



## IMPACT OF PROBLEM-BASED LEARNING COMPARED TO CONVENTIONAL MODELS ON AUTOMOTIVE MEASURING LEARNING OUTCOMES

Nabil Muhammad Ramadhan<sup>1</sup>, Syarif Suhartadi<sup>2\*</sup>, Dani Irawan<sup>3</sup>, Erwin Komara Mindarta<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Prodi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang  
Jl. Cakrawala No.5, Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145  
syarif.suhartadi.ft@um.ac.id\*

### ABSTRACT/ABSTRAK

*Proficiency in operating precision measuring instruments is an essential foundational competency that vocational students in automotive engineering must master, as it directly influences the accuracy of vehicle fault diagnosis. This study examines the comparative effectiveness of the Problem-Based Learning (PBL) model versus conventional teaching methods on students' learning outcomes in automotive mechanical measuring tools. Employing a quantitative quasi-experimental approach with a Nonequivalent Control Group design, the research involved 70 Grade X Light Vehicle Engineering (TKR) students from SMK PGRI 3 Malang, divided into experimental and control groups. The experimental group received PBL instruction, while the control group was taught through lectures and demonstrations. Data were gathered via pre-tests, post-tests, and observations of psychomotor skills. Analysis revealed that the experimental group's post-test mean score was 92.4, surpassing the control group's 78.0. Furthermore, the experimental group's N-Gain value of 0.80 indicated high effectiveness, compared to the control group's moderate 0.43. Independent samples t-test confirmed significant differences between groups ( $p < 0.05$ ). These findings demonstrate PBL's superiority in enhancing learning outcomes, measurement precision, zero-setting skills, and technical data interpretation. Thus, PBL is recommended as an effective strategy to bolster precision competencies in automotive vocational education.*

Keterampilan mengendalikan instrumen pengukur presisi merupakan kemampuan dasar yang harus dikuasai oleh siswa pada jenjang pendidikan vokasi di bidang teknik otomotif, karena kemampuan tersebut secara langsung memengaruhi ketepatan dalam mendeteksi masalah pada kendaraan. Studi ini bertujuan untuk mengeksplorasi perbandingan tingkat keberhasilan antara pendekatan pembelajaran *Problem-Based Learning* (PBL) dan strategi pengajaran tradisional terhadap pencapaian kompetensi belajar siswa pada topik instrumen pengukur mekanik otomotif. Metodologi yang dipilih bersifat kuantitatif melalui pendekatan *quasi-eksperimental*

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Submitted/Received  
19 January 2026

First Revised  
11 February 2026

Accepted  
08 April 2026

Online Date  
10 April 2026

Publication Date  
30 June 2026

#### Keywords:

*Automotive Measuring Tools; Learning Outcomes; Precision; Problem-Based Learning; Vocational Education.*

#### Kata kunci:

*Alat Ukur Otomotif; Hasil Belajar; Pendidikan Vokasi; Presisi; Problem-Based Learning.*

dengan rancangan *Nonequivalent Control Group*. Partisipan penelitian mencakup 70 siswa dari kelas X Teknik Kendaraan Ringan (TKR) di SMK PGRI 3 Malang, yang kemudian dipisahkan menjadi kelompok percobaan dan kelompok pembanding. Kelompok percobaan menerapkan model PBL, sedangkan kelompok pembanding menggunakan teknik pengajaran berupa kuliah dan penampilan langsung. Pengumpulan data dilakukan melalui tes awal, tes akhir, serta pengamatan terhadap kemampuan motorik siswa. Analisis data mengungkap bahwa skor rata-rata tes akhir kelompok percobaan mencapai 92,4, jauh lebih baik daripada kelompok pembanding yang hanya 78,0. Lebih lanjut, nilai *N-Gain* pada kelompok percobaan sebesar 0,80 masuk kategori tinggi, sementara kelompok pembanding meraih 0,43 yang termasuk kategori sedang. Uji *t independent sample* menunjukkan perbedaan bermakna secara statistik antara kedua kelompok ( $p < 0,05$ ). Temuan ini menegaskan bahwa model PBL lebih efektif dalam memajukan prestasi belajar siswa, presisi pengukuran, keterampilan pengaturan nol, dan kemampuan menganalisis informasi teknis. Dengan demikian, model PBL sangat dianjurkan sebagai metode pengajaran yang andal untuk mengembangkan keahlian presisi pada pendidikan kejuruan otomotif.

## 1. PENDAHULUAN

Penguasaan keterampilan dalam menggunakan alat ukur presisi (*measuring tools*) menjadi landasan utama dalam proses pembelajaran teknik otomotif di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Kompetensi ini memiliki keterkaitan langsung dengan ketepatan dalam mendiagnosis kerusakan kendaraan, yang menuntut tingkat akurasi tinggi serta kemampuan pengambilan keputusan teknis berbasis data yang valid (Rufii, 2020; Sudarsono & Pratama, 2025). Di Kurikulum Merdeka, standar kompetensi juga menekankan pentingnya keterampilan pengukuran sebagai bagian dari capaian pembelajaran fase E pada program keahlian Teknik Kendaraan Ringan (Kemendikbudristek, 2022). Indikator seperti ketelitian membaca skala, kemampuan melakukan kalibrasi awal, serta kecakapan dalam menafsirkan hasil pengukuran menjadi tolok ukur utama kesiapan siswa untuk menghadapi tuntutan industri otomotif yang semakin kompleks (Mubarok et al., 2021).

Penggunaan instrumen pengukur mekanik, seperti *Vernier Caliper*, *Micrometer*, dan *Dial Indicator*, tidak hanya mengharuskan penguasaan teknik operasional, melainkan juga membentuk pola kerja yang memprioritaskan ketelitian. Aktivitas pengukuran pada komponen seperti blok silinder, poros engkol, maupun celah katup mengharuskan siswa menjaga konsistensi terhadap standar toleransi yang telah ditetapkan pabrikan. Kesalahan kecil dalam membaca skala dapat berakibat pada ketidaktepatan diagnosis serta berpotensi menimbulkan kerusakan lanjutan. Oleh karena itu, aspek presisi dalam pengukuran sangat berkaitan dengan keselamatan kerja, efisiensi biaya perawatan, dan profesionalitas teknisi otomotif (Kurniawan, 2013; Saputra & Sampurno, 2022; Wicaksono & Primartadi, 2024).

Kondisi nyata di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran alat ukur di SMK masih didominasi oleh pendekatan konvensional. Pada konteks penelitian ini, pendekatan tersebut merujuk pada metode ceramah dan demonstrasi satu arah yang berpusat pada guru sebagai sumber utama informasi, sementara siswa hanya berperan sebagai penerima. Kegiatan pembelajaran umumnya terbatas pada penyampaian teori di kelas serta demonstrasi penggunaan alat oleh guru tanpa melibatkan eksplorasi masalah nyata. Pola pembelajaran seperti ini cenderung lebih menekankan pada kepatuhan terhadap prosedur daripada pemahaman konsep secara mendalam (Akbar & Suyitno, 2019; Sugiyono, 2022).

Implikasi dari penerapan metode konvensional tampak ketika siswa melakukan praktik mandiri di bengkel. Sebagian siswa memang mampu meniru langkah penggunaan alat ukur, namun belum menunjukkan konsistensi dalam melakukan *zero setting* maupun menghindari kesalahan paralaks, sehingga kesalahan pembacaan skala masih sering terjadi (Sunarso et al., 2025). Selain itu, interpretasi terhadap hasil pengukuran sering kali terbatas pada penyebutan angka tanpa analisis lebih lanjut mengenai kelayakan komponen. Kondisi tersebut menandakan bahwa kemampuan analisis teknis siswa belum mencapai tingkat optimal. Berbagai kajian juga membuktikan bahwa pengajaran langsung kurang berhasil dalam menumbuhkan ingatan jangka panjang serta kemampuan berpikir kritis dibandingkan dengan metode berorientasi masalah (Reinsini et al., 2021; Hake, 1998).

Model *Problem-Based Learning* (PBL) menghadirkan pendekatan pembelajaran yang menjadikan masalah autentik sebagai titik awal proses belajar. Melalui model ini, siswa didorong untuk mengintegrasikan pemahaman konseptual dengan keterampilan praktis melalui investigasi kasus nyata yang relevan dengan dunia kerja (Hmelo-Silver, 2004; Maksum et al., 2024). Di pendidikan vokasi penerapan PBL terbukti mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, komunikasi teknis, serta kesiapan kerja siswa (Fridyatama et al., 2025; Sudarsono & Pratama, 2025). Penelitian di bidang teknik otomotif juga menunjukkan adanya peningkatan kemampuan pengukuran presisi melalui pendekatan berbasis masalah (Mahendra et al., 2025; Mubarok et al., 2021). Meskipun demikian, kajian yang secara khusus menyoroti aspek presisi dalam pengukuran dasar masih relatif terbatas, sehingga diperlukan penelitian yang lebih mendalam pada kompetensi penggunaan alat ukur otomotif (Sari & Wibawa, 2025; Triwiyono & Munadi, 2018).

Berbagai studi sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis masalah maupun proyek dalam pendidikan kejuruan mampu meningkatkan keterampilan pemecahan masalah, kemampuan teknis, serta kesiapan kerja siswa (Akbar & Suyitno, 2019;

Rahman et al., 2023). Temuan ini diperkuat oleh penelitian internasional yang menyatakan bahwa *Problem-Based Learning* efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, serta transfer pengetahuan dalam pembelajaran teknik dan vokasi (Savery, 2015; Yew & Goh, 2016). Penelitian lain yang berfokus pada materi seperti transmisi manual, *wheel alignment*, dan sistem rem juga menunjukkan peningkatan hasil belajar yang serupa (Hardar et al., 2025; Mahendra et al., 2025). Keseluruhan kajian tersebut memberikan dasar empiris yang kuat mengenai keunggulan PBL dalam pendidikan vokasional.

Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada penekanan khusus terhadap pembentukan karakter kerja presisi serta kemampuan diagnosis teknis dalam penggunaan alat ukur mekanik dasar. Penelitian terdahulu oleh Akbar & Suyitno (2019) umumnya berfokus pada peningkatan hasil belajar secara umum tanpa mengkaji secara mendalam aspek presisi sebagai karakter kerja yang terinternalisasi. Studi ini tidak hanya menilai aspek kognitif dan psikomotorik, tetapi juga mengukur konsistensi dalam melakukan *zero setting*, ketepatan pembacaan tanpa kesalahan paralaks, serta kemampuan menafsirkan hasil pengukuran sebagai dasar pengambilan keputusan diagnosis. Integrasi antara ketelitian numerik dan penalaran diagnostik menjadi kontribusi penting yang ditawarkan dalam penelitian ini bagi pengembangan kompetensi teknisi otomotif pemula.

Berdasarkan pentingnya penguasaan kompetensi presisi serta adanya kesenjangan penelitian yang telah diidentifikasi, studi ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan efektivitas antara model *Problem-Based Learning* dan pendekatan konvensional terhadap hasil belajar siswa pada materi alat ukur mekanik otomotif. Fokus analisis mencakup peningkatan aspek kognitif, keterampilan psikomotorik, serta kualitas diagnosis teknis berbasis data hasil pengukuran. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan desain pembelajaran vokasi yang lebih selaras dengan kebutuhan industri otomotif modern (Kemendikbudristek, 2022; Mubarok et al., 2021), sekaligus memperkuat landasan akademik terkait urgensi transformasi pembelajaran menuju pendekatan berbasis masalah dalam pendidikan kejuruan.

## 2. METODE PENELITIAN

Studi ini mengadopsi metode kuantitatif untuk membuktikan secara empiris perbandingan keefektifan model *Problem-Based Learning* (PBL) dengan strategi pengajaran konvensional dalam memengaruhi prestasi belajar siswa pada pokok bahasan instrumen pengukur mekanik otomotif. Alasan pemilihan metode kuantitatif terletak pada kapasitasnya mengukur variabel secara netral menggunakan alat ukur standar serta analisis statistik

inferensial guna menguji asumsi penelitian. Rancangan yang dipakai merupakan quasi-eksperimental berbentuk *Nonequivalent Control Group Design*, yakni pola percobaan semu yang membandingkan kelompok percobaan dan kelompok pembanding tanpa pengundian acak individu. Pilihan rancangan ini disesuaikan dengan situasi lapangan di sekolah, di mana kelas telah dibentuk berdasarkan keputusan administratif sehingga randomisasi tidak dapat diterapkan. Walaupun begitu, rancangan ini tetap menawarkan kekuatan perbandingan jika dilengkapi pengukuran pra-perlakuan lewat *pre-test* dan pengaturan intervensi yang terstruktur (Creswell & Creswell, 2021; Sugiyono, 2022).

Seluruh siswa kelas X jurusan Teknik Kendaraan Ringan (TKR) di SMK PGRI 3 Malang pada Semester Ganjil Tahun Pelajaran 2025/2026 menjadi populasi penelitian ini. Sampel terdiri dari 70 siswa yang dibagi menjadi dua kelas lengkap, dengan masing-masing 35 siswa untuk kelompok percobaan dan 35 siswa untuk kelompok pembanding. Pemilihan sampel dilakukan melalui teknik *purposive sampling* dengan memerhatikan kesetaraan kemampuan akademik awal berdasarkan rapor serta skor *pre-test*. Ukuran sampel ini mengikuti pedoman penelitian kuantitatif eksperimental yang menetapkan minimal 30 partisipan per kelompok untuk memenuhi syarat normalitas distribusi sesuai *central limit theorem*, sehingga analisis parametrik dapat diterapkan dengan tepat (Creswell & Creswell, 2021; Sugiyono, 2022). Di samping itu, jumlah partisipan melebihi 30 per kelompok juga sering dipraktikkan dalam studi eksperimental pendidikan demi mendapatkan perkiraan dampak intervensi yang lebih konsisten (Hake, 1998). Oleh sebab itu, total 70 siswa dianggap cukup untuk mengevaluasi keunggulan kedua pendekatan pembelajaran secara menyeluruh.

Kelompok eksperimen dalam penelitian ini mendapatkan perlakuan berupa penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL), sementara kelompok kontrol mengikuti pembelajaran konvensional yang didominasi metode ceramah dan demonstrasi satu arah oleh guru. Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu *pre-test* untuk mengukur kemampuan awal, pemberian perlakuan selama empat kali pertemuan, serta *post-test* untuk mengevaluasi perubahan hasil belajar. Untuk menjaga validitas internal, penelitian ini menerapkan beberapa langkah pengendalian, antara lain penggunaan *pre-test* guna memastikan kesetaraan awal, pemanfaatan instrumen yang telah divalidasi oleh ahli, keseragaman durasi pembelajaran, serta penggunaan pengajar yang sama pada kedua kelompok. Langkah-langkah tersebut dirancang untuk meminimalkan potensi bias seperti seleksi, pengaruh sejarah (*history effect*), dan kematangan (*maturation effect*), sehingga

perbedaan hasil yang diperoleh dapat lebih akurat dikaitkan dengan perlakuan pembelajaran (Creswell & Creswell, 2021; Kurniawan, 2013; Sugiyono, 2022).

Aspek validitas eksternal dalam penelitian ini dijaga dengan menggunakan kelas utuh (*intact group*) dalam situasi pembelajaran yang berlangsung secara alami tanpa rekayasa terhadap struktur kelas. Pelaksanaan penelitian dalam kondisi yang autentik ini bertujuan meningkatkan validitas ekologis (*ecological validity*), sehingga hasil penelitian memiliki peluang yang lebih besar untuk diterapkan pada konteks siswa SMK dengan karakteristik yang sejenis. Pendekatan ini sejalan dengan praktik penelitian eksperimen di bidang pendidikan yang tidak hanya menekankan signifikansi statistik, tetapi juga kebermaknaan hasil dalam konteks nyata pembelajaran vokasi (Hake, 1998).

### 3. HASIL PENELITIAN

Hasil *pre-test* menggambarkan bahwa tingkat kemampuan dasar siswa di kelompok percobaan dan kelompok pembanding relatif seimbang sebelum intervensi diterapkan. Situasi ini menunjukkan bahwa kedua kelompok memulai dari posisi yang setara, sehingga evaluasi keefektifan metode pembelajaran dapat dilaksanakan dengan adil. Pasca-pelaksanaan pembelajaran, tercatat kemajuan prestasi belajar di kedua kelompok menurut nilai *post-test*. Ringkasan informasi *pre-test*, *post-test*, serta *N-Gain* untuk kedua kelompok ditampilkan dalam tabel 1 perbandingan *pre-test*, *post-test*, dan *n-gain* kelas eksperimen dan kontrol.

Tabel 1. Perbandingan *pre-test*, *post-test*, dan *n-gain* kelas eksperimen dan kontrol

Kelompok Pembelajaran	Jumlah Siswa	Rata-rata <i>Pre-test</i>	Rata-rata <i>Post-test</i>	Rata-rata <i>N-Gain</i>	Kategori
PBL (Eksperimen)	35	59,1	92,4	0,80	Tinggi
Konvensional (Kontrol)	35	60,3	78	0,43	Sedang

Berdasarkan tabel 1, terlihat bahwa peningkatan hasil belajar pada kelompok yang menggunakan model PBL lebih unggul dibandingkan dengan kelompok yang mengikuti pembelajaran konvensional. Nilai *N-Gain* pada kelas eksperimen mencapai 0,80 yang termasuk dalam kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol hanya memperoleh 0,43 yang berada pada kategori sedang. Angka 0,80 mengindikasikan bahwa sekitar 80% dari potensi peningkatan kemampuan siswa berhasil dicapai setelah penerapan perlakuan, sehingga efektivitas pembelajaran mendekati tingkat optimal. Sebaliknya, nilai 0,43 menunjukkan bahwa peningkatan pada kelas konvensional hanya mencapai kurang lebih 43% dari potensi

maksimal yang tersedia. Perbandingan ini memperjelas bahwa efektivitas PBL hampir dua kali lipat lebih tinggi dibandingkan metode ceramah dan demonstrasi satu arah dalam meningkatkan penguasaan materi alat ukur mekanik.

Pengujian hipotesis penelitian dilaksanakan guna menentukan apakah perbedaan kemajuan tersebut bermakna secara statistik. Pada studi ini, hipotesis nol ( $H_0$ ) mengemukakan tidak ada perbedaan bermakna pada prestasi belajar antara pendekatan PBL dan metode pengajaran tradisional, sementara hipotesis alternatif ( $H_a$ ) menyatakan terdapat perbedaan bermakna di antara keduanya. Pengujian dilaksanakan pada tingkat kepercayaan 95% dengan nilai  $\alpha = 0,05$ . Sebelum analisis pokok, data diperiksa melalui pengujian normalitas dan homogenitas, yang membuktikan distribusi normal serta keseragaman varians, sehingga syarat uji-t independen terpenuhi. Temuan dari *independent sample t-test* memperlihatkan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) di bawah 0,05, sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Oleh karenanya, disimpulkan adanya perbedaan signifikan pada hasil belajar siswa antara kelompok PBL dan kelompok konvensional, yang menandakan dampak substansial dari intervensi pembelajaran.

Temuan kuantitatif tersebut diperkuat oleh hasil observasi pada aspek psikomotorik. Siswa yang mengikuti pembelajaran PBL menunjukkan tingkat ketelitian yang lebih tinggi dalam melakukan kalibrasi awal (*zero setting*) sebelum melakukan pengukuran. Kebiasaan melakukan verifikasi terhadap posisi nol skala membantu mengurangi kesalahan sistematis serta meningkatkan tingkat akurasi hasil ukur. Selain itu, posisi pandangan mata saat membaca skala pada kelas PBL cenderung lebih tepat, karena siswa terbiasa menjaga garis pandang sejajar dengan skala guna menghindari kesalahan paralaks. Sementara itu, pada kelas konvensional masih ditemukan praktik pembacaan dari sudut yang tidak sejajar, yang berpotensi menyebabkan deviasi hasil. Kemampuan dalam menafsirkan data untuk keperluan diagnosis pada kelas PBL juga berkembang lebih terstruktur, karena siswa terbiasa mengaitkan hasil pengukuran dengan penyelesaian masalah nyata. Integrasi antara hasil kuantitatif dan temuan observasional ini menunjukkan bahwa keunggulan PBL tidak hanya tercermin dari peningkatan nilai tes, tetapi juga dari kualitas keterampilan kerja presisi serta ketepatan dalam melakukan diagnosis mekanik yang lebih baik.

#### **4. PEMBAHASAN**

Temuan studi ini memberikan bukti faktual bahwa penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) secara konsisten menghasilkan prestasi belajar yang lebih unggul daripada

metode pengajaran konvensional pada topik instrumen pengukur otomotif. Hasil tersebut sesuai dengan sejumlah riset sebelumnya yang membuktikan bahwa strategi berbasis masalah berhasil meningkatkan akurasi pengukuran siswa SMK lewat penyediaan kasus yang sesuai konteks dan bermanfaat (Hardar et al., 2025; Saputra & Djunaedi, 2025; Sari & Wibawa, 2025). Di dalam kerangka PBL, posisi siswa tidak lagi sekadar mengikuti arahan, melainkan berevolusi menjadi pelaku aktif yang menerapkan pemikiran analitis untuk mengatasi tantangan diagnosis teknis. Kesesuaian ini juga didukung oleh penelitian global yang menekankan bahwa metode berorientasi masalah dapat memperkuat keterlibatan mental serta kapabilitas menyelesaikan permasalahan dalam bidang pendidikan teknik (Savery, 2015; Yew & Goh, 2016). Lebih jauh, keberhasilan pendekatan pembelajaran dengan keterlibatan aktif ini selaras dengan hasil studi tentang *interactive engagement*, yang mengindikasikan bahwa proses belajar yang melibatkan siswa secara langsung menghasilkan peningkatan pemahaman jauh lebih besar ketimbang teknik konvensional (Hake, 1998; Slavin, 2008).

Dalam konteks industri otomotif, seorang teknisi dituntut untuk mampu melakukan kalibrasi alat secara tepat, menghindari kesalahan paralaks, serta menafsirkan hasil pengukuran secara akurat sebelum mengambil keputusan perbaikan. Pendekatan pembelajaran konvensional yang didominasi ceramah dan demonstrasi satu arah cenderung hanya membentuk pemahaman prosedural yang bersifat mekanis tanpa memperkuat tanggung jawab analitis siswa. Sebaliknya, PBL mendorong siswa untuk memahami konsekuensi teknis dari setiap kesalahan pengukuran melalui penyelesaian masalah nyata, sehingga kesadaran profesional mulai terbentuk sejak di bangku pendidikan. Perspektif konstruktivistik menegaskan bahwa keterlibatan dalam pemecahan masalah autentik mampu memperkuat transfer keterampilan serta retensi konsep dalam jangka panjang (Hmelo-Silver, 2004; Savery, 2015). Konsistensi peningkatan yang terukur dalam penelitian ini juga memperkuat efektivitas tersebut, sebagaimana ditunjukkan melalui desain kuasi-eksperimental yang terkontrol dengan baik (Creswell & Creswell, 2021; Sugiyono, 2022).

Berdasarkan perspektif perancangan pembelajaran, kurikulum SMK berpotensi mengintegrasikan pendekatan berbasis kasus industri yang selaras dengan standar operasional prosedur (SOP) bengkel guna membentuk kebiasaan kerja profesional pada siswa. Di dalam model ini, guru berperan sebagai fasilitator teknis yang membimbing proses analisis, bukan sekadar menunjukkan prosedur kerja. Kerangka *causal inference* dalam penelitian eksperimen pendidikan menekankan bahwa perubahan kompetensi yang signifikan harus dikaitkan dengan perlakuan yang dirancang secara sistematis dan terkontrol

(Anderson-Cook, 2005). Kekuatan metodologis penelitian ini, yang telah memenuhi asumsi statistik serta pengendalian kondisi awal, semakin mempertegas bahwa penerapan PBL berkontribusi nyata terhadap pembentukan keterampilan kerja (Creswell & Creswell, 2021; Sugiyono, 2022).

Implikasi penelitian ini juga relevan bagi pelaksanaan pelatihan di dunia industri, khususnya dalam program magang maupun teaching factory yang menekankan budaya kerja profesional. Mitra industri dapat mengadopsi pendekatan berbasis masalah untuk melatih teknisi pemula dalam menganalisis kerusakan nyata menggunakan data pengukuran presisi sebelum melakukan tindakan perbaikan. Kebiasaan melakukan *zero setting* secara konsisten, menjaga posisi pandangan sejajar untuk menghindari kesalahan paralaks, serta melakukan verifikasi data sebelum menetapkan diagnosis merupakan indikator penting kompetensi teknis yang dapat dikembangkan melalui pembelajaran aktif. Prinsip *interactive engagement* menunjukkan bahwa keterlibatan langsung dalam situasi problematik mampu meningkatkan akurasi serta keberlanjutan keterampilan teknis (Hake, 1998; Slavin, 2008), yang selaras dengan peningkatan signifikan yang ditemukan dalam penelitian ini (Creswell & Creswell, 2021; Sugiyono, 2022).

Hasil observasi dalam penelitian ini mengindikasikan bahwa siswa kerap mengabaikan prosedur penting karena hanya meniru langkah guru tanpa memahami dasar rasional teknisnya. Kondisi ini memperkuat pandangan konstruktivistik yang menyatakan bahwa penguasaan kompetensi presisi perlu dibangun melalui pengalaman langsung (*learning by doing*) yang didukung oleh media pembelajaran yang tepat (Nugroho et al., 2025; Santoso & Munadi, 2021). Selain itu, penelitian dalam bidang *engineering education* juga menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah dan proyek mampu meningkatkan kemampuan transfer pengetahuan serta kesiapan kerja lulusan dalam menghadapi tuntutan industri modern (Prince & Felder, 2006). Temuan ini semakin menegaskan bahwa pendekatan berbasis masalah tidak hanya berdampak pada peningkatan aspek kognitif, tetapi juga berperan penting dalam membentuk keterampilan praktik presisi yang menjadi ciri utama pendidikan vokasi.

## 5. KESIMPULAN

Studi ini membuktikan bahwa model *Problem-Based Learning* (PBL) menunjukkan tingkat fleksibilitas lebih besar daripada metode pengajaran tradisional dalam ranah pendidikan kejuruan teknik mesin, terutama untuk keterampilan mengoperasikan instrumen

pengukur mekanik. Kelebihan PBL tidak terbatas pada kemajuan ranah kognitif, melainkan juga kemampuannya membentuk etos kerja yang menjunjung ketelitian dan akuntabilitas teknis bagi siswa. Lewat strategi belajar berbasis isu yang menyajikan kasus asli, seperti pemeriksaan blok silinder, siswa termotivasi untuk memahami bahwa tiap langkah pengukuran berdampak langsung pada akurasi identifikasi kerusakan. Pemahaman tersebut selanjutnya menumbuhkan rutinitas kerja yang stabil, seperti pengaturan nol yang presisi, pemantauan sudut pandang untuk menghindari kesalahan paralaks, dan interpretasi data pengukuran secara rasional sebelum mengambil langkah teknis.

Hasil studi ini juga mengungkap bahwa PBL berhasil menghubungkan pembelajaran teori di sekolah dengan persyaratan ketelitian ketat di sektor industri otomotif. Pada pendekatan ini, siswa diposisikan sebagai aktor utama yang bertugas menganalisis masalah, bukan hanya menjalankan rutinitas, sehingga proses belajar menjadi lebih relevan dan berarti. Di tengah pendidikan vokasi yang mengutamakan norma profesional dan ketepatan superior, metode berorientasi masalah muncul sebagai jawaban pendidikan yang sesuai dengan tuntutan keahlian teknis kontemporer. Penggabungan elemen kognitif dan psikomotorik yang tercipta melalui PBL semakin mengukuhkan kesiapan siswa menghadapi kasus diagnosis aktual, baik di bengkel maupun fasilitas produksi industri.

Pada sisi aplikasi, temuan penelitian ini menandakan urgensi restrukturisasi kurikulum SMK otomotif ke arah model pembelajaran yang didasarkan pada skenario industri. Bahan ajar pengukuran teknis seharusnya tidak lagi disampaikan sebagai urutan prosedur lurus berbasis demonstrasi, tetapi dibangun melalui situasi bermasalah yang menuntut analisis, validasi, dan evaluasi teknis. Guru di sini berfungsi sebagai pendamping yang membimbing penyelidikan siswa, dengan standar operasional prosedur (SOP) industri sebagai patokan utama dalam aktivitas belajar. Strategi semacam ini diantisipasi dapat menanamkan kultur kerja teliti sejak awal, sehingga alumni SMK memiliki kesiapan teknis dan profesional yang lebih harmonis dengan keperluan industri otomotif era sekarang.

## **6. UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis menyatakan rasa syukur dan penghormatan paling mendalam kepada Bapak Dr. Syarif Suhartadi, M.Pd., sebagai dosen pembimbing, atas komitmen, kesabaran, dan pengetahuan akademik yang diberikan tanpa henti sepanjang pelaksanaan penelitian ini. Petunjuk teknis metodologi, nasihat ilmiah, serta kritik mendalam yang disampaikan sejak fase persiapan, pengujian lapangan, hingga penyelesaian dokumen akhir, menjadi fondasi krusial untuk mempertahankan akurasi saintifik dan kualitas isi penelitian. Penulis juga

mengucapkan terima kasih kepada Kepala Sekolah, guru-guru, serta seluruh staf pendidikan di SMK PGRI 3 Malang atas bantuan kelembagaan, persetujuan penelitian, dan kolaborasi yang produktif, sehingga seluruh tahapan kegiatan penelitian berjalan lancar dan mendukung.

Penulis juga mengapresiasi partisipasi aktif para siswa sebagai subjek penelitian yang telah mendukung kelancaran pengumpulan data dan pelaksanaan pembelajaran. Selain itu, terima kasih disampaikan kepada keluarga dan rekan mahasiswa atas dukungan moral, pertukaran ide, serta bantuan selama proses penelitian. Dukungan tersebut menjadi faktor penting dalam penyelesaian karya ilmiah ini secara menyeluruh.

## REFERENSI

- Akbar, A. F., & Suyitno, S. (2019). Penerapan model pembelajaran problem based learning (PBL) untuk meningkatkan minat dan hasil belajar siswa kelas XI TKR pada kompetensi sistem pendinginan di SMK YPE Kroya. *Auto Tech: Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif*, 14(1), 42–47.
- Anderson-Cook, C. M. (2005). Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference. *Journal of the American Statistical Association*, 100(470), 708.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2021). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.
- Fridyatama, D. A. S., Baskoro, F., & Maharani, M. (2025). The problem based learning and project based learning in relation to creativity and critical thinking towards the competence of vocational education students. *Jurnal Penelitian: Politeknik Penerbangan Surabaya*, 10(3), 260–283.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Hardar, B. Z., & Djunaidi, I. (2025). Implementasi problem based learning untuk meningkatkan keaktifan siswa pada kompetensi wheel alignment di SMK Nasional Malang. *JVTE: Journal of Vocational and Technical Education*, 7(2), 8–15.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.
- Kemendikbudristek. (2022). *Capaian pembelajaran fase E SMK: Panduan Kurikulum Merdeka*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Kurniawan, A. W. (2013). Implementasi problem based learning untuk meningkatkan hasil belajar siswa pada kompetensi mengukur dengan alat ukur mekanik presisi. *JMEL: Journal of Mechanical Engineering Learning*, 2(2), 13–17.
- Mahendra, E. R. (2025). Implementasi model pembelajaran problem based learning (PBL) meningkatkan hasil belajar kompetensi transmisi manual siswa kelas XI TKRO 2 SMK Nasional Malang. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*, 7(2), 12–23.

- Maksum, H., Purwanto, W., Siman, S., Ampera, D., Yuvenda, D., & Hasan, H. (2024). Improving problem-solving and communication skills in automotive vocational education through the development of teaching factory model with problem-based learning (TEFA-PBL) concept. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(2), 364–386.
- Mubarok, M. Z., Abdillah, F., & Ariwibowo, B. (2021). Penggunaan model pembelajaran problem based learning pada pelajaran dasar otomotif kompetensi dasar menerapkan dan menggunakan alat ukur mekanik serta fungsinya untuk kelas X TBSM SMK N 7 Kendal. *Journal of Vocational Education and Automotive Technology*, 3(2), 54–62.
- Nugroho, A. T. B., Huda, K., Kriswanto, K., Cahyanto, S. E., & Priyanto, K. (2025). Pengembangan media pembelajaran flipbook materi alat ukur dasar-dasar teknik mesin. *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 5(3), 747–757.
- Prince, M., & Felder, R. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123–138.
- Rahman, T., Fitria, N., Nurhidayah, E., & Yuliandani, I. (2023). Effects of project-based learning on employability skills. *Review of Islamic Studies*, 2(1), 1–10.
- Reinsini, C. E., Susila, I. W., & Cholik, M. (2021). Application of problem-based learning to enhance students learning outcomes in basic competencies of maintaining brake systems. *International Journal for Educational and Vocational Studies*, 3(2), 139–145.
- Rufii, R. (2020). Effect of problem-based learning and initial ability on automotive engineering learning outcomes. *EDUTECH: Journal of Educational Technology*, 19(1), 1–27.
- Santoso, A., & Munadi, S. (2021). Pengembangan media pembelajaran berbasis Adobe Flash materi penggunaan alat ukur mekanik presisi. *Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Mesin*, 9(1), 45–50.
- Saputra, B. G., & Djunaedi, I. (2025). Implementasi model pembelajaran problem based learning untuk meningkatkan minat belajar kompetensi wheel alignment siswa kelas XI TKR di SMK Nasional Malang. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*, 7(2), 42–54.
- Saputra, Y. K., & Sampurno, Y. G. (2022). Analisis penerapan keselamatan dan kesehatan kerja pada kompetensi keahlian teknik kendaraan ringan SMK N 1 Sedayu. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*, 5(1), 71–80.
- Sari, D. P., & Wibawa, A. P. (2025). The effect of implementing problem-based learning (PBL) with window shopping on problem-solving skills and critical thinking in vocational students. *International Journal of Social Science and Human Research*, 8(6), 1–10.
- Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. Dalam *Essential readings in problem-based learning: Exploring and extending the legacy of Howard S. Barrows* (hlm. 5–15).
- Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Essential readings in problem-based learning: Exploring and extending the legacy of Howard S. Barrows*, 9(2), 5-15.

- Slavin, R. E. (2008). Perspectives on evidence-based research in education—What works? Issues in synthesizing educational program evaluations. *Educational Researcher*, 37(1), 5–14.
- Sudarsono, B., & Pratama, W. (2025). Designing an industry-oriented problem-based learning model to enhance vocational high school students' work readiness. *JTP - Jurnal Teknologi Pendidikan*, 27(1), 1–16.
- Sugiyono. (2022). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sunarso, T., Sukamto, S., & Wahyono, G. (2022). Upaya meningkatkan kreativitas belajar siswa dan kemampuan membaca alat ukur mekanik dengan strategi pembelajaran problem based learning di SMKN 2 Wonosari. *Auto Tech: Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif*, 17(1), 12–28.
- Triwiyono, E., & Munadi, B. A. (2018). Implementation problem based learning on improving activity and psychomotoric students vocational high school. *Journal of Mechanical Engineering and Vocational Education (JoMEVE)*, 1(1), 49–52.
- Wicaksono, W. A., & Primartadi, A. (2024). Penerapan kesehatan dan keselamatan kerja (K3) terhadap kedisiplinan berpraktikum siswa di bengkel otomotif SMK Pembaharuan Purworejo. *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Vokasi*, 1(1), 22–26.
- Yew, E. H., & Goh, K. (2016). Problem-based learning: An overview of its process and impact on learning. *Health Professions Education*, 2(2), 75–79.