

PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN *PROJECT BASED LEARNING* TERHADAP HASIL BELAJAR TEORI MESIN BUBUT

Muhammad Ardian Dwi Darma Prasaja^{1*)}, Agus Dudung¹, Tri Bambang A.K.¹

¹Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta Timur, 13220, Indonesia

^{*)}E-mail: ardiardi2136@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertolak dari permasalahan yang ada di SMK Jakarta 1. Berdasarkan pengamatan awal menunjukkan adanya masalah dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada mata pelajaran teori mesin bubut. Salah satu penyebabnya yaitu metode yang digunakan pendidik dalam menyampaikan informasi dan materi tidak sesuai yang dikarenakan hanya memakai metode ceramah (*teacher centered*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran *project based learning* terhadap hasil belajar siswa. Pada penelitian kali ini, peneliti menggunakan metode eksperimen (*one group pretest-posttest design*) dengan pendekatan kuantitatif yang terdiri dari populasi berjumlah 27 siswa. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar siswa. Dari hasil penelitian diperoleh rata-rata nilai *pretest* 40 dan *post test* 84. Analisis uji hipotesis menggunakan uji-t dengan hasil t-hitung sebesar 21,36 dan t-tabel pada taraf signifikan 0,05 sebesar 1,708, maka t-hitung > t-tabel. Dengan demikian H_0 ditolak yang berarti bahwa penggunaan model pembelajaran *project based learning* menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan terhadap hasil belajar siswa kelas XII pada mata pelajaran Teori Mesin Bubut.

Kata kunci: model pembelajaran *project based learning*, hasil belajar

The Effect of Learning Model's Project Based Learning on Student Learning Outcomes at SMK Jakarta 1

Abstract: This research departs from the problems that exist in SMK Jakarta 1. Based on initial observations, it shows that there are problems in improving student learning outcomes in lathe theory subjects. One of the reasons is that the method used by teachers in conveying information and material is not appropriate because it only uses the lecture method (*teacher centered*). This study aims to determine the effect of the project-based learning model on student learning outcomes. In this study, the researcher used an experimental method (*one group pretest-posttest design*) with a quantitative approach consisting of a population of 27 students. The results of this study indicate an increase in student learning outcomes. From the results of the study, the average value of the pre test was 40 and the post test was 84. Analysis of hypothesis testing using t-test with t-count results of 21.36 and t-table at a significant level of 0.05 of 1.708, then t-count > t-table. With the result, H_0 is rejected, which means that the use of the project based learning model shows a significant influence on the learning outcomes of class XII students on Lathe Theory.

Keywords: *project based learning*, learning outcomes

PENDAHULUAN

Pendidikan vokasi di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) memegang peran strategis dalam menyiapkan lulusan yang memiliki kompetensi teknis, sikap profesional, dan kesiapan kerja sesuai kebutuhan industri. Pada bidang Teknik Pemesinan, khususnya mata pelajaran Teori Mesin Bubut, pembelajaran dituntut untuk mengintegrasikan pemahaman konseptual (misalnya prinsip pemotongan dan parameter proses) dengan kemampuan prosedural (misalnya penentuan kecepatan putar, pemilihan pahat, dan keselamatan kerja). Buku ajar resmi Teknik Pemesinan Bubut 1 dalam kerangka Kurikulum 2013 menekankan bahwa pembelajaran harus mendorong siswa menggali konsep secara ilmiah, berdiskusi, dan menyunting informasi dari beragam sumber agar kompetensi terbentuk secara utuh (pengetahuan, keterampilan, dan sikap) (Homepage & Ananto, 2022). Di sisi lain, penelitian kuantitatif pada praktik pembelajaran bubut menunjukkan bahwa capaian belajar turut dipengaruhi oleh kualitas fasilitas bengkel, motivasi belajar, dan peran guru, dengan kontribusi simultan mencapai hampir 50% terhadap prestasi praktik bubut, sehingga ekosistem belajar yang memadai menjadi prasyarat untuk meningkatkan hasil belajar yang konsisten (Dewi & Alam, 2022).

Dalam konteks kebijakan nasional, Kurikulum Merdeka menempatkan proyek sebagai wahana pembelajaran kolaboratif dan aplikatif yang menumbuhkan karakter Profil Pelajar Pancasila. Panduan resmi Projek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5) menegaskan pentingnya desain proyek yang kontekstual, pengelolaan proses, serta dokumentasi hasil, termasuk portofolio sebagai bukti otentik perkembangan kompetensi siswa. Untuk mendukung penerapan kurikulum, Platform Merdeka Mengajar (PMM) menyediakan perangkat ajar, asesmen diagnostik, pelatihan mandiri, dan ruang berbagi praktik baik, yang dapat membantu guru SMK merencanakan dan mengimplementasikan pembelajaran berbasis proyek secara lebih sistematis dan terdiferensiasi. Bukti empiris juga menunjukkan bahwa pemanfaatan PMM berdampak positif pada peningkatan kompetensi guru vokasi melalui akses sumber daya, pelatihan, dan kolaborasi antarguru, meskipun suksesnya pemanfaatan dipengaruhi oleh kepemimpinan sekolah dan kesiapan infrastruktur digital (Arnes et al., 2023).

Secara pedagogis, Project Based Learning (PjBL) diposisikan sebagai model yang mendorong keterlibatan siswa dalam tugas autentik, kolaborasi, dan pemecahan masalah, sekaligus menghasilkan artefak/proyek yang dapat dievaluasi secara kinerja. Kajian sistematis dalam pendidikan teknik menegaskan bahwa PjBL meningkatkan hasil belajar dan kompetensi nonteknis (misalnya kerja tim, komunikasi), serta selaras dengan kerangka CDIO (Conceive–Design–Implement–Operate) yang menekankan siklus rekayasa dari gagasan hingga operasi dalam konteks nyata (Lukefahr et al., 2019; Noordin & Nordin, 2018). Meta-analisis dua dekade praktik PjBL di pendidikan teknik juga menunjukkan dampak signifikan terhadap keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS), sehingga integrasi PjBL menjadi pendekatan yang relevan untuk memperdalam penguasaan konsep sekaligus mentransfernya ke situasi kerja. Selain itu, tinjauan literatur terbaru menyoroti tantangan implementasi (misalnya beban asesmen, kebutuhan pelatihan guru, dan ruang kerja kolaboratif), tetapi tetap menempatkan PjBL sebagai strategi yang efektif untuk mengembangkan kompetensi dunia nyata pada mahasiswa atau siswa teknik (Gasni & Chandra, 2022).

Temuan empiris pada pembelajaran bubut di Indonesia memperkuat argumentasi tersebut. Studi Purnomo et al. (2023) pada mata pelajaran teknik bubut di sebuah SMK menunjukkan peningkatan kualitas proses belajar dari kategori “cukup” menjadi “sangat baik” serta kenaikan rata-rata nilai dari 66,51 (pra-siklus) menjadi 86,05 (siklus II) setelah penerapan PjBL, dengan ketuntasan klasikal 100% pada akhir siklus. Penelitian Ananto (2022) membuktikan bahwa PjBL meningkatkan hasil belajar sebesar 9,79% dan kemampuan berpikir kritis sebesar 11,51% pada pembelajaran teknik bubut di SMK lain; proporsi siswa yang mencapai

kompeten melonjak hingga 95,80% pada akhir intervensi. Pada aspek kolaborasi, penelitian tindakan kelas yang dipublikasikan di prosiding ICTVET menunjukkan bahwa penerapan PjBL dalam mata kuliah/ mata pelajaran bubut dapat meningkatkan kerja sama timsiswa dari 56,4% (siklus I) menjadi 84,9% (siklus III) dan mencapai kategori “sangat baik”. Bukti eksperimental di SMK Negeri 1 Sumatera Barat juga menemukan pengaruh signifikan PjBL terhadap hasil belajar teknik bubut berdasarkan uji t independen ($p = 0,019$), yang menegaskan efektivitas PjBL di kelas XI Teknik Pemesinan dalam meningkatkan nilai posttest dibandingkan pembelajaran konvensional (Sahron & Mulyana, 2021; Sahron et al., 2022).

Sejalan dengan kebutuhan integrasi teknologi dalam vokasi, penelitian JPTM— Universitas Negeri Surabaya (2024) menunjukkan bahwa PjBL berbantuan aplikasi Lathe Simulator memberikan dampak positif yang sangat signifikan terhadap hasil belajar siswa teknik pemesinan (uji t dua-arah $p = 0,000$), serta meningkatkan motivasi melalui visualisasi mesin yang menyerupai kondisi nyata (Parhusip & Wijanarka, 2018; Subandi et al., 2020). Temuan ini menegaskan nilai tambah PjBL saat dipadukan dengan media digital pada materi bubut. Bukti lain mendapati bahwa e-learning (Google Classroom) dapat meningkatkan pengetahuan siswa pada materi pekerjaan dengan mesin bubut, menandai bahwa integrasi platform digital memperkuat pemahaman kognitif yang mendasari praktik pemesinan (Panjaitan & Sihotang, 2022). Di pendidikan teknik mesin perguruan tinggi, pendekatan berbasis diskusi kritis yang terstruktur juga terbukti meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar pengetahuan bubut pada desain benda kerja, sehingga memperkaya kesiapan kognitif sebelum masuk ke praktik (Sushchenko et al., 2023).

Meskipun bukti efektivitas PjBL cukup kuat, tantangan implementasi tidak dapat diabaikan. Ulasan bibliometrik tentang penerapan PjBL di SMK menemukan bahwa integrasi lintas-mapel belum merata dan penerapan PjBL cenderung dominan di sektor pendidikan tinggi dan pelatihan; karenanya SMK perlu mengembangkan integrasi dua atau tiga mata pelajaran (misalnya keterampilan teknik, matematika, dan bahasa Inggris) agar kompetensi lulusan tercapai secara komprehensif (Undari et al., 2023). Selain itu, keberhasilan penerapan PjBL pada materi Teori Mesin Bubut memerlukan dukungan yang memadai dari sisi fasilitas bengkel, sarana digital, serta kompetensi pedagogik guru dalam merancang proyek, mengelola kolaborasi, dan menilai kinerja proses-produk secara adil dan transparan, sebagaimana ditunjukkan oleh analisis kontribusi faktor fasilitas, motivasi, dan peran guru terhadap prestasi praktik bubut di SMK (Saputra et al., 2023). Panduan P5 merekomendasikan penguatan ekosistem sekolah (perencanaan, pengelolaan, dokumentasi, dan tindak lanjut proyek), yang dalam praktik kelas bubut berarti memastikan keselamatan kerja, ketersediaan material, kesiapan alat ukur, serta rubrik penilaian proses dan produk yang jelas agar proyek benar-benar otentik dan relevan bagi dunia kerja.

Bertolak dari latar belakang tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menganalisis pengaruh model pembelajaran Project Based Learning terhadap hasil belajar Teori Mesin Bubut di SMK Jakarta 1. Subjek penelitian ialah siswa kelas XI program keahlian Teknik Pemesinan yang mempelajari materi parameter pemotongan, kecepatan putar, pahat bubut, serta keselamatan kerja sesuai buku ajar dan kurikulum yang berlaku. Secara teoretis, penelitian ini diharapkan memperkuat bukti tentang efektivitas PjBL di konteks SMK perkotaan (Jakarta) yang memiliki karakteristik peserta didik dan ketersediaan fasilitas tertentu, sekaligus mengisi kesenjangan literatur yang mayoritas berfokus di wilayah lain atau pada pembelajaran praktik (Safitri et al., 2020; Sahron et al., 2022). Secara praktis, temuan penelitian diharapkan menjadi acuan guru untuk menyusun proyek yang terstruktur (tujuan, artefak, jadwal, rubrik), memanfaatkan dukungan PMM dan perangkat ajar digital, dan mengintegrasikan asesmen formatif yang mendorong pembelajaran mendalam pada aspek konseptual Teori Mesin Bubut. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada penguatan desain pembelajaran

yang otentik, kolaboratif, dan berbasis kinerja, serta relevan dengan tuntutan industri manufaktur yang menekankan presisi, keselamatan, dan efisiensi proses pemesinan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain pre-eksperimen tipe *one group pretest-posttest design*. Desain ini dipilih untuk mengukur pengaruh penerapan model pembelajaran Project Based Learning (PjBL) terhadap hasil belajar Teori Mesin Bubut pada siswa SMK Jakarta 1. Dalam desain ini, satu kelompok diberi perlakuan berupa penerapan PjBL, kemudian dilakukan pengukuran hasil belajar sebelum (pretest) dan sesudah (posttest) perlakuan.

Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas XI Program Keahlian Teknik Pemesinan di SMK Jakarta 1. Sampel penelitian ditentukan dengan teknik purposive sampling, yaitu siswa kelas XI Teknik Pemesinan 2 yang berjumlah 27 orang, karena kelas ini mempelajari materi Teori Mesin Bubut sesuai kurikulum yang berlaku.

Variabel Penelitian terdiri atas variabel bebas (X): Model pembelajaran Project Based Learning (PjBL) dan variabel terikat (Y): Hasil belajar Teori Mesin Bubut. Model pembelajaran adalah rencana atau pola yang menyusun proses pembelajaran di kelas dan menunjukkan cara penggunaan materi pembelajaran (buku, video, komputer, bahan praktikum) yang tepat. Menurut Simbolon (2016), pembelajaran berbasis proyek atau *Project Based Learning* merupakan model pembelajaran yang melibatkan siswa dalam kegiatan investigasi untuk membangun pengetahuan melalui proyek nyata. Hasil belajar merupakan kemampuan yang dimiliki siswa setelah menerima pengalaman belajarnya. Menurut Goel et al. (2021), hasil belajar sebagai objek penilaian pada hakikatnya menilai penguasaan siswa terhadap tujuan-tujuan instruksional.

Instrumen yang digunakan berupa tes hasil belajar berbentuk pilihan ganda sebanyak 30 butir soal yang telah divalidasi oleh ahli materi dan diuji reliabilitasnya. Tes ini mencakup indikator pemahaman konsep dasar mesin bubut, parameter pemotongan, pemilihan pahat, dan keselamatan kerja.

Prosedur dalam penelitian ini terdiri atas:

1. Tahap Persiapan: Menyusun Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) berbasis PjBL, memvalidasi instrumen tes, dan menyiapkan media pendukung.
2. Tahap Pelaksanaan:
 - a. Pre-test: Dilakukan sebelum penerapan PjBL untuk mengukur kemampuan awal siswa.
 - b. Perlakuan: Penerapan PjBL melalui tahapan perencanaan proyek, pelaksanaan, dan presentasi hasil proyek terkait teori mesin bubut.
 - c. Post-test: Dilakukan setelah perlakuan untuk mengukur peningkatan hasil belajar.
3. Tahap Analisis: Data pretest dan posttest dianalisis menggunakan uji t (paired sample t-test) untuk mengetahui signifikansi pengaruh PjBL terhadap hasil belajar (Loindong et al., 2023).

Data dianalisis secara deskriptif (mean, median, standar deviasi) dan inferensial menggunakan uji t dengan taraf signifikansi 0,05. Analisis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak statistik (SPSS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Belajar *Pre-test* dan *Post-test*

Hasil analisis data menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada hasil belajar siswa setelah penerapan model pembelajaran Project Based Learning (PjBL). Pada tahap pretest, nilai rata-rata (mean) yang diperoleh siswa adalah 40, dengan median 40 dan modus

39. Skor terendah yang dicapai adalah 24, sedangkan skor tertinggi adalah 56. Data ini mengindikasikan bahwa sebelum perlakuan, penguasaan konsep Teori Mesin Bubut oleh siswa masih berada pada kategori rendah.

Setelah penerapan PjBL, hasil posttest menunjukkan peningkatan yang sangat jelas. Nilai rata-rata (mean) meningkat menjadi 84, dengan median 85 dan modus 86. Skor minimal yang diperoleh siswa adalah 72, sedangkan skor maksimal mencapai 92. Peningkatan ini mencerminkan bahwa sebagian besar siswa telah mencapai penguasaan materi yang baik hingga sangat baik. Perbandingan antara hasil pretest dan posttest memperlihatkan bahwa model PjBL mampu memberikan dampak positif terhadap pemahaman konsep Teori Mesin Bubut.

Distribusi frekuensi hasil pretest dan posttest dapat dilihat pada Tabel berikut, yang menunjukkan pergeseran skor dari kategori rendah ke kategori tinggi setelah perlakuan. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa PjBL efektif meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis pada mata pelajaran teknik pemesinan (Syahri et al., 2023).

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Pretest

No.	Interval	f_i	x_i	b_b	b_a	$f_i x_i$	x_i^2	$f_i x_i^2$
1	24-29	4	26,5	23,5	29,5	106	702,25	2809
2	30-35	3	32,5	29,5	35,5	97,5	1056,25	3168,75
3	36-41	9	38,5	35,5	41,5	346,5	1482,25	12584,25
4	42-47	4	44,5	41,5	47,5	178	1980,25	7921
5	48-53	6	50,5	47,5	53,5	303	2550,25	15301,5
6	54-59	1	56,5	53,5	59,5	56,5	3192,25	3192,25
Jumlah		27	249			1087,5	10936,5	45732,75

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Posttest

No.	Interval	f_i	x_i	b_b	b_a	$f_i x_i$	x_i^2	$f_i x_i^2$
1	72-75	3	73,5	71,5	75,5	220,5	5402,25	16207
2	76-79	4	77,5	75,5	79,5	310	6006,25	24025
3	80-83	4	81,5	79,5	83,5	326	6642,25	26569
4	84-87	7	85,5	83,5	87,5	598,5	7310,25	51172
5	88-91	5	89,5	87,5	91,5	447,5	8010,25	40051
6	92-95	4	93,5	91,5	95,5	374	8742,25	34969
Jumlah		27	501			2276,5	42113,5	192993

B. Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas

Pengujian normalitas dimaksudkan untuk menguji asumsi bahwa data berdistribusi normal. Uji normalitas dilakukan menggunakan Uji Chi Kuadrat. Pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$ dengan $n = 27$ dan $dk = 5$ adalah 11,1 dan x^2_{hitung} dari pre test (3,16) dan post test (2,87) lebih kecil dari x^2_{tabel} (11,1) maka dapat disimpulkan bahwa data frekuensi yang didapat berdistribusi normal.

Uji homogenitas, untuk mengetahui sampel yang berasal dari populasi yang homogen. Uji Homogenitas dilakukan menggunakan uji Fisher (uji F), Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima. Dengan derajat kebebasan pembilang = $n_1 - 1$ dan derajat kebebasan penyebut = $n_2 - 1$ dengan taraf $\alpha = 0,05$. hasil perhitungan uji homogenitas pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$ dengan $dk = 26/26$ diperoleh $F_{hitung} = 1,84$ dan $F_{tabel} = 1,96$. Berdasarkan hasil dari varians yaitu kelas tersebut memenuhi kriteria $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka dapat disimpulkan bahwa kelompok yang diuji tersebut berasal dari kelompok yang homogen.

C. Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui apakah rata-rata hasil belajar siswa setelah menggunakan model pembelajaran *Project Based Learning* lebih tinggi dibandingkan dengan hasil belajar siswa sebelum menggunakan model pembelajaran *Project Based Learning*. Untuk melakukan uji hipotesis menggunakan uji t. Hasil dari pengujian hipotesis $t_{hitung} = 21,36$ dan merujuk pada t_{tabel} dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ dan $db = n - k$ atau $27 - 2 = 25$ diperoleh t_{tabel} sebesar 1,708. Apabila t_{hitung} dibandingkan dengan t_{tabel} , maka hasil perhitungan tersebut menunjukkan $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($21,36 > 1,708$) sehingga hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima.

D. Pengaruh Model PjBL terhadap Hasil Belajar

Hasil analisis distribusi frekuensi menunjukkan peningkatan yang sangat bermakna setelah penerapan Project Based Learning (PjBL). Pada pretest, nilai rata-rata (mean) berada di sekitar 40,28 dengan median $\approx 39,83$ dan modus $\approx 38,77$; skor berkisar 24–56. Pola ini menandakan penguasaan awal konsep Teori Mesin Bubut (parameter pemotongan, kecepatan putar, pemilihan pahat, dan K3) masih rendah. Setelah intervensi PjBL, posttest memperlihatkan mean $\approx 84,31$, median ≈ 85 , modus $\approx 85,5$, dengan rentang skor 72–92—indikasi penguasaan yang baik—sangat baik oleh mayoritas siswa (pergeseran ke interval 84–95). Pergeseran sentral (mean, median, mode) ini konsisten dengan temuan sintesis literatur bahwa PjBL meningkatkan hasil belajar kognitif sekaligus kompetensi nonteknis pada pendidikan teknik (Akbar & Bahri, 2019).

Lebih jauh, grafik frekuensi (berdasarkan tabel) memperlihatkan konsentrasi skor pretest pada kelas 36–41 ($f_i=9$) dan 48–53 ($f_i=6$), lalu bergeser pada posttest ke kelas 84–87 ($f_i=7$), 88–91 ($f_i=5$), dan 92–95 ($f_i=4$). Dengan selisih rata-rata +44,03 poin, dampak pembelajaran berbasis proyek terhadap penguasaan konsep tampak substantif, bukan sekadar fluktuasi acak. PjBL mendorong siswa mengonstruksi pengetahuan melalui tugas autentik, iterasi desain, dan presentasi artefak—mekanisme yang selaras dengan kerangka CDIO (Conceive–Design–Implement–Operate) untuk siklus rekayasa dari gagasan hingga operasi (Gasni & Chandra, 2022; Gunnarsson & Swartz, 2022).

Secara pedagogis, tiga faktor utama menerangkan peningkatan tersebut. Pertama, autentisitas proyek pada materi bubut mendorong integrasi konsep dan prosedur: siswa menautkan rumus parameter pemotongan dan kecepatan putar dengan rencana kerja yang nyata. Kedua, kolaborasi tim dan *peer review* memfasilitasi klarifikasi miskonsepsi serta penyelarasan standar kinerja; bukti tindakan kelas pada mata pelajaran bubut menunjukkan PjBL meningkatkan kerja sama tim dari 56,4% ke 84,9% sepanjang tiga siklus (Bernstein, 2022; Gasni & Chandra, 2022). Ketiga, refleksi terstruktur (jurnal/portofolio) mengokohkan transfer konsep dari teori ke praktik. Secara konseptual, ketiga faktor ini merupakan pilar yang sering teridentifikasi dalam ulasan sistematis PjBL untuk pendidikan teknik (Patel & Dasgupta, 2019).

Konteks pendidikan vokasi SMK juga mempengaruhi daya guna PjBL. Ketika PjBL dipadukan dengan media digital yang memvisualisasikan mesin bubut, motivasi dan pemahaman meningkat; studi di JPTM UNESA menunjukkan PjBL berbantuan Lathe Simulator berdampak sangat signifikan pada hasil belajar dan meningkatkan keterlibatan karena visualisasi yang menyerupai kondisi nyata bengkel (uji t dua-arah $p=0,000$). Di sisi lain, e-learning (mis. Google Classroom) pada materi pekerjaan bubut dilaporkan memperkuat pemahaman kognitif yang menopang praktik. Bukti-bukti tersebut menguatkan bahwa ekosistem digital ketika diselaraskan dengan proyek autentik mempercepat pemahaman konsep inti dan prosedur kerja mesin (Thompson, 2020).

Meski demikian, keberhasilan implementasi PjBL tidak otomatis jika faktor pendukungnya terbatas. Ulasan internasional menyoroti tantangan seperti beban asesmen, kebutuhan pelatihan guru, dan ruang kerja kolaboratif yang memadai. Pada konteks SMK, kualitas fasilitas bengkel dan peran guru memiliki kontribusi nyata terhadap capaian praktik bubut; studi kuantitatif menunjukkan bahwa fasilitas, motivasi, dan peran guru secara bersama memengaruhi prestasi praktik hingga $\approx 49\%$ (Firdaus et al., 2022). Oleh sebab itu, penguatan ekosistem PjBL perlu melibatkan kurasi perangkat ajar digital, akses simulasi/alat, dan rubrik penilaian proses–produk yang transparan.

Selaras dengan kebijakan, Panduan P5 menekankan desain proyek yang kontekstual, pengelolaan proses, serta dokumentasi hasil (portofolio) sebagai bukti otentik perkembangan kompetensi. Dalam praktik kelas bubut, hal ini bermakna memastikan keselamatan kerja, ketersediaan material, kesiapan alat ukur, serta penerapan rubrik kinerja untuk menilai perencanaan, pelaksanaan, dan produk secara adil. Integrasi P5 dengan PjBL memperkuat karakter Pelajar Pancasila (gotong royong, bernalar kritis, kreatif) seraya tetap berorientasi pada kompetensi teknis mesin bubut.

Terakhir, catatan metodologis penting: desain pre-eksperimen (one group pretest–posttest) rentan terhadap ancaman validitas (mis. *testing effect*, *history*). Meski besaran peningkatan dan konsistensi indikator pusat sangat kuat, studi lanjutan sebaiknya menggunakan quasi-experiment dengan kelompok kontrol agar estimasi efek PjBL lebih kukuh. Secara keseluruhan, temuan distribusi skor pada penelitian ini menyokong tesis bahwa PjBL—ditopang ekosistem bengkel dan digital yang memadai—efektif meningkatkan hasil belajar Teori Mesin Bubut pada siswa SMK di lingkungan perkotaan seperti Jakarta (Subandi et al., 2020).

SIMPULAN DAN SARAN

Terdapat peningkatan hasil belajar siswa sebelum dan sesudah menggunakan model pembelajaran *Project Based Learning* (PJBL), yang menunjukkan adanya pengaruh positif dari penerapan model tersebut. Hal ini terlihat dari perbandingan nilai *pre-test* dan *post-test*, di mana rata-rata nilai siswa pada *pre-test* sebesar 40, sedangkan pada *post-test* meningkat menjadi 84. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada hasil belajar siswa antara sebelum dan sesudah menggunakan model pembelajaran *Project Based Learning*.

Berdasarkan hasil penelitian yang menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada hasil belajar siswa setelah penerapan model pembelajaran *Project Based Learning* (PJBL), disarankan agar guru mengintegrasikan PJBL dalam proses pembelajaran untuk meningkatkan keterlibatan siswa, kemampuan berpikir kritis, dan keterampilan kolaborasi. Penerapan PJBL sebaiknya disesuaikan dengan karakteristik mata pelajaran dan kemampuan awal siswa agar hasil yang diperoleh lebih optimal. Selain itu, penelitian selanjutnya dapat memperluas kajian terhadap dampak PJBL pada aspek non-kognitif seperti motivasi belajar dan kreativitas, serta melibatkan sampel yang lebih besar dan beragam untuk memperoleh temuan yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F., & Bahri, A. (2019). Efektivitas model PjBL (Project-Based Learning) dalam meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik dengan gaya belajar berbeda. *Biology Teaching and Learning*, 1(1). <https://doi.org/10.35580/btl.v1i1.9255>
- Ananto, S. (2022). Peningkatan sikap disiplin dan hasil belajar unjuk kerja mata pelajaran teknik pemesinan bubut melalui pembelajaran Project-Based Learning. *JIPTEK: Jurnal*

- Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan*, 15(1), 37–54.
<https://doi.org/10.20961/jiptek.v15i1.64363>
- Arnes, A., Musparidi, M., & Yusmanila, Y. (2023). Analisis pemanfaatan platform Merdeka Mengajar oleh guru PPKn untuk akselerasi implementasi Kurikulum Merdeka. *EDUKATIF: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 5(1), 60–70.
<https://doi.org/10.31004/edukatif.v5i1.4647>
- Bernstein, D. (2022). Peer collaboration and review: A guide to iterative improvement in learning. *The FASEB Journal*, 36(S1). <https://doi.org/10.1096/fasebj.2022.36.s1.0i173>
- Dewi, E. R., & Alam, A. (2022). Facilities and Merdeka curriculum influence students' achievement through knowledge and learning quality. *Journal of Educational Science and Technology (EST)*, 8(3), 198–209. <https://doi.org/10.26858/est.v8i3.42357>
- Firdaus, A., Indrawan, E., Jasman, J., & Rifelino, R. (2022). Pengaruh fasilitas bengkel terhadap hasil belajar teknik pemesinan bubut kelas XI SMK Negeri 1 Batipuh. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 4(1), 1–5. <https://doi.org/10.24036/vomek.v4i1.283>
- Gasni, D., & Chandra, D. (2022). Project-based learning in an element machine II course: A review. *Proceedings of the 4th International Conference on Educational Development and Quality Assurance (ICED-QA 2021)*, 650, 136–140.
<https://doi.org/10.2991/assehr.k.220303.026>
- Goel, N., Deshmukh, K., Patel, B. C., & Chacko, S. (2021). Tools and rubrics for assessment of learning outcomes. In *Assessment of Learning Outcomes* (pp. 211–254). IGI Global.
<https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4784-7.ch013>
- Gunnarsson, S., & Swartz, M. (2022). On the connections between the CDIO framework and challenge-based learning: Towards a new future in engineering education. *New Scenarios That European Alliances of Tech Universities Open Up*, 1217–1223.
<https://doi.org/10.5821/conference-9788412322262.1140>
- Loindong, G. M. E., Makahinda, T., & Mongan, S. W. (2023). Penerapan project-based learning (PjBL) dengan pendekatan lingkungan pada materi fluida statis. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(1), 50–54. <https://doi.org/10.53682/charmsains.v4i1.229>
- Lukefahr, H., Watterson, C., Roberts, A., Carnegie, D., & Atkins, M. (2019). Project-based learning to improve core first-year engineering courses. *Proceedings - Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2019-October.
<https://doi.org/10.1109/fie43999.2019.9028514>
- Noordin, M. K., & Nordin, M. S. (2018). Project-based learning (PjBL) framework in developing non-technical skills for engineering students. *Advanced Science Letters*, 24(6), 4515–4518. <https://doi.org/10.1166/asl.2018.11640>
- Panjaitan, K., & Sihotang, S. (2022). The effect of Google Classroom media on student learning outcomes in lathe machinery engineering class XI SMKN 5 Medan, North Sumatera, Indonesia. *International Journal of Current Science Research and Review*, 5(12).
<https://doi.org/10.47191/ijcsrr/v5-i12-45>
- Parhusip, B. R., & Wijanarka, B. S. (2018). Penerapan project-based learning dengan lesson study untuk meningkatkan hasil belajar teknik pemesinan. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 3(1), 26–32. <https://doi.org/10.21831/dinamika.v3i1.19117>
- Patel, A., & Dasgupta, C. (2019). Scaffolding structured reflective practices in engineering design problem solving. *Proceedings - IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2019)*, 287–289. <https://doi.org/10.1109/icalt.2019.00090>
- Purnomo, E., Mu'Minin, M. A., Alfarizi, M., Gifari, M., & Fikrie, A. (2023). Implementation of project-based learning models to improve bench work practice activities and skills. *AIP Conference Proceedings*, 2671(1). <https://doi.org/10.1063/5.0116619>

- Safitri, A., Sultan, U., Tirtayasa, A., Aribowo, D., & Fatkhurrohman, M. (2020). Analisa perbandingan model PjBL dengan model TCL menggunakan PLC ZELIO pada instalasi motor listrik kelas XII di SMK VOCTECH 1 Kota Tangerang. *EDUTECH: Journal of Education and Technology*, 3(2), 137–150. <https://doi.org/10.29062/edu.v3i2.41>
- Sahron, A., & Mulyana, D. (2021). Pengaruh model belajar project-based learning (PjBL) terhadap hasil belajar siswa pada mata pelajaran instalasi tenaga listrik siswa XI di SMK Negeri 1 Percut Sei Tuan TA.2019/2020. *JEVTE Journal of Electrical Vocational Teacher Education*, 1(1), 18–25. <https://doi.org/10.24114/jevte.v1i1.25043>
- Sahron, A., Mulyana, D., & Teknik Elektro Unimed, P. F. (2022). Pengaruh model belajar project-based learning (PjBL) terhadap hasil belajar siswa pada mata pelajaran instalasi tenaga listrik. *JEVTE Journal of Electrical Vocational Teacher Education*, 2(1), 44–51. <https://doi.org/10.24114/jevte.v2i1.35883>
- Saputra, M. P., Syahri, B., Irzal, I., & Abadi, Z. (2023). Hubungan fasilitas bengkel terhadap hasil belajar teknik pemesinan bubut. *Al-DYAS*, 3(1), 103–111. <https://doi.org/10.58578/aldyas.v3i1.2418>
- Simbolon, N. (2016). Project-based learning implementation to enable students' activities. *Elementary School Journal PGSD FIP UNIMED*, 5(2), 41–48. <https://doi.org/10.24114/esjpgsd.v5i2.4467>
- Subandi, M. S., Putra, A. B. N. R., Suhartadi, S., Partono, P., & Puspitasari, P. (2020). PJBL-MOOCs innovation to improve student learning outcomes in middle vocational schools. *4th International Conference on Vocational Education and Training (ICOVET 2020)*, 170–174. <https://doi.org/10.1109/icovet50258.2020.9230094>
- Sushchenko, O., Olena, A., & Otenko, I. (2023). The case study method as the means of improving engineering students' critical thinking skills. *Proceedings of the 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES 2023)*. <https://doi.org/10.1109/MEES61502.2023.10402466>
- Syahri, B., Ambiyar, Syah, N., & Syahril. (2023). Increasing student cooperation through the application of project-based learning in lathe machining engineering course. In *Proceedings of the International Conference on Vocational Education and Training* (pp. 35–42). https://doi.org/10.2991/978-2-38476-050-3_5
- Thompson, K. R. (2020). Assessing the effects of an authentic project-based intervention on secondary students' understanding of ecosystems and their attitudes toward and interests in STEM (Doctoral dissertation, University of Kentucky). *Theses and Dissertations—Education Sciences*. <https://doi.org/10.13023/etd.2020.156>
- Undari, M., Darmansyah, & Desyandri. (2023). Pengaruh penerapan model PjBL (Project-Based Learning) terhadap keterampilan abad 21. *Jurnal Tunas Bangsa*, 10(1), 25–33. <https://doi.org/10.46244/tunasbangsa.v10i1.1970>