

KEKUATAN DAMPAK DIRECT INSTRUCTION BERBANTUAN TEKNOLOGI INFORMASI TERHADAP HASIL BELAJAR PENGETAHUAN PROSEDURAL DAN KEMANDIRIAN BELAJAR PADA SUBJEK PEMROGRAMAN KOMPUTER

Admaja Dwi Herlambang^{*1}

¹Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Indonesia
Email: ¹herlambang@ub.ac.id

^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 12 Desember 2024, diterima untuk diterbitkan: 19 Juni 2025)

Abstrak

Penelitian ini menganalisis kekuatan dampak implementasi pembelajaran *Direct Instruction* (DI) berbantuan teknologi informasi terhadap hasil belajar dan kemandirian belajar pengetahuan prosedural pada subjek pemrograman komputer. Tujuan tersebut dipicu oleh keterbatasan teori saat ini yang mampu menunjukkan seberapa besar dampak DI berbantuan teknologi informasi pada konteks bidang studi teknologi informasi. Teknologi informasi yang digunakan mencakup *Learning Management System* (LMS) dan konten pembelajaran digital interaktif. Subjek penelitian adalah siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), yang dibagi menjadi kelompok eksperimen dan kontrol, masing-masing terdiri dari 80 siswa. Kelompok eksperimen menerapkan metode pembelajaran DI dengan dukungan teknologi informasi, sedangkan kelompok kontrol menggunakan metode pembelajaran DI tanpa dukungan teknologi. Data hasil belajar diperoleh melalui tes kinerja, sementara data kemandirian belajar dikumpulkan menggunakan kuesioner. Desain penelitian eksperimen adalah *Static-Group Pretest-Posttest* tanpa mekanisme *random selection* dan *random assignment*. Desain tersebut dipilih karena posisi subjek penelitian tidak memungkinkan diatur ulang secara sepihak oleh peneliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran DI berbantuan teknologi informasi memiliki kekuatan dampak yang signifikan terhadap hasil belajar dan kemandirian belajar siswa. Namun demikian, implementasi DI berbantuan teknologi informasi memiliki kekuatan dampak yang lebih besar terhadap kemandirian belajar ($t(158) = 26,152, p < 0,001, d = 4,09$) dibandingkan dengan hasil belajar ($t(158) = 21,152, p < 0,001, d = 3,29$).

Kata kunci: *direct instruction, teknologi informasi, hasil belajar, kemandirian belajar, pengetahuan prosedural, pemrograman komputer.*

THE IMPACT OF INFORMATION TECHNOLOGY-ASSISTED DIRECT INSTRUCTION ON LEARNING OUTCOMES AND SELF-REGULATED LEARNING IN PROCEDURAL KNOWLEDGE WITHIN THE COMPUTER PROGRAMMING SUBJECT

Abstract

This study analyzes the impact of implementing direct instruction assisted by information technology on learning outcomes and self-regulated learning of procedural knowledge within the computer programming subject. The objective is prompted by the limitations of current theories in demonstrating the extent of the impact of technology-assisted direct instruction within the context of information technology subject. The information technology utilized includes a Learning Management System (LMS) and interactive digital learning content. The research subjects were vocational high school students, divided into experimental and control groups, each consisting of 80 students. The experimental group applied the direct instruction method with the support of information technology, while the control group used the direct instruction method without technological support. Learning outcomes data were obtained through performance tests, while self-regulated learning data were collected using questionnaires. The experimental design was a Static-Group Pretest-Posttest without random selection and random assignment mechanisms, chosen because the positions of the research subjects could not be rearranged unilaterally by the researcher. The results showed that direct instruction assisted by information technology had a significant impact on students' learning outcomes and self-regulated learning. However, the implementation of direct instruction with information technology support had a greater impact on self-regulated learning ($t(158) = 26,152, p < 0.001, d = 4,09$) compared to learning outcomes ($t(158) = 21,152, p < 0,001, d = 3,29$). These findings

underscore the importance of integrating technology into face-to-face learning to enhance students' learning outcomes and self-regulated learning in procedural knowledge within the information technology domain.

Keywords: *direct instruction, information technology, learning outcomes, self-regulated learning, procedural knowledge, computer programming.*

1. PENDAHULUAN

Pendidikan kejuruan memiliki peran strategis dalam mempersiapkan sumber daya manusia yang kompeten dan siap kerja. Pembelajaran efektif menjadi kunci utama dalam mencapai tujuan pendidikan kejuruan tersebut. Menurut Billett, pembelajaran efektif dalam pendidikan kejuruan tidak hanya mentransfer pengetahuan dan keterampilan teknis, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan keterampilan sosial yang dibutuhkan di dunia kerja (Billett, 2011). Namun, menciptakan pembelajaran yang efektif di sekolah kejuruan masih menjadi tantangan, terutama dalam mengembangkan keterampilan praktis dan pengetahuan prosedural (Herlambang, Budiman and Wardhono, 2022; Herlambang, Fransisca and Afirianto, 2023). Salah satu faktor kunci dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran di era digital adalah pemanfaatan teknologi informasi (Al Hashlamoun and Daouk, 2020). Integrasi teknologi dalam pendidikan kejuruan membuka peluang baru untuk meningkatkan akses terhadap sumber belajar, memfasilitasi pembelajaran jarak jauh, dan menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif (Do *et al.*, 2023; Yahaya, Restu and Sriadhi, 2024). Penggunaan learning management system (LMS) dan konten digital interaktif, misalnya, telah terbukti dapat meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa SMK (Ahmad *et al.*, 2023; Munyaradzi, Mildred and David, 2024; Wei, 2024). Selain itu, teknologi informasi juga memungkinkan personalisasi pembelajaran sesuai dengan kebutuhan dan gaya belajar masing-masing siswa.

Dalam konteks pembelajaran pengetahuan prosedural di pendidikan kejuruan, model pembelajaran *direct instruction* memiliki potensi yang signifikan (Herlambang, Ririn and Rachmadi, 2024). *Direct instruction* menekankan pada penyampaian pengetahuan prosedural secara terstruktur dan sistematis (Stockard *et al.*, 2018; Wang, 2020). Model ini efektif dalam membantu siswa menguasai keterampilan teknis dan prosedur kerja yang spesifik. Namun, penerapan *direct instruction* perlu dikombinasikan dengan teknologi informasi untuk mengoptimalkan potensinya dalam era digital (Pardimin, Arcana and Supriadi, 2019). Integrasi teknologi informasi dalam model *direct instruction* dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran pengetahuan prosedural. Misalnya, penggunaan video tutorial interaktif dapat membantu siswa memvisualisasikan dan memahami langkah-langkah prosedural dengan lebih baik. Simulasi digital dan *augmented reality* juga dapat memberikan

pengalaman praktis yang lebih realistis dan aman bagi siswa sebelum mereka menerapkan keterampilan di dunia nyata (Weng *et al.*, 2023).

Selain itu, teknologi informasi dapat mendukung aspek penting lainnya dalam pembelajaran efektif, seperti umpan balik yang cepat dan personal. Sistem penilaian otomatis berbasis AI, misalnya, dapat memberikan umpan balik instan kepada siswa tentang kinerja mereka dalam tugas prosedural, memungkinkan perbaikan yang lebih cepat dan efisien (Moses, 2024; Pan, 2024). Namun, penerapan teknologi informasi dalam pembelajaran *direct instruction* juga memiliki tantangan tersendiri. Salah satunya adalah memastikan bahwa teknologi tidak menggantikan, tetapi justru memperkuat peran guru sebagai fasilitator pembelajaran. Guru perlu dibekali dengan keterampilan digital yang memadai untuk dapat mengintegrasikan teknologi secara efektif dalam pembelajaran (Oshanova *et al.*, 2021). Selain itu, perlu diperhatikan juga aspek kesetaraan akses terhadap teknologi. Tidak semua siswa memiliki akses yang sama terhadap perangkat digital dan koneksi internet yang stabil. Oleh karena itu, sekolah kejuruan perlu mempertimbangkan strategi untuk mengatasi kesenjangan digital ini, misalnya dengan menyediakan fasilitas komputer di sekolah atau program peminjaman perangkat untuk siswa (Littenberg-Tobias and Reich, 2020; Jiang, Xu and Xu, 2024).

Penerapan model pembelajaran *direct instruction* berbantuan teknologi informasi dalam pendidikan kejuruan masih perlu dikaji lebih lanjut (Zendler and Klein, 2018; Mubai *et al.*, 2023). Beberapa penelitian telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, namun masih diperlukan studi yang lebih komprehensif untuk memahami efektivitasnya dalam berbagai bidang keahlian dan konteks sosial-budaya yang beragam (Eppley and Dudley-Marling, 2019; Eratay, 2020; Hermawan *et al.*, 2020; Wallace, Knudson and Gheidi, 2020). Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh model pembelajaran *direct instruction* berbantuan teknologi informasi terhadap hasil belajar dan kemandirian belajar pengetahuan prosedural dalam subjek pemrograman komputer di SMK. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan model pembelajaran yang efektif untuk pendidikan kejuruan di era digital, khususnya dalam konteks pembelajaran pengetahuan prosedural.

Penelitian Terdahulu tentang *Direct instruction*

Model pembelajaran *direct instruction* telah menjadi subjek penelitian yang ekstensif dalam beberapa dekade terakhir. Stockard et al. melakukan meta-analisis komprehensif terhadap 328 studi yang meneliti efektivitas kurikulum *direct instruction* selama 50 tahun (Stockard et al., 2018). Hasil meta-analisis ini menunjukkan bahwa *direct instruction* memiliki efek positif yang signifikan dan substansial terhadap prestasi akademik di berbagai mata pelajaran dan untuk siswa dengan berbagai karakteristik. Efek positif ini konsisten di seluruh tingkatan kelas, dari taman kanak-kanak hingga pendidikan tinggi.

Dalam konteks pendidikan kejuruan, Muijs & Reynolds meneliti penerapan *direct instruction* dalam pembelajaran keterampilan teknis di sekolah menengah kejuruan di Inggris (Muijs and Reynolds, 2017). Mereka menemukan bahwa *direct instruction* sangat efektif dalam mengajarkan prosedur dan keterampilan spesifik yang dibutuhkan dalam berbagai bidang kejuruan. Namun, mereka juga menekankan pentingnya menggabungkan *direct instruction* dengan pendekatan pembelajaran lain untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Di Indonesia, Zalukhu dan Telaumbanua melakukan studi kasus tentang implementasi *direct instruction* dalam pembelajaran praktik di SMK (Zalukhu and Telaumbanua, 2023). Mereka menemukan bahwa *direct instruction* efektif dalam mengajarkan keterampilan prosedural, tetapi guru sering mengalami kesulitan dalam menerapkannya secara konsisten karena keterbatasan waktu dan sumber daya. Mereka menyarankan perlunya pelatihan lebih lanjut bagi guru SMK dalam menggunakan *direct instruction* secara efektif.

Integrasi Teknologi Informasi dalam Pembelajaran

Integrasi teknologi informasi dalam pembelajaran telah menjadi fokus utama penelitian pendidikan dalam beberapa tahun terakhir. Beberapa penelitian menemukan bahwa penggunaan teknologi, terutama *learning management systems* (LMS) dan konten digital interaktif, secara signifikan meningkatkan akses siswa terhadap materi pembelajaran dan meningkatkan interaktivitas dalam proses belajar mengajar (Y. F. Chen et al., 2018; Ahmad et al., 2023; Yahaya, Restu and Sriadhi, 2024). Kelompok siswa SMK yang menggunakan perangkat multimedia seperti *augmented reality* (AR) dalam pembelajaran memiliki literasi sains dan prestasi belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok lain (Yuniarti et al., 2024). Mereka menyimpulkan bahwa AR dapat menjadi alat yang efektif untuk memvisualisasikan konsep abstrak dan meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi yang kompleks.

Dalam konteks *e-learning*, beberapa penelitian melakukan tinjauan sistematis terhadap penelitian tentang aplikasi kecerdasan buatan (AI) dalam

pembelajaran (Moses, 2024; Pan, 2024). Penelitian tersebut mengidentifikasi berbagai potensi penggunaan AI dalam pendidikan, termasuk sistem tutoring cerdas, penilaian otomatis, dan personalisasi pembelajaran. Namun, mereka juga memperingatkan tentang tantangan etis dan pedagogis yang perlu dipertimbangkan dalam implementasi teknologi AI dalam pendidikan. Di sisi lain, penelitian tentang kesenjangan digital dalam konteks pembelajaran jarak jauh selama pandemi COVID-19 (Littenberg-Tobias and Reich, 2020). Penelitian tersebut menemukan bahwa meskipun teknologi dapat meningkatkan akses terhadap pendidikan, kesenjangan dalam akses dan keterampilan digital dapat memperlebar kesenjangan pendidikan yang ada. Mereka menekankan pentingnya kebijakan yang mendukung pemerataan akses teknologi dan pengembangan keterampilan digital bagi semua siswa.

Kemandirian Belajar dalam Konteks Pendidikan Kejuruan

Kemandirian belajar atau *self-regulated learning* telah diakui sebagai faktor kunci dalam keberhasilan akademik dan kesiapan kerja siswa kejuruan. Zimmerman mendefinisikan *self-regulated learning* sebagai proses di mana siswa secara aktif dan konstruktif menetapkan tujuan untuk pembelajaran mereka dan kemudian berusaha untuk memantau, mengatur, dan mengendalikan kognisi, motivasi, dan perilaku mereka, dipandu dan dibatasi oleh tujuan mereka dan fitur kontekstual di lingkungan (Zimmerman, 2002). Dalam konteks pendidikan kejuruan, Jossberger melakukan studi longitudinal terhadap siswa SMK di Belanda untuk menyelidiki perkembangan keterampilan *self-regulated learning* selama masa studi mereka (Jossberger et al., 2020). Mereka menemukan bahwa siswa yang memiliki keterampilan *self-regulated learning* yang lebih baik cenderung memiliki prestasi akademik yang lebih tinggi dan lebih siap untuk transisi ke dunia kerja. Mereka juga mengidentifikasi bahwa lingkungan belajar yang mendukung otonomi siswa dan memberikan umpan balik yang konstruktif dapat meningkatkan pengembangan keterampilan *self-regulated learning*.

Di Indonesia, Wahyuni meneliti penerapan model pembelajaran *blended learning* berbasis Edmodo untuk meningkatkan kemandirian belajar siswa SMK (Wahyuni et al., 2019). Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa penggunaan platform *online* seperti Edmodo dapat meningkatkan motivasi dan kemandirian belajar siswa, terutama dalam hal manajemen waktu dan sumber daya belajar. Namun, mereka juga mencatat bahwa keberhasilan implementasi model ini bergantung pada kesiapan teknologi dan dukungan dari guru dan sekolah. Sementara itu, Siddiq melakukan meta-analisis terhadap penelitian tentang penekanan guru pada pengembangan keterampilan informasi dan

komunikasi digital siswa (TEDDICS) (Siddiq, Scherer and Tondeur, 2016). Mereka menemukan bahwa guru yang lebih menekankan pengembangan keterampilan digital siswa cenderung memiliki siswa dengan tingkat kemandirian belajar yang lebih tinggi, terutama dalam hal pencarian dan evaluasi informasi *online*.

Teori Pembelajaran Kognitif

Teori pembelajaran kognitif merupakan salah satu landasan penting dalam memahami proses belajar dan mengajar. Teori ini berfokus pada proses mental internal yang terjadi saat seseorang belajar, seperti bagaimana informasi diterima, diproses, disimpan, dan digunakan kembali (Ertmer and Newby, 2013). Salah satu tokoh utama dalam teori kognitif adalah Jean Piaget, yang mengembangkan teori perkembangan kognitif. Piaget berpendapat bahwa perkembangan kognitif terjadi melalui empat tahap: sensorimotor, praoperasional, operasional konkret, dan operasional formal (Piaget, 1976).

Teori kognitif lain yang berpengaruh adalah teori pemrosesan informasi, yang menggambarkan proses belajar sebagai serangkaian tahapan pengolahan informasi. Menurut Atkinson & Shiffrin informasi melewati tiga tahap memori: sensoris, jangka pendek, dan jangka panjang (Atkinson and Shiffrin, 1968). Pemahaman tentang proses ini penting dalam merancang pembelajaran yang efektif (Sweller, van Merriënboer and Paas, 2019). Vygotsky, dengan teori konstruktivisme sosialnya, menekankan pentingnya interaksi sosial dan budaya dalam perkembangan kognitif (Vygotsky, 1978). Konsep Zone of Proximal Development (ZPD) dari Vygotsky menjelaskan bagaimana pembelajaran dapat difasilitasi melalui bantuan dari orang yang lebih ahli (Shabani, Khatib and Ebadi, 2010). Dalam konteks pendidikan kejuruan, teori kognitif memiliki implikasi penting. Misalnya, teori beban kognitif yang dikembangkan oleh Sweller menjelaskan bagaimana desain instruksional dapat mempengaruhi kapasitas memori kerja siswa (Sweller, 1988; Kirschner *et al.*, 2018; O. Chen *et al.*, 2018). Hal ini sangat relevan dalam pembelajaran keterampilan teknis yang kompleks.

Model Pembelajaran *Direct instruction*

Model pembelajaran *direct instruction*, atau pengajaran langsung, adalah pendekatan pembelajaran yang berpusat pada guru dan dirancang untuk mengajarkan pengetahuan prosedural dan deklaratif secara terstruktur. Model ini dikembangkan berdasarkan teori behavioris dan teori belajar sosial (Stockard, 2020, 2021). Karakteristik utama *direct instruction* meliputi: (1) tujuan pembelajaran yang jelas; (2) presentasi materi secara bertahap; (3) praktik terbimbing; (4) umpan balik dan koreksi; dan (5) praktik mandiri. Stockard melakukan meta-analisis komprehensif terhadap 328 studi tentang efektivitas *direct instruction* selama lima dekade.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *direct instruction* memiliki efek positif yang signifikan dan substansial terhadap prestasi akademik di berbagai mata pelajaran dan untuk siswa dengan berbagai karakteristik (Stockard *et al.*, 2018).

Dalam konteks pendidikan kejuruan, *direct instruction* telah terbukti efektif dalam mengajarkan keterampilan teknis dan prosedural. Misalnya, penelitian oleh Muijs & Reynolds di sekolah menengah kejuruan di Inggris menemukan bahwa *direct instruction* sangat efektif dalam mengajarkan prosedur spesifik yang dibutuhkan dalam berbagai bidang kejuruan (Muijs and Reynolds, 2017). Namun, beberapa kritik terhadap *direct instruction* menyatakan bahwa model ini kurang mendorong pemikiran tingkat tinggi dan kreativitas siswa. Oleh karena itu, banyak ahli menyarankan untuk menggabungkan *direct instruction* dengan pendekatan pembelajaran lain untuk hasil yang optimal (Bedard *et al.*, 2018; van der Graaf *et al.*, 2019; de Jong *et al.*, 2023).

Pengetahuan Prosedural

Pengetahuan prosedural merujuk pada pemahaman tentang bagaimana melakukan sesuatu, termasuk keterampilan, algoritma, teknik, dan metode (Anderson and Krathwohl, 2001). Dalam konteks pendidikan kejuruan, pengetahuan prosedural sangat penting karena berkaitan langsung dengan keterampilan praktis yang dibutuhkan di dunia kerja. Clark & Mayer membedakan antara pengetahuan prosedural dangkal dan mendalam (Clark and Mayer, 2016). Pengetahuan prosedural dangkal melibatkan kemampuan untuk menjalankan prosedur tanpa pemahaman yang mendalam, sementara pengetahuan prosedural mendalam mencakup pemahaman tentang mengapa dan kapan prosedur tertentu harus digunakan. Dalam pembelajaran pemrograman komputer, pengetahuan prosedural meliputi pemahaman tentang sintaks, struktur kontrol, dan algoritma. Robins, Rountree, & Rountree menekankan pentingnya mengembangkan pengetahuan prosedural bersama dengan pengetahuan konseptual dalam pembelajaran pemrograman (Robins, Rountree and Rountree, 2003).

Konsep Kemandirian Belajar

Kemandirian belajar, atau *self-regulated learning* (SRL), adalah konsep penting dalam psikologi pendidikan yang merujuk pada kemampuan siswa untuk mengelola proses belajar mereka sendiri. Zimmerman mendefinisikan SRL sebagai proses di mana siswa secara aktif dan konstruktif menetapkan tujuan untuk pembelajaran mereka dan kemudian berusaha untuk memantau, mengatur, dan mengendalikan kognisi, motivasi, dan perilaku mereka (Zimmerman, 2002). Model SRL yang dikembangkan oleh Pintrich mencakup empat fase: (1) perencanaan dan aktivasi; (2) pemantauan; (3)

kontrol; dan (4) refleksi dan reaksi (Pintrich and De Groot, 1990).

Penelitian menunjukkan bahwa siswa dengan keterampilan SRL yang baik cenderung memiliki prestasi akademik yang lebih tinggi (Panadero, 2017; Eitel, Endres and Renkl, 2020). Dalam konteks pendidikan kejuruan, SRL sangat penting karena mempersiapkan siswa untuk belajar sepanjang hayat dan beradaptasi dengan perubahan teknologi yang cepat dalam dunia kerja. Jossberger melakukan studi longitudinal terhadap siswa SMK di Belanda untuk menyelidiki perkembangan keterampilan SRL selama masa studi mereka (Jossberger *et al.*, 2020). Mereka menemukan bahwa siswa yang memiliki keterampilan SRL yang lebih baik cenderung memiliki prestasi akademik yang lebih tinggi dan lebih siap untuk transisi ke dunia kerja. Integrasi teknologi dalam pembelajaran juga telah terbukti dapat mendukung pengembangan SRL. Misalnya, penelitian oleh Broadbent & Poon menunjukkan bahwa strategi SRL seperti manajemen waktu, metakognisi, dan regulasi usaha berkorelasi positif dengan prestasi akademik dalam lingkungan pembelajaran *online* (Broadbent and Poon, 2015). Dalam konteks pembelajaran hybrid, yang menggabungkan pembelajaran tatap muka dan *online*, SRL menjadi semakin penting. Siswa perlu memiliki keterampilan untuk mengelola waktu mereka, memotivasi diri sendiri, dan mengatur lingkungan belajar mereka di luar kelas tradisional (Barnard *et al.*, 2009).

Hipotesis Penelitian

Hipotesis pertama yang dirumuskan di dalam penelitian ini adalah (a) $H_{0.1}$: Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada hasil belajar kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol ($H_{0.1}: \mu_1 = \mu_2$); dan (b) $H_{a.1}$: Terdapat perbedaan yang signifikan pada hasil belajar kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol ($H_{a.1}: \mu_1 \neq \mu_2$). Simbol μ_1 adalah rata-rata hasil belajar kelompok eksperimen dan μ_2 adalah rata-rata hasil belajar kelompok kontrol. Hipotesis kedua yang dirumuskan di dalam penelitian ini adalah (a) $H_{0.2}$: Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada kemandirian belajar kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol ($H_{0.2}: \mu_3 = \mu_4$); dan (b) $H_{a.2}$: Terdapat perbedaan yang signifikan pada kemandirian belajar kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol ($H_{a.2}: \mu_3 \neq \mu_4$). Simbol μ_3 = rata-rata skor kemandirian belajar kelompok eksperimen dan μ_4 = rata-rata skor kemandirian belajar kelompok kontrol.

2. METODE

Penelitian menggunakan desain eksperimen *Static-Group Pretest-Posttest* tanpa randomisasi. Desain ini dipilih karena keterbatasan dalam mengatur ulang komposisi kelas yang sudah ada di sekolah tempat penelitian dilakukan. Desain ini memungkinkan peneliti untuk mengontrol beberapa

ancaman terhadap validitas internal seperti sejarah, maturasi, dan pengujian, meskipun masih rentan terhadap ancaman seleksi (Fraenkel, Wallen and Hyun, 2022). Dalam desain ini, kedua kelompok (eksperimen dan kontrol) diberikan *Pretest* untuk mengukur hasil belajar dan kemandirian belajar awal. Selanjutnya, kelompok eksperimen menerima perlakuan berupa pembelajaran *direct instruction* berbantuan teknologi informasi, sementara kelompok kontrol menerima *direct instruction* tanpa berbantuan teknologi informasi. Setelah periode perlakuan selesai, kedua kelompok diberikan *Posttest* untuk mengukur hasil belajar dan kemandirian belajar akhir. Justifikasi pemilihan desain, yaitu: (1) memungkinkan perbandingan antara kelompok eksperimen dan kontrol; (2) adanya *Pretest* membantu mengontrol perbedaan awal antar kelompok; (3) cocok untuk situasi dimana randomisasi tidak memungkinkan; dan (4) memungkinkan pengukuran perubahan dalam variabel dependen. Namun, peneliti menyadari keterbatasan desain ini, terutama dalam hal generalisasi hasil. Shadish *et al.* (2002) menekankan pentingnya kehati-hatian dalam menafsirkan hasil dari desain seperti ini. Desain eksperimen disajikan pada Tabel 1.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X jurusan Teknologi Informasi di dua SMK Negeri yang berlokasi di Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia. Penelitian terjadi pada tahun ajaran 2023/2024. Sampel penelitian terdiri dari empat kelas utuh yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan pertimbangan kesetaraan kemampuan awal dan karakteristik siswa. Masing-masing kelas berisi 40 siswa. Dua kelas berlokasi pada SMK A dan dua kelas berlokasi pada SMK B. Dua kelas berlokasi pada SMK A diposisikan sebagai kelas eksperimen beranggotakan 80 siswa, sedangkan dua kelas berlokasi pada SMK B diposisikan sebagai kelompok kontrol beranggotakan 80 siswa. Fraenkel *et al.* (2012) menyarankan bahwa dalam penelitian pendidikan, ukuran sampel minimal 30 per kelompok diperlukan untuk mendeteksi perbedaan yang signifikan. Dengan 80 siswa per kelompok, penelitian ini memenuhi kriteria tersebut.

Tabel 1. Desain Eksperimen Static-Group Pretest-Posttest

Kelompok	Sebelum Perlakuan	Perlakuan	Sesudah Perlakuan
Eksperimen (80 siswa, SMK A)	Pretest HBP & Kuesioner KBJ	DI-TI	Posttest HBP & Kuesioner KBJ
Kontrol (80 siswa, SMK B)	Pretest HBP & Kuesioner KBJ	DI	Posttest HBP & Kuesioner KBJ

Keterangan:

DI: *direct instruction* tanpa berbantuan teknologi informasi; DI-TI: *direct instruction* berbantuan teknologi informasi; HBP: hasil belajar prosedural; KBJ: kemandirian belajar

Variabel independen dalam penelitian ini adalah metode pembelajaran, yang terdiri dari dua level, yaitu (1) *direct instruction* berbantuan teknologi informasi (kelompok eksperimen); dan (2) *direct instruction* tanpa berbantuan teknologi informasi (kelompok kontrol). Definisi operasional dari *direct instruction* berbantuan teknologi informasi adalah model pembelajaran yang menggabungkan prinsip-prinsip *direct instruction* dengan penggunaan teknologi informasi seperti learning management system dan konten digital interaktif. Variabel dependen terdiri dari hasil belajar pengetahuan prosedural dan kemandirian belajar. Definisi operasional hasil belajar pengetahuan prosedural adalah kemampuan siswa dalam menerapkan prosedur, algoritma, atau teknik spesifik dalam konteks pemrograman dasar, diukur melalui tes kinerja. Definisi operasional kemandirian belajar adalah kemampuan siswa untuk mengatur, mengarahkan, dan mengevaluasi proses belajar mereka sendiri, diukur menggunakan kuesioner *self-regulated learning*.

Instrumen penelitian yang digunakan ada dua, yaitu tes kinerja dan kuesioner kemandirian belajar. Tes kinerja dikembangkan berdasarkan indikator kompetensi dasar mata pelajaran pemrograman komputer. Tes ini terdiri dari lima soal praktik pemrograman yang menilai kemampuan siswa dalam menerapkan pengetahuan prosedural. Validitas isi instrumen dipastikan melalui *expert judgment* oleh dua orang ahli pemrograman dan satu orang ahli evaluasi pendidikan. Reliabilitas instrumen diuji menggunakan metode *test-retest*, dengan koefisien korelasi Pearson minimal 0,7 dianggap memadai (Nunnally, 1994). Kuesioner kemandirian belajar diadaptasi dari *Motivated Strategies for Learning Questionnaire* (MSLQ) yang dikembangkan oleh Pintrich (Pintrich and De Groot, 1990). Kuesioner ini terdiri dari 24 item yang mengukur aspek-aspek kemandirian belajar seperti penetapan tujuan, manajemen waktu, regulasi metakognitif, dan pencarian bantuan. Setiap item dinilai menggunakan skala Likert 5 poin. Validitas konstruk instrumen diuji menggunakan analisis faktor konfirmatori, sementara reliabilitas diukur dengan koefisien alpha Cronbach, dengan nilai minimal 0,70 dianggap dapat diterima (Taber, 2018).

Analisis data dilakukan dalam tiga tahap, yaitu (1) uji asumsi klasik; (2) uji hipotesis menggunakan t-test; dan (3) perhitungan *effect size*. Uji asumsi klasik yang dilakukan adalah uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk test, uji homogenitas menggunakan Levene's test, dan uji hipotesis menggunakan t-test. T-test yang dilakukan ada dua jenis, yaitu independent samples t-test untuk membandingkan hasil *Posttest* antara kelompok eksperimen dan kontrol, dan *paired samples t-test* untuk menganalisis perubahan dari *Pretest* ke *Posttest* dalam masing-masing kelompok. Perhitungan *effect size* dilakukan menggunakan

Cohen's d untuk menghitung besaran efek perlakuan. Interpretasi *effect size* mengikuti panduan Cohen: kecil (0,2), sedang (0,5), besar (0,8) (Cohen, 1988).

3. HASIL

Instrumen penelitian berupa tes kinerja diuji melalui *expert judgement* dan dianalisis menggunakan *Aiken's Validity Score* (AVS) untuk estimasi skor validitas dan *test-retest* untuk estimasi skor reliabilitas. Kueisoner kemandirian belajar diuji terlebih dahulu melalui kegiatan *pilot test* dan dianalisis menggunakan Bartlett's Test untuk estimasi skor validitas dan Cronbach's Alpha untuk estimasi skor reliabilitas.

Jumlah soal tes kinerja yang diestimasi skor validitas item dan reliabilitas *test-retest* adalah 5 butir soal. Semua soal tes kinerja memiliki nilai AVS di atas 0,80, yang menunjukkan validitas isi yang sangat baik. Soal nomor 1, 2, 4, dan 5 memiliki nilai AVS tertinggi (0,92), menunjukkan kesepakatan yang sangat tinggi di antara para ahli. Soal nomor 3 memiliki nilai AVS sedikit lebih rendah (0,83), namun masih menunjukkan validitas isi yang baik. Berdasarkan analisis AVS, instrumen tes kinerja pemrograman komputer yang dikembangkan memiliki validitas isi yang sangat baik dan dapat digunakan untuk mengukur kemampuan siswa dalam pemrograman komputer. Pada estimasi nilai reliabilitas instrumen tes kinerja menggunakan metode *test-retest* melibatkan 15 siswa yang bukan subjek penelitian. Nilai koefisien korelasi Pearson antara Test 1 dan Test 2 adalah 0,994, yang menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat antara kedua tes. Nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) adalah 0,000 atau kurang dari 0,01. Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara kedua tes signifikan secara statistik pada tingkat 0,01. Koefisien korelasi 0,994 jauh melebihi nilai minimal 0,70 yang dianggap memadai untuk reliabilitas *test-retest*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa instrumen tes kinerja memiliki reliabilitas yang sangat tinggi. Nilai koefisien korelasi Pearson sebesar 0,994 menunjukkan konsistensi yang sangat baik antara hasil Test 1 dan Test 2. Hal ini mengindikasikan bahwa instrumen tes sangat reliabel dan memberikan hasil yang konsisten ketika digunakan pada waktu yang berbeda.

Jumlah pernyataan pada kuesioner kemandirian belajar yang akan diestimasi nilai validitas konstruk dan reliabilitas adalah 24 butir. *Pilot test* untuk instrumen kuesioner kemandirian belajar dilakukan kepada 30 siswa yang tidak menjadi subjek penelitian. Analisis faktor konfirmatori kuesioner kemandirian belajar menghasilkan nilai KMO sebesar 0,724. Nilai tersebut lebih besar dari 0,60 sehingga hal ini menunjukkan kecukupan sampel. Bartlett's Test yang signifikan ($p < 0,001$), menunjukkan korelasi antar variabel. Kemudian 5 faktor diekstraksi dan mampu menjelaskan 78,801% varians total. *Rotated Component Matrix*

menunjukkan pengelompokan item yang jelas ke dalam 5 faktor. Analisis Cronbach's Alpha menghasilkan nilai 0,924. nilai tersebut lebih besar dari 0,70 sehingga hal ini menunjukkan bahwa kuesioner memiliki kualitas yang sangat baik. *Item-Total Statistics* menunjukkan bahwa semua item berkontribusi positif terhadap reliabilitas skala. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kuesioner kemandirian belajar memiliki validitas konstruk yang baik dan reliabilitas yang sangat tinggi. Instrumen tes kinerja dan kuesioner kemudian digunakan untuk mengumpulkan dataset penelitian.

Penelitian melibatkan 160 siswa SMK jurusan Teknologi Informasi, yaitu 80 siswa di SMK A dan 80 siswa SMK B. Siswa dari SMK A dikelompokkan sebagai kelompok kontrol dan Siswa dari SMK B dikelompokkan sebagai kelompok eksperimen. Kelompok eksperimen menerima perlakuan berupa model pembelajaran *direct instruction* berbantuan teknologi informasi, sementara kelompok kontrol menggunakan model pembelajaran *direct instruction* tanpa berbantuan teknologi informasi. Kedua kelompok memiliki karakteristik yang setara dalam hal usia (rata-rata 16 tahun) dan latar belakang akademik sebelumnya.

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa rata-rata hasil belajar kelompok eksperimen ($M = 79,56$, $SD = 2,45$) lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol ($M = 71,38$, $SD = 2,53$). Demikian pula untuk kemandirian belajar, kelompok eksperimen menunjukkan rata-rata yang lebih tinggi ($M = 76,56$, $SD = 2,45$) dibandingkan kelompok kontrol ($M = 66,38$, $SD = 2,53$).

Tabel 2. Statistik Deskriptif Hasil Belajar dan Kemandirian Belajar

Variabel	Kelompok	N	M	SD	Min	Maks
HBP	Eksperimen	80	79,56	2,45	75,00	84,00
	Kontrol	80	71,38	2,53	67,00	76,00
KBJ	Eksperimen	80	76,56	2,45	72,00	81,00
	Kontrol	80	66,38	2,53	62,00	71,00

Keterangan:

HBP: hasil belajar prosedural; KBJ: kemandirian belajar; N: jumlah subjek penelitian; M: rerata; SD: standar deviasi; Min: nilai terendah; Maks: nilai tertinggi.

Uji normalitas dilakukan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Hasil uji normalitas disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, nilai signifikansi untuk semua variabel pada kedua kelompok lebih besar dari 0,05, menunjukkan bahwa data terdistribusi normal.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas

Variabel	Kelompok	Kolmogorov-Smirnov		
		Statistic	df	Sig.
HBP	Eksperimen	0,089	80	0,200
	Kontrol	0,095	80	0,200
KBJ	Eksperimen	0,089	80	0,200
	Kontrol	0,095	80	0,200

Keterangan:

HBP: hasil belajar prosedural; KBJ: kemandirian belajar.

Uji homogenitas dilakukan menggunakan Levene's Test. Hasil uji homogenitas disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, nilai signifikansi untuk kedua variabel lebih besar dari 0,05, menunjukkan bahwa varians data homogen.

Tabel 4. Hasil Uji Homogenitas

Variabel	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
HBP	0,124	1	158	0,725
KBJ	0,124	1	158	0,725

Keterangan:

HBP: hasil belajar prosedural; KBJ: kemandirian belajar.

Uji t independen dilakukan untuk menguji perbedaan hasil belajar antara kelompok eksperimen dan kontrol. Hasil uji t independen disajikan pada Tabel 5. Hasil uji t menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol ($t(158) = 21,152$, $p < 0,001$). Kelompok eksperimen memiliki rata-rata hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol.

Tabel 5. Hasil Uji Perbedaan Hasil Belajar

t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
21,152	158	0,000	8,18	0,39

Uji t independen juga dilakukan untuk menguji perbedaan kemandirian belajar antara kelompok eksperimen dan kontrol. Hasil uji t independen disajikan pada Tabel 6. Hasil uji t menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol ($t(158) = 26,152$, $p < 0,001$). Kelompok eksperimen memiliki rata-rata kemandirian belajar yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol.

Tabel 6. Hasil Uji Perbedaan Kemandirian Belajar

t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
26,152	158	0,000	10,18	0,39

Effect size untuk hasil belajar prosedural dan kemandirian belajar dihitung menggunakan Cohen's d. Persamaan 1 menunjukkan *effect size* hasil belajar prosedural bernilai 3,29. Hal ini menunjukkan efek yang sangat besar menurut kriteria Cohen. Persamaan 2 menunjukkan *effect size* hasil belajar prosedural bernilai 4,09. Hal ini juga menunjukkan efek yang sangat besar menurut kriteria Cohen. Kesimpulan dari hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran *direct instruction* berbantuan teknologi informasi memiliki dampak positif yang signifikan dan sangat besar terhadap hasil belajar dan kemandirian belajar siswa pada mata pelajaran pemrograman komputer. Namun demikian, dapat diketahui juga bahwa dampak terhadap kemandirian belajar lebih besar daripada dampak terhadap hasil belajar prosedural.

$$d_{HBP} = (M1 - M2) / SD_{pooled} \quad (1)$$

$$d_{HBP} = (79,56 - 71,38) / 2,49 = 3,29$$

$$d_{KBJ} = (M1 - M2) / SD_{pooled} \quad (2)$$

$$d_{KBJ} = (76,56 - 66,38) / 2,49 = 4,09$$

4. PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh implementasi model pembelajaran *direct instruction* berbantuan teknologi informasi terhadap hasil belajar dan kemandirian belajar pengetahuan prosedural dalam subjek pemrograman komputer di tingkat Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran *direct instruction* berbantuan teknologi informasi memiliki dampak positif yang signifikan terhadap kedua variabel dependen tersebut.

Dampak terhadap hasil belajar siswa terlihat dari perbedaan skor rata-rata antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen yang menerima perlakuan berupa model pembelajaran *direct instruction* berbantuan teknologi informasi menunjukkan peningkatan hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol yang menggunakan metode pembelajaran konvensional. Hasil uji t independen menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok ($t(158) = 21,152$, $p < 0,001$), dengan kelompok eksperimen memiliki rata-rata hasil belajar yang lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Stockard, yang melalui meta-analisis komprehensif menemukan bahwa *direct instruction* memiliki efek positif yang signifikan dan substansial terhadap prestasi akademik di berbagai mata pelajaran (Stockard *et al.*, 2018).

Efektivitas *direct instruction* berbantuan teknologi informasi dalam meningkatkan hasil belajar dapat dijelaskan melalui beberapa faktor. Pertama, struktur pembelajaran yang sistematis dan terorganisir dalam model *direct instruction* membantu siswa memahami materi prosedural dengan lebih baik. Hal ini didukung oleh teori beban kognitif yang dikemukakan oleh Sweller, yang menyatakan bahwa desain instruksional yang tepat dapat mengurangi beban kognitif siswa dan meningkatkan efisiensi pembelajaran (Sweller, 1988; Kirschner *et al.*, 2018; Sweller, van Merriënboer and Paas, 2019). Kedua, integrasi teknologi informasi dalam pembelajaran memungkinkan penyajian materi yang lebih interaktif dan menarik, sehingga meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Seperti yang diungkapkan oleh Syahmaidi *et al.* (2021), penggunaan teknologi dalam pendidikan kejuruan dapat meningkatkan akses terhadap sumber belajar dan menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif (Alphonse and Mwantimwa, 2019; Herlambang, Budiman and Wardhono, 2022; Kordahi, 2022).

Selain dampak terhadap hasil belajar, penelitian ini juga menunjukkan pengaruh positif model pembelajaran *direct instruction* berbantuan teknologi informasi terhadap kemandirian belajar siswa. Hasil uji t independen untuk kemandirian belajar

menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol ($t(158) = 26,152$, $p < 0,001$), dengan kelompok eksperimen menunjukkan tingkat kemandirian belajar yang lebih tinggi. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Jossberger *et al.* (2020), yang menemukan bahwa siswa dengan keterampilan *self-regulated learning* yang lebih baik cenderung memiliki prestasi akademik yang lebih tinggi dan lebih siap untuk transisi ke dunia kerja.

Peningkatan kemandirian belajar pada kelompok eksperimen dapat dikaitkan dengan beberapa aspek dari model pembelajaran yang diterapkan. Pertama, penggunaan teknologi informasi dalam pembelajaran memungkinkan siswa untuk mengakses materi dan sumber belajar secara mandiri, kapan pun dan di mana pun. Hal ini sejalan dengan temuan Broadbent & Poon yang menunjukkan bahwa strategi *self-regulated learning* seperti manajemen waktu, metakognisi, dan regulasi usaha berkorelasi positif dengan prestasi akademik dalam lingkungan pembelajaran *online* (Broadbent and Poon, 2015). Kedua, struktur pembelajaran yang jelas dalam model *direct instruction* membantu siswa mengembangkan keterampilan metakognitif mereka, seperti perencanaan, pemantauan, dan evaluasi proses belajar mereka sendiri. Zimmerman menegaskan bahwa pengembangan keterampilan metakognitif ini merupakan komponen kunci dalam *self-regulated learning* (Zimmerman, 2002; Shin *et al.*, 2023).

Membandingkan kekuatan dampak model pembelajaran terhadap hasil belajar dan kemandirian belajar, analisis *effect size* menunjukkan bahwa dampak terhadap kemandirian belajar ($d = 4,09$) sedikit lebih besar dibandingkan dengan dampak terhadap hasil belajar ($d = 3,29$). Meskipun kedua *effect size* ini termasuk dalam kategori besar menurut kriteria Cohen, perbedaan ini menarik untuk dicermati. Hal ini mungkin mengindikasikan bahwa model pembelajaran *direct instruction* berbantuan teknologi informasi tidak hanya efektif dalam meningkatkan penguasaan materi, tetapi juga memiliki potensi yang lebih besar dalam mengembangkan keterampilan belajar mandiri siswa. Temuan ini penting mengingat kemandirian belajar merupakan keterampilan yang crucial dalam konteks pendidikan kejuruan dan pembelajaran sepanjang hayat.

Hasil penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teori pembelajaran kognitif, khususnya dalam konteks pendidikan kejuruan. Pertama, temuan ini memperkuat teori beban kognitif yang dikemukakan oleh Sweller dengan menunjukkan bahwa desain instruksional yang terstruktur, seperti dalam model *direct instruction*, dapat memfasilitasi pembelajaran yang efektif, terutama untuk pengetahuan prosedural (Kalyuga *et al.*, 2003; Sweller, van Merriënboer and Paas, 2019). Integrasi teknologi informasi dalam model ini tampaknya berperan dalam mengurangi

beban kognitif ekstrinsik, memungkinkan siswa untuk lebih fokus pada aspek-aspek penting dari materi yang dipelajari (Clark and Kwinn, 2007; Clark and Lyons, 2011).

Kedua, penelitian ini memberikan wawasan baru tentang interaksi antara model pembelajaran terstruktur dan pengembangan kemandirian belajar. Temuan bahwa *direct instruction* berbantuan teknologi informasi dapat meningkatkan kemandirian belajar siswa menantang asumsi umum bahwa pendekatan pembelajaran yang lebih terbuka dan berpusat pada siswa selalu lebih baik untuk mengembangkan kemandirian. Hal ini sejalan dengan argumen Kirschner yang menyatakan bahwa untuk beberapa jenis pembelajaran, terutama yang melibatkan pengetahuan prosedural, pendekatan yang lebih terstruktur dapat lebih efektif (Kirschner *et al.*, 2018; Zambrano R. *et al.*, 2019).

Dalam konteks pengembangan model *direct instruction* di era digital, penelitian ini menunjukkan potensi signifikan dari integrasi teknologi informasi. Model hybrid yang menggabungkan kekuatan *direct instruction* dengan fleksibilitas dan interaktivitas teknologi digital tampaknya dapat mengatasi beberapa keterbatasan tradisional dari *direct instruction*, seperti kurangnya personalisasi dan keterbatasan dalam mengakomodasi perbedaan kecepatan belajar siswa. Temuan ini mendukung argumen Clark & Mayer tentang pentingnya menyelaraskan prinsip-prinsip desain instruksional dengan kemampuan teknologi untuk menciptakan pengalaman belajar yang optimal (Clark and Mayer, 2016).

Lebih lanjut, penelitian ini memberikan kontribusi pada pemahaman kita tentang *self-regulated learning* dalam konteks pembelajaran berbantuan teknologi. Peningkatan kemandirian belajar yang diamati dalam penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi, ketika diintegrasikan dengan tepat dalam model pembelajaran yang terstruktur, dapat menjadi katalis untuk pengembangan keterampilan metakognitif dan strategi belajar mandiri. Hal ini memperluas model *self-regulated learning* yang dikembangkan oleh Zimmerman dengan menambahkan dimensi teknologi sebagai faktor yang mempengaruhi siklus self-regulation (Zimmerman, 2002).

Berdasarkan temuan penelitian ini, beberapa rekomendasi praktis dapat diajukan untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran di SMK, khususnya dalam mata pelajaran yang melibatkan pengetahuan prosedural dalam subjek pemrograman komputer. Pertama, guru SMK disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan model pembelajaran *direct instruction* yang dimodifikasi dengan bantuan teknologi informasi, terutama untuk materi yang bersifat prosedural. Implementasi model ini harus memperhatikan prinsip-prinsip desain instruksional yang baik, seperti penyajian materi

secara bertahap, pemberian contoh yang jelas, dan latihan terbimbing.

Kedua, sekolah perlu memfasilitasi pengembangan kompetensi digital guru agar mereka dapat mengintegrasikan teknologi informasi secara efektif dalam pembelajaran. Pelatihan yang fokus pada penggunaan learning management system (LMS), pembuatan konten digital interaktif, dan strategi penilaian berbasis teknologi perlu diberikan secara berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan temuan Siddiq yang menekankan pentingnya pengembangan keterampilan digital guru dalam konteks pendidikan abad 21 (Siddiq, Scherer and Tondeur, 2016).

Dalam hal strategi integrasi teknologi informasi dalam pembelajaran, beberapa pendekatan dapat dipertimbangkan, yaitu: (1) guru dapat membuat atau mengkurasi video tutorial yang mendemonstrasikan langkah-demi-langkah prosedur teknis. Video ini dapat dilengkapi dengan fitur interaktif seperti pertanyaan pop-up atau titik-titik pengecekan pemahaman; (2) mata pelajaran yang melibatkan penggunaan perangkat lunak atau sistem tertentu, simulasi digital dapat digunakan untuk memberikan pengalaman praktis tanpa risiko kerusakan peralatan atau kesalahan fatal; (3) pemanfaatan sistem penilaian otomatis berbasis AI dapat memberikan umpan balik instan kepada siswa, memungkinkan mereka untuk segera mengoreksi kesalahan dan memperkuat pemahaman; (4) pemanfaatan platform kolaborasi *online* untuk memfasilitasi kerja kelompok dan peer learning, bahkan ketika siswa tidak berada dalam satu lokasi fisik; dan (5) pemanfaatan data analitik pembelajaran untuk mengidentifikasi kebutuhan belajar individual siswa dan menyesuaikan materi atau kecepatan pembelajaran sesuai kebutuhan. Implementasi strategi-strategi ini harus dilakukan secara bertahap dan dengan mempertimbangkan konteks lokal, termasuk ketersediaan infrastruktur teknologi dan kesiapan siswa serta guru. Penting juga untuk memastikan bahwa penggunaan teknologi tidak menggantikan, tetapi justru memperkuat peran guru sebagai fasilitator pembelajaran.

Meskipun penelitian ini telah memberikan wawasan berharga tentang efektivitas model pembelajaran *direct instruction* berbantuan teknologi informasi, beberapa keterbatasan perlu diakui. Pertama, desain penelitian *Static-Group Pretest-Posttest* tanpa randomisasi membatasi kemampuan untuk menarik kesimpulan kausal yang kuat. Meskipun upaya telah dilakukan untuk mencocokkan karakteristik kelompok eksperimen dan kontrol, tidak adanya randomisasi meningkatkan risiko bias seleksi. Desain quasi-eksperimental seperti ini rentan terhadap ancaman validitas internal, terutama jika ada perbedaan sistematis antara kelompok yang tidak terukur (Fraenkel, Wallen and Hyun, 2022). Kedua, penelitian ini dilakukan dalam konteks spesifik SMK di satu lokasi geografis tertentu, yang membatasi generalisasi hasil ke populasi yang lebih luas atau

konteks pendidikan yang berbeda. Faktor-faktor kontekstual seperti budaya sekolah, latar belakang sosio-ekonomi siswa, dan kualitas infrastruktur teknologi mungkin mempengaruhi hasil dan perlu dipertimbangkan dalam interpretasi dan aplikasi temuan. Ketiga, durasi penelitian yang relatif singkat (satu semester) membatasi kemampuan untuk menilai dampak jangka panjang dari intervensi. Efek *Hawthorne*, di mana partisipan mungkin mengubah perilaku mereka karena mereka tahu sedang diteliti (Herzog, Francis and Clarke, 2019), juga tidak dapat sepenuhnya dikesampingkan. Penelitian longitudinal mungkin diperlukan untuk memahami sepenuhnya bagaimana model pembelajaran ini mempengaruhi perkembangan kemandirian belajar siswa dari waktu ke waktu. Keempat, meskipun penelitian ini mengukur hasil belajar dan kemandirian belajar, aspek-aspek penting lainnya seperti motivasi intrinsik, keterampilan pemecahan masalah, atau kesiapan kerja tidak diukur secara langsung. Pengukuran variabel-variabel tambahan ini mungkin dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang dampak model pembelajaran yang diteliti. Terakhir, penelitian ini fokus pada mata pelajaran dalam subjek pemrograman komputer, yang mungkin memiliki karakteristik unik dalam hal kesesuaiannya dengan pembelajaran berbasis teknologi. Generalisasi temuan ke mata pelajaran lain, terutama yang kurang terkait dengan teknologi, mungkin memerlukan penelitian lebih lanjut.

5. SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh implementasi model pembelajaran *direct instruction* berbantuan teknologi informasi terhadap hasil belajar dan kemandirian belajar pengetahuan prosedural dalam subjek pemrograman komputer di tingkat Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama. Pertama, implementasi model pembelajaran *direct instruction* berbantuan teknologi informasi terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada mata pelajaran pemrograman dasar. Hal ini ditunjukkan oleh perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol, dengan kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan hasil belajar yang lebih tinggi ($t(158) = 21,152, p < 0,001$). Temuan ini mengonfirmasi bahwa integrasi teknologi informasi dalam model *direct instruction* dapat memfasilitasi pemahaman siswa terhadap pengetahuan prosedural dengan lebih baik, terutama dalam konteks pembelajaran pemrograman. Kedua, penelitian ini juga mengungkapkan dampak positif model pembelajaran yang diterapkan terhadap kemandirian belajar siswa. Kelompok eksperimen menunjukkan tingkat kemandirian belajar yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol ($t(158) = 26,152, p < 0,001$). Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan teknologi

informasi dalam pembelajaran tidak hanya meningkatkan hasil belajar, tetapi juga mendorong pengembangan keterampilan belajar mandiri yang crucial bagi siswa SMK. Lebih lanjut, analisis *effect size* menunjukkan bahwa dampak intervensi terhadap kemandirian belajar ($d_{KBJ} = 4,09$) sedikit lebih besar dibandingkan dengan dampak terhadap hasil belajar ($d_{HBP} = 3,29$). Temuan ini menyiratkan potensi model pembelajaran yang diterapkan dalam mengembangkan *soft skills* yang penting bagi kesuksesan jangka panjang siswa, tidak hanya dalam konteks akademik tetapi juga dalam kesiapan kerja.

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan baik secara teoretis maupun praktis dalam bidang pendidikan kejuruan. Secara teoretis, temuan ini memperkuat dan memperluas pemahaman tentang efektivitas model *direct instruction* dalam era digital, khususnya dalam pembelajaran pengetahuan prosedural. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi teknologi informasi dapat mengatasi beberapa keterbatasan tradisional dari *direct instruction*, seperti kurangnya personalisasi dan fleksibilitas. Lebih lanjut, penelitian ini memberikan wawasan baru tentang interaksi antara model pembelajaran terstruktur dan pengembangan kemandirian belajar, menantang asumsi umum bahwa pendekatan yang lebih terbuka selalu lebih baik untuk mengembangkan kemandirian.

Secara praktis, penelitian ini menyediakan bukti empiris yang dapat menjadi acuan bagi pendidik dan pengembang kurikulum dalam merancang dan mengimplementasikan pembelajaran yang efektif di SMK, terutama untuk mata pelajaran yang membutuhkan penguasaan keterampilan prosedural seperti pemrograman. Temuan penelitian dapat digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan strategi pembelajaran yang mengoptimalkan penggunaan teknologi informasi dalam meningkatkan hasil belajar dan kemandirian siswa.

Meskipun penelitian ini telah memberikan kontribusi yang signifikan, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dan dapat menjadi arah untuk penelitian selanjutnya. Pertama, desain penelitian *Static-Group Pretest-Posttest* tanpa randomisasi membatasi kemampuan untuk menarik kesimpulan kausal yang kuat. Penelitian masa depan dapat menggunakan desain eksperimental yang lebih ketat, seperti *randomized controlled trial*, untuk meningkatkan validitas internal. Kedua, penelitian ini dilakukan dalam konteks spesifik SMK di satu lokasi geografis tertentu, yang membatasi generalisasi hasil. Studi lanjutan dapat memperluas cakupan penelitian ke berbagai konteks pendidikan kejuruan dan geografis yang berbeda untuk menguji konsistensi temuan. Ketiga, durasi penelitian yang relatif singkat (satu semester) membatasi kemampuan untuk menilai dampak jangka panjang dari intervensi. Penelitian longitudinal diperlukan untuk memahami sepenuhnya bagaimana model pembelajaran ini mempengaruhi perkembangan kemandirian belajar

siswa dari waktu ke waktu dan dampaknya terhadap kesiapan kerja lulusan SMK. Keempat, meskipun penelitian ini mengukur hasil belajar dan kemandirian belajar, aspek-aspek penting lainnya seperti motivasi intrinsik, keterampilan pemecahan masalah, atau kesiapan kerja tidak diukur secara langsung. Penelitian selanjutnya dapat memperluas variabel yang diteliti untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang dampak model pembelajaran yang diteliti. Terakhir, penelitian ini fokus pada mata pelajaran dalam subjek pemrograman komputer. Penelitian masa depan dapat mengeksplorasi efektivitas model pembelajaran ini dalam mata pelajaran lain di SMK untuk menguji generalisasi temuan.

Dengan mempertimbangkan temuan dan keterbatasan penelitian ini, disarankan agar penelitian selanjutnya mengadopsi pendekatan *mixed-method* untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang mekanisme yang mendasari efektivitas model pembelajaran yang diteliti. Selain itu, pengembangan dan validasi instrumen yang lebih komprehensif untuk mengukur kemandirian belajar dalam konteks pendidikan kejuruan juga diperlukan. Akhirnya, kolaborasi antara peneliti pendidikan, praktisi di lapangan, dan industri dapat menghasilkan penelitian yang lebih relevan dan aplikatif dalam mempersiapkan lulusan SMK untuk menghadapi tuntutan dunia kerja yang terus berubah.

DAFTAR PUSTAKA

- AHMAD, N.A. *et al.* 2023. 'Learning Management System Acceptance Factors for Technical and Vocational Education Training (TVET) Institutions', *TEM Journal*, 12(2), pp. 1156–1165. Available at: <https://doi.org/10.18421/TEM122-61>.
- ALPHONCE, S. & MWANTIMWA, K. 2019. 'Students' use of digital learning resources: diversity, motivations and challenges', *Information and Learning Science*, 120(11–12), pp. 758–772. Available at: <https://doi.org/10.1108/ILS-06-2019-0048>.
- ANDERSON, L.W. & KRATHWOHL, D.R. 2001. *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives-Abridged Edition*. Canada: Pearson Education.
- ATKINSON, R.C. & SHIFFRIN, R.M. 1968. 'Human Memory: A Proposed System and its Control Processes', in, pp. 89–195. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3).
- BARNARD, L. *et al.* 2009. 'Measuring self-regulation in online and blended learning environments', *The Internet and Higher Education*, 12(1), pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2008.10.005>.
- BEDARD, C. *et al.* 2018. 'Evaluation of a direct-instruction intervention to improve movement and preliteracy skills among young children: A within-subject repeated-measures design', *Frontiers in Pediatrics*, 5. Available at: <https://doi.org/10.3389/fped.2017.00298>.
- BILLETT, S. 2011. *Vocational Education, The Jim Crow Encyclopedia: Volume 1*, 2. Dordrecht: Springer Netherlands. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1954-5>.
- BROADBENT, J. & POON, W.L. 2015. 'Self-regulated learning strategies & academic achievement in online higher education learning environments: A systematic review', *The Internet and Higher Education*, 27, pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.04.007>.
- CHEN, O. *et al.* 2018. 'Extending Cognitive Load Theory to Incorporate Working Memory Resource Depletion: Evidence from the Spacing Effect', *Educational Psychology Review*, 30(2), pp. 483–501. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9426-2>.
- CHEN, Y.F. *et al.* 2018. 'Effects of the application of computer multimedia teaching to automobile vocational education on students' learning satisfaction and learning outcome', *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(7), pp. 3293–3300. Available at: <https://doi.org/10.29333/ejmste/91245>.
- CLARK, R.C. & KWINN, A. 2007. *The new virtual classroom: Evidence-based guidelines for synchronous e-learning*. Canada: Pfeiffer. Available at: <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=psyc5&NEWS=N&AN=2007-07797-000>.
- CLARK, R.C. & LYONS, C. 2011. *Graphics for Learning: Proven Guidelines for Planning, Designing, and Evaluating Visuals in Training Materials*. CA: Pfeiffer.
- CLARK, R.C. & MAYER, R.E. 2016. *e-Learning and The Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. New Jersey: Wiley and Sons, Inc.
- COHEN, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd edn. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- DO, H.T.H. *et al.* 2023. 'Impact of Vocational Education and Training On Decent Job Opportunities Regarding Information and Communication Technology', *Journal of Technical Education and Training*, 15(1), pp. 73–84. Available at: <https://doi.org/10.30880/jtet.2023.15.01.007>.
- EITEL, A., ENDRES, T. & RENKL, A. 2020. 'Self-management as a Bridge Between Cognitive Load and Self-regulated Learning: the Illustrative Case of Seductive Details', *Educational Psychology Review*, 32(4), pp.

- 1073–1087. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09559-5>.
- EPPLEY, K. & DUDLEY-MARLING, C. 2019. 'Does direct instruction work?: A critical assessment of direct instruction research and its theoretical perspective', *Journal of Curriculum and Pedagogy*, 16(1), pp. 35–54. Available at: <https://doi.org/10.1080/15505170.2018.1438321>.
- ERATAY, E. 2020. 'Effectiveness of the direct instruction method in teaching leisure skills to young individuals with intellectual disabilities', *International Electronic Journal of Elementary Education*, 12(5), pp. 439–451. Available at: <https://doi.org/10.26822/iejee.2020562134>.
- ERTMER, P.A. & NEWBY, T.J. 2013. 'Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing Critical Features From an Instructional Design Perspective', *Performance Improvement Quarterly*, 26(2), pp. 43–71. Available at: <https://doi.org/10.1002/piq.21143>.
- FRAENKEL, J.R., WALLEN, N.E. & HYUN, H.H. 2022. *How to Design and Evaluate Research in Education*. New York: McGraw Hill LLC. Available at: <https://www.mheducation.com/highered/product/how-design-evaluate-research-education-fraenkel-wallen/M9781259913839.html> (Accessed: 27 June 2023).
- VAN DER GRAAF, J. *et al.* 2019. 'A combined approach to strengthen children's scientific thinking: direct instruction on scientific reasoning and training of teacher's verbal support', *International Journal of Science Education*, 41(9), pp. 1119–1138. Available at: <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1594442>.
- AL HASHLAMOUN, N. & DAOUK, L. 2020. 'Information technology teachers' perceptions of the benefits and efficacy of using online communities of practice when teaching computer skills classes', *Education and Information Technologies*, 25(6), pp. 5753–5770. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10242-z>.
- HERLAMBANG, A.D., BUDIMAN, B. & WARDHONO, W.S. 2022. 'Interactive Procedural Knowledge Learning Resources Development in The Context of Competency-Based Training Instructional Approach and Interactive Media Design Subjects for Information Technology Vocational High School', *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*; Vol 7, No 1 (2022): Mei 2022 DO - 10.21831/elinvo.v7i1.48215 [Preprint]. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/elinvo.v7i1.48215>.
- HERLAMBANG, A.D., FRANSISCA, O.D. & AFIRIANTO, T. 2023. 'The Flipped-Classroom Instructional Procedure Development and Its Implementation Effectiveness in Improving Procedural Knowledge Learning Outcomes at Vocational High Schools', *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 8(2), pp. 2477–2399.
- HERLAMBANG, A.D., RIRIN, R. & RACHMADI, A. 2024. 'The flipped-classroom effect on vocational high school students' learning outcomes', *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 13(3), p. 1807. Available at: <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i3.26757>.
- HERMAWAN, C.M. *et al.* 2020. 'The effectiveness of direct instruction model in mathematics subjects: A classroom action research in elementary school', *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(4), pp. 2506–2509. Available at: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85084412038.
- HERZOG, M.H., FRANCIS, G. & CLARKE, A. 2019. *Understanding Statistics and Experimental Design*. Cham: Springer International Publishing (Learning Materials in Biosciences). Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03499-3>.
- JIANG, X., XU, J. & XU, X. 2024. 'An overview of domestic and international applications of digital technology in teaching in vocational education: Systematic literature mapping', *Education and Information Technologies* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12528-y>.
- DE JONG, T. *et al.* 2023. 'Let's talk evidence – The case for combining inquiry-based and direct instruction', *Educational Research Review*. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100536>.
- JOSSBERGER, H. *et al.* 2020. 'Exploring Students' Self-Regulated Learning in Vocational Education and Training', *Vocations and Learning*, 13(1), pp. 131–158. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12186-019-09232-1>.
- KALYUGA, S. *et al.* 2003. 'The expertise reversal effect', *Educational Psychologist*, 38(1), pp. 23–31. Available at: https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_4.
- KIRSCHNER, P.A. *et al.* 2018. 'From Cognitive Load Theory to Collaborative Cognitive Load Theory', *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(2), pp. 213–233. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11412-018-9277-y>.
- KORDAHI, M.M. 2022. 'Ontology for the User-Learner Profile Personalizes the Search Analysis of Online Learning Resources: The

- Case of Thematic Digital Universities', *Information Technology and Libraries*, 41(2). Available at: <https://doi.org/10.6017/ITAL.V41I2.13601>.
- LITTENBERG-TOBIAS, J. & REICH, J. 2020. 'Evaluating access, quality, and equity in online learning: A case study of a MOOC-based blended professional degree program', *Internet and Higher Education*, 47. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2020.100759>.
- MOSES, M.P. 2024. 'CHATGPT4 (AI) shaping the future of medical laboratory sciences by improving teaching, learning, and assessment', *Journal of Advanced Pharmacy Education and Research*, 14(1), pp. 52–55. Available at: <https://doi.org/10.51847/Jv9y7qjMA7>.
- MUBAI, A. et al. 2023. 'Flipped Direct Instruction (FDI): A New Practicum Learning Model in Vocational Education', *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(7), pp. 547–565. Available at: <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.7.29>.
- MUIJS, D. & REYNOLDS, D. 2017. *Effective Teaching: Evidence and Practice*. London: SAGE Publications Ltd. Available at: <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/effective-teaching/book246706>.
- MUNYARADZI, M., MILDRED, D.M. & DAVID, A. 2024. 'Engaging Students Online: Readiness of Lecturers to Use Learning Management System (LMS) at a Technical Vocational Education and Training College', *Community College Journal of Research and Practice*, 48(6), pp. 369–385. Available at: <https://doi.org/10.1080/10668926.2022.2135043>.
- NUNNALLY, J.C. 1994. *Psychometric Theory 3E*. Tata McGraw-Hill Education (McGraw-Hill series in psychology). Available at: https://books.google.co.id/books?id=_6R_f3G58JsC.
- OSHANOVA, N.T. et al. 2021. 'Training future computer science teachers in the context of digitalisation based on the "history of informatics" course', *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 13(3), pp. 354–369. Available at: <https://doi.org/10.18844/wjet.v13i3.5919>.
- PAN, F. 2024. *AI in language teaching, learning, and assessment, AI in Language Teaching, Learning, and Assessment*. Available at: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0872-1>.
- PANADERO, E. 2017. 'A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research', *Frontiers in Psychology*, 8(APR), p. 422. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>.
- PARDIMIN, ARCANA, N. & SUPRIADI, D. 2019. 'Developing media based on the information and communications technology to improve the effectiveness of the direct instruction method in mathematics learning', *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(4), pp. 1311–1323. Available at: <https://doi.org/10.17478/jegys.562636>.
- PIAGET, J. 1976. 'Piaget's Theory', in B. Inhelder, H.H. Chipman, and C. Zwingmann (eds) *Piaget and His School*. Springer, pp. 11–23. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-642-46323-5_2.
- PINTRICH, P.R. & DE GROOT, E. V. 1990. 'Motivational and Self-Regulated Learning Components of Classroom Academic Performance', *Journal of Educational Psychology*, 82(1), pp. 33–40. Available at: <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.1.33>.
- ROBINS, A., ROUNTREE, J. & ROUNTREE, N. 2003. 'Learning and teaching programming: A review and discussion', *International Journal of Phytoremediation*, 21(1), pp. 137–172. Available at: <https://doi.org/10.1076/csed.13.2.137.14200>.
- SHABANI, K., KHATIB, M. & EBADI, S. 2010. 'Vygotsky's Zone of Proximal Development: Instructional Implications and Teachers' Professional Development', *English Language Teaching*, 3(4). Available at: <https://doi.org/10.5539/elt.v3n4p237>.
- SHIN, Y. et al. 2023. 'The Effects of Worked-Out Example and Metacognitive Scaffolding on Problem-Solving Programming', *Journal of Educational Computing Research*, 61(6), pp. 1312–1331. Available at: <https://doi.org/10.1177/07356331231174454>.
- SIDDIQ, F., SCHERER, R. & TONDEUR, J. 2016. 'Teachers' emphasis on developing students' digital information and communication skills (TEDDICS): A new construct in 21st century education', *Computers & Education*, 92–93, pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.10.006>.
- STOCKARD, J. et al. 2018. 'The Effectiveness of Direct Instruction Curricula: A Meta-Analysis of a Half Century of Research', *Review of Educational Research*, 88(4), pp. 479–507. Available at: <https://doi.org/10.3102/0034654317751919>.
- STOCKARD, J. 2020. 'The Impact of Administrative Decisions on Implementation Fidelity of Direct Instruction and Student Achievement', *Learning Disability Quarterly*, 43(1), pp. 18–28. Available at: <https://doi.org/10.1177/0731948719830346>.
- STOCKARD, J. 2021. 'Building a More Effective, Equitable, and Compassionate Educational System: The Role of Direct Instruction', *Perspectives on Behavior Science*, 44(2–3), pp. 147–167. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40614-021-00287-x>.

- SWELLER, J. 1988. 'Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning', *Cognitive Science*, 12(2), pp. 257–285. Available at: https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4.
- SWELLER, J., VAN MERRIËNBOER, J.J.G. & PAAS, F. 2019. 'Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later', *Educational Psychology Review*, 31(2), pp. 261–292. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>.
- TABER, K.S. 2018. 'The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education', *Research in Science Education*, 48(6), pp. 1273–1296. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>.
- VYGOTSKY, L.S. 1978. *Social Constructivism - Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes, Full-Text. (N.D.)*. Harvard University Press. Available at: <https://autismusberating.info/wp-content/uploads/2023/09/Vygotsky-Mind-in-society.pdf>.
- WAHYUNI, S. *et al.* 2019. 'Edmodo-Based Blended Learning Model as an Alternative of Science Learning to Motivate and Improve Junior High School Students' Scientific Critical Thinking Skills', *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 14(07), p. 98. Available at: <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i07.9980>.
- WALLACE, B., KNUDSON, D. & GHEIDI, N. 2020. 'Incorporating problem-based learning with direct instruction improves student learning in undergraduate biomechanics', *Journal of Hospitality, Leisure, Sport and Tourism Education*, 27. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2020.100258>.
- WANG, J. 2020. 'Compare Inquiry-Based Pedagogical Instruction with Direct Instruction for Pre-service Science Teacher Education', *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(6), pp. 1063–1083. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10010-7>.
- WEI, H. 2024. 'Research on Development of Higher Vocational Education Resources and Construction of Management System under Learning Migration Theory', *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1). Available at: <https://doi.org/10.2478/amns-2024-0521>.
- WENG, C. *et al.* 2023. 'Can an augmented reality-integrated gamification approach enhance vocational high school students' learning outcomes and motivation in an electronics course?', *Education and Information Technologies* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11966-4>.
- YAHAYA, W.A.J.W., RESTU, R. & SRIADHI, S. 2024. 'Multimedia-based Information System for Technology and Vocational Education Laboratory', *Profesional de la Informacion*, 33(1). Available at: <https://doi.org/10.3145/epi.2024.0012>.
- YUNIARTI, N. *et al.* 2024. 'Augmented reality-based higher order thinking skills learning media: Enhancing learning performance through self-regulated learning, digital literacy, and critical thinking skills in vocational teacher education', *European Journal of Education* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1111/ejed.12725>.
- ZALUKHU, P. & TELAUMBANUA, A. 2023. 'Application of Direct Instruction Learning Model to Improve Student Learning Outcomes on Basic Competencies Implementing Wood Construction Work Procedures at SMK Negeri 1 Lotu for the 2022/2023 Academic Year', *AURELIA: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 2(2), pp. 971–978. Available at: <https://doi.org/10.57235/aurelia.v2i2.750>.
- ZAMBRANO R., J. *et al.* 2019. 'Effects of prior knowledge on collaborative and individual learning', *Learning and Instruction*, 63, p. 101214. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.05.011>.
- ZENDLER, A. & KLEIN, K. 2018. 'The effect of direct instruction and web quest on learning outcome in computer science education', *Education and Information Technologies*, 23(6), pp. 2765–2782. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9740-4>.
- ZIMMERMAN, B.J. 2002. 'Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview', *Theory Into Practice*, 41(2), pp. 64–70. Available at: https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2.