



PENGARUH MODEL *PROJECT-BASED LEARNING* DAN PENGUNAAN SIMULATOR TERHADAP HASIL BELAJAR MATA PELAJARAN *COMPUTER NUMERICAL CONTROL*

Sholahuddin Al Ayubi^{1*}, Khoirul Huda², & Kriswanto³

^{1,2,&3}Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Jalan Kolonel H. R. Hadijanto, Semarang, Jawa Tengah 50229, Indonesia

*Email: sholahuddin2137@students.unnes.ac.id

Submit: 10-06-2025; Revised: 17-06-2025; Accepted: 20-06-2025; Published: 10-07-2025

ABSTRAK: Penelitian ini menelaah efektivitas penerapan model Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project-Based Learning*) yang dipadukan dengan simulator CNC dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada mata pelajaran *Computer Numerical Control* di SMK IPT Karangpanas. Desain penelitian yang digunakan, yaitu *one-group pretest-posttest*. Sampel penelitian terdiri dari 43 siswa kelas XI Teknik Pemesinan. Data *pre-test* diperoleh dari nilai akhir semester 1 dengan rata-rata 80,7 sedangkan data *post-test* diperoleh setelah intervensi pada semester 2 dengan rata-rata 82,6. Uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan nilai signifikansi 0,205 ($> 0,05$) yang menandakan data berdistribusi normal. Selanjutnya, uji-t *independent* menghasilkan $p = 0,003$ ($< 0,05$) mengindikasikan peningkatan hasil belajar yang signifikan secara statistik. Temuan ini mengonfirmasi bahwa integrasi PjBL dan media simulasi CNC mampu meningkatkan pemahaman konseptual serta keterampilan teknis peserta didik. Penerapan model ini direkomendasikan dalam pembelajaran vokasional berbasis teknologi, memanfaatkan alat simulasi secara optimal, dan melakukan evaluasi formatif secara berkala untuk memaksimalkan pencapaian kompetensi.

Kata Kunci: *Computer Numerical Control*, Hasil Belajar, *Project Based Learning*, Simulator CNC.

ABSTRACT: This study examines the effectiveness of implementing a *Project-Based Learning* model combined with a CNC simulator in improving student learning outcomes in *Computer Numerical Control* at SMK IPT Karangpanas. The research design used a *one-group pretest-posttest*. The study sample consisted of 43 11th-grade Machining Engineering students. Pre-test data were obtained from the final grades of semester 1 with an average of 80.7, while post-test data were obtained after the intervention in semester 2 with an average of 82.6. The Shapiro-Wilk normality test showed a significance value of 0.205 (> 0.05), indicating a normally distributed data. Furthermore, an independent t-test yielded $p = 0.003$ (< 0.05), indicating a statistically significant increase in learning outcomes. These findings confirm that the integration of *Project-Based Learning* (PjBL) and CNC simulation media can improve students' conceptual understanding and technical skills. It is recommended that this model be implemented in technology-based vocational learning, utilizing simulation tools optimally, and conducting regular formative evaluations to maximize competency achievement.

Keywords: *Computer Numerical Control*, Learning Outcomes, *Project Based Learning*, CNC Simulator.

How to Cite: Ayubi, S. A., Huda, K., & Kriswanto, K. (2025). Pengaruh Model *Project-Based Learning* dan Penggunaan Simulator terhadap Hasil Belajar Mata Pelajaran *Computer Numerical Control*. *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 5(3), 420-428. <https://doi.org/10.36312/panthera.v5i3.473>



Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan suatu upaya sistematis yang berorientasi pada pengembangan aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik individu secara integral. Melalui perancangan kurikulum yang berlapis dan terstruktur, proses pembelajaran diarahkan untuk menginternalisasi konsep teoretis sekaligus mengasah kemampuan aplikatif peserta didik, sehingga tercipta sinergi antara pengetahuan dan praktik. Adaptasi teknologi informasi dan komunikasi semakin memperkaya paradigma pembelajaran, memungkinkan personalisasi instruksional yang meningkatkan efektivitas dan motivasi belajar (Ardianto *et al.*, 2021; Pokhrel, 2024). Pada ranah pendidikan kejuruan, Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) menekankan pembekalan kompetensi teknis berdimensi industri yang disertai pengembangan *soft skills* seperti kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas yang esensial dalam lingkungan kerja modern. Melalui penerapan proyek-proyek kontekstual, SMK berupaya menyiapkan lulusan yang tidak hanya menguasai perangkat teori, tetapi juga memiliki kapabilitas analitis, etika profesi, dan kesiapan adaptif terhadap dinamika dunia usaha (Fadillah *et al.*, 2021; Sari, 2023).

Dalam konteks Industri 4.0, kompetensi dalam pengoperasian dan pemrograman mesin *Computer Numerical Control* (CNC) menjadi kriteria mutlak bagi lulusan SMK. Kemahiran dalam penyusunan dan optimasi *G-code/M-code*, pemahaman prinsip toleransi mesin, serta penerapan metode analisis data produksi adalah landasan untuk mencapai presisi tinggi dan efisiensi manufaktur. Dengan demikian, penguasaan CNC berfungsi sebagai katalisator bagi integrasi lulusan ke dalam rantai nilai industri modern (BSKAP, 2024; Fadillah *et al.*, 2021). Meski demikian, realitas di banyak SMK menunjukkan keterbatasan infrastruktur praktik termasuk jumlah mesin CNC yang terbatas dan jadwal latihan yang tersentralisasi yang kerap menghambat kedalaman pemahaman siswa. Dominasi strategi ceramah tradisional turut menyumbang rendahnya partisipasi aktif dan pemahaman konseptual. Hasil penelitian empiris memperlihatkan bahwa model instruksional interaktif dan kontekstual mampu meningkatkan capaian belajar hingga 30% dibanding pendekatan konvensional (Rombe, 2021; Safnowandi, 2021).

Model *Project-Based Learning* (PjBL) muncul sebagai paradigma pedagogis yang menempatkan siswa pada posisi sentral dalam merancang, melaksanakan, dan merefleksikan proyek autentik yang memodelkan tantangan industri. Melalui PjBL, peserta didik dibimbing untuk merumuskan permasalahan, merancang strategi solusi, serta menyajikan temuan dalam format kolaboratif. Meta-analisis menunjukkan PjBL signifikan meningkatkan motivasi intrinsik, keterampilan berpikir kritis, dan kemampuan *teamwork* dibandingkan metode instruksional tradisional (Kamaludin *et al.*, 2022). Integrasi simulator CNC khususnya *Swansoft CNC Simulator* ke dalam kerangka PjBL menyediakan ekosistem virtual yang terkontrol, aman, dan ekonomis. Simulator ini memungkinkan visualisasi jalur potong, *debugging G-code*, serta simulasi proses manufaktur tanpa risiko kerusakan peralatan. *Evidence-based findings* mengindikasikan peningkatan akurasi sintaks pemrograman hingga 40% dan percepatan *troubleshooting* sebesar 25% pada siswa yang memanfaatkan simulator (Maharani *et al.*, 2021; Muhaimin, 2020). Penggunaan simulator secara signifikan meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pembelajaran pemrograman.



Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa penerapan PjBL meningkatkan hasil belajar dan motivasi siswa dalam mengikuti pembelajaran (Taufiqurrahman & Junaidi, 2021). Pada penelitian Tantowi (2021) dengan simulator Android dan Abizar *et al.* (2020) pada Swansoft mencatat peningkatan signifikan pada minat, keaktifan, dan hasil pengujian *post-test* siswa. Siryono *et al.* (2023) dan Siregar (2024) dalam penelitiannya juga menunjukkan penggunaan simulator CNC secara signifikan meningkatkan kompetensi dan hasil belajar siswa.

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, penerapan pembelajaran dengan model *Project Based-Learning* belum sepenuhnya meningkatkan hasil belajar siswa pada mata pelajaran CNC. Keterbatasan fasilitas mesin CNC yang tersedia mengharuskan pendidik menggunakan metode ceramah dan pemberian tugas proyek sebagai alternatif pembelajaran. Namun, pendekatan tersebut dirasa kurang optimal tanpa didukung oleh media pembelajaran yang memadai, sehingga berdampak pada rendahnya tingkat pemahaman siswa terhadap materi CNC. Hal ini tercermin dari hasil belajar siswa pada semester I yang menunjukkan rata-rata nilai sebesar 80,7, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Belajar Semester I.

No.	Perolehan	Semester I
1	Nilai Tertinggi	86
2	Nilai Terendah	73
3	Nilai Rata-rata	80.7

Keterampilan praktis dan pemahaman teknologi modern menjadi aspek penting dalam dunia pendidikan, khususnya di bidang kejuruan. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan pembelajaran yang mampu mendorong siswa untuk aktif, kreatif, dan terlibat langsung dalam proses pembelajaran. Model pembelajaran *project based learning* menjadi salah satu alternatif strategis yang dapat diterapkan untuk mencapai tujuan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan model pembelajaran PjBL yang didukung dengan media simulator CNC terhadap hasil belajar siswa, serta untuk mengetahui perbedaan hasil belajar siswa antara pembelajaran menggunakan model PjBL dan simulator dengan pembelajaran konvensional.

METODE

Pendekatan penelitian ini bersifat kuantitatif dengan metode eksperimen. Menurut Soesana *et al.* (2023), penelitian eksperimen adalah penelitian ilmiah yang melibatkan dua variabel, satu sebagai konstanta dan satu lagi untuk mengamati perubahan. Desain yang digunakan adalah *one-group pretest-posttest*, dimana variabel terikat diukur sekali sebelum perlakuan (*pre-test*) dan sekali setelah perlakuan (*post-test*) pada kelompok yang sama. Desain ini memungkinkan peneliti melihat perubahan hasil belajar CNC siswa akibat intervensi meski tanpa kelompok pembandingan, sehingga perlu diperhatikan potensi ancaman validitas internal (misalnya faktor sejarah atau kematangan). Dalam penelitian ini, pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengetahui hubungan sebab akibat antara variabel bebas dan variabel terikat. Rancangan pada penelitian ini dapat lebih jelas dilihat pada Tabel 2.



Tabel 2. Desain Quasi Eksperimen dengan Desain One-Group Pre-Test Post-Test.

	Pre-Test (Semester I)	Variabel Bebas	Post-Test (Semester II)
Hasil Belajar	O ₁	X	O ₂

Keterangan:

O₁ = Hasil *Pre-test* pada akhir semester I;

O₂ = Hasil *Post-test* pada akhir semester II; dan

X = Perlakuan (diberikan perlakuan berupa pembelajaran dengan model *Project Based Learning* (PjBL) pada semester II).

Penelitian ini dilakukan di SMK IPT Karangpanas pada tahun pelajaran 2024/2025. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI pada satu program keahlian Teknik Pemesinan yang berjumlah 2 kelas, sampel penelitian terdiri dari 43 siswa kelas yang dipilih dari populasi tersebut. Sampel ini merupakan kelas eksperimen yang akan diberi perlakuan, pemilihan sampel dapat dilakukan dengan teknik *purposive sampling* atau jenuh secara menyeluruh sesuai kebutuhan penelitian.

Prosedur penelitian dilakukan dalam tiga tahap. Pertama, *pre-test* menggunakan nilai hasil belajar mata pelajaran CNC semester I sebagai data awal (data sekunder dari arsip sekolah). Selanjutnya perlakuan dengan menerapkan model PjBL dan penggunaan simulator CNC selama semester II, data *Post-test* dilakukan pada akhir semester II dengan menggunakan nilai hasil belajar mata pelajaran CNC sebagai data akhir setelah perlakuan. Data dikumpulkan dari dokumentasi nilai resmi di sekolah (data sekunder) yang mencakup nilai semester I dan semester II. Untuk memastikan bahwa data nilai semester I dan semester II yang dikumpulkan dari dokumentasi resmi sekolah secara valid merefleksikan kemampuan yang sama atau serupa, perlu diperhatikan beberapa hal penting. Pertama, pastikan bahwa kedua set data tersebut berasal dari kurikulum yang sama, sehingga indikator pembelajaran dan standar penilaiannya serupa. Kedua, jenis mata pelajaran yang dibandingkan harus konsisten, serta memiliki bobot dan cakupan materi yang sebanding antar semester. Analisis data dilakukan dengan uji normalitas hasil belajar dari dua semester, sebagai perbandingan dilakukan pengujian menggunakan uji Shapiro-Wilk. Selanjutnya, perbedaan rata-rata hasil *post-test* menggunakan uji-t *independent*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan di SMK IPT Karangpanas pada tahun ajaran 2024/2025. subjek penelitian adalah kelas XI Program Keahlian Teknik Pemesinan dengan jumlah 43 siswa. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh pada kelas XI Teknik Pemesinan dengan perbandingan pada semester I dengan model pembelajaran konvensional dan semester II dengan menggunakan model *Project Based Learning* dan penggunaan simulator, disajikan sebagai berikut:

Hasil belajar siswa dilihat dari nilai akhir semester I (*pre-test*) dan nilai akhir pada semester II (*post-test*). Hasil *pre-test* memperoleh hasil nilai minimum 73 dan nilai maksimum 86 dengan nilai rata-rata 80,7 sedangkan hasil *post-test* dari hasil belajar semester II memperoleh nilai minimum 77 dan nilai maksimum 88 dengan rata-rata nilai 82,6 setelah memperoleh perlakuan dengan model pembelajaran PjBL dan penggunaan simulator. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan hasil



belajar siswa setelah diterapkannya model pembelajaran PjBL dan penggunaan simulator, yang ditandai dengan naiknya nilai minimum, maksimum, dan rata-rata pada *post-test*. Data hasil belajar tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Belajar Siswa.

No.	Perolehan	Pre-Test (Semester I)	Post-Test (Semester II)
1	Nilai Tertinggi	86	88
2	Nilai Terendah	73	77
3	Nilai Rata-rata	80.7	82.6

Uji Normalitas

Uji normalitas data dilakukan untuk mengetahui apakah data dari sampel yang diambil mengikuti distribusi normal atau tidak. Dalam analisis menggunakan SPSS, uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk dikarenakan jumlah sampel yang sedikit. Uji ini digunakan untuk menilai apakah distribusi data yang akan dianalisis bersifat normal, dalam hal ini melibatkan 43 responden sebagai sampel. Kriteria penilaian normalitas didasarkan pada nilai signifikansi; jika nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 maka data dianggap berdistribusi normal; sebaliknya, jika nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka data dinyatakan tidak berdistribusi normal. Data hasil uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas.

<i>Tests of Normality</i>						
	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
VAR00001	.094	43	.200*	.965	43	.205
VAR00002	.138	43	.038	.958	43	.119

*This is a lower bound of the true significance.

^aLilliefors significance correction.

Berdasarkan data pada Tabel 4, hasil uji normalitas menunjukkan bahwa nilai signifikansi (sig.) sebesar 0,205. Mengacu pada kriteria pengambilan keputusan dalam uji normalitas, data dikatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa data yang dianalisis dalam penelitian ini memiliki distribusi normal.

Uji t/ Hipotesis

Tabel 5. Hasil Uji-t.

<i>Independent Samples Test</i>										
		<i>Levene Test for Equality of Variances</i>					<i>T-Test for Equality of Means</i>			
		<i>F</i>	<i>Sig.</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig. (2-tailed)</i>	<i>Mean Difference</i>	<i>Std. Error Difference</i>	<i>95% Confidence Interval of the Difference</i>	
									<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
Hasil Belajar	<i>Equal Variances Assumed</i>	.126	.724	-3.074	84	.003	-1.884	.613	-3.102	-.665
	<i>Equal Variances Not Assumed</i>			-3.074	82.900	.003	-1.884	.613	-3.103	-.665



Berdasarkan Tabel 5, diperoleh hasil uji-t dengan nilai signifikan sebesar 0,003. Jika nilai signifikansi uji $t < 0,05$ maka data H_0 ditolak dan H_1 diterima, sehingga dapat dinyatakan bahwa terdapat pengaruh dalam pembelajaran dengan model PjBL dan penggunaan simulator terhadap hasil belajar siswa.

Pembahasan

Penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada rata-rata nilai hasil belajar siswa dari 80,7 (sebelum perlakuan) menjadi 82,6 (setelah perlakuan) sebagai dampak dari penerapan model *Project-Based Learning* (PjBL) yang dikombinasikan dengan penggunaan simulator CNC. Peningkatan tersebut merefleksikan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis proyek yang dilengkapi dengan praktik melalui simulator, efektif dalam memperdalam pemahaman konseptual serta mengasah keterampilan teknis peserta didik. Uji normalitas Shapiro-Wilk menghasilkan nilai signifikansi 0,205 ($> 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal. Kedua hasil ini memenuhi syarat untuk pelaksanaan uji-t secara parametrik.

Adapun uji-t berpasangan memperlihatkan nilai t sebesar -3,074 dengan signifikansi $p = 0,003$ yang mengindikasikan adanya perbedaan yang sangat signifikan antara nilai *pre-test* dan *post-test*. Hal ini menegaskan bahwa integrasi model PjBL dengan pemanfaatan simulator CNC memiliki pengaruh positif terhadap peningkatan hasil belajar siswa dalam mata pelajaran CNC. Nilai p yang sangat kecil ($< 0,05$) menandakan bahwa perbedaan yang terjadi bukan karena kebetulan semata, melainkan merupakan akibat langsung dari intervensi pembelajaran yang diterapkan.

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian-penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Abizar *et al.* (2020) dan Ardianto *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa penggunaan simulator CNC *Swansoft* dapat meningkatkan partisipasi aktif serta capaian akademik siswa dalam pembelajaran Teknik Pemesinan. Selain itu, meta-analisis oleh Fadillah *et al.* (2021) mendukung efektivitas model PjBL dalam pendidikan vokasi, khususnya dalam mendorong motivasi intrinsik dan kemampuan berpikir kritis. Dalam konteks Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), pendekatan ini relevan dengan kebutuhan untuk mengembangkan kompetensi teknis dan kesiapan kerja lulusan sesuai dengan tuntutan Revolusi Industri 4.0 yang mengharuskan siswa mampu menerapkan keterampilan teknis secara mandiri dan kolaboratif.

Dari sisi praktis, penggunaan simulator *Swansoft* CNC menyediakan lingkungan belajar berbasis virtual yang aman, ekonomis, dan realistis, memungkinkan siswa memvisualisasikan jalur pemotongan serta melakukan *debugging G-Code* tanpa risiko kerusakan perangkat nyata. Temuan terdahulu bahkan mencatat peningkatan akurasi dalam pemrograman CNC hingga 40% dan percepatan dalam menyelesaikan permasalahan hingga 25% melalui pendekatan berbasis simulasi. Dengan demikian, integrasi antara PjBL dan simulator CNC mendukung pembelajaran aktif, reflektif, dan kontekstual, serta memberikan pengalaman belajar yang bermakna. Implikasi praktisnya, guru SMK dapat mengadopsi model ini untuk meningkatkan mutu pengajaran dan mempersiapkan siswa secara lebih optimal menghadapi tantangan dunia kerja berbasis teknologi. Hal ini mendorong proses pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan industri.



SIMPULAN

Penelitian ini menemukan bahwa penerapan model Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) yang didukung penggunaan simulator CNC (*Swansoft*) memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar siswa pada mata pelajaran CNC. Rata-rata nilai *post-test* (82,6) secara signifikan lebih tinggi dibanding rata-rata *pre-test* (80,7). Hasil uji-t menunjukkan peningkatan tersebut bukan kebetulan ($p = 0,003$), yang menegaskan efektivitas pendekatan tersebut dalam meningkatkan pencapaian akademik. Dengan demikian, model PjBL yang dipadukan dengan simulator CNC terbukti secara empiris memperbaiki hasil belajar siswa. Demi meningkatkan efektivitas pembelajaran CNC di SMK, pendidik disarankan untuk mengadopsi model PjBL yang terintegrasi dengan simulator CNC. Guru diharapkan merancang proyek kontekstual, memanfaatkan simulator seperti *Swansoft* CNC, serta menerapkan evaluasi formatif secara berkala. Selain itu, partisipasi dalam pelatihan dan kerja sama dengan industri perlu dilakukan, guna menyelaraskan materi ajar dengan kebutuhan dunia kerja. Langkah-langkah ini diharapkan mampu mengoptimalkan hasil belajar siswa secara lebih relevan dan terukur.

SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan simpulan, disarankan agar pendidik SMK mengintegrasikan model *Project-Based Learning* (PjBL) dengan penggunaan simulator CNC seperti *Swansoft* untuk meningkatkan keterampilan teknis dan pemahaman konseptual siswa. Sekolah perlu menyediakan fasilitas pendukung dan pelatihan guru, sementara kolaborasi dengan dunia industri juga penting untuk menjaga relevansi kurikulum. Selain itu, evaluasi formatif perlu diterapkan secara berkala, guna memantau kemajuan belajar. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperluas cakupan studi serta mengeksplorasi efektivitas pendekatan ini di berbagai konteks pembelajaran vokasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan artikel ini, sehingga dapat berjalan lancar. Ucapan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah membimbing selama penelitian ini berjalan sampai penelitian ini selesai, serta kepada Kepala Sekolah SMK IPT Karangpanas beserta jajarannya yang telah memfasilitasi dalam pelaksanaan penelitian ini sehingga berjalan lancar dan selesai.

DAFTAR RUJUKAN

- Abizar, H., Fawaid, M., Nurhaji, S., & Pambudi, A. R. (2020). Efektivitas Pembelajaran Praktik CNC Menggunakan *Swansoft* Simulator pada Keaktifan Belajar Siswa. *Taman Vokasi*, 8(1), 36-48. <https://doi.org/10.30738/jtv.v8i1.7619>
- Ardianto, D. A. Y., Helmi, N., & Indrawan, E. (2021). Efektivitas Penggunaan CNC Simulator untuk Meningkatkan Hasil Belajar pada Pembelajaran Teknik Pemesinan NC/CNC dan CAM Kelas XII SMK Negeri 1 Bukittinggi. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 3(4), 62-67. <https://doi.org/10.24036/vomek.v3i4.246>



- BSKAP. (2024). *Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka*. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.
- Fadillah, R., Ambiyar, A., Giatman, M., Fadhilah, F., Muskhir, M., & Effendi, H. (2021). *Meta Analysis: Efektivitas Penggunaan Metode Project Based Learning dalam Pendidikan Vokasi*. *Jurnal Pedagogi dan Pembelajaran*, 4(1), 138-147. <https://doi.org/10.23887/jp2.v4i1.32408>
- Kamaludin, M., Hafid, D., & Setiawan, H. (2022). Model *Project Based Learning* secara Daring Menggunakan *Software CAM* Mata Pelajaran Teknik Pemesinan CNC/CAM. *Desanta : Indonesian of Interdisciplinary Journal*, 3(1), 325-333.
- Maharani, S., Gistituati, N., Hadiyanto, H., & Ermita, E. (2021). Persepsi Siswa tentang Kemampuan Pengelolaan Kelas Guru di SMK Negeri 1 Painan. *Journal of Educational Administration and Leadership*, 2(1), 36-40. <https://doi.org/10.24036/jeal.v2i1.101>
- Muhaimin, A. (2020). Penerapan *Project Based Learning* dengan Pendekatan STEM dalam Upaya Meningkatkan Kemampuan Menyusun Program CNC pada Kelas XI Teknik Pemesinan SMK Negeri 3 Mataram. *Journal of Classroom Action Research*, 2(2), 91-100. <https://doi.org/10.29303/jcar.v2i2.465>
- Pokhrel, S. (2024). Aplikasi Tiktok dalam Penyampaian Pesan Edukasi Islam pada Peserta Didik Kelas VIII SMPN 1 Mattiro Bulu Kab. Pinrang. *Ayan*, 15(1), 37-48.
- Rombe, Y. (2021). Penerapan Model *Problem Based Learning* dalam Mata Pelajaran Teknik Las SMAW untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Kreatif Online (JKO)*, 9(1), 53-60. <https://doi.org/10.22487/jko.v9i1.771>
- Safnowandi, S. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran *Contextual Teaching and Learning* (CTL) terhadap Hasil Belajar Kognitif dan Literasi Sains Siswa. *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(1), 40-54. <https://doi.org/10.32938/jbe.v6i1.831>
- Sari, D. F. (2023). Peningkatan Mutu Pendidikan Kejuruan pada Era Pembelajaran Abad ke-21 untuk Menjawab Tantangan Industri 4.0. *Sang Acharya : Jurnal Profesi Guru*, 4(1), 71-79. <https://doi.org/10.25078/sa.v4i1.3234>
- Siregar, M. T. (2024). Pengaruh Penggunaan Metode Simulasi untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Materi Pokok *Akhlakul Mahmudah dan Akhlakul Mazmumah*. *Jurnal Ilmu Tarbiyah dan Keguruan*, 2(2), 177-182.
- Siryono, R., Santosa, B., & Susatya, E. (2023). The Effect of Using a CNC Simulator in Learning the Mechanical Engineering Skills Program. *International Journal of Social Health*, 2(10), 799-815. <https://doi.org/10.58860/ijsh.v2i10.117>
- Soesana, A., Subakti, H., Salamun, S., Tasrim, I. W., Karwanto, K., Falani, I., Bukidz, D. P., & Pasaribu, A. N. (2023). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: CV. Media Sains Indonesia.
- Tantowi, R. A. (2021). Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Aplikasi CNC



Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan

E-ISSN 2808-246X; P-ISSN 2808-3636

Volume 5, Issue 3, July 2025; Page, 420-428

Email: pantherajurnal@gmail.com

Simulator Android terhadap Minat dan Hasil Belajar Siswa Teknik Pemesinan Kelas XI SMK Negeri 4 Palembang. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.

Taufiqurrahman, T., & Junaidi, J. (2021). Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project-Based Learning*) untuk Mengembangkan Keterampilan Abad 21. *International Journal of Educational Resources*, 2(2), 225-241. <https://doi.org/10.59689/incare.v2i2.255>