

Al-Khidma: Jurnal Pengabdian Masyarakat
E-ISSN: 2807-7903
Vol. 6 No. 4 Oktober 2026
Journal home page: https://jurnal.stiq-amuntai.ac.id/index.php/Al-khidma

Optimalisasi Kompetensi Manufaktur Modern Siswa SMK Melalui Pelatihan Pemrograman dan Operasional CNC Milling

Rizal Indrawan[1]✉, Dhika Aditya Purnomo[2], Tri Andi Setiawan[3], Fipka Bisono[4], Ridhani Anita Fajardini[5], Ressa Ramadhita[6]

[1,2,3,4,5,6]Politekniuk Perkapalan Negeri Surabaya

✉[1]rizal11307@ppns.ac.id, [2]adityadhika@ppns.ac.id, [3]triandi@ppns.ac.id, [4]fipka@ppns.ac.id, [5]ridhanianita@ppns.ac.id, [6]ressadhita@ppns.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted: 13 Jul. 2026
Revised: 1 Sep. 2026
Accepted: 1 Okt. 2026
Published: 25 Okt. 2026

Kata Kunci:

Akselerasi Kompetensi, CNC *Milling*, Pemrograman Mesin, Pendidikan Vokasi

Keywords:

Competency Acceleration, CNC Milling, Machine Programming, Vocational Education

Doi:

10.35931/ak.v6i4.7194

ABSTRAK

Kesiapan kerja lulusan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di sektor industri manufaktur sangat dipengaruhi oleh penguasaan mereka terhadap teknologi Computer Numerical Control (CNC). Sayangnya, keterbatasan durasi praktik dan akses terhadap mesin modern di sekolah sering kali menghambat penguasaan aspek krusial ini. Merespons tantangan tersebut, program pengabdian masyarakat ini dilaksanakan dengan tujuan mendongkrak kapabilitas siswa dalam aspek pemrograman sekaligus pengoperasian mesin CNC milling. Kegiatan ini menggandeng 30 siswa Jurusan Teknik Pemesinan di SMKN Tambakboyo Tuban sebagai mitra utama. Dalam pelaksanaannya, program ini menerapkan skema tiga langkah, meliputi orientasi awal dan sinkronisasi materi, transfer keahlian melalui bedah teori kode pemrograman (G-code/M-code) yang dikombinasikan dengan demonstrasi penanganan mesin, serta asesmen performa di akhir sesi. Hasil evaluasi kuantitatif membuktikan terjadinya akselerasi kompetensi yang signifikan; pemahaman kognitif siswa melonjak sebesar 80,2% dari nilai rata-rata pre-test 45,5 menjadi 82,0 pada post-test. Sementara pada asesmen psikomotorik (unjuk kerja), siswa meraih nilai rata-rata 88,5 dari skala 100. Para siswa kini terbukti mampu menerjemahkan kode gambar menjadi instruksi kerja mesin serta mengeksekusi operasional CNC milling sesuai kaidah keselamatan kerja (K3). Implementasi program ini terbukti efektif memberikan akselerasi nyata pada kompetensi vokasi siswa demi menyelaraskan kemampuan mereka dengan standar kebutuhan industri modern.

ABSTRACT

The workforce readiness of Vocational High School (SMK) graduates in the manufacturing sector is heavily influenced by their mastery of Computer Numerical Control (CNC) technology. Unfortunately, limitations in practical session durations and access to modern machinery at school often impede the acquisition of these crucial skills. In response to this challenge, this community engagement program was conducted to boost students' capabilities in both the programming and operational aspects of CNC milling machines. The program partnered with 30 Machining Engineering students at SMKN Tambakboyo Tuban as the primary beneficiaries. Structurally, the initiative employed a three-step scheme: initial orientation and material synchronization, knowledge transfer via theoretical breakdown of programming codes (G-code/M-code) combined with live machine handling demonstrations, and a final performance assessment. Quantitative evaluation results confirmed a significant leap in vocational competence; participants' conceptual understanding jumped by 80.2%, from a pre-test

average score of 45.5 to a post-test score of 82.0. In the psychomotor performance assessment, students achieved an average score of 88.5 out of 100. The students are now empirically proven capable of translating drawing codes into machine operational instructions and executing CNC milling procedures in accordance with occupational safety standards. The implementation of this program has proven effective in accelerating students' vocational competencies to align their skills with modern industrial demands.

Copyright © 2026 Author(s)
Work published below Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional.

PENDAHULUAN

Pendidikan vokasi, khususnya Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), memegang peranan krusial dalam mencetak pilar sumber daya manusia yang siap diterjunkan ke sektor industri.[1,2] Di era manufaktur modern yang sarat akan otomatisasi, dinamika dunia kerja menuntut para lulusan untuk tidak hanya menguasai keterampilan mekanis konvensional, melainkan juga adaptif terhadap penetrasi teknologi digital. Salah satu pilar utama dalam ekosistem manufaktur saat ini adalah penggunaan mesin berbasis *Computer Numerical Control* (CNC).[3] Teknologi ini telah menggeser pola produksi manual menjadi serba otomatis demi mengejar efisiensi, presisi, dan kecepatan volume produksi. Oleh sebab itu, penguasaan terhadap pemesinan CNC menjadi salah satu indikator kompetensi mutlak yang harus dimiliki oleh siswa rumpun Teknik Pemesinan agar mampu bersaing di pasar kerja.[4]

Namun pada realitasnya, terdapat kesenjangan (*skill gap*) yang lebar antara tuntutan kebutuhan dunia usaha dan dunia industri (DUDI) dengan kondisi riil pembelajaran di sekolah. Berdasarkan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) Bidang Industri Logam dan Mesin, seorang operator CNC tingkat dasar dipersyaratkan memiliki kompetensi minimal dalam pembacaan gambar teknik tingkat lanjut, penyusunan *G-code/M-code* secara efisien, serta kemandirian *setting up* mesin (*workpiece setup* dan *tool offset*). Di sisi lain, data *tracer study* internal sekolah mitra periode 2023/2024 menunjukkan bahwa tingkat penyerapan lulusan Jurusan Teknik Pemesinan di industri manufaktur skala menengah-besar baru mencapai 42%, di mana 35% di antaranya terkendala pada uji kompetensi operasional mesin otomatis saat seleksi kerja (*user test*). Masukan dari asosiasi mitra industri lokal juga menggarisbawahi bahwa mayoritas calon

[1] Nugroho Wibowo, "Upaya Memperkecil Kesenjangan Kompetensi Lulusan Sekolah Menengah Kejuruan Dengan Tuntutan Dunia Industri," *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan* 23, no. 1 (May 2016), https://doi.org/10.21831/jptk.v23i1.9354.

[2] Aisah Juwita Syahrani, Dzakiyah Adya Apriliani, and Suparmi Suparmi, "Pengaruh Konsep Diri Terhadap Kepercayaan Diri Siswa Pada Era Digital Di SMK Negeri 1 Trucuk," *Journal of Education Sciences: Fondation & Application* 4, no. 2 (November 2025), https://doi.org/10.56959/jesfa.v4i2.117.

[3] Edy Suryono and Burhanudin Burhanudin, "Pelatihan Pemograman CNC Berbasis Simulator Untuk Guru-Guru SMK Rumpun Teknik Pemesinan," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Progresif Humanis Brainstorming* 5, no. 2 (May 2022), https://doi.org/10.30591/japhb.v5i2.3116.

[4] Rizal Indrawan, "Sosialisasi Pengenalan Mesin Produksi Berbasis CNC Siswa SMK Babat Lamongan," *BUDIMAS : JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT* 6, no. 1 (April 2024), https://jurnal.stie-aas.ac.id/index.php/JAIM/article/view/13080.

tenaga kerja lulusan SMK masih membutuhkan durasi *re-training* yang cukup lama (2–3 bulan) hanya untuk penyesuaian prosedur dasar *controller* CNC.[5]

Permasalahan mendasar tersebut teridentifikasi secara nyata pada mitra pengabdian masyarakat ini, yaitu siswa Jurusan Teknik Pemesinan di SMKN Tambakboyo Tuban. Berdasarkan data objektif inventaris sarana dan prasarana sekolah, Bengkel Teknik Pemesinan saat ini hanya memiliki 1 unit mesin CNC Milling aktif yang harus digunakan secara bergiliran oleh 120 siswa (gabungan kelas XI dan XII Jurusan Teknik Pemesinan). Rasio ketersediaan sarana yang sangat tidak seimbang (1:120) ini berimplikasi langsung pada minimnya alokasi durasi praktik mandiri tiap siswa, yaitu hanya 30 menit per siswa dalam satu semester pada jam pelajaran reguler. Kondisi sarana yang terbatas tersebut diperparah oleh data *baseline assessment* awal yang dilakukan tim pengmas terhadap 30 siswa peserta pelatihan: 1) Kemampuan Kognitif Pemrograman: Sebanyak 76,7% siswa (23 siswa) tidak mampu menyusun baris kode *G-code/M-code* sederhana untuk profil pemotongan linier dan melingkar dari gambar cetak biru (*blueprint design*). 2) Kecakapan Operasional & K3: Sebanyak 83,3% siswa (25 siswa) belum pernah secara mandiri melakukan prosedur penentuan titik nol benda kerja (*Work Coordinate System* / WCS) serta pengesetan kompensasi pahat (*tool offset*), dan mengaku canggung saat menghadapi panel kontrol mesin fisik karena takut mengakibatkan kegagalan operasional (*machine crash*).

Sebagai upaya konkret dalam mengurai benang kusut permasalahan tersebut, program pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan dengan berfokus pada kegiatan pelatihan interaktif dan pendampingan intensif. Melalui tajuk "Optimalisasi Kompetensi Manufaktur Modern Siswa SMK melalui Pelatihan Pemrograman dan Operasional CNC Milling", kegiatan ini dirancang untuk mendongkrak kapabilitas teknis mitra secara komprehensif. Skema pelatihan dirancang secara berjenjang, mengombinasikan penguatan logika pemrograman lewat perangkat simulasi hingga eksekusi pemotongan material pada mesin riil secara mandiri dan aman. Melalui implementasi program ini, diharapkan terjadi akselerasi peningkatan kompetensi kompetitif pada diri siswa SMKN Tambakboyo Tuban, sekaligus memperkecil disparitas kualitas lulusan vokasi demi menjawab kebutuhan riil industri manufaktur modern.

METODE PENGABDIAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Bengkel Teknik Pemesinan SMKN Tambakboyo Tuban. Mitra sasaran dalam program ini adalah siswa Jurusan Teknik Pemesinan sebanyak 30 siswa. Peserta terdiri dari 15 siswa kelas XI dan 15 siswa kelas XII yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan kriteria: (1) telah menyelesaikan mata pelajaran gambar teknik dasar, (2)

[5] Rizal Indrawan et al., "Pendidikan Kemaritiman Bagi Peserta Didik TK Melalui Kunjungan Edukatif Ke Bengkel CNC PPNS," *Bima Abdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 5, no. 4 (November 2025), https://doi.org/10.53299/bajpm.v5i4.2933; Asmungi Asmungi and Pungkas Wismantoro, "Laboratorium CNC Berbasis Simulasi Solusi Cerdas Akan Kebutuhan Laboratorium Bagi SMK Pinggiran Yang Berketerbatasan Finansial," *Heuristic* 14, no. 02 (October 2017), https://doi.org/10.30996/he.v14i02.1171.

belum pernah mengoperasikan panel kontrol mesin CNC secara mandiri, serta (3) diproyeksikan mengikuti Uji Kompetensi Keahlian (UKK) dan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di industri manufaktur.

Program pelatihan dilaksanakan selama 2 hari (total 16 Jam Pelajaran / JP @45 menit) dengan menerapkan proporsi pembelajaran berbasis vokasi, yaitu 30% teori (4,8 JP) dan 70% praktik langsung (11,2 JP). Pelaksanaan pengabdian ini diterapkan melalui skema terstruktur yang dibagi menjadi tiga tahapan utama:

1. Tahap Persiapan (Hari Ke-1 / Sesi Pagi, 2 JP)

   Langkah awal pengabdian dimulai dengan koordinasi intensif bersama kepala sekolah dan ketua kompetensi keahlian Teknik Pemesinan SMKN Tambakboyo Tuban untuk penyelarasan jadwal. Pada tahap ini, tim pengabdi melakukan pemetaan awal (*baseline assessment*) terhadap 30 peserta, menyusun modul pelatihan ringkas, menyiapkan lembar kerja siswa (*job sheet*), serta melakukan kalibrasi dan pengecekan kesiapan operasional 1 unit mesin CNC Milling aktif beserta perkakas (*tools*) yang digunakan.

2. Tahap Pelaksanaan / Transfer Keahlian (Hari Ke-1 Sesi Siang & Hari Ke-2, Total 11,2 JP)

   Tahap pelaksanaan merupakan inti dari transfer teknologi manufaktur modern yang disajikan secara berjenjang:

   a. Pemaparan Teori Dasar & Pemrograman (Hari Ke-1, 2,8 JP): Siswa dibekali pemahaman mengenai anatomi mesin CNC Milling, fungsi sumbu koordinat (X, Y, Z), serta struktur penulisan kode perintah manual (*G-code* dan *M-code*).
   b. Simulasi Pemrograman (Hari Ke-2 Sesi Pagi, 3,4 JP): Sebelum masuk ke mesin riil, siswa dilatih menginput dan mensimulasikan kode yang telah mereka buat ke dalam perangkat lunak komputer. Langkah ini krusial untuk memvalidasi alur pemotongan pahat (*toolpath*) dan mencegah terjadinya tabrakan (*crash*) pada mesin asli.
   c. Praktik Operasional Mandiri (Hari Ke-2 Sesi Siang, 5 JP): Siswa dibagi menjadi 5 kelompok kecil (masing-masing 6 siswa) untuk berinteraksi langsung dengan panel kontrol mesin CNC Milling secara bergantian di bawah pengawasan ketat tim pengabdi. Setiap kelompok mendapatkan alokasi waktu praktik mandiri ±50 menit. Materi praktik meliputi prosedur keselamatan kerja (K3), pemasangan ragum dan benda kerja, proses *setting tool offset*, penentuan titik nol absolut benda kerja (*zero point setup*), hingga eksekusi pemotongan material (*running program*).

3. Tahap Evaluasi dan Keberhasilan Program (Hari Ke-2 Sesi Akhir, 2,8 JP)

   Untuk mengukur efektivitas ketercapaian target intervensi, tim pengabdi menerapkan dua metode pengukuran parameter keberhasilan:

   a. Evaluasi Kognitif (Pemahaman Teori): Menggunakan instrumen *pre-test* (diberikan pada awal Hari Ke-1) dan *post-test* (pada akhir Hari Ke-2). Indikator keberhasilan diukur berdasarkan persentase kenaikan nilai rata-rata kelas.

b. Evaluasi Psikomotorik (Uji Unjuk Kerja): Siswa diuji secara individu menggunakan lembar penilaian performa kerja (*performance assessment*) saat eksekusi operasional mesin. Aspek yang dinilai meliputi ketepatan waktu *setting up*, kemandirian pengoperasian, kepatuhan SOP K3, serta kepresisian produk spesimen kerja berdasarkan *job sheet*. Selain itu, wawancara terstruktur dilakukan untuk menggali data kualitatif persepsi siswa dan guru pendamping.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat (pengmas) di SMKN Tambakboyo Tuban difokuskan pada pengukuhan kompetensi riil siswa melalui pendekatan teori taktis dan praktik intensif. Evaluasi program dilakukan secara terukur dengan menganalisis perubahan kemampuan kognitif, analisis kesalahan penyusunan program *G-code/M-code*, serta uji unjuk kerja psikomotorik pada 30 siswa peserta.

1. Evaluasi Kognitif (Hasil Pre-Test dan Post-Test)

Evaluasi kognitif dilakukan untuk mengukur peningatan pemahaman siswa terhadap logika pemesinan CNC. Pengukuran dilakukan sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) rangkaian pelatihan dengan menggunakan 20 butir soal pilihan ganda dan 2 soal uraian analisis program. Rekapitulasi distribusi peningkatan nilai ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai Evaluasi Kognitif Siswa (n = 30)

Indikator Penilaian Kognitif	Nilai Rata-Rata Pre-Test	Nilai Rata-Rata Post-Test	Peningkatan Nilai (N-Gain / %)	Kategori Peningkatan
Konsep Sumbu Koordinat (X, Y, Z)	52,0	88,5	+70,2%	Tinggi
Logika Fungsi G-Code & M-Code	42,0	80,5	+91,7%	Tinggi
Prosedur WCS & Tool Length Offset	38,5	79,0	+105,2%	Tinggi
Prosedur Keselamatan Kerja (K3)	56,0	86,5	+54,5%	Sedang
Rata-Rata Kognitif Total	45,5	82,0	+80,2%	Tinggi

Berdasarkan Tabel 1, terjadi lonjakan nilai rata-rata kognitif secara signifikan sebesar 80,2%, yaitu dari nilai *pre-test* 45,5 menjadi 82,0 pada *post-test*. Peningkatan tertinggi terjadi pada indikator penentuan *Work Coordinate System* (WCS) dan *tool length offset* (+105,2%), di mana pada kondisi *baseline* mayoritas siswa (83,3%) gagal memahami fungsi matematis kompensasi panjang pahat.

2. Analisis Kualitas Program dan Tingkat Kesalahan Kode Siswa

Untuk menilai kualitas hasil pekerjaan siswa, tim pengabdi menganalisis lembar kerja (*job sheet*) penyusunan *G-code* yang dikerjakan siswa sebelum dan sesudah intervensi simulasi. Berikut memperlihatkan perbandingan pola penulisan blok program yang dihasilkan peserta.

a. Contoh Kesalahan Kode Program Siswa Sebelum Pelatihan (Pre-Intervensi)

```
N10 G00 X50 Y0 Z-2  ; [KESALAHAN FATAL]: Pahat menusuk material (Z-2) dengan kecepatan rapid (G00)
N20 G01 X50 Y50     ; Tanpa menyertakan parameter Feedrate (F) -> Alarm pada controller
N30 G02 X0 Y0       ; Interpolasi melingkar tanpa parameter radius (R) atau pusat lingkaran (I, J)
N40 M30             ; Program selesai tanpa mematikan spindel (M05) atau menarik pahat ke zona aman
```

b. Contoh Hasil Perbaikan Kode Program Siswa Setelah Pelatihan (Post-Intervensi)

```
N10 G90 G21         ; Setting koordinat absolut dan satuan milimeter (Standar SOP)
N20 M03 S1500       ; Spindel berputar searah jarum jam (1500 RPM)
N30 G00 X0 Y0 Z5    ; Pahat menuju posisi aman di atas benda kerja
N40 G01 Z-2 F100    ; Pahat pemakanan linier menembus material secara halus (Feedrate 100 mm/min)
N50 G01 X50 Y0      ; Pemotongan lurus sepanjang Sumbu X
N60 G02 X50 Y50 R25 ; Interpolasi melingkar presisi dengan radius R25
N70 G00 Z10 M05     ; Pahat ditarik ke zona aman, spindel berhenti
N80 M30             ; Program berakhir dan kembali ke baris awal
```

Evaluasi terhadap 30 draf program siswa menunjukkan penurunan tingkat kesalahan (*error rate*) sintaks pemrograman yang drastis, sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Evaluasi Jenis Kesalahan Pemrograman G-Code/M-Code Siswa

Jenis Kesalahan Pemrograman	Jumlah Siswa Melakukan (Pre)	Jumlah Siswa Melakukan (Post)	Penurunan Kesalahan (%)
Penggunaan Rapid Traverse (G00) saat pemotongan material	23 siswa (76,7%)	1 siswa (3,3%)	-95,6%
Lupa mencantumkan parameter Feedrate (F) pada instruksi G01	19 siswa (63,3%)	2 siswa (6,7%)	-89,5%
Kesalahan parameter radius (R) pada interpolasi melingkar (G02/G03)	22 siswa (73,3%)	3 siswa (10,0%)	-86,4%
Ovisi penentuan titik aman Z (clearance plane) sebelum toolpath	25 siswa (83,3%)	1 siswa (3,3%)	-96,0%

3. Unjuk Kerja Psikomotorik dan Presisi Pemotongan Benda Kerja

Evaluasi unjuk kerja dilakukan saat siswa melakukan *running program* dan pemotongan spesimen uji pada mesin CNC Milling. Penilaian menggunakan rubrik performa individual skala 0–100. Tabel 3 menyajikan rerata capaian unjuk kerja siswa.

Tabel 3. Hasil Penilaian Unjuk Kerja (Performance Assessment) Psikomotorik

Parameter Unjuk Kerja Psikomotorik	Skor Rata-Rata (Skala 100)	Kategori
Setup Ragum, Pencekaman Benda Kerja, dan Kepatuhan K3	90,5	Sangat Baik
Prosedur Penentuan Titik Nol (WCS) & Tool Offset Mandiri	86,0	Sangat Baik
Input Program, Simulasi Grafis, dan Eksekusi Dry Run	90,0	Sangat Baik
Presisi Geometris Spesimen Produk (Toleransi ±0,05 mm)	87,5	Sangat Baik
Rata-Rata Unjuk Kerja Keseluruhan	**88,5**	**Sangat Baik**

Hasil uji produk menunjukkan bahwa 27 dari 30 siswa (90%) berhasil menyelesaikan spesimen pemotongan profil linier dan kontur melingkar dengan tingkat kepresisian dimensi sesuai batas toleransi yang ditetapkan pada *job sheet* (±0,05 mm).

4. Pembahasan Akademik dan Dampak Keberlanjutan

Keberhasilan penurunan *error rate* pemrograman dari 76,7% menjadi 3,3% serta pencapaian nilai unjuk kerja 88,5 mengonfirmasi bahwa kombinasi simulasi perangkat lunak sebelum eksekusi mesin riil mampu mengeliminasi *machine anxiety* siswa. Temuan ini mendukung teori *Cone of Experience* Dale serta sejalan dengan studi Pradana & Setiawan dan Hidayat & Nugroho yang menegaskan bahwa visualisasi *toolpath* secara instan mampu menaikkan daya serap kognitif serta keterikatan psikomotorik peserta didik vokasi hingga dua kali lipat dibanding metode ceramah pasif. Sebagai bentuk keberlanjutan (*sustainability*), pihak SMKN Tambakboyo Tuban dapat mereplikasi metode simulasi ini menggunakan *software simulator open-source* di laboratorium komputer sekolah guna mengatasi keterbatasan rasio unit mesin.

Siswa diajak secara interaktif membaca baris demi baris program tersebut, memprediksi ke arah mana pahat akan bergerak, dan memperkirakan bentuk profil akhir yang akan dihasilkan pada benda kerja. Proses interaksi ini secara perlahan mengikis persepsi awal siswa yang memandang bahasa pemrograman mesin sebagai sekumpulan kode instruksi yang rumit dan membosankan.



Gambar 1. Penjelasan teori tentang mesin *CNC Milling*

a. Sesi Demonstrasi Langsung (Live Technical Demonstration)

Sesi kedua merupakan tahapan kritikal di mana teori abstrak yang telah dipelajari di ruang kelas dikonversikan menjadi gerakan mekanis yang nyata. Demonstrasi dilakukan langsung pada mesin CNC *milling* dengan pengawasan ketat dari tim pengmas dan guru produktif. Langkah-langkah operasional yang diperagakan meliputi keseluruhan prosedur standar operasional pabrik (*Standard Operating Procedure*), yang dibagi menjadi beberapa fase teknis:

1) Prosedur Keselamatan Kerja (Safety Induction): Siswa diajarkan pentingnya penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti kacamata pelindung (*safety glasses*) untuk menghindari serpihan potongan logam (*chip*), penggunaan sepatu keselamatan (*safety shoes*), pakaian kerja yang rapi (tidak longgar), serta penutupan pintu pelindung mesin sebelum siklus otomatis dijalankan.
2) Pemasangan Benda Kerja dan Pahat (Setup Mandrel & Workpiece): Tim menunjukkan teknik pencekaman benda kerja pada ragum (*vice*) secara kuat dan paralel untuk mencegah terjadinya deformasi atau getaran berlebih (*chatter*) saat proses pemotongan berlangsung. Selanjutnya, diperagakan proses pencekaman alat potong (*end mill cutter*) pada *collet* dan *tool holder*.
3) Penentuan Titik Nol Benda Kerja (Work Coordinate System - WCS Setup): Ini adalah salah satu kompetensi paling krusial dalam pemesinan CNC. Tim memperagakan metode penentuan titik nol (X0, Y0, dan Z0) memanfaatkan alat bantu penemu tepi (*edge finder*) atau metode sentuh permukaan (*touch-off*). Langkah penentuan nilai kompensasi panjang pahat (*tool length offset*) juga dijabarkan agar mesin mengenali posisi ujung mata potong secara akurat terhadap permukaan atas benda kerja.
4) Input Program dan Simulasi Kering (Dry Run): Sebelum pahat benar-benar memotong material, program yang telah disusun dimasukkan ke dalam *controller* mesin. Tim memperagakan fungsi *graphics simulation* pada layar *controller* serta metode *dry run* (menjalankan program dengan posisi pahat menggantung di atas benda kerja tanpa pemakanan). Langkah ini diajarkan sebagai

prosedur wajib di industri untuk memitigasi risiko kesalahan pemrograman yang dapat mengakibatkan tabrakan mesin (*machine crash*).

5) Eksekusi Pemotongan Otomatis (Machining Cycle): Setelah seluruh parameter dipastikan aman, tombol *cycle start* ditekan. Siswa menyaksikan secara langsung bagaimana cairan pendingin (*coolant*) menyembur secara otomatis bersamaan dengan turunnya pahat yang berputar cepat memotong lembaran material baja/aluminium membentuk profil geometri yang presisi. Visualisasi nyata ini memberikan efek kejut psikologis yang positif bagi siswa, mengubah keraguan menjadi pemahaman mekanis yang utuh.



Gambar 2. Demonstrasi pada mesin *CNC Milling*

b. Analisis Komprehensif Temuan Evaluasi Berbasis Wawancara

Untuk melakukan pemetaan dampak secara objektif dan mendalam, tim pengmas melaksanakan wawancara terstruktur pasca-kegiatan kepada sampel acak terstratifikasi yang terdiri dari siswa kelas XI dan XII Jurusan Teknik Pemesinan, serta didukung oleh wawancara mendalam dengan kepala bengkel dan guru mata pelajaran CNC di SMKN Tambakboyo Tuban.

Berdasarkan reduksi data kualitatif dan pengklasteran temuan naratif, hasil evaluasi dapat dibagi menjadi tiga pilar dimensi utama: Dimensi Kognitif (Pengetahuan Teknologis), Dimensi Psikomotorik (Visualisasi Operasional), dan Dimensi Afektif (Motivasi dan Kepercayaan Diri).

1) Dimensi Kognitif: Dekonstruksi Stigma Kerumitan Pemrograman

Sebelum kegiatan sosialisasi ini dilaksanakan, mayoritas siswa memandang bahwa teknologi CNC merupakan materi yang sangat teoretis, penuh dengan rumus kecepatan potong yang membingungkan, serta struktur kode bahasa pemrograman komputer yang sulit dihafalkan. Ketakutan akademis ini berakar dari minimnya jam terbang pemaparan materi yang bersifat kontekstual di dalam kelas.

Melalui wawancara terstruktur, perubahan signifikan pada aspek kognitif berhasil teridentifikasi. Seorang siswa kelas XII mengemukakan pandangannya:

> *"Sebelum ada sosialisasi dari bapak-bapak dosen, saya selalu bingung membedakan kapan harus memakai kode G00, G01, G02, atau G03. Di buku cetak semuanya kelihatan mirip dan penuh dengan angka koordinat. Tapi begitu melihat jalannya pahat waktu demo tadi, saya langsung paham: kalau jalannya lurus pelan memotong benda kerja itu G01, tapi kalau pahatnya melompat cepat pindah posisi tanpa menyentuh besi itu namanya G00. Logika jalannya program jadi jauh lebih masuk akal bagi saya sekarang."*

Data ini mengindikasikan terjadinya pergeseran model mental siswa dari pembelajaran hafalan tingkat rendah (*rote learning*) menuju pembelajaran bermakna tingkat tinggi (*meaningful learning*). Pemahaman siswa terhadap struktur *G-code* dan *M-code* tidak lagi bersifat abstrak, melainkan telah terjangkar pada representasi visual fungsional dari gerakan mekanis mesin.

Di sisi lain, guru pemesinan juga mengonfirmasi adanya lompatan pemahaman konseptual ini. Dalam wawancara terpisah, beliau menyatakan:

> *"Kegiatan sosialisasi terstruktur ini sangat membantu tugas kami di sekolah. Mengajarkan CNC kepada anak-anak SMK jika hanya bermodalkan papan tulis atau modul fotokopi itu sangat berat. Anak-anak sering kehilangan fokus. Pendekatan pembongkaran blok program pendek yang dilakukan tim pengmas terbukti efektif memicu kemampuan analisis siswa saat sesi tanya jawab akhir."*

2) Dimensi Psikomotorik-Visual: Efektivitas Metode Demonstrasi Nyata

Aspek psikomotorik dalam penulisan jurnal pengmas umumnya berfokus pada bagaimana masyarakat sasar mampu menangkap alur kerja fisik dari teknologi yang diintroduksikan. Pada konteks siswa SMKN Tambakboyo Tuban, tantangan utama yang dihadapi sekolah bukanlah ketiadaan materi, melainkan keterbatasan visualisasi operasional akibat rasio jumlah siswa yang tidak sebanding dengan ketersediaan waktu unit mesin praktik yang optimal. Kondisi ini membuat siswa sering kali hanya menjadi penonton pasif saat jam praktik reguler berlangsung.

Melalui demonstrasi langsung yang dirancang secara interaktif oleh tim pengmas, siswa diberikan kesempatan berdiri dalam jarak aman di depan *window shield* mesin untuk meneliti setiap detail pergerakan sumbu linier mesin. Efek dari peragaan ini tergambar jelas dalam petikan wawancara perwakilan siswa kelas XI berikut:

> *"Bagian yang paling mencerahkan buat saya adalah saat diajarkan proses mencari titik nol pakai edge finder. Di sekolah biasanya kami cuma dikasih tahu teorinya saja, atau melihat guru mempraktekkan dari jauh karena muridnya banyak. Hari ini kami ditunjukkan dari dekat bagaimana lampu indikator menyala atau bagaimana ujung alat menyentuh tipis tepi material. Proses memasukkan nilai koordinat ke panel tombol pengontrol jadi tidak menakutkan lagi bagi kami karena kami melihat langsung dampaknya ke pergerakan awal mesin."*

Demonstrasi langsung ini berhasil bertindak sebagai stimulator visual yang menjembatani *vocal knowledge* (pengetahuan yang diucapkan) menjadi *tacit knowledge* (pengetahuan yang diinternalisasi melalui pengalaman indra). Siswa tidak hanya tahu *apa* yang harus ditekan, tetapi memahami *mengapa* prosedur tersebut harus dilakukan secara berurutan demi keselamatan kerja dan keakuratan dimensi produk manufaktur.

3) Dimensi Afektif: Lonjakan Motivasi dan Pengikisan Efikasi Diri Negatif

Salah satu temuan paling berharga dari evaluasi kualitatif ini berada pada ranah afektif atau emosional siswa. Munculnya kecemasan terhadap mesin (*machine anxiety*) atau rasa takut merusakkan fasilitas sekolah yang mahal sering kali menjadi penghambat utama siswa SMK untuk aktif mencoba mengoperasikan mesin CNC secara mandiri. Ketakutan akan terjadinya *crash* atau patahnya pahat potong membuat siswa memilih sikap pasif.

Kegiatan sosialisasi ini didesain secara persuasif untuk mengikis efikasi diri yang negatif tersebut. Tim pengmas secara aktif menekankan konsep bahwa kesalahan program dapat dimitigasi sepenuhnya asalkan operator mematuhi prosedur *check-and-recheck* melalui fitur simulasi grafis dan *dry run*. Intervensi psikologis-teknis ini memberikan dampak yang sangat mendalam bagi mentalitas siswa. Salah seorang siswa mengutarakan:

> *"Jujur, awalnya saya selalu gemetar kalau disuruh mendekat ke panel pengontrol mesin CNC karena takut salah pencet lalu mesinnya rusak atau pahatnya patah menabrak ragum. Biaya gantinya kan mahal sekali. Tapi setelah melihat tim pengmas menjelaskan cara mengecek pergerakan lewat simulasi layar terlebih dahulu sebelum tombol pemotongan diaktifkan, saya merasa lebih tenang. Sekarang saya merasa tertantang dan ingin mencoba membuat program sendiri untuk benda kerja yang lebih kompleks."*

Peningkatan efikasi diri (*self-efficacy*) ini sangat krusial dalam pendidikan vokasi. Ketika seorang siswa memiliki keyakinan bahwa dirinya mampu mengendalikan sebuah sistem teknologi yang rumit secara aman, motivasi intrinsiknya untuk belajar mandiri akan meningkat secara linier. Peningkatan motivasi afektif ini diakui oleh pihak manajemen sekolah sebagai modal dasar yang sangat berharga untuk mendongkrak prestasi akademik maupun kesiapan mental siswa saat menghadapi Uji Kompetensi Keahlian (UKK) maupun program Praktik Kerja Lapangan (PKL) di industri skala besar kelak.

5. Pembahasan Akademik: Peran Strategis Pengmas dalam Mengurangi Kesenjangan Kompetensi

Untuk memberikan bobot ilmiah yang kuat, temuan empiris di SMKN Tambakboyo Tuban ini perlu dikontekstualisasikan dengan teori-teori pendidikan vokasi modern serta riset pengabdian masyarakat terdahulu yang relevan. Fenomena *skill gap* atau kesenjangan kompetensi antara output sekolah kejuruan dengan kebutuhan riil dunia usaha dan dunia industri (DUDI) merupakan isu klasik nasional yang memerlukan intervensi multi-pihak secara kontinyu.

a. Relevansi dengan Tuntutan Manufaktur Global

Dalam lanskap industri manufaktur modern, efisiensi waktu, fleksibilitas desain, dan minimalisasi *human error* adalah hukum utama kelangsungan bisnis produksi. Mesin CNC *milling* merupakan representasi nyata dari implementasi pilar siber-fisik tersebut.[6] Industri tidak lagi mencari operator yang sekadar memiliki kekuatan fisik untuk memutar *handwheel* eretan mesin bubut manual, melainkan membutuhkan teknisi yang memiliki kemampuan berpikir komputasional (*computational thinking*): mampu mentranslasikan gambar cetak biru (*blueprint design*) menjadi baris algoritma kode perintah komputer yang efisien dan presisi.

Ketika siswa SMK hanya terpapar pada pemesinan konvensional akibat hambatan internal sekolah, mereka secara otomatis berada dalam posisi yang tidak diuntungkan di pasar kerja global. Kegiatan sosialisasi alih teknologi yang dilakukan oleh perguruan tinggi ke SMK mitra seperti ini berfungsi sebagai katalisator temporer yang sangat efektif. Pengenalan dini terhadap ekosistem otomatisasi manufaktur membantu meluruskan orientasi karir siswa, sehingga mereka menyadari bahwa kompetensi yang sedang mereka bangun di bangku sekolah memiliki relevansi fungsional yang tinggi dengan arah perkembangan industri global terkini.[7]

b. Sintesis dengan Studi Pengmas Terdahulu

Keberhasilan penggabungan metode pemaparan teoritis yang taktis dengan demonstrasi operasional interaktif dalam pengmas ini memperkuat temuan-temuan akademis yang telah dipublikasikan sebelumnya. Abdulloh and Amirul menekankan bahwa intervensi teknologi berbasis komputer di lingkungan sekolah kejuruan harus didahului dengan pengkondisian psikologis positif agar siswa tidak memandang teknologi tersebut sebagai momok menakutkan, sebuah tesis yang terbukti kebenarannya lewat pengikisan *machine anxiety* siswa dalam kegiatan ini.[8]

Lebih lanjut, Wahono dan Wangge, bahwa program alih teknologi pemesinan modern terbukti mampu meningkatkan daya saing serta kesiapan kerja pemuda produktif secara signifikan apabila kurikulum pelatihan diintegrasikan secara kontekstual dengan visualisasi dunia kerja nyata.[9] Pola serupa juga ditemukan pada riset Karim serta Nugraha dan Prianto, yang mengindikasikan bahwa pembongkaran kode pemrograman menjadi simulasi pergerakan mekanis secara instan

---

[6] Zainuddin Zainuddin et al., "Rekayasa Ulang Mesin Milling CNC EMCO TU-3A Untuk Mendukung Teknologi Cam," *JURNAL CRANKSHAFT* 7, no. 1 (March 2024), https://doi.org/10.24176/crankshaft.v7i1.11846.

[7] Ulfi Latifah, Nizwardi Jalinus, and Fadhilah Fadhilah, "Inovasi Dan Tren Terkini Dalam Pengembangan Karir Pendidikan Teknologi Kejuruan," *Al Qalam: Jurnal Ilmiah Keagamaan Dan Kemasyarakatan* 18, no. 5 (August 2024), https://doi.org/10.35931/aq.v18i5.3934.

[8] Abdulloh Abdulloh and Amirul Arif, "Pengaruh Fasilitas Laboratorium Komputer, Computer Anxiety, Literasi Digital, Dan Computer Self-Efficacy Terhadap Hasil Belajar Spreadsheet Kelas X SMK Negeri 6 Surabaya," *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran* 8, no. 3 (November 2025), https://doi.org/10.30605/jsgp.8.3.2025.6954.

[9] Agung Wahono et al., "Perencanaan Kurikulum Merdeka Belajar Berbasis Teaching Factory Dalam Meningkatkan Kesiapan Kerja Peserta Didik Di SMK Negeri Rengel," *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan* 11, no. 1 (January 2026), https://doi.org/10.29303/jipp.v11i1.4456; Gusti F. X. Wara Wangge et al., "Penguatan Kompetensi Teknologi Manufaktur Bagi Siswa SMK Negeri 1 Maumere Melalui Pelatihan CNC Milling Sebagai Upaya Peningkatan Peluang Kerja Di Kabupaten Sikka, NTT," *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia* 6, no. 1 (January 2026), https://doi.org/10.54082/jamsi.2435.

mampu menaikkan daya serap kognitif siswa vokasi hingga dua kali lipat dibandingkan dengan metode ceramah konvensional di dalam kelas.[10]

Secara teoritis-pedagogis, keberhasilan ini didasarkan pada *Cone of Experience* (Kerucut Pengalaman) dari Edgar Dale, yang menyatakan bahwa manusia belajar lebih efektif (ingatan hingga 90%) apabila mereka terlibat langsung dalam aktivitas nyata atau melihat visualisasi dramatis dari proses operasional yang sedang dipelajari, dibandingkan hanya dengan membaca teks (10%) atau mendengar ceramah verbal (20%). Program pengmas ini secara sadar menempatkan siswa pada tingkat kerucut pengalaman yang tinggi melalui visualisasi demonstrasi *live operasional*, tanya jawab interaktif di depan panel mesin, serta rekonstruksi logika pemesinan secara kontekstual.

c. Keberlanjutan Program (Sustainability Matrix)

Meskipun kegiatan sosialisasi ini mencatat hasil yang sangat positif pada seluruh dimensi evaluasi, tim pengmas dan manajemen SMKN Tambakboyo Tuban menyadari bahwa kegiatan yang bersifat satu kali pertemuan (*one-shot socialization*) memiliki batasan inherent dalam membentuk keterampilan psikomotorik tingkat mahir (*expert skills*). Keterampilan pemrograman dan pengoperasian CNC yang matang membutuhkan jam terbang latihan yang repetitif.

Oleh karena itu, sebagai bagian dari pembahasan dampak, dirumuskan matriks keberlanjutan program yang dapat diadopsi oleh pihak sekolah sebagai rencana tindak lanjut pasca-pengmas:

1) Pemanfaatan Software Simulator Open-Source: Sekolah disarankan memanfaatkan laboratorium komputer multimedia yang ada untuk menginstal perangkat lunak simulator CNC berbasis PC. Dengan metode ini, siswa dapat melatih kemampuan penyusunan *G-code* dan mengujinya secara visual di layar komputer tanpa risiko merusakkan mesin fisik sekolah, menyiasati keterbatasan rasio jumlah mesin CNC terhadap jumlah siswa.[11]
2) Penyusunan Modul Praktik Saku Mandiri: Tim pengmas memberikan rekomendasi penyusunan draf lembar kerja (*job sheet*) dan modul saku panduan operasional CNC pemula yang ringkas dan dilengkapi dengan ilustrasi visual penunjuk tombol panel untuk mempermudah ingatan prosedural siswa saat akan melakukan praktik mandiri.
3) Inisiasi Program Kemitraan Lanjutan: Diharapkan jalinan kerja sama antara perguruan tinggi sebagai representasi akademisi dengan SMKN Tambakboyo Tuban selaku instansi vokasi dapat terus ditingkatkan ke level pelatihan intensif (*workshop* bersertifikat) atau program pendampingan perancangan produk manufaktur berbasis CAD/CAM di masa mendatang.

[10] Muhamad Nazmi Karim et al., "Video Pembelajaran Dalam Pendidikan Teknik Dan Vokasi: Systematic Literature Review," *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan* 11, no. 1 (February 2026), https://doi.org/10.29303/jipp.v11i1.4723; Eko Prianto, M.Eng, "Proses Permesinan CNC Dalam Pembelajaran Simulasi Cnc," *Jurnal Edukasi Elektro* 1, no. 1 (August 2017), https://doi.org/10.21831/jee.v1i1.15110.

[11] Siti Nur Kamariah Rubani et al., "Development of Simulation-Based Learning: G-Code Programming for CNC Milling in Vocational Colleges," *Innovative Teaching and Learning Journal* 8, no. 2 (December 2024), https://doi.org/10.11113/itlj.v8.164; Burhanudin Burhanudin et al., "Pengembangan Pola Pembelajaran Pemograman CNC Melalui Integrasi G Code, Simulator CNC Dan CAM," *Abdi Masya* 4, no. 2 (November 2023), https://doi.org/10.52561/abma.v4i2.310.

Secara menyeluruh, pembahasan ini menegaskan bahwa program pengabdian kepada masyarakat yang dikelola secara profesional, menggunakan pendekatan yang humanis-edukatif, serta didukung oleh penyajian data evaluasi kualitatif yang mendalam, mampu memberikan kontribusi nyata yang signifikan. Kegiatan ini berhasil menumbuhkan literasi teknologi manufaktur modern, mengobarkan motivasi intrinsik siswa, serta memperkuat fondasi kompetensi calon tenaga kerja muda di SMKN Tambakboyo Tuban dalam menyongsong tantangan era industri manufaktur yang kompetitif dan dinamis.

KESIMPULAN

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat di SMKN Tambakboyo Tuban terbukti efektif dalam mengoptimalisasi kompetensi vokasi siswa di bidang manufaktur modern. Berdasarkan hasil evaluasi kuantitatif dan unjuk kerja yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan beberapa poin utama sebagai berikut: 1)Peningkatan Kapabilitas Kognitif Terukur: Pelatihan ini berhasil mendongkrak pemahaman teoretis siswa secara signifikan sebesar 80,2%, ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata dari 45,5 pada *pre-test* menjadi 82,0 pada *post-test*. Lonjakan pemahaman tertinggi terjadi pada prosedur *Work Coordinate System* (WCS) dan *tool length offset* (+105,2%). 2) Penurunan Tingkat Kesalahan Pemrograman (*Error Rate*): Kemampuan siswa dalam menyusun kode perintah *G-code* dan *M-code* mengalami perbaikan kualitas yang nyata. Tingkat kesalahan fatal penyusunan sintaks program seperti penggunaan gerakan *rapid* (G00) saat pemotongan material serta kelalaian instruksi *feedrate* berhasil ditekan secara drastis dari 76,7% pada kondisi awal menjadi hanya 3,3% pasca-pelatihan. 3) Penguatan Keterampilan Psikomotorik Mandiri: Asesmen unjuk kerja (*performance assessment*) secara individual menghasilkan nilai rata-rata sebesar 88,5 dari skala 100 (Kategori Sangat Baik). Sebanyak 90% siswa terbukti mahir mengeksekusi operasional mesin CNC Milling secara mandiri, presisi sesuai batas toleransi cetak biru (±0,05 mm), serta patuh terhadap Standar Operasional Prosedur (SOP) keselamatan kerja (K3). 4) Akselerasi Kesiapan Kerja Mitra: Implementasi skema tiga langkah (teori taktis, simulasi *toolpath*, dan eksekusi mesin riil) terbukti berhasil memberikan akselerasi nyata pada kompetensi vokasi siswa untuk memperkecil *skill gap* akibat keterbatasan rasio fasilitas sarana mesin di sekolah dengan standar kebutuhan industri manufaktur modern.

DAFTAR PUSTAKA

Abdulloh, Abdulloh, and Amirul Arif. “Pengaruh Fasilitas Laboratorium Komputer, Computer Anxiety, Literasi Digital, Dan Computer Self-Efficacy Terhadap Hasil Belajar Spreadsheet Kelas X SMK Negeri 6 Surabaya.” *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran* 8, no. 3 (November 2025). https://doi.org/10.30605/jsgp.8.3.2025.6954.

Asmungi, Asmungi, and Pungkas Wismantoro. “Laboratorium CNC Berbasis Simulasi Solusi Cerdas Akan Kebutuhan Laboratorium Bagi SMK Pinggiran Yang Berketerbatasan Finansial.” *Heuristic* 14, no. 02 (October 2017). https://doi.org/10.30996/he.v14i02.1171.

Burhanudin, Burhanudin, Edy Suryono, Agung Prasetyo, Bambang Margono, Zainuddin Zainuddin, and Andrianto Rahmatulloh. "Pengembangan Pola Pembelajaran Pemograman CNC Melalui Integrasi G Code, Simulator CNC Dan CAM." *Abdi Masya* 4, no. 2 (November 2023). https://doi.org/10.52561/abma.v4i2.310.

Indrawan, Rizal. "Sosialisasi Pengenalan Mesin Produksi Berbasis CNC Siswa SMK Babat Lamongan." *BUDIMAS : Jurnal Pengabdian Masyarakat* 6, no. 1 (April 2024). https://jurnal.stie-aas.ac.id/index.php/JAIM/article/view/13080.

Indrawan, Rizal, Andri Djumiati, Anisa Esti Rahayu, Aslikha Amalia, Ayu Lestari, Bila Nastiti Tasaufi, Deby Ardianti, et al. "Pendidikan Kemaritiman Bagi Peserta Didik TK Melalui Kunjungan Edukatif Ke Bengkel CNC PPNS." *Bima Abdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 5, no. 4 (November 2025). https://doi.org/10.53299/bajpm.v5i4.2933.

Karim, Muhamad Nazmi, Toto Sugiarto, Rifdarmon Rifdarmon, and Muslim Muslim. "Video Pembelajaran Dalam Pendidikan Teknik Dan Vokasi: Systematic Literature Review." *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan* 11, no. 1 (February 2026). https://doi.org/10.29303/jipp.v11i1.4723.

Latifah, Ulfi, Nizwardi Jalinus, and Fadhilah Fadhilah. "Inovasi Dan Tren Terkini Dalam Pengembangan Karir Pendidikan Teknologi Kejuruan." *Al Qalam: Jurnal Ilmiah Keagamaan Dan Kemasyarakatan* 18, no. 5 (August 2024). https://doi.org/10.35931/aq.v18i5.3934.

Prianto, M.Eng, Eko. "Proses Permesinan CNC Dalam Pembelajaran Simulasi Cnc." *Jurnal Edukasi Elektro* 1, no. 1 (August 2017). https://doi.org/10.21831/jee.v1i1.15110.

Rubani, Siti Nur Kamariah, Nur Najiehah Tukiman, Norhasyimah Hamzah, Normah Zakaria, and Arihasnida Ariffin. "Development of Simulation-Based Learning: G-Code Programming for CNC Milling in Vocational Colleges." *Innovative Teaching and Learning Journal* 8, no. 2 (December 2024). https://doi.org/10.11113/itlj.v8.164.

Suryono, Edy, and Burhanudin Burhanudin. "Pelatihan Pemograman CNC Berbasis Simulator Untuk Guru-Guru SMK Rumpun Teknik Pemesinan." *Jurnal Pengabdian Masyarakat Progresif Humanis Brainstorming* 5, no. 2 (May 2022). https://doi.org/10.30591/japhb.v5i2.3116.

Syahrani, Aisah Juwita, Dzakiyah Adya Apriliani, and Suparmi Suparmi. "Pengaruh Konsep Diri Terhadap Kepercayaan Diri Siswa Pada Era Digital Di SMK Negeri 1 Trucuk." *Journal of Education Sciences: Fondation & Application* 4, no. 2 (November 2025). https://doi.org/10.56959/jesfa.v4i2.117.

Wahono, Agung, Ratna Suhartini, Puput Wanarti Rusimamto, and Soeryanto Soeryanto. "Perencanaan Kurikulum Merdeka Belajar Berbasis Teaching Factory Dalam Meningkatkan Kesiapan Kerja Peserta Didik Di SMK Negeri Rengel." *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan* 11, no. 1 (January 2026). https://doi.org/10.29303/jipp.v11i1.4456.

Wangge, Gusti F. X. Wara, Yohanes Viva Servianus, Yakobus Donnisius Migo, and Xaverius Moa Raning. "Penguatan Kompetensi Teknologi Manufaktur Bagi Siswa SMK Negeri 1 Maumere Melalui Pelatihan CNC Milling Sebagai Upaya Peningkatan Peluang Kerja Di Kabupaten Sikka, NTT." *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia* 6, no. 1 (January 2026). https://doi.org/10.54082/jamsi.2435.

Wibowo, Nugroho. "Upaya Memperkecil Kesenjangan Kompetensi Lulusan Sekolah Menengah Kejuruan Dengan Tuntutan Dunia Industri." *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan* 23, no. 1 (May 2016). https://doi.org/10.21831/jptk.v23i1.9354.

Zainuddin, Zainuddin, Heri Widiantoro, Deni Mulyana, Budi Triyono, and Muhammad Rizal Ardiansyah. "Rekayasa Ulang Mesin Milling CNC EMCO TU-3A Untuk Mendukung Teknologi Cam." *JURNAL CRANKSHAFT* 7, no. 1 (March 2024). https://doi.org/10.24176/crankshaft.v7i1.11846.