

## MODEL PROJECT BASED LEARNING SECARA DARING MENGUNAKAN SOFTWARE CAM MATA PELAJARAN TEKNIK PEMESINAN CNC/ CAM

Muhamad Kamaludin<sup>1</sup>, Dadang Hafid<sup>2</sup>, Heri Setiawan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Sebelas April

Email: [mkamaludin@unsap.ac.id](mailto:mkamaludin@unsap.ac.id)<sup>1</sup>, [dadanghafid\\_fkip@unsap.ac.id](mailto:dadanghafid_fkip@unsap.ac.id)<sup>2</sup>,  
[herie.mesinx011@gmail.com](mailto:herie.mesinx011@gmail.com)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Kondisi pandemi Covid19 menuntut diberlakukannya pembatasan sosial, termasuk dalam bidang pendidikan, diantaranya adanya pembatasan aktivitas tatap muka dalam proses pembelajaran, situasi saat ini proses pembelajaran dilaksanakan secara daring (dalam jaringan), sehingga diperlukan pendekatan pedagogis baru, media pembelajaran yang tepat, dengan desain dan simulasi dalam proses pembelajaran sehingga dapat mengoptimalkan hasil belajar siswa. Model pembelajaran yang diperkirakan sesuai untuk pembelajaran teknik pemesinan CNC dan CAM adalah model Project Based Learning (PJBL) melalui alat bantu Software CAM yaitu mastercam X5. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen, dengan desain pre eksperimen design one group pre test-post test. Instrumen yang digunakan berupa pre test, post test dan jobsheet, dapat disimpulkan bahwa proses pembelajaran menggunakan model PJBL melalui alat bantu Software mastercam X5 dapat dikategorikan baik, berjalan dengan lancar dan tertib juga berpengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan hasil belajar siswa pada materi CNC dan CAM di SMK.

**Kata Kunci:** Model pembelajaran; Project Based Learning; PJBL; Software; teknik pemesinan; CNC dan CAM; daring; Covid19

### ABSTRACT

The Covid19 pandemic condition demands the implementation of social restrictions, including in the field of education, including the limitation of face-to-face activities in the learning process, the current situation of the learning process is carried out online (in the network), so a new pedagogical approach is needed, appropriate learning media, with design and simulation in the learning process so as to optimize student learning outcomes. The learning model that is estimated to be suitable for learning CNC and CAM machining techniques is the Project Based Learning (PJBL) model through the CAM software tool, namely Mastercam X5. The research method used is an experimental research method, with a pre-experimental design, one group pre-test-post-test design. The instruments used in the form of pre-test, post-test and jobsheet, it can be concluded that the learning process using the PJBL model through the Mastercam X5 software can be categorized as good, runs smoothly and orderly also has a positive and significant effect on improving student learning outcomes on CNC and CAM materials in SMK.

**Keywords:** Learning Model; Project Based Learning; PJBL; Mechanical Engineering; CNC and CAM

## PENDAHULUAN

Pembelajaran adalah kegiatan yang dirancang untuk mendukung proses belajar peserta didik. Kurikulum mengisyaratkan adanya sejumlah mata pelajaran/bidang studi dan isi pelajaran yang harus diselesaikan oleh siswa (Dimiyati dan Mudjiono, 2006). Kurikulum yang digunakan dalam pembelajaran di SMK adalah kurikulum 2013. Kurikulum 2013 ini merupakan Pengembangan Kurikulum Berbasis Kompetensi yang telah dirintis pada tahun 2004 dengan mencakup kompetensi ranah kognitif, afektif, dan psikomotor. Kurikulum ini dirumuskan dan dikembangkan untuk menghasilkan lulusan sekolah yang cerdas, kreatif, inovatif, memiliki kepercayaan diri sebagai individu maupun sebagai bangsa, serta toleran.

Tujuan pengembangan kurikulum 2013 terutama adalah untuk mengatasi masalah dan tantangan berupa kompetensi riil yang dibutuhkan oleh dunia kerja, globalisasi ekonomi pasar bebas, membangun kualitas manusia Indonesia yang berakhlak mulia, dan menjadi warga negara yang bertanggung jawab. Pada hakikatnya pengembangan kurikulum 2013 adalah upaya yang dilakukan melalui salah satu elemen pendidikan, yakni kurikulum untuk memperbaiki kualitas hidup dan kondisi sosial bangsa Indonesia secara lebih luas.

Dalam kurikulum 2013 di SMK atau sekolah menengah kejuruan, pembelajaran praktik merupakan suatu proses untuk meningkatkan keterampilan peserta didik dengan menggunakan berbagai metode yang sesuai dengan keterampilan yang diberikan dan peralatan yang digunakan. Selain itu, pembelajaran praktik merupakan suatu proses pendidikan yang berfungsi membimbing peserta didik secara sistematis dan terarah untuk dapat melakukan suatu keterampilan.

Praktik merupakan upaya untuk memberi kesempatan kepada peserta didik mendapatkan pengalaman langsung. Ide dasar belajar berdasarkan pengalaman mendorong peserta didik untuk merefleksi atau melihat kembali pengalaman-pengalaman yang mereka pernah alami. Pada Kurikulum 2013 dalam pembelajaran Teknik Pemesinan banyak sekali mata pelajaran yang berkaitan dengan pembelajaran praktik. Satu diantara beberapa mata pembelajaran praktik yang harus dikuasai oleh siswa SMK Teknik Pemesinan adalah Teknik Pemesinan CNC dan CAM.

Sebagai pengajar dan pendidik, guru diharapkan melakukan pendekatan pedagogis baru dengan harapan untuk perkembangan siswa (Potvin, 20021), guru harus bisa meningkatkan kegiatan belajar-mengajar diantaranya berinovasi menerapkan model-model dan media pembelajaran aktif, atraktif dan inovatif agar pembelajaran menjadi lebih menarik dan aktivitas siswa menjadi meningkat. Diantaranya dengan menerapkan model project based learning dan media peraga sebagai suatu alternatif untuk meningkatkan sikap (afektif), pengetahuan (kognitif), dan ketrampilan (psikomotorik) siswa.

Pembelajaran inovatif muncul sebagai respons terhadap perubahan yang sangat kompleks. Kompleksitas ini menciptakan kebutuhan akan keterampilan pada mereka yang terlibat dalam mendesain pembelajaran (Goodyear, 2015), dan permintaan akan pengetahuan yang jelas dan nyata dan dapat ditindaklanjuti dengan memikirkan dan merancang suatu desain (Yeoman, 2019), yang mengartikulasikan kontribusi unik dari desain terhadap pengetahuan (Cash, 2018).

Project Based Learning merupakan model pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada guru untuk mengelola pembelajaran di kelas dengan melibatkan kerja proyek. Mengingat bahwa masing-masing peserta didik memiliki gaya yang berbeda, maka pembelajaran berbasis proyek memberikan para peserta didik untuk menggali konten (materi) dengan menggunakan

berbagai cara yang bermakna dirinya. Peran guru dalam pembelajaran berbasis proyek sebaiknya sebagai fasilitator, pelatih, penasihat dan perantara untuk mendapatkan hasil yang optimal sesuai dengan daya imajinasi, kreasi dan inovasi dari siswa.

PBL dapat dijadikan sebagai wahana untuk pemerataan pengalaman dibidang pendidikan dan telah diakui sebagai sarana untuk mendukung siswa dalam mengembangkan kompetensi di semua bidang studi (Baines et al., 2015) dengan menciptakan ruang belajar yang relevan dan otentik (Boardman, Garcia, Dalton, & Polman, 2021; Polman, 2012) dan dengan menekankan pengembangan keterampilan sesungguhnya (Chen & Yang, 2019; Condliffe et al., 2017; Grossman et al., 2019).

Efektivitas pendekatan PBL untuk siswa dan guru menunjukkan bahwa PBL layak untuk diterapkan dalam waktu jangka panjang di kelas dan sekolah, pembelajaran melalui PBL membuat pengalaman belajar lebih bermakna bagi siswa (Ruslan et al., 2021). Namun penerapan PBL yang berkualitas tinggi bukanlah tugas yang mudah, pembelajaran tradisional telah memainkan peran yang berlaku di mana guru adalah "pemancar pengetahuan" sementara siswa bertindak sebagai "penerima informasi" (Alorda, 2011). Meskipun PBL popularitasnya meningkat, beberapa guru sepertinya memiliki sumber daya dan pengetahuan yang diperlukan untuk menerapkan PBL yang ketat (Baines et al., 2015).

Banyak penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa ketika hasil siswa positif dan guru serta siswa menganggap PBL menarik dan relevan, pergeseran ke PBL cukup signifikan dan membutuhkan dukungan pembelajaran yang profesional dan ekstensif (Saavedra et al., 2021). Aspek PBL seperti memfasilitasi kerja kelompok, dan menciptakan pengalaman yang berpusat pada siswa melibatkan cara-cara baru untuk mengatur lingkungan belajar (Polman, 2000) yang menantang didalam ruang kelas (Kokotsaki et al., 2016).

Saat ini di Indonesia dan diseluruh dunia sedang mengalami wabah virus corona. Virus Corona atau Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) adalah virus yang menyerang sistem pernapasan. Dengan adanya wabah virus corona ini, semua kegiatan pembelajaran diliburkan sehingga semua siswa diharuskan untuk belajar dirumah sesuai dengan surat edaran yang dikeluarkan pemerintah pada 18 Maret 2020 segala kegiatan di dalam dan di luar ruangan di semua sektor sementara waktu ditunda demi mengurangi penyebaran virus corona terutama pada bidang pendidikan.

Menteri Pendidikan Nadiem Anwar Makarim menerbitkan Surat Edaran yang disebarakan kepada kepala Dinas pendidikan Provinsi dan Kabupaten dengan Nomor 3 Tahun 2020 pada Satuan Pendidikan dan Nomor 36962/MPK.A/HK/2020 tentang Pelaksanaan Pendidikan dalam Masa Darurat Coronavirus Disease (COVID-19) maka kegiatan belajar dilakukan secara daring (online) dalam rangka pencegahan penyebaran coronavirus disease (COVID-19) sampai dengan sekarang pembelajaran masih daring.

Pembelajaran daring adalah pembelajaran yang dilakukan tanpa melakukan tatap muka, tetapi melalui platform yang telah tersedia. Dengan pembelajaran daring peserta didik memiliki keleluasaan dalam waktu belajar, dapat belajar kapanpun dan dimanapun. Pembelajaran daring saat ini merupakan solusi dalam masa pandemi ini, namun pembelajaran daring tidak semudah yang dibayangkan.

Terdapat kendala yang dialami oleh siswa terutama dalam mata pelajaran teknik pemesinan CNC karena pada dasarnya didominasi oleh aspek psikomotorik (keterampilan). Di dalam praktikumnya siswa terbatas dalam melakukan kegiatan praktik keterampilan yang dirumahnya tidak memiliki mesin CNC, selain itu daya serap siswa dalam mempelajari materi

tidak semudah dengan apa yang dilihat, bahwa siswa membutuhkan waktu untuk beradaptasi dalam menghadapi perubahan baru yang secara tidak langsung akan mempengaruhi daya serap belajar khususnya dalam penerapan teori (Kognitif).

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen, yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali dan merupakan suatu cara untuk mengetahui hubungan kausal antara dua faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti dengan mengeliminasi faktor-faktor lain yang mengganggu (Arikunto, 2015). Penelitian ini digunakan untuk mengetahui pengaruh perlakuan media pembelajaran terhadap hasil belajar dengan mengeliminasi faktor-faktor yang lain. Desain penelitian ini adalah penelitian pre experimental designs dengan bentuk penelitian one group pre-test posttest design, dalam penelitian pre experimental design masih terdapat variabel luar yang ikut berpengaruh terhadap terbentuknya variable devenden (Jakni, 2016). Sampel penelitian dalam pre experimental designs, terlebih dahulu diberikan tes awal (pre-test) untuk mengetahui sejauh mana kemampuan awal siswa sebelum diberikan perlakuan (treatment). Setelah diberikan tes awal (pre-test) selanjutnya sampel tersebut diberikan perlakuan (treatment) dengan menggunakan bantuan software Mastercam x5. Setelah selesai pembelajaran Teknik Pemesinan CNC dan CAM dengan menggunakan software Mastercam x5 selanjutnya sampel diberikan tes akhir (post test) untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pembelajaran Teknik Pemesinan CNC dan CAM dengan menggunakan penerapan project based learning dengan menggunakan software Mastercam x5 terhadap hasil belajar yang telah dilaksanakan. Penelitian ini menggunakan satu kelas dengan metode daring sebagai obyek penelitian. Sampel adalah bagian yang dimiliki oleh populasi (Sugiyono, 2011). Sampel yang diambil pada penelitian ini dipilih dengan teknik Purposive sampling dengan pengambilan sampel secara sengaja sesuai dengan persyaratan sampel yang diperlukan purposive sampling. Teknik pengambilan data pada penelitian ini menggunakan tes dan dokumentasi. Tes merupakan alat pengumpul informasi yang bersifat lebih resmi karena penuh dengan batasan-batasan (Arikunto, 2015) yang dilakukan secara daring dengan mencakup ranah kognitif, afektif dan psikomotor. Dokumentasi merupakan setiap bahan tertulis atau tidak tertulis yang dapat membuktikan suatu kejadian atau peristiwa sesuai dengan data dan fakta yang ada (Jakni, 2016). Teknik ini digunakan untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam penelitian diantaranya arsip sekolah, perencanaan pembelajaran, dan data guru, nilai hasil pretes dan postes serta dokumentasi belajar siswa.

Teknik pengolahan atau analisis data dilakukan dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut: Menghitung nilai N-Gain, data yang telah diperoleh digunakan untuk mengukur hasil belajar siswa. Data tersebut diperoleh dari tes awal (pre test) sebelum pembelajaran dan tes akhir (post test) setelah pembelajaran dilaksanakan. Setelah nilai hasil pre test dan post test diperoleh dari hasil penskoran, maka selanjutnya akan dihitung rata-rata peningkatan hasil belajar siswa yaitu dengan perhitungan N-Gain. N-Gain adalah normalisasi gain, gain biasa disebut perolehan, yaitu dari hasil pre test dan post test, perhitungan nilai N-Gain dilakukan untuk melihat rata-rata peningkatan hasil belajar belajar siswa. Selanjutnya, perolehan normalisasi N-Gain diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu:

Tabel 1. Klasifikasi Nilai N-Gain

Rentang Nilai	Klasifikasi
$g \geq 0.7$	Tinggi
$0.7 > g \geq 0.3$	Sedang
$g < 0.3$	Rendah

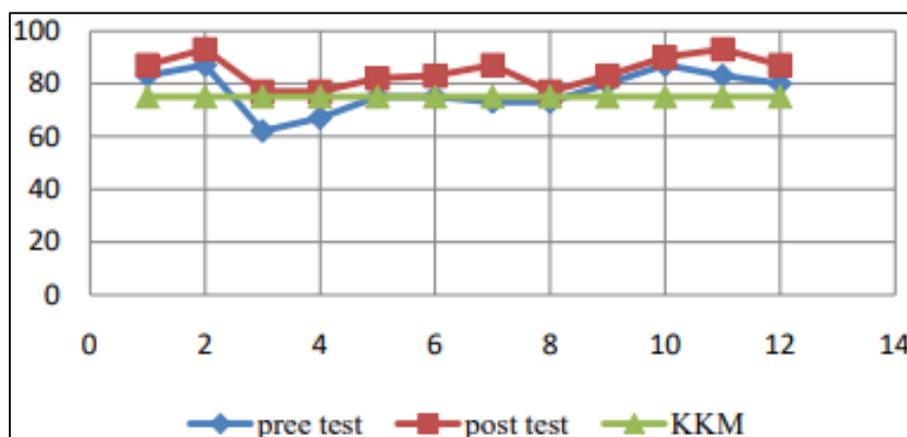
Uji normalitas data dilakukan untuk mengetahui apakah data penelitian yang digunakan berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas dilakukan setelah data yang didapatkan secara keseluruhan dan telah terkumpul melalui instrumen penelitian. Hal ini penting untuk menentukan jenis statistik yang nantinya akan digunakan untuk mengolah data. Maka dari itu, sampel yang diperoleh harus diuji coba normalitasnya. Jika data berdistribusi normal, maka statistik yang digunakan adalah statistik parametrik. Sedangkan jika data berdistribusi tidak normal, maka statistik yang digunakan adalah non-parametrik. Dalam penelitian ini, uji normalitas menggunakan rumus Chi-Kuadrat.

Uji Koefisien Regresi digunakan untuk melihat keeratan antara variabel dan pengujian ini untuk mengukur besarnya serta arah dari hubungan antar variabel tersebut. Pada uji regresi dalam penelitian ini menggunakan rumus regresi linear sederhana.

Uji koefisien korelasi merupakan suatu analisis yang digunakan untuk mengukur tingkat hubungan antara variabel X (metode *project based learning*) terhadap variabel Y (hasil belajar). Dari hasil uji normalitas, jika data yang akan dianalisis berdistribusi normal, maka digunakan statistik parametrik dan jika datanya tidak berdistribusi normal, maka digunakan statistik non parametrik. Pada penelitian ini perhitungan yang dipakai dalam menghitung koefisien korelasi adalah dengan teknik kolerasi product moment.

## PEMBAHASAN

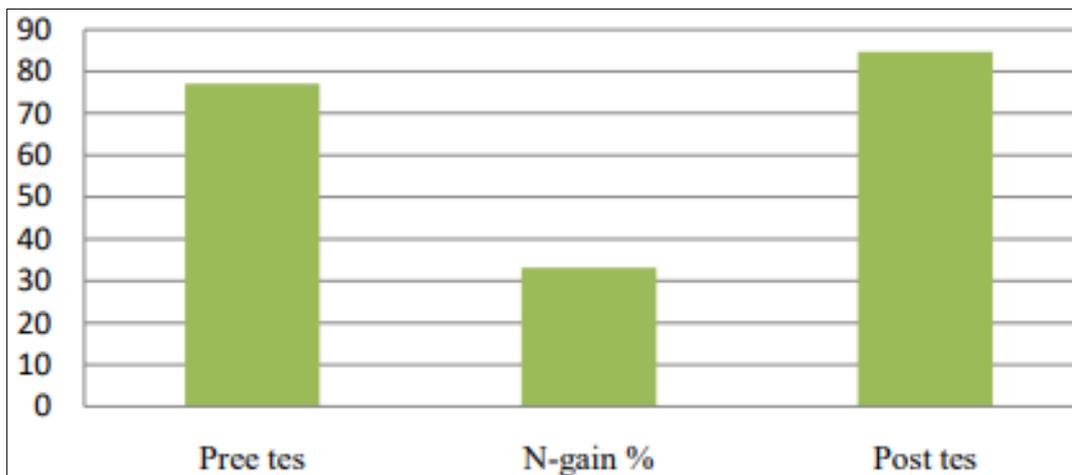
Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, dapat dilihat hasil belajar siswa sebelum menggunakan metode *project based learning* dengan bantuan *software mastercam* dan setelah menggunakan metode *project based learning* dengan bantuan *software mastercam* dalam grafik hasil belajar siswa dibawah ini:



Gambar 1. Grafik Hasil Belajar

Dari hasil perhitungan N-Gain dihasilkan peningkatan hasil belajar siswa sebesar 0,33 atau dalam persentase sebesar 33%, jika melihat pada tabel interpersi indeks N-Gain nilai 0,33 berada pada kategori sedang karena  $g \geq 0,3$ .

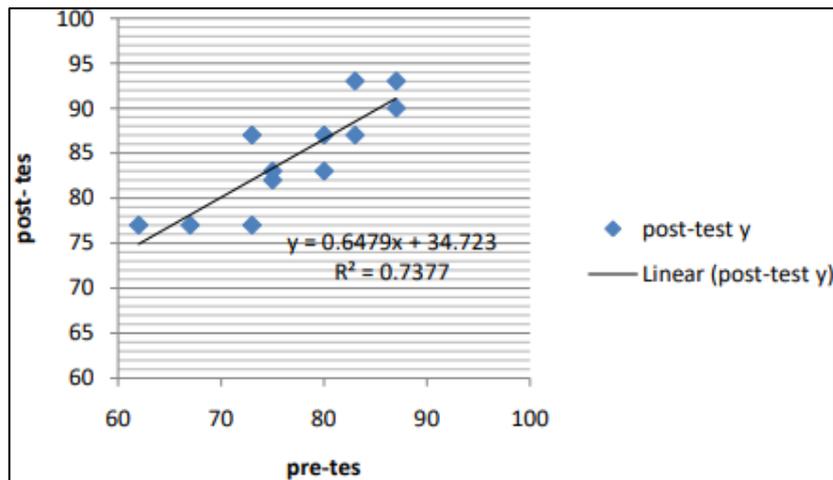
Jadi dapat disimpulkan bahwa hasil belajar siswa sebelum menggunakan metode *project based learning* dengan bantuan *software mastercam* dan setelah menggunakan metode *project based learning* secara daring dengan bantuan *software mastercam* mengalami peningkatan dengan kategori sedang. Untuk lebih jelasnya peningkatan hasil belajar siswa dapat dilihat pada diagram dibawah ini:



**Gambar 2.** Diagram Peningkatan hasil Belajar

Berdasarkan uji normalitas pre test dan post test, diketahui bahwa  $x^2_{hitung} < x^2_{tabel}$  maka data berdistribusi normal, jika  $x^2_{hitung} > x^2_{tabel}$  maka data tidak berdistribusi normal. Pada nilai *pre test*  $x^2_{hitung}$  adalah 2,1905 sedangkan  $x^2_{tabel}$  adalah 9,49 dan pada nilai *post test*  $x^2_{hitung}$  adalah 0,8796 sedangkan  $x^2_{tabel}$  adalah 7,81. Artinya, nilai *pre test* dan *post test* berdistribusi normal hal itu karena  $x^2_{hitung}$  lebih kecil dari  $x^2_{tabel}$ .

Selanjutnya dilakukan uji koefisien regresi pada data *pre test* dan *post test* untuk mengetahui bagaimana hubungan antara variable penelitian. Setelah dilakukan perhitungan diperoleh harga koefisien regresi  $a = 34,723$  dan  $b = 0,6479$ . Dari hasil tersebut, maka diperoleh persamaan umum regresi sederhana data nilai hasil belajar setelah menggunakan metode penerapan *project based learning* secara daring dengan menggunakan software mastercam x 5 pada mata pelajaran teknik pemesinan CNC dan CAM kelas XI Teknik Pemesinan SMK M Kabupaten Sumedang tahun pelajaran 2020/2021 yaitu  $Y = 34,723 + 0,6479X$  Persamaan umum regresi sederhana yang didapat dari hasil perhitungan, selanjutnya dapat digunakan untuk memprediksi nilai hasil belajar setelah metode penerapan *project based learning* secara daring dengan menggunakan *software mastercam x 5* (Y) apabila nilai hasil belajar (X) diketahui.



Gambar 3. Grafik Regresi

Uji t digunakan untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran *project based learning* dengan bantuan *software mastercam* terhadap peningkatan hasil belajar siswa pada materi CNC. Uji ini dilakukan setelah diketahui bahwa kedua data penelitian berdistribusi normal. Dari hasil pengolahan data uji t, diperoleh  $t_{hitung} = 5,26$  sedangkan  $t_{tabel} = 2,228$ . Bila kita bandingkan ternyata  $t_{hitung} 5,26 > t_{tabel} 2,228$ . Maka  $H_1$  diterima artinya terdapat pengaruh yang signifikan antara model pembelajaran *project based learning* dengan bantuan *software mastercam* terhadap peningkatan hasil belajar siswa pada materi CNC pada siswa kelas XI teknik pemesinan SMK M kabupaten Sumedang tahun pelajaran 2020/2021. Penggunaan model pembelajaran *project based learning* dengan bantuan *software mastercam* dalam pembelajaran teknik pemesinan CNC dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Hal tersebut dibuktikan dengan pencapaian nilai rata-rata yaitu 85.

Dengan demikian, model penerapan *project based learning* dengan bantuan *software mastercam* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan hasil belajar siswa pada materi. Dengan digunakan metode model pembelajaran *project based learning* walaupun dengan situasi dan kondisi pembelajaran menggunakan metode daring terjadi perubahan hasil belajar.

## KESIMPULAN

Terdapat pengaruh yang signifikan antara model pembelajaran *project based learning* dengan menggunakan *software mastercam* terhadap peningkatan hasil belajar siswa pada materi CNC pada siswa kelas XI teknik pemesinan SMK M Kabupaten Sumedang tahun pelajaran 2020/2021. Penggunaan model pembelajaran *project based learning* dengan menggunakan *software mastercam* dalam pembelajaran teknik pemesinan CNC dapat meningkatkan hasil belajar siswa. Hal tersebut dibuktikan dengan pencapaian nilai awal rata-rata yaitu 75 menjadi nilai akhir rata-rata yaitu 85. Sesuai dengan perhitungan N-gain peningkatan hasil belajar siswa sebesar 0,33 atau dalam persentase sebesar 33%.

Berdasarkan simpulan di atas, peneliti menyampaikan beberapa saran dalam rangka meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah: Penggunaan model pembelajaran *project based learning* secara daring dengan menggunakan *software mastercam* pembelajaran dapat dijadikan sebagai salah satu media alternatif dalam pemilihan pendekatan pembelajaran

karena berdasarkan hasil penelitian pembelajaran menggunakan model tersebut terbukti berpengaruh efektif dalam meningkatkan hasil belajar, khususnya dalam mata pelajaran teknik pemesinan CNC dan CAM. Perkembangan teknologi memungkinkan adanya kolaborasi pembelajaran jarak jauh dengan menggunakan berbagai aplikasi. Aplikasi yang disarankan adalah seperti aplikasi *whatsapp*, *telegram*, *edmodo*, *zoom*, *microsoft teams*, *google classroom*, dan sebagainya meskipun pendidikan hanya meliputi pendidikan aspek kognitif dan psikomotor saja. Penelitian ini sifatnya hanya terbatas pada pembelajaran CNC dengan menggunakan *software mastercam x5*. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lain dengan materi pembelajaran yang berbeda. Dengan demikian, tingkat efektivitas dan keberhasilan penerapan model pembelajaran *project based learning* secara daring dengan menggunakan *software mastercam x5* tidak diragukan lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alorda, B., Suenaga, K., & Pons, P. (2011). *Design and evaluation of a microprocessor course combining three cooperative methods: SDLA, PBL and CnBL*. *Computers & Education*, 57(3), 1876–1884. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.004>
- Arikunto, Suharsimi. (2015). *Dasar – Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Baines, A., DeBarger, A. H., De Vivo, K., Warner, N., Brinkman, J., & Santos, S. (2015). What is rigorous project-based learning? [LER position paper 1]. Lucas education
- Boardman, A. G., Garcia, A., Dalton, B., & Polman, J. L. (2021). *Compose Our World: Project-based learning in secondary English language arts*. New York: Teachers College Press.
- Cash, P. J. (2018). Developing theory-driven design research. *Design Studies*, 56, 84e119. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2018.03.002>.
- Chen, C. H., & Yang, Y. C. (2019). Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis investigating moderators. *Educational Research Review*, 26(1), 71e81. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.11.001>
- Condliffe, B., Quint, J., Visher, M. G., Bangser, M. R., Drohojowska, S., Saco, L., & Nelson, E. (2017). Project-based learning: A literature review (working paper). MDRC. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED578933.pdf>.
- Dimiyati dan Mudjiono. (2006). *Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: Rineka cipta.
- Goodyear, P. (2015). Teaching as design. *HERDSA Review of Higher Education*, 2, 27e50. <http://www.herdsa.org.au/herdsa-review-higher-education-vol-2/27-50>.
- Grossman, P., Dean, C. G. P., Kavanagh, S. S., & Herrmann, Z. (2019). Preparing teachers for project-based teaching. *Phi Delta Kappan*, 100(7), 43e48. <https://doi.org/10.1177/0031721719841338>.
- Jakni. (2016). *Metodologi penelitian eksperimen bidang pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267e277. <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>.
- Polman, J. L. (2000). *Designing project-based science: Connecting learners through guided inquiry*. New York, NY: Teachers College Press.
- Polman, J. L. (2012). Trajectories of participation and identification in learning communities involving disciplinary practices. In D. Yun Dai (Ed.), *Design research on learning and thinking in educational settings: Enhancing intellectual growth and functioning* (pp. 225e242). New York, NY: Routledge.

- Potvin, A. S., Boardman, A. G., & Stamatis, K. (2021). Consequential change: Teachers scale project-based learning in English language arts. *Teaching and Teacher Education*, 107, 103469. doi:10.1016/j.tate.2021.103469
- Ruslan, M. S. H., Bilad, M. R., Noh, M. H., & Sufian, S. (2021). Integrated project-based learning (IPBL) implementation for first year chemical engineering student: DIY hydraulic jack project. *Education for Chemical Engineers*, 35, 54–62. doi:10.1016/j.ece.2020.12.002
- Saavedra, A. R., Liu, Y., Haderlein, S. K., Rapaport, A., Garland, M., Hoepfner, D., Morgan, K. L., & Hu, A. (2021). Knowledge in Action efficacy study over two years. *Technical Appendices*.
- Sugiyono. (2011). *Statistika untuk penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Surat Edaran mendikbud Nomor 3 Tahun (2020) S.E [Online] Tersedia : <https://www.kemdikbud.go.id/main/blog/2020/03/se-mendikbud-pembelajaransecara-daring-dan-bekerja-dari-rumah-untuk-mencegah-penyebaran-covid19> [21 mei 2021].
- Yeoman, P., & Carvalho, L. (2019). Moving between material and conceptual structure: Developing a card-based method to support design for learning. *Design Studies*, 64, 64–89. doi:10.1016/j.destud.2019.05.003