

PENGEMBANGAN MODEL PEMBELAJARAN KOLABORATIF BERBASIS CODING DAN KECERDASAN ARTIFISIAL UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN ABAD 21 DI PENDIDIKAN VOKASI TEKNIK

Ina Meiliyanthi¹⁾, Purnamawati²⁾ Syahrul³⁾

^{1,2,3)}Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia

e-mail¹⁾: inameiliyanthi19@gmail.com

e-mail²⁾: purnamawati@unm.ac.id

e-mail³⁾: syahrul@unm.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan sebuah model pembelajaran kolaboratif yang memadukan aktivitas coding dan pemanfaatan kecerdasan artifisial (AI) pada lingkungan pendidikan vokasi teknik sebagai upaya memperkuat kompetensi abad 21. Penelitian menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan lima tahap utama, yaitu analisis kebutuhan, perancangan model, validasi oleh para ahli, uji coba terbatas di kelas, serta evaluasi efektivitas. Data penelitian diperoleh melalui survei, wawancara, observasi aktivitas belajar, dan pengukuran kompetensi peserta didik. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa model pembelajaran yang dirancang mampu meningkatkan berbagai kompetensi kunci, seperti literasi digital, kreativitas dalam penyelesaian masalah, kemampuan berpikir kritis, keterampilan komunikasi, serta kolaborasi tim. Pengintegrasian coding dan AI terbukti membantu siswa membangun pemahaman teknis yang lebih mendalam, termasuk pemrograman dasar, analisis logika, pengolahan data, dan penggunaan sistem cerdas untuk mendukung penyelesaian tugas berbasis proyek. Temuan pada tahap analisis kebutuhan mengungkapkan adanya kesenjangan antara kompetensi yang dimiliki siswa dengan kompetensi yang dituntut oleh industri berbasis teknologi. Hal ini memperkuat urgensi merancang pendekatan pembelajaran yang mampu menggabungkan keahlian komputasional dengan kemampuan kolaboratif. Proses validasi oleh ahli memberikan masukan terkait kelayakan struktur model, perangkat asesmen, dan kesesuaian integrasi teknologi AI bagi konteks vokasi. Hasil implementasi terbatas memperlihatkan peningkatan performa siswa dalam merancang solusi teknis berbasis coding serta dalam mengoperasikan fitur AI seperti automasi, klasifikasi data, dan rekomendasi cerdas. Evaluasi akhir menunjukkan bahwa model ini tidak hanya efektif dalam mengembangkan kemampuan teknis, tetapi juga menciptakan pengalaman belajar yang aktif, kontekstual, dan relevan dengan kebutuhan dunia kerja modern. Integrasi model pembelajaran ini dipandang sebagai langkah strategis dalam menghadapi tantangan revolusi industri 4.0 dan society 5.0. Model yang dihasilkan direkomendasikan untuk diterapkan pada skala yang lebih luas, sekaligus dikembangkan lebih lanjut dalam kurikulum vokasi yang adaptif terhadap perkembangan teknologi industri masa depan. Penelitian ini memberikan kontribusi nyata bagi institusi vokasi dalam merancang pendekatan pembelajaran inovatif berbasis teknologi digital.

Kata Kunci : Pembelajaran kolaboratif, Coding, Kecerdasan artifisial, Pendidikan vokasi teknik, Keterampilan abad 21

Abstract. This study aims to design and develop a collaborative learning model that integrates coding activities and the utilization of artificial intelligence (AI) within technical vocational education as an effort to strengthen students' twenty-first-century competencies. The research employed a Research and Development (R&D) approach consisting of five core phases: needs analysis, model design, expert validation, limited classroom implementation, and effectiveness evaluation. Data were collected through surveys, interviews, classroom observations, and assessments of students' competency achievements. The findings indicate that the developed model effectively enhances essential learner competencies, including digital literacy, creative problem-solving, critical thinking, communication abilities, and team collaboration skills. The integration of coding and AI supports learners in deepening their technical understanding, particularly in basic programming, logical analysis, data processing, and the application of intelligent systems to complete project-based tasks. Results from the needs analysis reveal a clear disparity between students' existing competencies and the technological skills required by industry, reinforcing the necessity of a learning model that combines computational skills with strong collaborative practices. Expert validation provided constructive input regarding the feasibility of the model structure, the suitability of assessment instruments, and the relevance of AI integration within the vocational context. Limited implementation demonstrated measurable improvements in students' performance, especially in designing technical solutions using coding and operating AI features such as automation, data classification, and intelligent recommendation systems. The final evaluation confirms that the model does not only strengthen learners' technical capability but also fosters active, contextual, and industry-relevant learning experiences. The integration of this learning model is considered a strategic initiative for addressing the challenges of the Industrial Revolution 4.0 and Society 5.0. The developed model

is recommended for broader application and further enhancement within adaptive vocational curricula responsive to future technological advancements. This research contributes significantly to vocational institutions by offering an innovative digital technology based instructional framework.

Keywords: Collaborative learning, Coding, Artificial intelligence, Technical vocational education, Twenty-first century skills

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital dalam beberapa tahun terakhir membawa perubahan besar pada dunia pendidikan, khususnya pada pendidikan vokasi teknik yang dituntut untuk selalu beradaptasi dengan kebutuhan industri. Revolusi Industri 4.0 menempatkan keterampilan teknologi seperti pemrograman, analisis data, dan kecerdasan artifisial (AI) sebagai kompetensi utama yang harus dimiliki tenaga kerja masa depan. Pada saat yang sama, society 5.0 mengarahkan pendidikan untuk tidak hanya berfokus pada kemampuan teknis, tetapi juga kemampuan kolaboratif, kreatif, komunikatif, serta pemecahan masalah kompleks. Kondisi ini menegaskan bahwa pembelajaran di vokasi teknik tidak lagi dapat mengandalkan metode konvensional yang terpusat pada instruktur. Meskipun tuntutan global terhadap kompetensi digital semakin meningkat, banyak institusi vokasi masih menghadapi keterbatasan dalam mengintegrasikan coding, data science, dan teknologi canggih ke dalam kurikulum. Keterbatasan tersebut meliputi infrastruktur yang belum memadai, kurangnya dosen atau instruktur yang terampil di bidang teknologi baru, serta keterbatasan anggaran untuk menghadirkan laboratorium modern dan perangkat lunak berlisensi. Selain itu, tantangan lain adalah kesenjangan akses digital antarwilayah sekolah vokasi di daerah terpencil sering kali tertinggal dibandingkan institusi di kota besar.

Untuk menjawab tantangan ini, diperlukan strategi holistik dari pihak perguruan tinggi vokasi, pemerintah, dan mitra industri. Pertama, rekayasa kurikulum menjadi kunci: kurikulum harus bersifat modular, berbasis kompetensi, dan diperbarui secara berkala agar selaras dengan kebutuhan industri. Integrasi mata pelajaran seperti pemrograman dasar, pengolahan data, serta pengenalan AI dan Internet of Things (IoT) perlu dikombinasikan dengan proyek praktik nyata yang melibatkan kolaborasi lintas-disiplin. Kedua, pengembangan kapasitas pengajar harus diprioritaskan melalui pelatihan intensif, program sertifikasi, dan kemitraan dengan industri teknologi untuk transfer pengetahuan praktis. Pemanfaatan teknologi pembelajaran juga penting: platform pembelajaran daring, simulasi berbasis virtual dan augmented reality (VR/AR), serta laboratorium jarak jauh memungkinkan siswa vokasi memperoleh pengalaman praktik walau tanpa kehadiran fisik di laboratorium modern. Contohnya, simulasi PLC (Programmable Logic Controller) atau lingkungan pemrograman virtual dapat memberikan pengalaman langsung terhadap sistem industri. Selain itu, penggunaan data analitik pembelajaran (learning analytics) membantu institusi memantau kemajuan mahasiswa dan menyesuaikan intervensi pedagogis secara real-time.

Kemitraan dengan industri menjadi aspek strategis lain. Magang terstruktur, program co-op, dan proyek bersama perusahaan memungkinkan mahasiswa menerapkan keterampilan teknis sekaligus mengembangkan soft skills yang dibutuhkan society 5.0, seperti kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas. Industri juga dapat berkontribusi memberikan peralatan, akses perangkat lunak, dan kesempatan pelatihan bagi tenaga pengajar. Namun, transformasi digital di pendidikan vokasi bukan tanpa risiko. Kesenjangan digital dapat memperlebar ketimpangan kesempatan jika tidak ditangani secara proaktif. Privasi data dan keamanan siber menjadi isu penting seiring meningkatnya penggunaan platform digital. Oleh karena itu, kebijakan inklusif, investasi infrastruktur, serta pelatihan literasi digital bagi siswa dan pengajar harus berjalan beriringan. Secara keseluruhan, perkembangan teknologi digital menawarkan peluang besar untuk meningkatkan relevansi dan kualitas pendidikan vokasi teknik. Dengan kurikulum yang adaptif, peningkatan kapasitas pengajar, pemanfaatan teknologi pembelajaran inovatif, dan sinergi kuat antara institusi dan industri, pendidikan vokasi dapat menghasilkan lulusan yang siap menghadapi tuntutan Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0 memiliki kompetensi teknis sekaligus kemampuan berpikir kritis, kolaboratif, dan kreatif yang dibutuhkan masa depan.

Pembelajaran sering berjalan secara individual, terpisah dari konteks dunia kerja yang menuntut kerja tim serta interaksi lintas disiplin. Selain itu, sebagian guru belum memiliki model pembelajaran yang sistematis untuk menggabungkan teknologi digital dengan aktivitas kolaboratif di kelas. Kesenjangan ini

memperlihatkan bahwa penguasaan siswa terhadap keterampilan abad 21 belum optimal, terutama pada aspek literasi digital tingkat lanjut, kemampuan berpikir kritis, serta kerja sama dalam proyek teknis. Coding dan AI memiliki potensi besar untuk memperkaya pengalaman belajar siswa vokasi melalui kegiatan berbasis proyek, penyelesaian masalah nyata, dan eksplorasi teknologi industri. Namun pemanfaatannya memerlukan model pembelajaran yang tepat agar siswa dapat bekerja sama, bertukar peran, menganalisis data, serta menghasilkan solusi inovatif. Tanpa model yang terstruktur, integrasi coding dan AI hanya menjadi aktivitas teknis tanpa memberikan dampak signifikan terhadap kompetensi abad 21. Melihat kebutuhan tersebut, penelitian ini dikembangkan untuk merancang sebuah model pembelajaran kolaboratif yang menggabungkan coding dan AI secara terstruktur dalam konteks pendidikan vokasi teknik. Model ini dirancang untuk memfasilitasi pengalaman belajar yang aktif, kooperatif, serta relevan dengan tantangan teknologi masa kini. Selain itu, model ini diarahkan untuk meningkatkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah teknik, berkomunikasi dalam tim, berpikir kritis, serta beradaptasi dengan perkembangan teknologi digital

II. METODE PENELITIAN

A. Desain dan Prosedur

Penelitian ini menerapkan pendekatan Research and Development (R&D) dengan mengadaptasi langkah-langkah Borg & Gall agar selaras dengan konteks pembelajaran di pendidikan vokasi teknik. Setiap tahap dirancang untuk menghasilkan model pembelajaran yang sistematis, teruji, dan relevan dengan kebutuhan dunia industri.

1. Tahap Identifikasi Kebutuhan

Proses awal dimulai dengan pemetaan kebutuhan lapangan melalui survei dan wawancara pada sejumlah SMK berbasis teknik di lima wilayah berbeda. Survei dirancang untuk menangkap data kuantitatif tentang kompetensi digital siswa dan ketersediaan fasilitas, sedangkan wawancara mendalam menggali perspektif guru serta kendala operasional di laboratorium. Informasi yang dikumpulkan difokuskan pada tingkat kemampuan siswa dalam pemrograman dasar, kesiapan dan kompetensi guru untuk mengajar materi baru, kondisi fasilitas laboratorium termasuk perangkat keras dan konektivitas, serta urgensi integrasi coding dan kecerdasan buatan dalam kurikulum. Hasil identifikasi mengungkap variasi kebutuhan antar sekolah yang menjadi dasar penentuan prioritas intervensi dan penyesuaian strategi pembelajaran.

2. Tahap Perancangan Model

Berdasarkan temuan kebutuhan, disusun rancangan model pembelajaran kolaboratif yang kontekstual dan adaptif. Produk awal meliputi perangkat pembelajaran yang terstruktur, modul proyek berbasis coding dan AI yang relevan dengan kompetensi kejuruan, lembar kerja peserta didik yang mendukung kegiatan praktis, panduan aktivitas kolaboratif untuk memfasilitasi kerja tim, serta rubrik penilaian kinerja yang mencakup aspek teknis dan keterampilan sosial. Selain itu, dirancang mekanisme pemanfaatan platform kolaboratif digital untuk mendukung komunikasi tim, integrasi sumber belajar, manajemen tugas, dan pemantauan proses belajar secara real time. Model ini juga mempertimbangkan skenario diferensiasi untuk mengakomodasi variasi kemampuan siswa dan ketersediaan sumber daya, serta menyertakan panduan pelatihan bagi guru untuk memastikan implementasi yang efektif.

3. Tahap Validasi oleh Ahli

Tahap validasi oleh ahli merupakan langkah krusial dalam pengembangan model pembelajaran. Setelah konsep awal model disusun, tim validator yang terdiri dari dosen pendidikan vokasi teknik, praktisi kecerdasan artifisial, guru bersertifikat coding, dan mitra industri ditugaskan untuk mengkaji keseluruhan dokumen dan artefak pendukung. Penilaian dilakukan secara komprehensif meliputi kelayakan isi (relevansi materi dengan kebutuhan vokasi), kejelasan struktur model (keteraturan komponen dan keterpaduan antarbagian), kelogisan alur pembelajaran (pemadanan tujuan, kegiatan, dan evaluasi), serta kesesuaian kompetensi yang ditetapkan dengan standar kompetensi industri dan kurikulum nasional. Para pakar memberikan masukan rinci, baik bersifat substantif misalnya penambahan topik terkait etika

penggunaan kecerdasan artifisial dan integrasi praktik berbasis proyek maupun teknis, seperti penyempurnaan rubrik penilaian dan penyajian indikator pencapaian kompetensi yang lebih terukur. Selain itu, masukan terkait kebutuhan sarana-prasarana dan profil lulusan yang diharapkan juga dikumpulkan untuk memastikan model dapat diimplementasikan di berbagai konteks vokasi. Seluruh umpan balik dianalisis secara sistematis oleh tim pengembang untuk menentukan prioritas revisi. Revisi dilakukan iteratif, disertai dokumentasi perubahan dan rationale-nya, serta rencana uji coba lanjutan. Dengan demikian, tahap validasi memastikan model tidak hanya sah secara akademis tetapi juga relevan dan aplikatif bagi dunia industri.

4. Tahap Implementasi Terbatas

Pada tahap implementasi terbatas, model pembelajaran yang telah disempurnakan diterapkan pada kelompok siswa kelas XI yang berasal dari tiga program keahlian: teknik elektro, informatika, dan otomasi industri. Pelaksanaan uji coba ini dirancang untuk menilai beberapa aspek kunci secara simultan. Pertama, keterlaksanaan model dalam kondisi nyata meliputi kesiapan bahan ajar, waktu pelaksanaan, serta kemampuan fasilitator dalam mengelola kegiatan pembelajaran. Kedua, interaksi antaranggota kelompok menjadi fokus pengamatan untuk memahami dinamika kolaboratif, pembagian peran, komunikasi teknis, serta kemampuan siswa dalam memecahkan masalah secara kolektif. Selanjutnya, efektivitas modul coding-AI dievaluasi berdasarkan sejauh mana modul tersebut memfasilitasi pemahaman konsep, penerapan praktis, dan keterampilan pemrograman yang relevan dengan kebutuhan vokasi. Pengukuran dilakukan melalui observasi langsung, tes keterampilan, dan penilaian hasil kerja kelompok. Selain itu, respons dan persepsi siswa terhadap aktivitas kolaboratif dicatat melalui kuesioner dan wawancara singkat untuk mengetahui motivasi, kepuasan, serta hambatan yang dialami selama proses pembelajaran. Seluruh rangkaian uji coba diamati secara seksama untuk memastikan bahwa pelaksanaan sesuai dengan desain model yang telah direncanakan. Data observasi digunakan sebagai dasar untuk merekomendasikan perbaikan sebelum skala implementasi diperluas, termasuk penyesuaian modul, strategi fasilitasi, dan mekanisme evaluasi.

5. Tahap evaluasi dan penyempurnaan

Tahap evaluasi dan penyempurnaan merupakan komponen krusial dalam siklus pengembangan model pembelajaran berbasis proyek coding-AI. Pada tahap ini, efektivitas model dinilai secara sistematis melalui beberapa indikator kunci: peningkatan kompetensi peserta sebelum dan sesudah pembelajaran, perilaku kolaboratif selama pelaksanaan proyek, serta kualitas dan kebermanfaatan produk proyek coding AI yang dihasilkan. Pengukuran peningkatan kompetensi dilakukan dengan administrasi tes pre-test dan post-test yang dirancang untuk mengukur penguasaan konsep teknis, keterampilan pemecahan masalah, dan kemampuan penerapan algoritma AI. Selain itu, observasi terstruktur terhadap dinamika kelompok digunakan untuk menilai aspek non-teknis seperti komunikasi, pembagian tugas, kepemimpinan, dan kemampuan berkolaborasi. Diskusi terfokus (focus group discussions) dengan peserta dan pengajar menambah dimensi kualitatif untuk memahami pengalaman belajar, hambatan yang ditemui, serta strategi pembelajaran yang paling efektif. Penilaian hasil kerja mencakup review kode, uji fungsi aplikasi, dokumentasi proyek, dan dampak praktis produk terhadap kebutuhan pengguna atau konteks nyata. Data kuantitatif dan kualitatif yang terkumpul dianalisis untuk mengidentifikasi pola keberhasilan dan kelemahan model. Hasil analisis ini digunakan untuk melakukan iterasi: menyempurnakan kurikulum, menyesuaikan metode pembelajaran kolaboratif, memperbaiki rubrik penilaian, serta menambah sumber daya atau alat pendukung yang diperlukan. Dengan pendekatan evaluasi berkelanjutan dan berbasis bukti, model akhir diperkuat sehingga relevan, efektif, dan siap untuk diimplementasikan pada skala yang lebih luas.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Profil Kebutuhan dan Kondisi Awal

Temuan awal penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar guru yang menjadi responden (n=30) memahami urgensi pengintegrasian coding dan kecerdasan artifisial dalam pembelajaran vokasi

teknik. Sebanyak 85% menyatakan teknologi tersebut penting diajarkan, namun hanya 41% yang menerapkannya secara rutin dalam aktivitas kolaboratif di kelas. Rendahnya implementasi dipengaruhi beberapa faktor, di antaranya keterbatasan sarana pendukung seperti komputer dan jaringan internet, rasa kurang percaya diri guru dalam memfasilitasi pembelajaran berbasis teknologi, serta minimnya modul proyek yang dirancang untuk kerja tim. Dari sisi peserta didik, minat terhadap topik teknologi sangat tinggi. Hal ini terlihat dari antusiasme mereka saat mengikuti praktik pembuatan aplikasi monitoring sederhana dengan Python, simulasi IoT, serta eksperimen membuat chatbot berbasis platform no-code. Temuan tersebut memperlihatkan adanya kesenjangan antara kebutuhan pembelajaran masa kini dengan kesiapan fasilitas dan kompetensi pendidik.

2. Perancangan Model dan Hasil Validasi Ahli

Model pembelajaran yang dikembangkan mencakup rancangan kegiatan selama 8–16 minggu yang memadukan pendekatan problem-based learning dan project-based collaborative learning. Proyek ini terdiri atas proses perancangan aplikasi, penerapan algoritma AI sederhana (misalnya pengenalan suara atau sistem pemantauan energi), pemanfaatan microcontroller seperti Arduino dan Micro:bit, hingga tahap presentasi produk oleh kelompok siswa. Struktur penilaian didesain untuk menilai tidak hanya hasil akhir, tetapi juga proses kerja tim, kreativitas dalam merumuskan solusi, serta kemampuan siswa merefleksikan pengalaman belajar digitalnya. Hasil validasi para ahli menunjukkan bahwa model tersebut relevan dengan kebutuhan industri (87%), fleksibel untuk diterapkan pada berbagai bidang teknik (90%), dan dinilai efektif untuk meningkatkan literasi digital serta kompetensi 4C (88%). Masukan dari ahli kemudian digunakan untuk menyempurnakan alur proyek dan memperjelas kriteria penilaian proses kolaboratif.

3. Implementasi Model dan Dampaknya pada Pembelajaran

Pada tahap uji coba terbatas, siswa bekerja dalam kelompok untuk mengembangkan proyek nyata mulai dari sistem pemantauan suhu berbasis AI, pintu otomatis dengan sensor suara, hingga chatbot edukatif sederhana. Pencapaian siswa menunjukkan peningkatan signifikan. Nilai kompetensi rata-rata yang semula 54,2 pada pre-test naik menjadi 78,6 pada post-test. Peningkatan yang paling terlihat terdapat pada dimensi kolaborasi tim, kreativitas dalam merancang solusi (kenaikan skor $\pm 30\%$), serta komunikasi dan literasi digital (peningkatan $\pm 27\%$). Guru dan siswa menyampaikan bahwa model ini menghasilkan pengalaman belajar yang lebih mendalam, menantang, dan relevan dengan situasi kerja nyata. Siswa menunjukkan berbagai soft skills, seperti kemampuan memimpin diskusi, mengelola konflik dalam kelompok, dan membangun strategi penyelesaian masalah secara kolaboratif.

4. Integrasi Coding dan AI dalam Pendidikan Vokasi Teknik

Penerapan coding dan kecerdasan artifisial dalam pembelajaran vokasi tidak hanya berfungsi sebagai sarana penguasaan keterampilan teknis, tetapi juga menjadi medium untuk mengembangkan kemampuan berpikir sistematis, literasi digital, dan kesiapan adaptif siswa terhadap perubahan teknologi yang cepat. Pembelajaran berbasis teknologi mendorong siswa memahami hubungan antara mekanisme kerja sistem digital dan kebutuhan industri kontemporer.

5. Penguatan Kolaborasi dan Inovasi

Pendekatan proyek mendorong interaksi intensif dalam kelompok. Siswa harus berdiskusi, menyepakati ide, membagi tugas, serta menggabungkan hasil kerja menjadi satu produk. Proses ini melatih kemampuan komunikasi, negosiasi, dan penyelesaian masalah secara nyata. Penilaian berbasis proses memberi ruang bagi guru untuk memantau dinamika kerja tim serta menekankan pentingnya disiplin dan tanggung jawab individu dalam kolaborasi.

6. Peran Guru dan Tantangan Praktis

Dalam implementasi model, guru berperan sebagai fasilitator yang memandu alur kerja proyek serta memastikan tercapainya tujuan pembelajaran. Namun, tantangan seperti keterampilan digital guru yang belum merata, resistensi terhadap teknologi baru, dan kesulitan mengelola kelas kolaboratif perlu diatasi melalui program pelatihan berkelanjutan, pemanfaatan komunitas belajar, dan pendampingan antar guru.

7. Hambatan Implementasi dan Strategi Pemecahan

Ketersediaan alat dan jaringan masih menjadi isu utama di banyak sekolah vokasi. Selain itu, perbedaan kemampuan digital antar siswa menimbulkan kesenjangan dalam pengerjaan proyek. Solusi yang dapat ditempuh meliputi kolaborasi dengan industri untuk penyediaan perangkat, penyelenggaraan pelatihan berbasis open access, serta penggunaan platform pembelajaran daring yang ringan dan mudah diakses.

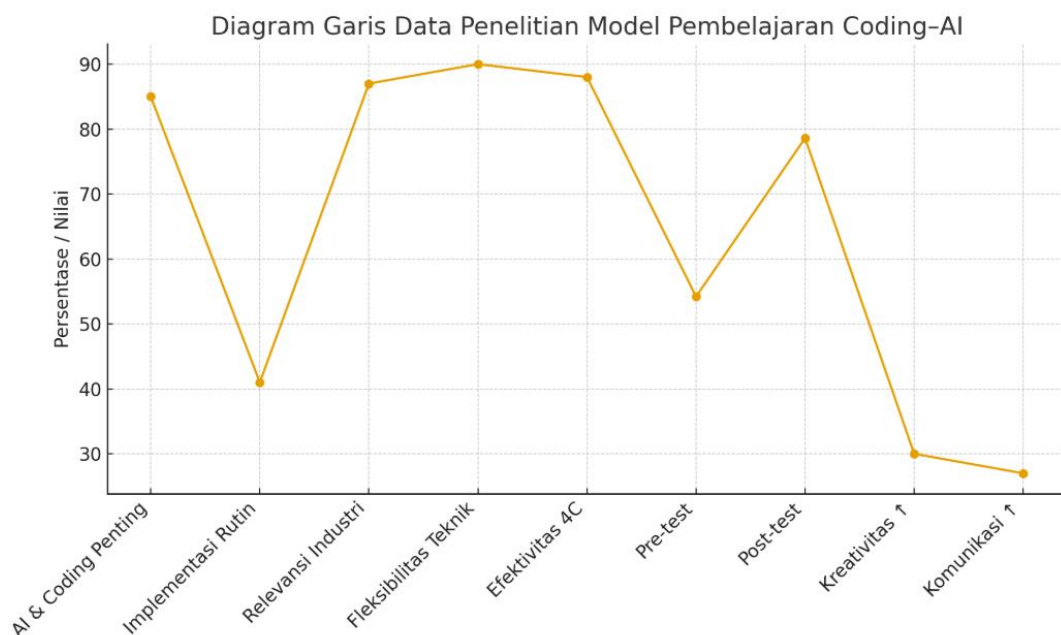
8. Implikasi bagi Kurikulum dan Kebijakan

Model pembelajaran ini mendukung arah kebijakan Merdeka Belajar yang menekankan fleksibilitas, kolaborasi, dan pengalaman belajar berbasis proyek. Pada level kebijakan, model ini dapat menjadi referensi dalam menyusun kurikulum vokasi yang lebih responsif terhadap kebutuhan industri 4.0 dan society 5.0. Sekolah dan pemangku kepentingan diharapkan memperluas praktik pembelajaran kolaboratif digital sebagai bagian dari budaya inovasi di lingkungan pendidikan vokasi.

9. Implikasi Luas dan Rekomendasi Pengembangan

- Penguatan ekosistem pembelajaran coding-AI berbasis kolaborasi di seluruh program keahlian akan memperkuat profil lulusan yang siap bersaing di abad ke-21.
- Integrasi model ini dalam kurikulum nasional berpotensi mendorong transformasi pendidikan digital yang lebih inklusif dan berkelanjutan.
- Penelitian lanjutan disarankan mengeksplorasi penerapan model ini pada bidang teknik tertentu, seperti mekatronika, energi terbarukan, atau otomasi, serta mengembangkan modul pelatihan guru dalam format blended learning yang lebih sistematis.

Diagram berikut disajikan untuk memberikan representasi visual yang komprehensif terhadap data yang diperoleh pada setiap bab penelitian



Gambar 1. Diagram Garis Data Penelitian Model Pembelajaran Coding-AI

Grafik tersebut memperlihatkan bahwa kesadaran guru mengenai pentingnya pembelajaran coding-AI berada pada tingkat yang sangat tinggi (**85%**), tetapi praktik penerapannya di kelas masih rendah (**41%**). Penilaian para ahli terhadap model yang dikembangkan menunjukkan kategori sangat baik, ditunjukkan oleh skor relevansi terhadap kebutuhan industri (**87%**), keluwesan penerapan (**90%**), dan dukungan terhadap kompetensi abad ke-21 (**88%**). Pada sisi peserta didik, kemampuan mereka meningkat secara nyata. Nilai awal (**54,2**) naik menjadi (**78,6**) setelah model diterapkan. Keterampilan kreativitas dan komunikasi juga mengalami kenaikan sekitar **30%** dan **27%**. Secara keseluruhan, grafik menegaskan bahwa model pembelajaran ini memberikan kontribusi positif bagi peningkatan kemampuan siswa meskipun level penerapan teknologi di kelas masih memerlukan penguatan.

IV. KESIMPULAN

Pengembangan model pembelajaran kolaboratif yang mengintegrasikan coding dan kecerdasan artifisial menunjukkan capaian yang signifikan dalam memperkuat kompetensi abad ke-21 pada siswa vokasi teknik. Model ini tidak hanya mampu meningkatkan kemampuan digital, kreativitas, berpikir kritis, komunikasi, dan kolaborasi, tetapi juga terbukti fleksibel untuk diterapkan pada berbagai program keahlian serta selaras dengan kebutuhan teknologi industri saat ini. Keselarasan antara aktivitas proyek, penggunaan perangkat digital, dan dinamika kerja tim menjadikan model ini relevan sebagai pendekatan pembelajaran inovatif di lingkungan pendidikan vokasi Indonesia.

Hasil penelitian menegaskan pentingnya perluasan adopsi model ini ke lebih banyak bidang keahlian vokasi agar ekosistem pembelajaran digital semakin kuat dan merata. Implementasi secara luas tetap memerlukan dukungan pelatihan pedagogi digital yang berkelanjutan bagi guru, peningkatan kapasitas sekolah dalam penyediaan sarana, serta kebijakan yang konsisten untuk mendorong transformasi pendidikan vokasi ke arah yang lebih adaptif dan berorientasi pada era kecerdasan artifisial. Dengan landasan tersebut, model ini memiliki potensi besar untuk menjadi bagian dari strategi nasional dalam memperkuat kualitas lulusan vokasi menghadapi tantangan industri 4.0 dan society 5.0.

V. REFERENSI

- Aisyah, R., & Pratama, D. (2023). Collaborative coding-based learning model to enhance students' problem-solving skills in vocational education. *Journal of Technical and Vocational Innovation*, 7(2), 115–128.
- Alfianto, B., & Nugroho, S. (2024). Integrating artificial intelligence into classroom pedagogy: Implications for 21st-century skills. *International Journal of Digital Education*, 5(1), 44–59.
- Alwan, M., & Salim, F. (2022). The effectiveness of AI-supported learning environments in improving computational thinking. *Journal of Educational Technology Research*, 14(3), 201–214.
- Andriani, T. (2021). Kolaborasi pembelajaran berbasis proyek dan literasi digital pada pendidikan vokasi teknik. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 18(1), 33–47.
- Dewi, S. A., & Mulyana, E. (2022). Pengembangan model pembelajaran coding untuk meningkatkan kreativitas dan kolaborasi siswa. *Jurnal Inovasi Pembelajaran*, 9(2), 150–162.

- Cahyono Dewi, S. A., & Mulyana, E. (2022). Pengembangan model pembelajaran coding untuk meningkatkan kreativitas dan kolaborasi siswa. *Jurnal Inovasi Pembelajaran*, 9(2), 150–162.
- Firmansyah, Y., & Taufik, A. (2021). Kecerdasan artifisial dalam pendidikan teknik: Tren, tantangan, dan prospek. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 10(2), 89–101.
- Ismail, M., & Harun, R. (2024). Technology-enhanced collaborative learning to support computational thinking in secondary schools. *International Journal of STEM Pedagogy*, 3(1), 22–38.
- Lestari, N., & Wijaya, H. (2023). Digital pedagogy competence of vocational teachers in the era of AI-driven education. *Journal of Vocational Education Research*, 6(3), 121–138.
- Mahfud, A. (2022). Model pembelajaran kolaboratif untuk meningkatkan kemampuan abad 21 di SMK. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 2(4), 245–256.
- Prasetyo, B., & Rohman, A. (2024). Artificial intelligence adoption in STEM learning: A systematic review. *Journal of Educational Research and Innovation*, 5(2), 58–74.
- Putri, Y., & Hidayat, T. (2020). Pengaruh pembelajaran pemrograman kolaboratif terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 22(3), 211–223.
- Ramadhan, R., & Kurniawan, P. (2023). Pengembangan platform pembelajaran vokasi berbasis AI untuk meningkatkan employability skills. *Jurnal Vokasi dan Teknologi*, 11(1), 55–70.
- Susanti, E. (2021). Integrasi literasi komputasional dalam pembelajaran abad 21 di sekolah kejuruan. *Jurnal Pendidikan Informatika*, 5(2), 99–112.
- Wibowo, S., & Setiawan, F. (2024). Hybrid pedagogy through AI-assisted coding projects for vocational students. *Journal of Applied Digital Learning*, 4(1), 73–86.