PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN PjBL BERBASIS *FLIPPED CLASSROOM* UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR KOMPETENSI SISTEM REM SISWA SMK

Ricky Anggara[1], Syarif Suhartadi[2], Nurwanto Sujarwo[3]
[1]PPG FPs Universitas Negeri Malang
[2]PTO FT Universitas Negeri Malang
[3]SMK PGRI 3 Malang
[1]ricky.anggara.2531547@students.um.ac.id [2]syarifsuhartadi@um.ac.id,
[3]nurwantosujarwo@gmail.com

ABSTRACT

Low student engagement and suboptimal learning outcomes in the brake system competency, largely attributed to the continued use of conventional instructional methods, prompted an investigation into the effectiveness of a Project-Based Learning model integrated with a flipped classroom approach for Grade X students of the Light Vehicle Engineering (Teknik Kendaraan Ringan/TKR) program at SMK PGRI 3 Malang. The study employed a quantitative approach using a quasi-experimental method with a nonequivalent control group design. A total of 64 students participated in the research and were assigned to experimental and control groups through purposive sampling. Data were collected using Pretests, posttests, observations, and documentation, and subsequently analyzed through descriptive and inferential statistics using an independent samples t-test with IBM SPSS Statistics version 26. The analysis confirmed a statistically significant effect of the Project-Based Learning model integrated with the flipped classroom approach on students' learning outcomes, as indicated by a t-value of 4.980 and a significance level of 0.000 < 0.05. Furthermore, the experimental group achieved a higher mean posttest score (81.75) than the control group (73.50). These findings demonstrate that the instructional model effectively enhances both students' learning outcomes and engagement in the light vehicle brake system competency, indicating its potential as an innovative instructional alternative in vocational automotive education.

Keywords: Project-Based Learning, flipped classroom, learning outcomes, brake system, vocational high school.

ABSTRAK

Rendahnya keterlibatan siswa serta belum optimalnya capaian hasil belajar pada materi sistem rem yang masih didominasi pembelajaran konvensional melatarbelakangi pengkajian terhadap penerapan model *Project-Based Learning* berbasis *flipped classroom* pada kompetensi sistem rem siswa kelas X Teknik Kendaraan Ringan (TKR) di SMK PGRI 3 Malang. Pendekatan kuantitatif diterapkan melalui desain *quasi experiment* dengan jenis *nonequivalent control group design*.

Penelitian melibatkan 64 siswa yang dikelompokkan ke dalam kelas eksperimen dan kelas kontrol menggunakan teknik purposive sampling. Data diperoleh melalui *Pretest*, *posttest*, observasi, dan dokumentasi, kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif serta statistik inferensial melalui *independent sample t-test* dengan bantuan *IBM SPSS Statistics versi 26*. Analisis memperlihatkan bahwa penerapan model *Project-Based Learning* berbasis *flipped classroom* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil belajar siswa, ditunjukkan oleh nilai t hitung sebesar 4,980 dengan signifikansi 0,000 < 0,05. Nilai rata-rata *posttest* pada kelas eksperimen mencapai 81,75, lebih tinggi daripada kelas kontrol yang memperoleh rata-rata 73,50. Capaian tersebut menegaskan efektivitas model pembelajaran dalam meningkatkan hasil belajar sekaligus keterlibatan siswa pada kompetensi sistem rem kendaraan ringan, sehingga berpotensi menjadi alternatif pembelajaran inovatif dalam pendidikan vokasi otomotif.

Kata Kunci: *Project-Based Learning, flipped classroom,* hasil belajar, sistem rem, SMK.

A. Pendahuluan

Kemampuan pendidikan vokasi dalam menghasilkan sumber daya manusia yang selaras dengan dinamika kebutuhan industri menempatkannya sebagai salah satu pilar penting dalam pengembangan tenaga kerja. Memasuki era Revolusi Industri 4.0, kompetensi yang dibutuhkan sektor otomotif tidak lagi terbatas pada penguasaan pengetahuan teoretis, melainkan juga mencakup keterampilan teknis, kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, serta kecakapan menyelesaikan permasalahan yang muncul di lingkungan kerja. Perubahan tuntutan tersebut mengharuskan institusi pendidikan kejuruan menyesuaikan strategi pembelajaran agar sejalan dengan kemajuan teknologi sekaligus kebutuhan dunia industri. Dalam ranah pendidikan teknik, pembelajaran berbasis proyek semakin banyak diadopsi karena dinilai mampu menghadirkan pengalaman belajar yang menyerupai situasi kerja nyata sekaligus berorientasi pada penyelesaian masalah (Khatib et al., 2024; Malhaire et al., 2023). Meskipun demikian, pelaksanaan pembelajaran vokasi di sekolah masih dihadapkan pada berbagai kendala, terutama dalam mendorong partisipasi aktif siswa dan mengoptimalkan efektivitas pembelajaran praktik.

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) pada dasarnya diharapkan mampu menghasilkan lulusan yang

tidak hanya menguasai konsep-konsep teoretis, tetapi juga memiliki kemampuan menerapkannya dalam situasi kerja yang sesungguhnya. Sejalan dengan tujuan tersebut, Kurikulum Merdeka memberikan penekanan pada penerapan pembelajaran berbasis proyek, kolaboratif, serta penguatan kompetensi abad ke-21. Akan tetapi, kondisi yang dijumpai di lapangan masih memperlihatkan adanya jarak antara sasaran tersebut dan pelaksanaan pembelajaran yang berlangsung. (Liang & Wang, 2022) mengemukakan bahwa penerapan digitalisasi dalam pendidikan vokasi masih menghadapi berbagai hambatan, khususnya pada pemanfaatan teknologi secara optimal dalam proses pembelajaran. Selain itu, keterlibatan siswa yang relatif rendah selama kegiatan praktik turut menghambat perkembangan pemahaman konseptual dan penguasaan keterampilan teknis secara seimbang.

Situasi serupa juga teridentifikasi pada pembelajaran kompetensi sistem rem kendaraan ringan di SMK PGRI 3 Malang. Hasil observasi awal memperlihatkan bahwa sebagian siswa kelas X Teknik Kendaraan Ringan (TKR) masih mengalami kesulitan dalam memahami prinsip kerja sistem rem, melakukan analisis terhadap kerusakan komponen, serta melaksanakan prosedur pemeriksaan sesuai standar industri otomotif. Selama kegiatan praktik berlangsung, beberapa siswa masih menunjukkan ketergantungan terhadap arahan guru dan belum terbiasa menentukan keputusan teknis sederhana secara mandiri. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa proses pembelajaran belum sepenuhnya mencerminkan karakteristik pendidikan vokasi yang berpusat pada siswa dan berlandaskan pengalaman belajar langsung, karena pelaksanaannya masih lebih banyak bertumpu pada penjelasan guru. (Ramdani et al., 2025) menegaskan bahwa keterbatasan literasi digital serta kemampuan pemecahan masalah dalam pembelajaran vokasi berpotensi memengaruhi kesiapan siswa dalam menghadapi tuntutan dunia kerja industri.

Project-Based Learning (PjBL) merupakan salah satu model pembelajaran yang dipandang sesuai untuk mengatasi berbagai tantangan tersebut. Melalui pendekatan ini, siswa menjadi aktor utama dalam

proses belajar dengan mengerjakan proyek yang berangkat dari permasalahan nyata. Selama pelaksanaannya, peserta didik tidak hanya memperoleh materi dari guru, tetapi juga berpartisipasi dalam proses investigasi, diskusi, praktik, serta penyelesaian proyek secara kolaboratif. (Zhang & Ramli, 2025) menyatakan bahwa keterlibatan aktif siswa dalam setiap tahapan pembelajaran menjadikan *Project-Based Learning* efektif dalam mengembangkan kemampuan kolaborasi, kreativitas, dan *problem solving*. Pada bidang pendidikan otomotif, model berbasis proyek dinilai memiliki relevansi yang tinggi karena mampu menghadirkan pengalaman praktik yang lebih mencerminkan situasi kerja di bengkel maupun industri kendaraan.

Berbagai penelitian terdahulu memperlihatkan kontribusi positif *Project-Based Learning* terhadap peningkatan kompetensi pada pendidikan vokasi. (Firdaus et al., 2023) melaporkan bahwa implementasi *Project-Based Learning* mampu meningkatkan kompetensi siswa SMK dalam perawatan sistem suspensi kendaraan ringan. Temuan yang sejalan dikemukakan oleh (SITUMORANG et al., 2023), yang menjelaskan bahwa penerapan pembelajaran aktif berbasis proyek berkontribusi terhadap peningkatan kompetensi keselamatan kerja mahasiswa pendidikan otomotif. Sementara itu, pada lingkup pendidikan teknik yang lebih luas, (Rosas-Cervantes & Fernández-Ramos, 2025) mengungkapkan bahwa pembelajaran multidisipliner berbasis proyek mendukung pengembangan keterampilan praktik sekaligus meningkatkan kesiapan kerja peserta didik secara lebih optimal.

Seiring berkembangnya pendidikan berbasis teknologi, *flipped classroom* turut menjadi salah satu strategi pembelajaran yang banyak diterapkan untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran di era digital. Model ini menempatkan kegiatan mempelajari materi sebagai aktivitas yang dilakukan sebelum pertemuan tatap muka melalui video pembelajaran, modul digital, maupun platform daring. Dengan pola tersebut, alokasi waktu di kelas dapat difokuskan pada aktivitas praktik, diskusi, serta penyelesaian berbagai permasalahan pembelajaran. (Ambiyar et al., 2021) menjelaskan

bahwa *flipped classroom* mampu memperkuat interaksi belajar karena kegiatan di kelas lebih menitikberatkan pada kolaborasi daripada penyampaian materi secara satu arah. Temuan tersebut diperkuat oleh (Zhou, 2023), yang menyatakan bahwa implementasi *flipped learning* memberikan pengaruh positif terhadap perkembangan keterampilan kognitif dan kesiapan emosional peserta didik dalam pendidikan vokasi.

Berbagai hasil penelitian mengindikasikan bahwa penerapan *flipped classroom* memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan hasil belajar, khususnya dalam bidang pendidikan teknik dan vokasi. Herlambang (2024) melaporkan bahwa siswa SMK yang belajar melalui model *flipped classroom* memperoleh hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Temuan serupa disampaikan oleh (Doropoulou et al., 2023), yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek melalui pendekatan digital mampu meningkatkan keterlibatan mahasiswa teknik dalam mempelajari sistem *embedded*. Selain itu, (Viadero-Monasterio et al., 2026) menjelaskan bahwa pemanfaatan teknologi digital dalam pendidikan teknik berperan dalam meningkatkan kehadiran sekaligus keterlibatan siswa selama proses pembelajaran.

Walaupun demikian, penerapan *flipped classroom* belum selalu menghasilkan efektivitas yang sama pada setiap konteks pembelajaran. (Peng et al., 2023) menjelaskan bahwa keberhasilan model tersebut sangat ditentukan oleh kesiapan siswa untuk belajar secara mandiri serta kemampuan guru dalam merancang aktivitas pembelajaran yang menarik. Pandangan tersebut diperkuat oleh (Zhong et al., 2023), yang menyatakan bahwa efektivitas *flipped classroom* dipengaruhi oleh karakteristik peserta didik dan konteks penerapannya. Pada ranah pendidikan otomotif, (Liao et al., 2023) mengemukakan bahwa pembelajaran aktif berbasis teknologi mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran sistem kelistrikan kendaraan, meskipun keberhasilannya tetap bergantung pada kesiapan fasilitas pendukung dan kemampuan digital peserta didik.

Telaah terhadap berbagai penelitian terdahulu memperlihatkan

bahwa sebagian besar kajian masih memfokuskan pembahasan pada *Project-Based Learning* maupun *flipped classroom* sebagai pendekatan yang diterapkan secara terpisah, atau mengimplementasikannya dalam konteks pendidikan tinggi serta kompetensi teknik tertentu. Penelitian yang secara khusus mengintegrasikan *Project-Based Learning* berbasis *flipped classroom* pada kompetensi sistem rem kendaraan ringan di jenjang SMK masih tergolong terbatas. (Mahtani et al., 2026; Surur et al., 2026) mengungkapkan bahwa penggabungan pembelajaran berbasis proyek dengan model pembelajaran aktif berpotensi meningkatkan keterampilan berpikir kritis sekaligus efektivitas pembelajaran praktik. Namun demikian, kajian yang menelaah pengaruh integrasi kedua model tersebut terhadap hasil belajar siswa otomotif pada kompetensi sistem rem masih belum banyak tersedia. Keadaan tersebut mengindikasikan adanya research gap yang masih memerlukan kajian lebih lanjut.

Atas dasar uraian tersebut, analisis dalam penelitian ini diarahkan untuk mengkaji pengaruh penerapan model *Project-Based Learning* berbasis *flipped classroom* terhadap hasil belajar pada kompetensi sistem rem siswa kelas X Teknik Kendaraan Ringan (TKR) di SMK PGRI 3 Malang. Kebaruan (*novelty*) penelitian terletak pada penerapan terpadu antara *Project-Based Learning* dan *flipped classroom* dalam pembelajaran kompetensi sistem rem di jenjang SMK, yang hingga saat ini masih relatif sedikit dikaji secara spesifik. Melalui penelitian ini diharapkan diperoleh kontribusi empiris bagi pengembangan model pembelajaran vokasi yang memadukan teknologi dengan proyek praktik, sekaligus menawarkan alternatif strategi pembelajaran inovatif untuk mendukung peningkatan mutu pendidikan otomotif di SMK.

B. Metode Penelitian

Pendekatan kuantitatif diterapkan dalam penelitian ini dengan menggunakan desain quasi experiment berjenis nonequivalent control group design. Pemilihan desain tersebut didasarkan pada pelaksanaan penelitian yang berlangsung dalam kondisi pembelajaran nyata di sekolah

sehingga pengacakan kelas secara penuh tidak memungkinkan untuk dilakukan. Penelitian melibatkan dua kelompok, yaitu kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran melalui penerapan model *Project-Based Learning* berbasis *flipped classroom* serta kelas kontrol yang mengikuti pembelajaran konvensional berupa metode ceramah dan demonstrasi guru pada kompetensi sistem rem kendaraan ringan. Dalam konteks pendidikan vokasi, penggunaan desain quasi experiment dinilai sesuai untuk mengevaluasi pengaruh perlakuan pembelajaran terhadap hasil belajar siswa pada situasi kelas yang sebenarnya (Herlambang, 2024; Surur et al., 2026).

Pelaksanaan penelitian berlangsung di SMK PGRI 3 Malang pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 dengan populasi yang mencakup seluruh siswa kelas X Teknik Kendaraan Ringan (TKR). Penentuan sampel menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan pertimbangan kesamaan karakteristik akademik siswa yang mengacu pada hasil pembelajaran sebelumnya serta rekomendasi dari guru mata pelajaran. Sampel penelitian terdiri atas dua kelas dengan jumlah total 64 siswa, yaitu 32 siswa pada kelas eksperimen dan 32 siswa pada kelas kontrol. Penetapan kedua kelas tersebut mempertimbangkan homogenitas kemampuan awal siswa sehingga pengaruh perlakuan pembelajaran dapat diamati secara lebih objektif.

Data penelitian dihimpun melalui tes hasil belajar, observasi, dan dokumentasi. Instrumen utama yang digunakan berupa soal *Pretest* dan *posttest* berbentuk pilihan ganda sebanyak 25 butir yang dikembangkan berdasarkan indikator kompetensi sistem rem kendaraan ringan. Pelaksanaan *Pretest* bertujuan mengidentifikasi kemampuan awal siswa sebelum perlakuan diberikan, sedangkan *posttest* dilaksanakan setelah seluruh rangkaian pembelajaran berakhir untuk mengetahui perubahan hasil belajar yang diperoleh siswa. Di samping itu, observasi dimanfaatkan untuk mencatat keterlibatan siswa selama proses pembelajaran, khususnya pada kegiatan diskusi, praktik pemeriksaan sistem rem, dan penyelesaian proyek kelompok. Dokumentasi digunakan sebagai pelengkap data penelitian yang

mencakup arsip pembelajaran, daftar kehadiran, serta aktivitas siswa selama penelitian berlangsung.

Instrumen penelitian melalui tahapan pengujian validitas dan reliabilitas sebelum digunakan dalam proses pengumpulan data. Pengujian validitas isi dilaksanakan melalui expert judgment yang melibatkan dosen pendidikan otomotif dan guru mata pelajaran, sedangkan validitas empiris dievaluasi menggunakan korelasi *Product Moment*. Selanjutnya, reliabilitas instrumen dianalisis dengan koefisien Cronbach's Alpha berbantuan *IBM SPSS Statistics versi 26*. Instrumen dinyatakan memenuhi kriteria reliabel apabila koefisien yang diperoleh melebihi 0,70 sehingga layak dimanfaatkan sebagai alat pengumpulan data penelitian (Saputro & Budiarto, 2026). Selain itu, pemanfaatan instrumen yang didukung evaluasi digital turut dipertimbangkan sebagai upaya meningkatkan efektivitas pembelajaran berbasis teknologi dalam pendidikan vokasi (Yang & Valcke, 2026).

Proses penelitian disusun ke dalam tiga tahapan utama, yaitu persiapan, pelaksanaan, dan analisis data. Pada tahap persiapan dilakukan penyusunan perangkat pembelajaran, pengembangan instrumen penelitian, serta pengujian validitas dan reliabilitas instrumen. Tahap pelaksanaan dimulai dengan pemberian *Pretest* kepada kedua kelompok penelitian, kemudian dilanjutkan dengan penerapan model *Project-Based Learning* berbasis *flipped classroom* pada kelas eksperimen, sementara kelas kontrol mengikuti pembelajaran konvensional selama proses pembelajaran kompetensi sistem rem berlangsung. Setelah seluruh perlakuan selesai diberikan, kedua kelompok memperoleh *posttest*. Data yang terkumpul selanjutnya dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan statistik inferensial. Statistik deskriptif dimanfaatkan untuk menggambarkan kecenderungan hasil belajar siswa, sedangkan statistik inferensial dilakukan melalui uji normalitas, uji homogenitas, dan independent sample t-test dengan taraf signifikansi 0,05 menggunakan *IBM SPSS Statistics versi 26* guna menguji pengaruh perlakuan pembelajaran terhadap hasil belajar siswa.

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil

Pengaruh penerapan model *Project-Based Learning* berbasis *flipped classroom* terhadap hasil belajar pada kompetensi sistem rem siswa kelas X Teknik Kendaraan Ringan (TKR) di SMK PGRI 3 Kota Malang menjadi fokus kajian dalam penelitian ini. Pelaksanaan penelitian melibatkan dua kelompok yang terdiri atas kelas eksperimen dan kelas kontrol, dengan masing-masing kelompok beranggotakan 32 siswa. Data hasil belajar diperoleh melalui pelaksanaan *Pretest* dan *posttest* menggunakan instrumen berupa 25 soal pilihan ganda yang sebelumnya telah memenuhi persyaratan validitas dan reliabilitas.

Analisis deskriptif memperlihatkan bahwa hasil belajar pada kedua kelompok mengalami peningkatan setelah seluruh rangkaian pembelajaran dilaksanakan. Namun, capaian peningkatan yang diperoleh siswa pada kelas eksperimen lebih besar dibandingkan dengan kelas kontrol. Ringkasan hasil analisis tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Hasil Belajar Siswa

Kelas	N	Rata-Rata *Pretest*	Rata-Rata *Posttest*	Standar Deviasi
Eksperimen	32	61,25	81,75	6,56
Kontrol	32	59,88	73,50	6,69

Informasi pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa kemampuan awal siswa di kedua kelompok berada pada kondisi yang relatif sebanding sebelum perlakuan pembelajaran diterapkan. Setelah seluruh proses pembelajaran selesai dilaksanakan, peningkatan hasil belajar yang dicapai kelas eksperimen tampak lebih besar dibandingkan dengan kelas kontrol. Perbedaan tersebut mengindikasikan adanya variasi capaian hasil belajar antara siswa yang mengikuti pembelajaran menggunakan *Project-Based Learning* berbasis *flipped classroom* dan siswa yang memperoleh pembelajaran konvensional.

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, data terlebih dahulu melalui pengujian normalitas dan

homogenitas untuk memastikan terpenuhinya asumsi yang diperlukan dalam analisis parametrik. Hasil pengujian normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas

Kelas	Sig. Kolmogorov-Smirnov	Keterangan
Eksperimen	0,200	Normal
Kontrol	0,176	Normal

Nilai signifikansi yang diperoleh pada kedua kelompok berada di atas batas 0,05, sehingga data hasil belajar memenuhi asumsi normalitas atau berdistribusi normal.

Tahap berikutnya dilakukan uji homogenitas menggunakan *Levene Test* untuk mengevaluasi kesamaan varians antara kedua kelompok penelitian. Ringkasan hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas

Variabel	Sig. Levene Test	Keterangan
Hasil Belajar	0,284	Homogen

Pengujian homogenitas memperlihatkan bahwa varians data pada kedua kelompok bersifat homogen, yang ditunjukkan oleh nilai signifikansi di atas 0,05. Terpenuhinya asumsi normalitas dan homogenitas tersebut menandakan bahwa analisis hipotesis dapat dilanjutkan menggunakan *independent sample t-test*.

Analisis hipotesis dilakukan untuk menguji ada atau tidaknya perbedaan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah masing-masing memperoleh perlakuan pembelajaran. Ringkasan hasil pengujian hipotesis disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji *Independent Sample t-test*

Variabel	t hitung	Sig. (2-tailed)	Keterangan
Hasil Belajar	4,980	0,000	Hipotesis diterima

Pengujian hipotesis mengindikasikan adanya perbedaan hasil belajar yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah seluruh rangkaian pembelajaran dilaksanakan. Temuan tersebut mendukung diterimanya hipotesis penelitian, sehingga penerapan model *Project-Based Learning* berbasis *flipped classroom* dinyatakan memberikan pengaruh terhadap hasil belajar pada kompetensi sistem rem siswa kelas X Teknik Kendaraan Ringan (TKR) di SMK PGRI 3 Malang.

Pembahasan

Penerapan *Project-Based Learning* berbasis *flipped classroom* memberikan kontribusi positif terhadap hasil belajar siswa pada kompetensi sistem rem kendaraan ringan. Kondisi tersebut tercermin dari peningkatan hasil belajar yang dicapai kelas eksperimen, yang mengindikasikan bahwa perpaduan pembelajaran berbasis proyek dengan pembelajaran mandiri berbantuan teknologi mampu menghasilkan pengalaman belajar yang lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional. Melalui pendekatan ini, siswa tidak hanya berperan sebagai penerima informasi, tetapi juga memiliki kesempatan mempelajari materi terlebih dahulu sebelum memasuki kegiatan praktik.

Interpretasi terhadap temuan tersebut dapat dikaitkan dengan teori konstruktivisme yang memandang siswa sebagai pelaku utama dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman belajar secara langsung. Pada kelas eksperimen, materi mengenai sistem rem dipelajari terlebih dahulu melalui video pembelajaran dan modul digital sebelum siswa mengikuti kegiatan praktik di bengkel. Bekal pemahaman awal tersebut memungkinkan pelaksanaan pembelajaran tatap muka lebih diarahkan pada aktivitas diskusi, identifikasi kerusakan komponen, pembongkaran sistem rem, serta penyelesaian proyek yang didasarkan pada kasus nyata. Dengan kondisi demikian, keterkaitan antara konsep teoretis dan penerapannya dalam situasi lapangan menjadi lebih mudah dipahami oleh siswa secara konkret.

Temuan tersebut memperkuat hasil penelitian Herlambang (2024), yang menyatakan bahwa *flipped classroom* mampu meningkatkan hasil belajar siswa SMK melalui kesiapan

belajar yang lebih baik sebelum proses pembelajaran dimulai. Kesesuaian juga terlihat dengan penelitian (Firdaus et al., 2023), yang melaporkan efektivitas *Project-Based Learning* dalam meningkatkan kompetensi praktik siswa pada bidang otomotif. Pada penelitian ini, penggabungan kedua model pembelajaran tersebut tampak memberikan pengaruh yang lebih besar karena siswa memperoleh kesempatan untuk belajar secara mandiri sebelum pembelajaran sekaligus terlibat aktif dalam pelaksanaan praktik berbasis proyek.

Di sisi lain, temuan penelitian ini tidak sepenuhnya selaras dengan hasil penelitian (Peng et al., 2023), yang mengemukakan bahwa efektivitas *flipped classroom* belum tentu optimal apabila motivasi belajar mandiri siswa berada pada tingkat yang rendah. Perbedaan tersebut diduga berkaitan dengan karakteristik siswa SMK otomotif yang umumnya memiliki minat lebih besar terhadap aktivitas praktik dibandingkan pembelajaran yang bersifat teoretis. Selain itu, proyek pembelajaran yang secara langsung berkaitan dengan pemeriksaan dan perawatan sistem rem tampaknya memberikan pengalaman belajar yang lebih relevan sehingga siswa memandang materi yang dipelajari memiliki keterkaitan erat dengan kondisi kerja nyata di bengkel otomotif.

Dari perspektif praktis, temuan penelitian ini memberikan kontribusi yang penting bagi guru SMK, terutama pada bidang Teknik Kendaraan Ringan. Penerapan *Project-Based Learning* berbasis *flipped classroom* berpotensi dimanfaatkan sebagai salah satu strategi pembelajaran untuk meningkatkan kualitas pembelajaran otomotif. Pemanfaatan video pembelajaran, simulasi kerusakan kendaraan, serta proyek yang berangkat dari permasalahan nyata dapat membantu menciptakan proses pembelajaran yang lebih kontekstual sekaligus mengurangi kecenderungan pembelajaran yang monoton. Pendekatan tersebut juga sejalan dengan arah implementasi Kurikulum Merdeka, yang menekankan pembelajaran aktif, kolaboratif, dan berbasis proyek.

Walaupun memberikan hasil yang positif, penelitian ini masih memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu menjadi perhatian. Pelaksanaan penelitian hanya mencakup satu sekolah dengan jumlah sampel yang

relatif terbatas sehingga temuan yang diperoleh belum dapat digeneralisasikan secara luas. Di samping itu, fokus penelitian lebih diarahkan pada hasil belajar kognitif dan belum mengeksplorasi secara mendalam keterampilan kerja jangka panjang maupun kesiapan industri siswa. Oleh karena itu, penelitian berikutnya disarankan melibatkan jumlah sampel yang lebih besar, memperluas cakupan lokasi penelitian, serta mengembangkan kajian terhadap variabel lain, seperti motivasi belajar, kreativitas, keterampilan berpikir kritis, dan kesiapan kerja siswa dalam pendidikan vokasi otomotif.

D. Kesimpulan

Penerapan *Project-Based Learning* berbasis *flipped classroom* terbukti mendukung terciptanya pembelajaran yang lebih aktif, kontekstual, dan berorientasi pada pengalaman praktik pada kompetensi sistem rem kendaraan ringan. Integrasi pembelajaran berbasis proyek dengan kegiatan belajar mandiri sebelum praktik membantu meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan praktik siswa sekaligus mendorong keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi kedua model tersebut berpotensi menjadi alternatif pembelajaran yang lebih sesuai dengan kebutuhan pendidikan vokasi dan dunia industri serta sejalan dengan implementasi Kurikulum Merdeka. Meskipun demikian, keterbatasan cakupan lokasi penelitian dan jumlah sampel menyebabkan generalisasi hasil perlu dilakukan secara hati-hati. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melibatkan sampel yang lebih luas dan mengkaji penerapan model ini pada kompetensi maupun variabel lain dalam pendidikan vokasi otomotif.

DAFTAR PUSTAKA

Ambiyar, Efendi, R., Waskito, Rojiyyah, I., & ... (2021). Need analysis for development of web-based flipped classroom learning models in vocational education. *Journal of Physics …*. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012103

Doropoulou, D., Angelopoulos, V., Amanatidis, P., & ... (2023). Teaching embedded systems and IoT at the university using MicroPython and raspeberry pi pico. *Proceedings of the 27th …*. https://doi.org/10.1145/3635059.3635079

Firdaus, H., Anggrainy, S. D., &

Abdillah, H. (2023). Project based learning model on basic competencies of light vehicle front suspension system maintenance at smk. *Jurnal Ilmiah Profesi …*. https://jipp.unram.ac.id/index.php/jipp/article/view/1723

Herlambang, A. D. (2024). The flipped-classroom effect on vocational high school students' learning outcomes. In *International Journal of Evaluation and Research …*. academia.edu. https://www.academia.edu/download/119304617/The_flipped_classroom_effect_on_vocational_high_school_students_learning_outcomes.pdf

Khatib, A. Al, Fougères, A. J., & ... (2024). Developing automotive assembly system as Cyber-Physical-Social System: Project-based learning approach for engineering students. *Journal of Integrated …*. https://doi.org/10.1177/10920617241289255

Liang, Q., & Wang, S. (2022). Exploration and Practice of Higher Vocational Education under the Development of Vocational Education Informatization Based on a Case Study of XJ College. *Forest Chemicals Review*. http://forestchemicalsreview.com/index.php/JFCR/article/view/898

Liao, C. W., Liao, H. K., Chen, B. S., Tseng, Y. J., Liao, Y. H., & ... (2023). Inquiry practice capability and students' learning effectiveness evaluation in strategies of integrating virtual reality into vehicle body electrical system …. In *Electronics*. mdpi.com. https://www.mdpi.com/2079-9292/12/12/2576

Mahtani, K., Guerrero, J. M., & ... (2026). Implementing innovation in project-based learning in electro-mechanical engineering education. *International Journal of …*. https://doi.org/10.1177/03064190241284600

Malhaire, J. M., Dauvé, S., & Fougères, A. J. (2023). Project-based learning for engineering students in the context of industry 4.0: application to automotive assembly system. *Proceedings of the Design …*. https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-design-society/article/projectbased-learning-for-engineering-students-in-the-context-of-industry-40-application-to-automotive-assembly-system/5AF3991152372CF568D5B65DF2B1F3BF

Peng, F., Kueh, C., & ... (2023). Design pedagogy in a time of change: Applying virtual flipped classroom in design higher education. *Journal of Design …*. https://doi.org/10.1386/dbs_00045_1

Ramdani, S. D., Nurtanto, M., Supriyatna, D., & ... (2025). Embedding digital literacy into problem-based learning to foster creativity in diagnosing EFI systems: A vocational education innovation. In *Salud Ciencia Y …*. researchgate.net. https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-Nurtanto/publication/394296559_Embedding_Digital_Literacy_into_Problem-Based_Learning_to_Foster_Creativity_in_Diagnosing_EFI_Systems_A_Vocational_Education_Innovation/links/6892f06c42b47114

347c71d8/Embedding-Digital-Literacy-into-Problem-Based-Learning-to-Foster-Creativity-in-Diagnosing-EFI-Systems-A-Vocational-Education-Innovation.pdf

Rosas-Cervantes, D., & Fernández-Ramos, J. (2025). Multidisciplinary Engineering Educational Programme Based on the Development of Photovoltaic Electric Vehicles. In *World Electric Vehicle Journal*. mdpi.com. https://www.mdpi.com/2032-6653/16/10/583

Saputro, I. N., & Budiarto, M. K. (2026). Improving Critical Thinking Skills through a Flipped Project-Based Learning Model Integrated with Mockup Media and Augmented Reality. In *Electronic Journal of e-Learning*. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1497352.pdf

SITUMORANG, H. N., SITUMORANG, M., & GINTING, L. M. (2023). *Implementation of project-based active learning to improve occupational safety and health competencies for automotive engineering education students*. sciendo.com. https://doi.org/10.2478/9788367405195-096

Surur, M., Puspitasari, Y., & Dewi, S. K. (2026). Flipped Classroom Model-PBL: Innovative Solutions to Improve Student Problem Solving. *Indonesian Journal of …*. https://ejournal.unuja.ac.id/index.php/IJESS/article/view/13062

Viadero-Monasterio, F., Gutiérrez-Moizant, R. A., & ... (2026). Integrating Generative AI in Engineering Education: Enhancing Learning and Attendance in a Vehicle Theory Course. In *Education …*. mdpi.com. https://www.mdpi.com/2227-7102/16/2/239

Yang, J., & Valcke, M. (2026). Flipped classroom design as a driver of digital transformation and sustainable education in higher education: A systematic review of reviews. In *Sustainability*. mdpi.com. https://www.mdpi.com/2071-1050/18/7/3582

Zhang, Q., & Ramli, M. F. (2025). A Review of Project-Based Learning and Design Education. In *International Journal of Academic Research in …*.

Zhong, Y., Zhang, Y., Sun, W., Li, L., Zhang, W., Jiang, Y., & ... (2023). An outcomes-based module education via flipped classroom enhances undergraduate oral histopathology learning. In *BMC Medical …*. Springer. https://doi.org/10.1186/s12909-023-04753-9