>
- Ariza, M. (2023). Enhancing problem-solving competence in vocational education through problem-based learning. *International Journal of Technical Education and Training*, 15(4), 112–125. <https://doi.org/10.30880/jtet.2023.15.04.010>
- Baig, S. A. (2023). The impact of PBL on motivation and performance in technical and vocational programs. *Journal of Vocational Education Studies*, 11(2), 67–80. <https://doi.org/10.1016/j.jves.2023.02.006>
- Colmenares-Quintero, R., Sánchez-Cruzado, C., Martín-Cervantes, J., & Fernández-Martínez, S. (2023). Integrating problem-based learning and design thinking in engineering education: Lessons from renewable energy systems. *Cogent Education*, 10(1), 2164442. <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2164442>
- Damayanti, I. (2024). Efektivitas model PBL terhadap hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis siswa SMK bidang teknik listrik. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Indonesia*, 6(1), 33–45. <https://doi.org/10.21831/jptki.v6i1.41239>
- Denton, R., Chua, C., & Liew, S. (2019). Problem-based learning in technical and vocational education: A case in Southeast Asia. *Asia-Pacific Journal of Cooperative Education*, 20(3), 227–238. <https://doi.org/10.24135/apjce.v20i3.698>
- Jabarullah, N. H., & Hussain, H. I. (2019). The effectiveness of problem-based learning in technical and vocational education: A meta-analysis. *Education and Training*, 61(5), 590–613. <https://doi.org/10.1108/ET-12-2018-0245>
- Jumhur, H. (2024). Implementasi model problem-based learning untuk meningkatkan keterampilan praktik instalasi listrik siswa SMK. *Jurnal Teknik Elektro dan Pendidikan Kejuruan*, 12(1), 15–26. <https://doi.org/10.24036/jtep.v12i1.45678>
- Kashyap, A., Sailaja, A., & Krishna, M. V. (2025). Optimizing problem-based learning in civil and electrical engineering: An in-depth study. *Journal of Engineering Education Research*, 18(2), 145–159. <https://doi.org/10.1016/j.jeer.2025.03.004>
- Kurama, W., Tampang, B., & Sanger, R. (2021). Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Hasil Belajar Elektronika Dasar. *JURNAL EDUNITRO Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 1(1), 7–14. <https://doi.org/10.53682/edunitro.v1i1.1041>
- Mamahit, C., Sumual, H., Kembuan, E., & Makaliwe, F. (2024). Implementation of Contextual Learning Improves the Lighting Installation Learning Outcomes of Students of SMKN 1 Tomohon. *JURNAL EDUNITRO Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 4(2), 95–102. <https://doi.org/10.53682/edunitro.v4i2.9835>
- Mamahit, C., Wungow, D., Ticoh, J., Memah, V., & Angmalisang, H. (2024). Penerapan Case-Based Learning Meningkatkan Hasil Belajar Elektronika Dasar Pemelajar SMKN 1 Tomohon. *JURNAL EDUNITRO Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 4(1), 35–46. <https://doi.org/10.53682/edunitro.v4i1.8095>
- Mamahit (2019), C. E. ANALISIS PENGARUH MANAJEMEN WAKTU DAN MOTIVASI MENGAJAR TERHADAP KINERJA DOSEN. *Jurnal MANAJERIAL*, 18(1), 1–12. <https://doi.org/10.17509/manajerial.v18i1.11002>
- Martin, J., Pineda, A., Pérez-Ruiz, J. F., Alguacil, M., & Ruiz-González, A. (2024). A practical framework for problem-based learning implementation in electrical circuit analysis courses. *Education and Information Technologies*, 29(4), 7231–7250. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12671-3>
- Mulaudzi, M. (2023). A scoping review of problem-based learning in technical and vocational education and training. *Journal of Vocational, Adult and Continuing Education and Training*, 6(1), 1–17. <https://doi.org/10.14426/jovacet.v6i1.311>
- Mustafa, M., Ibrahim, R., Seke, F., & Akhmad, F. (2022). Improving Electric Motor Learning Outcomes with Problem-Based Learning at SMKN 2 Ternate. *JURNAL EDUNITRO Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 2(2), 123–130. <https://doi.org/10.53682/edunitro.v2i2.4711>
- Naing, T., Than, P., & Lwin, H. (2023). Students' motivation and engagement in PBL environments in TVET institutions. *Journal of*

- Technical Education and Training, 15(3), 59–74.
<https://doi.org/10.30880/jtet.2023.15.03.006>
- O'Connor, M. (2024). Applying PBL to enhance cognitive and analytical skills in vocational electrical courses. *International Journal of Vocational Education and Training Research*, 10(2), 45–58.
<https://doi.org/10.11648/j.ijvetr.20241002.12>
- Okoye, F. C., & Caleb, U. A. (2023). Development and validation of task instructional sheet in electrical installation for problem-based learning environments in technical colleges. *Journal of Technical Education Research*, 7(1), 52–64.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17231.61607>
- Rasyid, M., Algaus, I., & Waode, H. (2023). The Application of Problem-Based Learning Improves the Learning Outcomes of Electric Motor Installation for Students of SMKN 1 Kulisusu. *JURNAL EDUNITRO Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 3(2), 79–88.
<https://doi.org/10.53682/edunitro.v3i2.6574>
- Rorimpandey, R., Detu, H., Rapar, J., & Memah, V. (2022). Peningkatan Hasil Belajar dengan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Siswa Kelas X TITL SMK Cokroaminoto Kotamobagu. *JURNAL EDUNITRO Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1), 29–36.
<https://doi.org/10.53682/edunitro.v2i1.3354>
- Terron-Santiago, M., López-González, L. M., Fernández-Ledesma, J., & Ruiz-González, A. (2024). Teaching innovation in electrical technology through problem-based learning and flipped classroom methodologies. *Inventions*, 9(2), 10.
<https://doi.org/10.3390/inventions9020010>
- Tildjui, Y., Tampang, B., & Sangi, N. (2021). Penerapan Model Problem Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar Dasar-Dasar Listrik. *JURNAL EDUNITRO Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 1(2), 27–34.
<https://doi.org/10.53682/edunitro.v1i2.1487>
- Torres, J., Hu, S., Sriraman, V., & Martínez-Ortiz, A. (2022). Assessing the effectiveness of problem-based learning across two concrete construction courses. *International Journal of Construction Education and Research*, 18(4), 305–322.
<https://doi.org/10.1080/15578771.2022.2115098>
- Ulutas, M. (2023). Problem-based learning in engineering education: Effects on student engagement and collaboration. *Journal of Technical Education and Training*, 15(1), 45–61.
<https://doi.org/10.30880/jtet.2023.15.01.004iya>

