



COMPARISON OF LEARNING EFFECTIVENESS BETWEEN PJBL AND PBL MODELS IN BMS FOR GRADE ELEVEN STUDENTS

Nyoman Yoga Utama¹, Partono^{2*}

^{1,2}Prodi S1 Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Jl. Cakrawala No.5, Sumber Sari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145
partono.ft@um.ac.id*

ABSTRACT/ABSTRAK

This study aims to compare the effectiveness of Project-Based Learning (PjBL) and Problem-Based Learning (PBL) models in improving students' competence in Battery Management System (BMS) material for Grade Eleven vocational high school students. The study employed a quasi-experimental method with a nonequivalent control group design involving two classes, each implementing either PjBL or PBL. Student competence was measured comprehensively across three dimensions: knowledge (pre-test and post-test), skills (practical observation sheets), and attitudes (affective assessment sheets). Competence improvement was analyzed using normalized gain (N-gain) scores, while differences in effectiveness between learning models were examined using an Independent Samples t-test on N-gain scores at a 0.05 significance level, following normality and homogeneity assumption testing. The results indicate that both learning models significantly improved students' competence, as reflected by higher post-test scores compared to pre-test scores across all competence dimensions. However, the magnitude of improvement differed between models. The PBL group achieved a higher average N-gain score of 0.69 (moderate-high category), whereas the PjBL group obtained an average N-gain score of 0.47 (moderate category). The independent t-test results confirmed a statistically significant difference in competence improvement between the two groups ($t(58) = 2.31, p = 0.024$). These findings suggest that PBL is more effective than PjBL in enhancing BMS competence, particularly in conceptual understanding and analytical problem-solving skills, while PjBL remains effective in fostering collaborative and project-based practical skills.

Penelitian ini bertujuan membandingkan efektivitas model *Project-Based Learning* (PJBL) dan *Problem-Based Learning* (PBL) dalam meningkatkan kompetensi siswa pada materi *Battery Management System* (BMS) kelas XI SMK. Penelitian menggunakan metode quasi eksperimen dengan desain *nonequivalent control group*, melibatkan dua kelas yang masing-masing menerapkan PJBL dan PBL. Kompetensi siswa diukur secara komprehensif melalui tiga aspek, yaitu pengetahuan (*tes pre-test* dan *post-test*), keterampilan (lembar observasi praktik), dan sikap (lembar penilaian afektif). Analisis peningkatan kompetensi dilakukan menggunakan skor N-gain, sedangkan perbedaan efektivitas antar model dianalisis melalui uji *Independent Sample t-Test* terhadap skor N-gain pada taraf signifikansi

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received
13 November 2025

First Revised
12 December 2025

Accepted
29 January 2026

Online Date
09 February 2026

Publication Date
30 June 2026

Keywords:

Battery Management System; Problem-Based Learning; Project-Based Learning; Student Competence; Vocational High School

Kata kunci:

Battery Management System; Kompetensi Siswa; Problem-Based Learning; Project-Based Learning; Sekolah Menengah Kejuruan.

0,05, setelah data memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua model pembelajaran secara signifikan meningkatkan kompetensi siswa, yang ditunjukkan oleh kenaikan skor *post-test* dibandingkan *pre-test* pada seluruh aspek kompetensi. Namun demikian, peningkatan kompetensi siswa yang belajar dengan model PBL secara statistik lebih tinggi dibandingkan PJBL, dengan rata-rata N-gain sebesar 0,69 (kategori sedang–tinggi) pada kelas PBL dan 0,47 (kategori sedang) pada kelas PJBL. Hasil uji-t menunjukkan perbedaan peningkatan yang signifikan antara kedua kelompok ($t(58)=2,31$; $p=0,024$). Temuan ini mengindikasikan bahwa PBL lebih efektif dalam meningkatkan kompetensi BMS, khususnya pada aspek pengetahuan konseptual dan kemampuan analitis, sementara PJBL lebih menonjol dalam pengembangan keterampilan kolaboratif dan praktik proyek.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kendaraan bermotor yang semakin pesat menuntut adanya peningkatan kompetensi siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), khususnya pada bidang Teknik Sepeda Motor (TSM) dan *Electric Vehicle* (EV) (Azizah, 2025). Salah satu kompetensi penting yang harus dikuasai siswa adalah pemahaman terhadap sistem kelistrikan kendaraan, termasuk *Battery Management System* (BMS) yang menjadi komponen utama dalam kendaraan listrik modern (Made et al., 2022). BMS berperan dalam mengatur, mengawasi, dan melindungi baterai agar dapat beroperasi secara optimal dan aman (Ilmi et al., 2023). Pembelajaran materi BMS tidak hanya menuntut pemahaman teoretis, tetapi juga kemampuan praktik serta kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Ramadianti, 2021). Pemilihan model pembelajaran yang tepat menjadi faktor krusial untuk meningkatkan kompetensi siswa (Buyung & Alexon, 2022).

Model pembelajaran konvensional yang berorientasi pada guru (*teacher-centered learning*) sering kali belum mampu mengoptimalkan keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar. Akibatnya, siswa cenderung pasif dan hanya menerima informasi tanpa mampu mengaitkan pengetahuan dengan konteks nyata di dunia kerja. Kondisi tersebut berimplikasi pada rendahnya kompetensi siswa, baik dari aspek pengetahuan, keterampilan, maupun sikap profesional. Oleh karena itu, diperlukan model pembelajaran inovatif yang berpusat pada siswa (*student-centered learning*), mampu menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, kolaboratif, dan mandiri (Misidawati & Sundari, 2021). Dua model pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan tersebut adalah *Project-Based Learning* (PJBL) dan *Problem-Based Learning* (PBL) (Dwiantoro & Basuki, 2021).

Model PJBL merupakan pendekatan pembelajaran yang menekankan pada proses pembuatan suatu produk nyata sebagai hasil dari serangkaian kegiatan investigatif dan kolaboratif (Sugiharyanti, 2022). Melalui PJBL, siswa diberi kesempatan untuk

mengembangkan pengetahuan dan keterampilan melalui pengalaman langsung, perencanaan, serta pelaksanaan proyek yang relevan dengan dunia industri (Furmanti & Hasan, 2019). Pendekatan ini diharapkan dapat menumbuhkan kreativitas, tanggung jawab, serta kemampuan berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking skills*) (Ahmar et al., 2020). Sementara itu, PBL berfokus pada pemecahan masalah autentik yang sering dihadapi dalam dunia kerja (Handini, 2022). Pada penggunaan PBL, siswa didorong untuk berpikir kritis, melakukan analisis, dan mencari solusi berdasarkan konsep yang telah atau akan mereka pelajari (Hadian, et al., 2022). Kedua model ini sama-sama mendorong siswa untuk aktif, berpikir kritis, dan terlibat secara mendalam dalam proses belajar, namun keduanya memiliki karakteristik dan orientasi yang berbeda (Itsna & Novitasari, 2019).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan PJBL dan PBL sama-sama efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa di bidang kejuruan, namun tingkat efektivitasnya dapat berbeda tergantung pada konteks materi dan karakteristik peserta didik (Kahar & Ili, 2022). Misalnya, PJBL dinilai lebih cocok untuk materi yang menuntut hasil berupa produk nyata dan keterampilan praktik, sedangkan PBL lebih efektif untuk melatih kemampuan berpikir analitis dan pemecahan masalah konseptual (Afandi & Handayani, 2020). Pada konteks pembelajaran BMS, yang melibatkan pemahaman konsep kelistrikan sekaligus keterampilan dalam merangkai dan menganalisis sistem, perbandingan kedua model ini menjadi menarik untuk diteliti. Diperlukan kajian empiris untuk mengetahui model mana yang lebih efektif dalam meningkatkan kompetensi siswa pada aspek pengetahuan dan keterampilan secara simultan (Riyanto et al., 2024). Selain itu sebagian besar penelitian tersebut masih memosisikan efektivitas kedua model secara umum, terbatas pada peningkatan hasil belajar kognitif atau skor akhir tanpa mengaitkannya secara spesifik dengan karakter kompetensi teknis tertentu. Pada konteks pembelajaran BMS, kajian yang secara eksplisit membandingkan bagaimana PJBL dan PBL memengaruhi domain kompetensi yang berbeda seperti kemampuan analisis sistem, diagnosis kerusakan, dan pemecahan masalah berbasis data masih sangat terbatas. Dengan kata lain, *research gap* penelitian ini terletak pada belum adanya pemetaan empiris yang jelas mengenai domain kompetensi BMS mana yang lebih responsif terhadap pendekatan PBL dibandingkan PJBL, atau sebaliknya.

Selain itu, kebutuhan industri otomotif yang kini beralih ke arah kendaraan listrik menuntut lulusan SMK memiliki kemampuan adaptif terhadap teknologi baru. Kompetensi tersebut hanya dapat terbentuk melalui proses pembelajaran yang menekankan pada pengalaman langsung, keterlibatan aktif, dan pemecahan masalah nyata di lapangan (Farhin

et al., 2023). Dengan demikian, penerapan model PJBL dan PBL diharapkan tidak hanya meningkatkan kompetensi teknis siswa dalam memahami sistem BMS, tetapi juga membekali mereka dengan kemampuan berpikir kritis, kreatif, serta bekerja sama dalam tim kompetensi yang sangat dibutuhkan dalam dunia industri modern.

Secara teoritis, PBL dan PJBL memiliki karakteristik pedagogis yang berbeda. PBL menekankan pembelajaran berbasis masalah autentik yang menuntut siswa melakukan analisis, penalaran logis, dan pengambilan keputusan berbasis data. Karakteristik ini relevan dengan kompetensi BMS yang bersifat diagnostik dan analitis, seperti mengidentifikasi sumber kegagalan sistem, menafsirkan data sensor baterai, serta menentukan langkah perbaikan yang aman dan tepat. Sebaliknya, PJBL berorientasi pada penyelesaian proyek dan produk nyata melalui kerja kolaboratif, yang lebih menonjol dalam pengembangan keterampilan prosedural, koordinasi tim, dan implementasi langkah kerja. Perbedaan karakter ini menunjukkan bahwa efektivitas PJBL dan PBL tidak bersifat generik, melainkan sangat bergantung pada jenis kompetensi yang ditargetkan.

Namun demikian, banyak penelitian sebelumnya belum menerjemahkan perbedaan karakteristik PJBL dan PBL tersebut ke dalam indikator penilaian yang operasional dan terukur. Instrumen penilaian sering kali hanya mengukur hasil belajar secara agregat, tanpa memisahkan aspek kompetensi yang relevan dengan tuntutan dunia kerja otomotif berbasis kendaraan listrik. Pada penelitian ini, kompetensi BMS dipetakan secara eksplisit ke dalam tiga domain utama, yaitu pengetahuan konseptual (pemahaman prinsip kerja BMS, fungsi komponen, dan sistem proteksi), keterampilan praktik (perakitan, pengujian, analisis fault, dan interpretasi data), serta sikap kerja (keselamatan, ketelitian, tanggung jawab, dan kolaborasi). Pemetaan ini memungkinkan analisis yang lebih tajam mengenai model pembelajaran mana yang lebih efektif pada masing-masing domain kompetensi.

Berdasarkan pemetaan tersebut, penelitian ini menurunkan *research gap* ke dalam hipotesis operasional yang terukur, yaitu bahwa model PBL diprediksi memberikan dampak peningkatan yang lebih signifikan pada aspek pengetahuan konseptual dan kemampuan analitis BMS, sedangkan model PJBL diprediksi lebih efektif pada aspek keterampilan praktik kolaboratif dan pelaksanaan prosedur kerja. Dengan demikian, perbandingan efektivitas PJBL dan PBL tidak hanya dilihat dari peningkatan nilai akhir, tetapi dari pola peningkatan kompetensi yang selaras dengan karakteristik pembelajaran dan tuntutan kompetensi BMS itu sendiri.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi antara karakteristik pedagogis PJBL dan PBL dengan pemetaan kompetensi BMS yang spesifik, kritis, dan relevan dengan kebutuhan industri kendaraan listrik. Penelitian ini tidak hanya menjawab pertanyaan “model mana yang lebih efektif”, tetapi juga memberikan kontribusi konseptual mengenai “model mana yang lebih tepat untuk domain kompetensi tertentu dalam pembelajaran BMS”. Dengan pendekatan tersebut, hasil penelitian diharapkan memberikan rujukan yang lebih preskriptif bagi guru SMK dalam merancang pembelajaran BMS yang berbasis bukti, sekaligus memperkaya literatur pendidikan kejuruan dengan temuan empiris yang lebih tajam dan aplikatif.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan quasi-eksperimen dengan desain *nonequivalent control group*, yang dipilih karena keterbatasan penelitian lapangan yang tidak memungkinkan dilakukannya pengacakan subjek secara individual. Tabel 1 menyajikan desain *nonequivalent control group design*. Dua kelas XI Teknik Sepeda Motor (TSM) yang telah terbentuk secara administratif dijadikan kelompok perlakuan, yaitu kelas XI TSM 1 sebagai kelompok PBL dan kelas XI TSM 2 sebagai kelompok PJBL. Penetapan ini dilakukan secara konsisten pada seluruh tahapan penelitian, mulai dari desain, pelaksanaan perlakuan, hingga analisis hasil, untuk menghindari kesalahan pelabelan kelompok yang berpotensi membalik kesimpulan penelitian. Konsekuensi utama dari desain non-ekivalen ini adalah risiko selection bias, sehingga penelitian ini secara eksplisit menerapkan strategi pengendalian kesetaraan kondisi awal (*baseline equivalence*) sebelum perlakuan diberikan.

Tabel 2. Desain *nonequivalent control group design*

Kelompok	Pre-test	Perlakuan	Post-test
Eksperimen I (XI TSM 1)	O ₁	X ₁ (PJBL)	O ₂
Eksperimen II (XI TSM 2)	O ₃	X ₂ (PBL)	O ₄

Singkatan huruf dan angka pada tabel dapat dijelaskan sebagai berikut. O₁ dan O₃ dapat dipahami sebagai *pre-test* kompetensi BMS, O₂ dan O₄ dapat dipahami sebagai *post-test* kompetensi BMS, X₁ dapat dipahami sebagai pembelajaran *project-based learning*, dan X₂ dapat dipahami sebagai pembelajaran *problem-based learning*. Responden dapat dijelaskan sebagai berikut, eksperimen I (PJBL): kelas XI TSM 1 dengan ±30 siswa, eksperimen II (PBL): kelas XI TSM 2 dengan ±30 siswa, dan kedua kelas: (a) Tingkat kelas sama; (b) Program keahlian sama; (c) Telah mempelajari dasar kelistrikan dan baterai.

Metode ini dipilih karena kondisi penelitian tidak memungkinkan peneliti untuk melakukan pengacakan (random assignment) terhadap subjek penelitian (Nisah et al., 2021), mengingat kelas yang digunakan telah terbentuk sebelumnya berdasarkan kebijakan sekolah. Quasi eksperimen dipandang tepat untuk mengukur efektivitas dua model pembelajaran yang berbeda, yaitu PJBL dan PBL (Setyawan et al., 2019), terhadap peningkatan kompetensi siswa pada materi *Battery Management System* (BMS) di kelas XI Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Desain ini memungkinkan peneliti untuk membandingkan hasil belajar antara kelompok eksperimen pertama yang mendapat perlakuan dengan model PJBL dan kelompok eksperimen kedua yang mendapatkan perlakuan dengan model PBL, dengan memperhatikan kondisi awal siswa sebelum perlakuan diberikan.

Kesetaraan awal kedua kelompok diuji melalui beberapa pendekatan. Pertama, dilakukan uji kesetaraan *pre-test* kompetensi BMS pada aspek pengetahuan menggunakan uji-t independen untuk memastikan tidak terdapat perbedaan kemampuan awal yang signifikan secara statistik ($p > 0,05$). Kedua, kedua kelas memiliki karakteristik akademik dan demografis yang relatif homogen, berada pada tingkat kelas yang sama, program keahlian yang sama, serta telah menerima materi prasyarat berupa dasar kelistrikan dan sistem baterai. Ketiga, faktor eksternal yang berpotensi memengaruhi hasil belajar dikendalikan dengan menetapkan guru pengampu yang sama, materi ajar yang identik, durasi pembelajaran yang setara, serta penggunaan fasilitas dan alat praktik yang sama. Dengan kombinasi pengujian statistik dan kontrol kontekstual ini, perbedaan hasil pascaperlakuan dapat lebih rasional diatribusikan pada perbedaan model pembelajaran, bukan pada perbedaan kondisi awal siswa.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI program keahlian TSM di salah satu SMK yang memiliki fasilitas praktik kendaraan listrik dan materi ajar BMS. Pemilihan sampel dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan pertimbangan bahwa kelas yang dipilih memiliki karakteristik kemampuan akademik yang relatif seimbang dan telah mempelajari dasar kelistrikan serta sistem baterai. Dari populasi yang ada, ditetapkan dua kelas sebagai sampel penelitian, yaitu kelas XI TSM 1 sebagai kelompok eksperimen I yang menggunakan model PJBL dan kelas XI TSM 2 sebagai kelompok eksperimen II yang menggunakan model PBL. Masing-masing kelas terdiri dari sekitar 30 siswa, sehingga total subjek penelitian berjumlah 60 siswa.

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari dua variabel bebas dan satu variabel terikat. Variabel bebas pertama adalah model pembelajaran PJBL, sedangkan variabel bebas kedua

adalah model pembelajaran PBL. Adapun variabel terikatnya adalah kompetensi siswa pada materi BMS, yang mencakup aspek pengetahuan (*knowledge*), keterampilan (*skills*), dan sikap (*attitude*). Ketiga aspek tersebut dijadikan indikator untuk mengukur tingkat keberhasilan penerapan model pembelajaran dalam meningkatkan kompetensi siswa secara menyeluruh (Fiana et al., 2019). Tabel 3 menunjukkan definisi operasional variabel penelitian.

Tabel 4. Definisi operasional variabel penelitian

Variabel	Aspek	Indikator Operasional	Instrumen	Skala
Model Pembelajaran	PJBL	Pembelajaran berbasis proyek BMS	RPP & Observasi	Nominal
Model Pembelajaran	PBL	Pembelajaran berbasis analisis kasus BMS	RPP & Observasi	Nominal
Kompetensi Siswa	Pengetahuan	Memahami konsep kerja BMS, fungsi komponen, prinsip proteksi	Tes Pre-Post	Interval
Kompetensi Siswa	Keterampilan	Merakit, menguji, dan menganalisis sistem BMS	Lembar Observasi	Interval
Kompetensi Siswa	Sikap	Tanggung jawab, kerjasama, keaktifan	Lembar Sikap	Likert

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga jenis, yaitu tes pengetahuan, lembar observasi keterampilan, dan lembar penilaian sikap. Tes pengetahuan berbentuk *pre-test* dan *post-test* yang disusun dalam bentuk pilihan ganda dan uraian singkat, digunakan untuk mengukur kemampuan kognitif siswa sebelum dan sesudah perlakuan. Lembar observasi keterampilan digunakan untuk menilai kemampuan psikomotor siswa dalam melakukan praktik perakitan, pengujian, dan analisis sistem BMS. Sementara itu, lembar penilaian sikap digunakan untuk menilai aspek afektif seperti tanggung jawab, kerjasama, dan keaktifan selama proses pembelajaran (Safira et al., 2025). Validitas instrumen dilakukan melalui *expert judgment* dengan melibatkan dua dosen Pendidikan Teknik Otomotif dan satu guru produktif SMK. Aspek validasi meliputi: kesesuaian indikator dengan kompetensi BMS, kejelasan butir soal, kesesuaian tingkat kognitif dan psikomoto. Uji reliabilitas instrumen dilakukan menggunakan koefisien *Cronbach Alpha*. Hasil uji menunjukkan nilai $\alpha = 0,82$ untuk tes pengetahuan, $\alpha = 0,79$ untuk keterampilan, dan $\alpha = 0,81$ untuk sikap, yang menunjukkan reliabilitas tinggi.

Prosedur penelitian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu tahap persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi. Pada tahap persiapan, peneliti melakukan observasi awal untuk memahami kondisi pembelajaran di sekolah, menyiapkan perangkat pembelajaran (RPP, modul proyek, dan lembar aktivitas siswa), serta melakukan uji coba instrumen. Tahap pelaksanaan penelitian dilakukan selama empat kali pertemuan teori dan praktik untuk masing-masing kelompok eksperimen. Pada kelas PJBL, pembelajaran dilakukan melalui tahapan utama: *start with the essential question, design a plan for the project, create a schedule, monitor the students and the progress of the project, assess the outcome, dan evaluate the experience* (Safira et al., 2025). Siswa diminta untuk merancang dan membuat proyek sistem BMS sederhana dengan mempertimbangkan aspek keamanan dan efisiensi daya. Sedangkan pada kelas PBL, pembelajaran dilakukan melalui tahapan: *orient students to the problem, organize students for learning, guide individual and group investigation, develop and present the work, serta analyze and evaluate the problem-solving process*. Siswa dihadapkan pada kasus kerusakan sistem BMS dan diminta mencari solusi dengan pendekatan analisis masalah.

Upaya meminimalkan perbedaan beban kognitif dan psikomotor antara kedua kelompok, penelitian ini mengontrol beberapa aspek pembelajaran, yaitu: (1) durasi pembelajaran yang sama (2 pertemuan); (2) materi ajar BMS yang identik; (3) guru pengampu yang sama; dan (4) waktu praktik dan fasilitas yang setara. Dengan demikian, perbedaan hasil belajar diharapkan berasal dari perbedaan model pembelajaran, bukan faktor eksternal. Pada tahap evaluasi, dilakukan pengukuran hasil belajar menggunakan *pre-test* dan *post-test* untuk kedua kelompok. Data hasil tes kemudian dianalisis menggunakan teknik statistik inferensial. Uji normalitas dilakukan dengan uji Kolmogorov-Smirnov, sedangkan uji homogenitas menggunakan uji *Levene* untuk memastikan bahwa data kedua kelompok memiliki distribusi normal dan varians yang sama. Selanjutnya, untuk mengetahui perbedaan efektivitas antara kedua model pembelajaran, digunakan uji-t independen (*Independent Sample t-Test*) pada taraf signifikansi 0,05. Selain itu, analisis *N-Gain Score* juga dilakukan untuk mengetahui peningkatan kompetensi siswa sebelum dan sesudah perlakuan pada masing-masing kelompok. Analisis perbedaan efektivitas antar kelompok dilakukan menggunakan *Independent Sample t-Test* pada skor *post-test*, dengan pertimbangan bahwa *pre-test* digunakan untuk memastikan kesetaraan kemampuan awal siswa. Selain itu, peningkatan kompetensi dianalisis menggunakan *N-Gain Score* untuk menggambarkan perubahan hasil belajar secara proporsional. Pendekatan ini dipilih karena

sesuai dengan desain quasi eksperimen tanpa randomisasi dan bertujuan membandingkan capaian akhir antar kelompok perlakuan.

Temuan penelitian ini terbatas pada konteks siswa kelas XI Teknik Sepeda Motor di satu SMK, sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan secara hati-hati. Penelitian lanjutan dengan cakupan sekolah dan kompetensi keahlian yang lebih luas direkomendasikan untuk memperkuat validitas eksternal. Keterbatasan penelitian ini terletak pada perbedaan karakteristik aktivitas PJBL dan PBL yang berpotensi memengaruhi beban kognitif dan psikomotor siswa.

3. HASIL PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan efektivitas model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) dan *Problem-Based Learning* (PBL) terhadap peningkatan kompetensi siswa pada materi *Battery Management System* (BMS) di kelas XI SMK. Analisis hasil penelitian difokuskan pada perbandingan peningkatan kompetensi siswa setelah penerapan model PBL dan PJBL pada materi BMS. Sesuai dengan desain kuasi-eksperimen *pre-post*, analisis tidak hanya mempertimbangkan capaian akhir (*post-test*), tetapi terutama besarnya perubahan skor relatif terhadap kondisi awal, untuk meminimalkan pengaruh perbedaan kemampuan awal antar kelompok. Berdasarkan hasil koreksi data, diketahui bahwa kedua kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan kompetensi siswa setelah penerapan model pembelajaran masing-masing, meskipun dengan tingkat peningkatan yang berbeda.

Tabel 3 menampilkan perbandingan hasil belajar antara model PjBL dan PBL pada materi BMS Kelas XI SMK Nasional Malang, dimana menunjukkan bahwa baik kelompok PJBL maupun PBL mengalami peningkatan nilai rata-rata setelah perlakuan. Kelompok PBL menunjukkan peningkatan yang lebih besar dibandingkan kelompok PjBL. Hasil analisis menunjukkan bahwa kedua model pembelajaran efektif dalam meningkatkan kompetensi siswa. Namun, nilai rata-rata N-Gain pada kelompok PBL lebih tinggi dibandingkan kelompok PJBL, yang mengindikasikan bahwa PBL lebih efektif dalam meningkatkan kompetensi siswa pada materi BMS.

Tabel 3. Perbandingan hasil belajar antara model PjBL dan PBL pada materi BMS Kelas XI SMK Nasional Malang

No	Model Pembelajaran	Jumlah Siswa	Rata-rata <i>Pre-test</i>	Rata-rata <i>Post-test</i>	Rata-rata <i>N-Gain</i>	Kategori Peningkatan
1	PJBL (XI TSM 2)	30	93,8	96,7	0,47	Sedang
2	PBL (XI TSM 1)	30	94,6	98,3	0,69	Sedang – Tinggi

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata N-gain kompetensi pengetahuan pada kelompok PBL berada pada kategori sedang–tinggi ($g = 0,69$), sedangkan kelompok PJBL berada pada kategori sedang ($g = 0,47$). Uji normalitas Kolmogorov–Smirnov menunjukkan bahwa distribusi skor N-gain pada kedua kelompok berdistribusi normal ($p > 0,05$), dan uji homogenitas Levene menunjukkan varians kedua kelompok homogen ($p > 0,05$). Berdasarkan pemenuhan asumsi tersebut, perbedaan peningkatan kompetensi antar kelompok diuji menggunakan uji-t independen terhadap skor N-gain, bukan terhadap skor *post-test* semata. Pemilihan skor N-gain sebagai basis uji dimaksudkan untuk memastikan bahwa perbedaan yang diamati merefleksikan besarnya peningkatan, bukan sekadar perbedaan capaian akhir yang berpotensi dipengaruhi oleh skor awal.

Secara deskriptif, kedua kelompok menunjukkan skor awal (pre-test) yang relatif tinggi pada aspek pengetahuan konseptual BMS, dengan rerata di atas 90. Kondisi ini mengindikasikan bahwa siswa telah memiliki pemahaman dasar yang baik sebelum perlakuan diberikan, sekaligus menandakan adanya potensi *ceiling effect*, yaitu keterbatasan ruang peningkatan skor pada tes kognitif. Meskipun demikian, skor *post-test* pada kedua kelompok tetap menunjukkan kenaikan, dengan rerata *post-test* kelas PBL lebih tinggi dibandingkan kelas PjBL. Untuk mengakomodasi perbedaan kemampuan awal dan keterbatasan rentang skor akibat *ceiling effect*, peningkatan hasil belajar dianalisis menggunakan *normalized gain* (N-gain), yang dihitung dengan rumus dengan skor maksimum ditetapkan 100 sesuai skala tes. Pendekatan ini memungkinkan interpretasi peningkatan yang lebih proporsional, meskipun *pre-test* berada pada level tinggi. Gambar 1 menampilkan data grafik perbandingan hasil belajar PBL dan PjBL.

$$g = \frac{\text{Skor Post Test} - \text{Skor Pre Test}}{\text{Skor Maksimum} - \text{Skor pre'}}$$

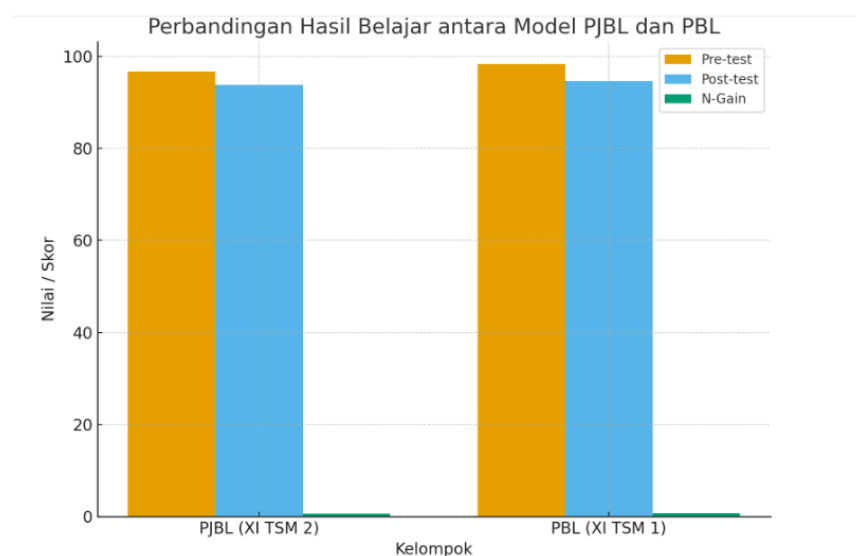
Uji perbedaan efektivitas model pembelajaran dilakukan menggunakan Independent Sample t-Test terhadap skor N-Gain, bukan terhadap skor *post-test* secara langsung. Pemilihan skor N-Gain bertujuan untuk mengukur peningkatan kompetensi siswa secara proporsional dengan mempertimbangkan kemampuan awal masing-masing kelompok. Dengan demikian, perbandingan efektivitas antara model PJBL dan PBL didasarkan pada besarnya peningkatan hasil belajar, bukan semata-mata capaian akhir. Meskipun analisis ANCOVA dapat digunakan untuk mengontrol perbedaan kemampuan awal, penelitian ini menggunakan skor N-Gain sebagai pendekatan yang lebih sederhana dan sesuai dengan karakteristik desain quasi eksperimen serta ukuran sampel penelitian.

Hasil uji-t independen menunjukkan nilai $t(58) = 2,31$; $p = 0,024$, yang mengindikasikan adanya perbedaan peningkatan kompetensi yang signifikan secara statistik antara kelompok PBL dan PjBL. Berdasarkan nilai t dan ukuran sampel masing-masing kelompok ($n = 30$), diperoleh ukuran efek Cohen's $d \approx 0,60$, yang termasuk kategori efek sedang. Temuan ini menunjukkan bahwa keunggulan PBL dibandingkan PjBL tidak hanya signifikan secara statistik, tetapi juga memiliki makna praktis yang cukup kuat dalam konteks pembelajaran BMS. Meskipun interval kepercayaan untuk selisih rerata N-gain tidak dapat dilaporkan secara rinci karena keterbatasan pelaporan deviasi standar pada data awal, kombinasi nilai p dan ukuran efek memberikan dasar inferensi yang memadai sesuai standar pelaporan penelitian pendidikan terapan.

Selain aspek pengetahuan, penelitian ini juga mengukur kompetensi keterampilan dan sikap sebagai bagian integral dari konstruksi kompetensi BMS. Pada domain keterampilan, hasil observasi praktik menunjukkan bahwa kedua kelompok mengalami peningkatan performa dalam aspek perakitan, pengujian, dan analisis sistem BMS. Secara deskriptif, siswa pada kelompok PjBL menunjukkan performa yang lebih menonjol pada indikator keterampilan prosedural dan kolaborasi proyek, seperti pembagian tugas dan penyelesaian produk, sedangkan kelompok PBL lebih konsisten dalam indikator analisis kesalahan dan penalaran teknis selama praktik. Pada domain sikap, kedua kelompok menunjukkan peningkatan pada aspek tanggung jawab, keaktifan, dan kerja sama, dengan kecenderungan peningkatan yang relatif seimbang antar model. Namun demikian, karena ketiga domain diukur dengan instrumen dan skala yang berbeda, penelitian ini tidak menggabungkan ketiganya ke dalam satu skor komposit berbobot, melainkan menafsirkan kompetensi sebagai konstruk multidimensi yang hasilnya saling melengkapi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model PBL lebih unggul dalam meningkatkan kompetensi siswa, khususnya pada aspek pengetahuan konseptual dan kemampuan analitis. Siswa pada kelas PBL lebih mampu mengidentifikasi permasalahan sistem BMS, menganalisis penyebab gangguan, dan merumuskan solusi berdasarkan prinsip kerja sistem kelistrikan kendaraan listrik. Sebaliknya, model PjBL lebih menonjol dalam meningkatkan keterampilan kolaboratif dan produktivitas proyek, seperti perancangan dan pengujian sistem BMS sederhana. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa PBL lebih efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking skills*), sedangkan PjBL lebih sesuai untuk pembelajaran yang berorientasi pada produk dan keterampilan praktik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan efektivitas yang signifikan antara model pembelajaran PjBL dan PBL dalam meningkatkan kompetensi siswa pada materi *Battery Management System* di kelas XI SMK. Model PBL terbukti lebih efektif dalam meningkatkan aspek pengetahuan dan kemampuan berpikir analitis siswa, sedangkan PjBL lebih unggul dalam meningkatkan keterampilan kolaboratif dan kreativitas dalam proyek. Oleh karena itu, guru disarankan untuk mengombinasikan kedua pendekatan tersebut secara adaptif dalam pembelajaran sistem kelistrikan kendaraan, sehingga dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih komprehensif dan sesuai dengan kebutuhan dunia industri otomotif modern.



Gambar 1. Grafik perbandingan hasil belajar

4. PEMBAHASAN

Berdasarkan gambar 1 grafik perbandingan hasil belajar, menunjukkan bahwa baik model pembelajaran PjBL maupun PBL memiliki efektivitas dalam meningkatkan kompetensi siswa pada materi BMS di kelas XI SMK. Namun, tingkat efektivitasnya menunjukkan perbedaan yang signifikan, di mana model PBL memberikan peningkatan hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan model PjBL. Perbedaan ini bukan sekadar perbedaan angka statistik, melainkan menggambarkan perbedaan mendasar dalam karakteristik pendekatan kedua model pembelajaran tersebut terhadap cara siswa membangun pengetahuan dan keterampilan.

Model PBL pada dasarnya menekankan proses berpikir kritis dan analitis melalui penyelesaian masalah nyata yang dihadapi siswa selama proses belajar (Devi et al., 2019). Pendekatan ini menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran (*student-centered*),

mendorong mereka untuk berperan aktif dalam mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, mencari informasi yang relevan, dan menyimpulkan solusi berdasarkan data yang mereka kumpulkan (Nur et al., 2016). Hal ini secara langsung mengasah kemampuan berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking skills*), yang sangat penting dalam pembelajaran berbasis sistem seperti BMS. Sistem manajemen baterai memiliki struktur kompleks dan menuntut pemahaman konseptual mendalam mengenai prinsip kelistrikan, sensor, serta pengaturan energi. Oleh karena itu, siswa yang belajar melalui PBL cenderung lebih mampu memahami hubungan antar komponen, melakukan analisis penyebab kerusakan, dan merancang solusi berbasis data empiris (Wijayanto et al., 2020).

Sementara itu, model PjBL berfokus pada proses pembelajaran berbasis proyek di mana siswa dituntut untuk menghasilkan suatu produk konkret (Amiluddin & Sugiman, 2016). Pada konteks pembelajaran BMS, model ini memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan praktis, seperti merancang sistem baterai, melakukan perakitan, serta melakukan pengujian fungsional terhadap hasil kerja mereka. Dengan kata lain, PjBL lebih menonjolkan aspek psikomotor dan kolaborasi kelompok dalam pembelajaran. Hal ini sejalan dengan pandangan Sakila et al., (2023) yang menyatakan bahwa PJBL efektif untuk membangun keterampilan prosedural dan kolaboratif karena siswa belajar melalui pengalaman langsung dalam merancang dan menyelesaikan proyek. Namun, dalam konteks materi BMS yang menuntut kemampuan analisis dan penalaran logis, model PjBL belum sepenuhnya mampu mengoptimalkan penguasaan konsep secara mendalam seperti halnya model PBL.

Perbedaan hasil antara kedua model ini juga dapat dijelaskan melalui teori konstruktivisme. Baik PjBL maupun PBL berakar pada pandangan bahwa pengetahuan dibangun oleh siswa melalui pengalaman belajar aktif (Zakiah et al., 2020). Namun, PBL lebih menekankan pada konstruksi pengetahuan melalui proses berpikir reflektif dan pemecahan masalah, sedangkan PjBL lebih menekankan pada pembelajaran melalui penciptaan produk nyata. Dalam penelitian ini, peningkatan hasil belajar siswa pada kelas PBL dapat terjadi karena model tersebut memberikan ruang bagi siswa untuk mengaitkan konsep teoritis dengan permasalahan praktis secara lebih luas. Mereka tidak hanya menghafal langkah kerja sistem BMS, tetapi juga memahami alasan ilmiah di balik setiap komponen dan fungsinya. Hal ini menjadikan pengetahuan yang diperoleh lebih bermakna (*meaningful learning*), karena dibangun melalui proses penemuan dan refleksi, bukan sekadar instruksi guru.

Hasil penelitian ini memperkuat temuan-temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa PBL memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wijayanto et al. (2020), pembelajaran berbasis masalah mendorong siswa untuk mengembangkan strategi belajar mandiri, kemampuan metakognitif, serta keterampilan komunikasi ilmiah. Temuan ini sejalan dengan kondisi di lapangan, di mana siswa pada kelas PBL menunjukkan kemampuan lebih baik dalam menjelaskan konsep kerja BMS, menyusun hipotesis penyebab gangguan sistem, dan menarik kesimpulan berbasis data pengukuran. Dengan demikian, efektivitas PBL dalam penelitian ini bukan hanya terletak pada hasil nilai yang lebih tinggi, tetapi juga pada peningkatan kualitas proses belajar yang terjadi.

Di sisi lain, hasil pembelajaran dengan model PjBL menunjukkan bahwa meskipun peningkatan nilai N-Gain berada pada kategori sedang ke tinggi, terdapat beberapa siswa yang mengalami penurunan hasil belajar pada tahap *post-test*. Hal ini dapat disebabkan oleh tingkat kompleksitas proyek dan manajemen waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas proyek BMS. Beberapa siswa tampak kesulitan dalam mengintegrasikan teori kelistrikan dengan penerapan praktis proyek, sehingga hasil akhir belum maksimal. Meskipun demikian, PjBL tetap memberikan dampak positif terhadap aspek kolaborasi, tanggung jawab, dan kreativitas siswa, sebagaimana dijelaskan oleh Zakiah et al. (2020) bahwa pembelajaran berbasis proyek sangat efektif dalam membentuk keterampilan kerja tim dan orientasi terhadap hasil.



Gambar 2. Hasil proyek materi BMS

Berdasarkan gambar 2 hasil proyek materi BMS, dapat dijelaskan bahwa hasil penelitian menunjukkan model PBL menghasilkan peningkatan kompetensi siswa yang

secara statistik lebih tinggi dibandingkan PjBL pada materi BMS. Namun, perbedaan ini tidak dapat diinterpretasikan secara simplistik sebagai akibat karakter intrinsik model semata, melainkan perlu dipahami dalam kerangka desain implementasi pembelajaran yang terkontrol (Ilmi, 2023). Dalam penelitian ini, faktor-faktor eksternal utama yaitu: guru pengampu, durasi pembelajaran, materi ajar, dan fasilitas praktik telah diseragamkan, sehingga perbedaan hasil lebih rasional dikaitkan dengan perbedaan fokus aktivitas belajar dan pola *scaffolding* kognitif antar model. PBL secara sistematis menempatkan siswa pada situasi analisis masalah teknis BMS yang menuntut penalaran diagnostik, interpretasi data, dan pengambilan keputusan berbasis konsep, sementara PjBL lebih menekankan penyelesaian proyek dan koordinasi prosedural. Keunggulan PBL yang teridentifikasi dalam penelitian ini terutama tercermin pada peningkatan skor N-gain pengetahuan dan indikator praktik yang berkaitan dengan analisis kesalahan sistem, bukan pada klaim umum peningkatan berpikir kritis lintas domain. Oleh karena itu, temuan ini sebaiknya ditafsirkan sebagai peningkatan kemampuan analitis-diagnostik BMS yang kontekstual, sesuai dengan konstruk instrumen yang digunakan, bukan sebagai generalisasi kemampuan berpikir kritis secara abstrak. Selain itu, implikasi pengembangan pendekatan hybrid PjBL–PBL perlu dipertimbangkan secara hati-hati, karena kompleksitas masalah pada PBL dalam penelitian ini lebih bersifat kognitif, sedangkan kompleksitas proyek pada PjBL lebih bersifat prosedural dan manajerial sehingga integrasi keduanya menuntut penyesuaian beban kognitif, waktu, dan kedalaman analisis agar tidak menciptakan ketimpangan pembelajaran. Dengan konsistensi penetapan kelompok perlakuan antara metode dan hasil, temuan penelitian ini mengindikasikan bahwa efektivitas PBL yang lebih tinggi mencerminkan kesesuaian pedagogisnya dengan karakter kompetensi BMS yang bersifat analitis dan diagnostik, sementara PjBL tetap relevan untuk pengembangan keterampilan kolaboratif dan prosedural. Dengan demikian, perbedaan efektivitas antar model lebih tepat dipahami sebagai perbedaan kecocokan instruksional terhadap domain kompetensi yang ditargetkan, bukan sebagai superioritas absolut salah satu model pembelajaran.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan peningkatan kompetensi siswa menggunakan penerapan model PBL dan PjBL pada materi BMS kelas XI SMK. Kelompok yang mengikuti pembelajaran PBL memperlihatkan nilai peningkatan (*N-gain*) yang lebih tinggi secara statistik. Namun demikian, temuan ini perlu ditafsirkan secara hati-hati. Mengingat desain penelitian yang bersifat kuasi-eksperimen dengan jumlah sampel terbatas pada dua kelas yang tidak dipilih secara acak, serta masih ditemukannya potensi

inkonsistensi pada penetapan kelompok dan ketidakselarasan angka *pre-test* dan *post-test* yang memerlukan audit data lebih lanjut, klaim komparatif mengenai superioritas PBL belum dapat dianggap final. Dengan kata lain, hasil penelitian ini lebih tepat diposisikan sebagai indikasi awal (*preliminary evidence*) mengenai kecenderungan efektivitas PBL dalam konteks pembelajaran BMS, bukan sebagai bukti konklusif yang bersifat general. Oleh karena itu, generalisasi temuan ke populasi yang lebih luas harus dibatasi, mengingat potensi bias implementasi, keterbatasan ukuran sampel, serta tidak digunakannya randomisasi subjek. Penelitian lanjutan dengan desain eksperimental yang lebih ketat, jumlah sampel yang lebih besar, serta audit metodologis dan konsistensi data yang lebih kuat sangat diperlukan sebelum kesimpulan komparatif yang lebih tegas mengenai efektivitas relatif PBL dan PjBL dapat diterima secara ilmiah.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada dosen pembimbing lapangan, kepada dosen penguji, kepada guru pamong, kepada koordinator mahasiswa asistensi SMK Nasional Malang, serta kepada SMK Nasional Malang yang sudah mengizinkan melakukan penelitian ini.

REFERENSI

- Afandi, M., & Handayani, T. (2020). Penerapan problem based learning (PBL) untuk meningkatkan higher order thinking skills (HOTS) ditinjau dari hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah materi IPA MI. *JIP Jurnal Ilmiah PGMI*, 6(1), 88–106.
- Ahmar, H., Budi, P., & Ahmad, M. (2020). Penerapan model pembelajaran problem based learning: Literature review. *Jurnal Keperawatan Muhammadiyah*, 4(1), 10–17.
- Amiluddin, R., & Sugiman, S. (2016). Pengaruh problem posing dan problem-based learning terhadap prestasi belajar dan motivasi belajar mahasiswa pendidikan matematika. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 3(1), 100–108.
- Azizah, I. N. (2025). Penerapan model pembelajaran project based learning pada mata pelajaran pendidikan agama Islam dan budi pekerti serta relevansinya dengan kemampuan interaktif siswa di SMK N 2 Purwokerto. *Jurnal Pendidikan dan Sosial Nusantara*, 1(2), 1–9.
- Buyung, & Alexon. (2022). Penerapan model pembelajaran problem based learning (PBL) untuk meningkatkan prestasi belajar mahasiswa. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 22(1), 100–106.
- Devi, S. K., Ismanto, B., & Kristin, F. (2019). Peningkatan kemandirian dan hasil belajar materi sistem bahan bakar melalui project based learning. *Jurnal Riset Teknologi dan Inovasi Pendidikan*, 2(1), 55–65.

- Dwiantoro, A., & Basuki, I. (2021). Analisis pengaruh model pembelajaran project based learning terhadap peningkatan hasil belajar siswa pada mata pelajaran instalasi penerangan listrik di SMK. *Jurnal Pendidikan teknik elektro*, 10(01), 81-88.
- Farhin, N., Setiawan, D., & Waluyo, E. (2023). Meningkatkan hasil belajar siswa SD melalui pembelajaran berbasis proyek: Studi kasus di SD Sukosari. *Jurnal Penelitian Tindakan Kelas*, 1(2), 132-136.
- Fiana, R. O., Relmasira, S. C., & Hardini, A. T. A. (2019). Perbedaan penerapan model project based learning dan problem based learning terhadap hasil belajar matematika kelas IV SD. *Jurnal Basicedu*, 3(1), 157-162.
- Furmanti, T., & Hasan, R. (2019). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap kemampuan berpikir kritis, motivasi, dan keaktifan siswa di SMP N 5 Seluma. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Sains & Entrepreneurship* (Vol. 1, No. 1, pp. 1-9).
- Hadian, T., Mulyana, R., Mulyana, N., & Tejawiani, I. (2022). Implementasi project based learning penguatan profil pelajar Pancasila di SMAN 1 Kota Sukabumi. *Primary: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 11(6), 1659-1669.
- Handini, K. P. (2022). Pembelajaran berbasis project based learning metode mind mapping untuk peningkatan prestasi belajar siswa. *Jurnal Pendidikan Dewantara*, 8(2), 85-91.
- Ilmi, A. M., Sahabuddin, E. S., & Atjo, S. E. P. (2023). Penerapan model pembelajaran project based learning untuk meningkatkan hasil belajar IPA siswa. *Nubin Smart Journal*, 3(2), 1-10.
- Ilmi, A. M. (2023). Penerapan model pembelajaran project based learning untuk meningkatkan hasil belajar IPA siswa. *Jurnal Inovasi Pedagogi dan Teknologi (JIPTEK)*, 1(1), 80-85.
- Itsna, O., & Novitasari, S. (2019). Analisis penerapan problem based learning pada mata kuliah pendidikan IPS. *Musamus Journal of Primary Education*, 2(1), 50-58.
- Kahar, L., & Ili, L. (2022). Implementasi project based learning untuk meningkatkan aktivitas belajar siswa. *Orien: Cakrawala Ilmiah Mahasiswa*, 2(2), 127-134.
- Made, A. M., Ambiyar, A., Riyanda, A. R., Sagala, M. K., & Adi, N. H. (2022). Implementasi model project based learning (PjBL) dalam upaya meningkatkan hasil belajar mahasiswa teknik mesin. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(4), 5162-5169.
- Misidawati, D. N., & Sundari, P. (2021). Penerapan model PBL dalam mata kuliah teori pengambilan keputusan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. *Jurnal Educatio*, 7(3), 922-928.
- Nisah, N., Widiyono, A., & Milkhaturohman. (2021). Keefektifan model project based learning terhadap peningkatan hasil belajar IPA di sekolah dasar. *Pedagogi: Jurnal Penelitian Pendidikan*, 8(2), 114-126.

- Nur, S., Pujiastuti, I. P., & Rahman, S. R. (2016). Efektivitas model problem based learning terhadap hasil belajar mahasiswa prodi pendidikan biologi Universitas Sulawesi Barat. *Jurnal Saintifik*, 2(2), 133–141.
- Ramadianti, A. A. (2021). Efektivitas model pembelajaran project based learning terhadap hasil belajar matematika sekolah dasar. *Jurnal PRIMATIKA*, 10(2), 93–98.
- Riyanto, M., Asbari, M., & Latif, D. (2024). Efektivitas problem based learning terhadap kemampuan berpikir kritis mahasiswa. *Journal of Information Systems and Management*, 3(1), 1–5.
- Safira, T., Palilingan, V. R., & Ratumbuisang, K. F. (2025). Penerapan model pembelajaran project based learning untuk meningkatkan hasil belajar administrasi infrastruktur jaringan siswa Kelas XI TKJ SMK Kristen Imanuel Laikit. *Journal of Education Method and Technology: JEMTech*, 25-32.
- Sakila, S. R., Hibana, H., & Tumbularani, T. (2023). Penerapan model pembelajaran project based learning (PjBL) dalam implementasi Kurikulum Merdeka di pendidikan Islam anak usia dini. *Edukasia: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 4(2), 2383–2392.
- Setyawan, R. I., Purwanto, A., & Sari, N. K. (2019). Model pembelajaran berbasis proyek (project-based learning) untuk meningkatkan hasil belajar. *Jurnal Dikdas Bantara*, 2(2), 81–93.
- Sugiharyanti, E. (2022). Penerapan model project-based learning berbantuan Moodle e-learning untuk meningkatkan prestasi belajar bahasa Inggris. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 7(2), 212–220.
- Wijayanto, T., Supriadi, B., & Nuraini, L. (2020). Pengaruh model pembelajaran project based learning dengan pendekatan STEM terhadap hasil belajar siswa SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 9(3), 113–120.
- Zakiah, N. E., Fatimah, A. T., & Sunaryo, Y. (2020). Implementasi project-based learning untuk mengeksplorasi kreativitas dan kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa. *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 5(2), 285–293.