



Integrasi *Computer Science Unplugged* dan *Discovery Learning* dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Logis Siswa SMK pada Materi *Firewall*

Agung Arya Anggara^{1*}, Jajang Kusnendar², Eka Fitrajaya Rahman³

¹⁻³ Program Studi Pendidikan Ilmu Komputer, Universitas Pendidikan Indonesia

E-mail: agungaryaa3@upi.edu¹, jkusnendar@upi.edu², ekafitrajaya@upi.edu³

*Penulis Korespondensi: agungaryaa3@upi.edu

Abstract. This study explores integrating *Computer Science Unplugged* and *Discovery Learning* to improve the logical thinking skills of vocational high school students in firewall learning. Logical thinking is an essential competency in vocational education, particularly in cybersecurity, where students must analyze system logic focusing on Firewall Filter Rules. However, firewall learning is often difficult because the concepts are abstract and commonly taught using teacher-centered procedural approaches. To address this issue, this study employed a Systematic Literature Review (SLR) combined with a scoping review approach to evaluate and synthesize previous studies related to *Computer Science Unplugged*, *Discovery Learning*, logical thinking, and firewall learning. The review process rigorously followed the PRISMA-ScR framework using the ScienceDirect database and supporting references. The findings indicate that integrating both pedagogical approaches has significant potential to create an interactive, student-centered learning environment. Specifically, this integration effectively sharpens students' sequential reasoning, argumentation skills, and their ability to draw comprehensive conclusions regarding rule hierarchy and network security functions. The implications highlight the urgent need for vocational education to shift towards discovery-based learning, empowering students to develop a conceptual understanding rather than merely memorizing procedural configurations.

Keywords: *Computer Science Unplugged*; *Discovery Learning*; *Firewall Learning*; *Logical Thinking*; *Vocational Education*.

Abstrak. Penelitian ini mengeksplorasi integrasi *Computer Science Unplugged* dan *Discovery Learning* guna meningkatkan kemampuan berpikir logis siswa sekolah menengah kejuruan pada materi *firewall*. Berpikir logis merupakan kompetensi esensial dalam pendidikan kejuruan, khususnya pada pembelajaran keamanan siber, di mana siswa dituntut menganalisis logika sistem dengan fokus pada pemahaman *Firewall Filter Rules*. Namun, pembelajaran *firewall* sering dianggap sulit karena konsepnya abstrak dan diajarkan melalui pendekatan prosedural yang berpusat pada guru. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dikombinasikan dengan pendekatan scoping review guna mengevaluasi dan menyintesis studi terdahulu terkait *Computer Science Unplugged*, *Discovery Learning*, berpikir logis, serta pembelajaran *firewall*. Proses tinjauan ini secara ketat mengikuti kerangka kerja PRISMA-ScR menggunakan basis data *ScienceDirect* dan referensi pendukung tambahan. Temuan penelitian menunjukkan bahwa integrasi kedua pendekatan pedagogis tersebut memiliki potensi signifikan untuk menciptakan lingkungan belajar yang interaktif dan berpusat pada siswa. Secara khusus, integrasi ini secara efektif mempertajam keruntutan berpikir logis, kemampuan berargumentasi, serta kemampuan menarik kesimpulan komprehensif mengenai hierarki aturan keamanan jaringan. Implikasi dari penelitian ini menyoroti kebutuhan mendesak bagi pendidikan kejuruan untuk beralih menuju pembelajaran berbasis *discovery* guna memperdalam penguasaan konsep, alih-alih sekadar menghafal prosedur konfigurasi.

Kata kunci: Berpikir Logis; *Computer Science Unplugged*; *Discovery Learning*; Pembelajaran *Firewall*; Pendidikan Kejuruan.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan transformasi digital yang masif pada abad ke-21 menuntut lembaga pendidikan kejuruan, khususnya Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), untuk membekali siswanya dengan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan kompetensi teknis yang adaptif. Dalam program keahlian Teknik Jaringan Komputer dan Telekomunikasi, salah satu

kompetensi esensial yang wajib dikuasai oleh siswa adalah keamanan siber (*cybersecurity*). Menurut Ghazali dkk. (2024), pendidikan keamanan siber masa kini harus diintegrasikan secara mendalam ke dalam kurikulum vokasi guna menjembatani kesenjangan literasi digital. Lebih jauh, Hussain dkk. (2024) menegaskan bahwa pembelajaran praktis yang menekankan pada pengalaman rasional jauh lebih krusial dibandingkan hanya memahami teori untuk melatih kemampuan pemecahan masalah siswa dalam menghadapi ancaman nyata. Dalam konteks ini, kemampuan berpikir logis menjadi fondasi kognitif yang utama. Kemampuan berpikir logis memungkinkan siswa untuk merancang, mengonfigurasi, dan menganalisis sistem jaringan secara runut, komprehensif, dan sistematis. Tanpa penalaran algoritmik yang kuat, siswa hanya akan menjadi operator pasif yang menghafal antarmuka program, bukan sebagai analis keamanan yang mampu memecahkan anomali sistem secara presisi.

Namun, realita di lapangan menunjukkan bahwa terdapat tantangan dan permasalahan kognitif yang signifikan dalam pembelajaran keamanan jaringan, terutama pada materi konfigurasi *firewall filter rules*. Materi firewall ini sangat menuntut kemampuan abstraksi karena melibatkan alur penyaringan paket data yang tidak kasat mata, evaluasi kondisi bersyarat, dan pemrosesan sekuensial hierarkis yang sangat ketat. Jagadeesan dkk. (2023) dalam temuannya menyoroti bahwa kurangnya pemahaman konseptual serta rendahnya kesadaran tentang logika operasional sistem membuat siswa kesulitan mengonfigurasi keamanan secara benar dan rentan terhadap kesalahan teknis yang fatal. Banyak siswa mengalami disorientasi logika ketika dihadapkan pada parameter pemblokiran berlapis seperti aturan penerimaan (*accept*), penolakan (*drop/reject*), maupun pengalihan sementara (*return*). Pembelajaran yang selama ini masih didominasi oleh pendekatan prosedural dan berpusat pada pendidik (*teacher-centered*) membuat konsep yang abstrak tersebut semakin sulit dicerna. Akibatnya, siswa kehilangan esensi rasionalitas dari setiap baris aturan yang mereka buat, sehingga proses belajar mengalami pendangkalan makna dan hanya menjadi rutinitas menghafal langkah demi langkah tanpa dilandasi oleh penalaran analitis.

Untuk merespons permasalahan tersebut, model *Discovery Learning* diusulkan sebagai paradigma pedagogis yang sangat menjanjikan untuk membangun kembali nalar analitis siswa. Yuliana dan Hidayat (2023) dalam penelitiannya membuktikan bahwa implementasi *Discovery Learning* secara signifikan mampu memfasilitasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif dalam mengeksplorasi fenomena, merumuskan hipotesis, dan menemukan pengetahuan melalui pemecahan masalah mandiri. Model inkuiri penemuan ini sangat relevan untuk melatih kerunutan berpikir, membangun kemampuan

berargumen, dan meningkatkan kemandirian siswa dalam menarik simpulan akhir. Meski demikian, kelemahan dari penerapan murni *Discovery Learning* pada domain yang sangat maya (*virtual*) dan tidak berwujud seperti aturan keamanan *firewall* adalah perlunya media atau instrumen fisik sebagai jembatan. Tanpa adanya representasi nyata, proses eksplorasi siswa berisiko terhambat oleh kelebihan beban kognitif (*cognitive overload*) saat mereka mencoba memvisualisasikan pergerakan ribuan paket data di dalam sebuah perangkat keras *router*.

Oleh karena itu, pengintegrasian pendekatan *Computer Science Unplugged* (CSU) hadir sebagai solusi strategis yang sangat inovatif. Pendekatan CSU mentransformasikan konsep komputasi, jaringan, dan algoritma yang rumit menjadi aktivitas fisik dan simulasi analog yang menyenangkan tanpa harus menggunakan perangkat komputer secara langsung. Penelitian dari Ching dan Hsu (2023) serta diperkuat oleh Ibrohim dkk. (2023) menyoroti bahwa aktivitas *unplugged* yang dikontekstualisasikan dengan tepat sangat luar biasa dalam mengembangkan komponen utama berpikir logis, seperti pemecahan masalah (dekomposisi), pengenalan pola, abstraksi, dan pemikiran algoritmik. Dengan menggunakan perangkat simulasi seperti kartu jaringan, permainan peran, atau manipulasi objek fisik, CSU secara drastis menurunkan batas hambatan teknis materi. Melalui CSU, siswa dapat melihat dan menyentuh "representasi" paket data, yang secara langsung menstimulasi nalar mereka untuk memahami pemrosesan sekuensial dan kausalitas logis di dalam perangkat *firewall*.

Meskipun keunggulan *Discovery Learning* dan *Computer Science Unplugged* telah diakui dalam literatur pendidikan modern, telaah pustaka terbaru menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*gap analysis*) yang cukup menganga dan perlu segera diisi. Kebanyakan penelitian terkait pendekatan CSU selama ini hanya difokuskan pada jenjang pendidikan dasar atau pengenalan logika pemrograman secara konvensional. Sangat minim ditemukan penelitian yang berani mengambil langkah untuk mengintegrasikan CSU dan *Discovery Learning* pada tingkat pendidikan menengah kejuruan (SMK), terlebih lagi menggunakannya sebagai resolusi mengatasi kesulitan belajar pada materi yang sangat teknis dan rumit seperti *firewall filter rules*. Terdapat urgensi yang amat mendesak untuk menciptakan jembatan pedagogis antara aktivitas fisik (*unplugged*) dengan model penemuan (*discovery*) demi mengatasi rendahnya kemampuan penalaran siswa vokasi pada materi keamanan siber. Berlandaskan pada analisis kesenjangan dan urgensi tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan dalam merancang arsitektur pembelajaran terintegrasi untuk keamanan siber vokasi. Oleh karena itu, penelitian ini

bertujuan untuk mengeksplorasi, merancang, dan menganalisis potensi integrasi *Computer Science Unplugged* (CSU) dan *Discovery Learning* dalam meningkatkan kemampuan berpikir logis siswa SMK secara komprehensif pada materi *firewall*.

2. KAJIAN TEORITIS

Kemampuan berpikir logis menempati posisi sentral dalam taksonomi kognitif pendidikan kejuruan, khususnya pada disiplin ilmu teknik jaringan komputer dan keamanan siber. Secara konseptual, berpikir logis didefinisikan sebagai kecakapan mental untuk menganalisis suatu situasi, mengidentifikasi pola sebab-akibat, serta menyusun langkah-langkah pemecahan masalah secara sekuensial dan tervalidasi. Rahman dan Purnomo (2024) mengemukakan bahwa dalam konteks administrasi jaringan, berpikir logis bermanifestasi ke dalam kemampuan penalaran algoritmik. Siswa vokasi tidak hanya dituntut untuk mengetahui definisi suatu fungsi, tetapi harus mampu merangkai urutan perintah jaringan secara hierarkis. Pada materi konfigurasi *firewall filter rules*, berpikir logis diukur melalui tingkat presisi siswa dalam menyusun urutan aturan (*rule order*), kecakapan membangun argumen rasional saat mengalokasikan parameter pemblokiran, serta keakuratan dalam menarik kesimpulan dari aliran trafik jaringan. Tanpa fondasi logika yang sistematis, siswa cenderung melakukan kesalahan fatal seperti penempatan hierarki aturan yang kontradiktif, yang pada akhirnya memicu kebocoran sistem keamanan.

Namun demikian, proses internalisasi kemampuan berpikir logis pada materi jaringan sering kali terhambat oleh tingkat abstraksi materi yang sangat tinggi. Cara kerja *firewall* yang melakukan penyaringan paket data pada lapisan jaringan (*network layer*) maupun lapisan transpor (*transport layer*) bersifat sama sekali tidak kasat mata. Wijaya dan Kusuma (2023) dalam kajian kognitifnya menyoroti fenomena kelebihan beban kognitif (*cognitive overload*) yang sering dialami oleh siswa ketika dihadapkan pada antarmuka perangkat lunak (*software interface*) yang kompleks tanpa pemahaman konseptual yang memadai. Siswa dipaksa untuk membayangkan entitas virtual berupa paket data yang bergerak melewati puluhan baris aturan pencegahan. Kondisi ini menjustifikasi perlunya intervensi pedagogis yang mampu menurunkan tingkat abstraksi tersebut menjadi bentuk yang dapat diindra dan dimanipulasi secara fisik oleh peserta didik.

Sebagai respons terhadap tantangan abstraksi tersebut, pendekatan *Computer Science Unplugged* (CSU) menawarkan landasan teoretis yang sangat kuat yang berakar pada teori kognisi tubuh (*embodied cognition*). Teori ini meyakini bahwa proses

komputasi mental manusia tidak terjadi secara terisolasi di dalam otak, melainkan sangat dipengaruhi oleh interaksi fisik antara tubuh dengan lingkungan sekitarnya. Sari, Wardani, dan Kurniawan (2023) menjelaskan bahwa aktivitas *unplugged* memfasilitasi proses penyandian informasi (*information encoding*) yang lebih permanen di dalam memori jangka panjang siswa. Dengan merepresentasikan elemen jaringan—seperti paket data, *port*, dan *router*—menjadi objek fisik berupa kartu, permainan papan, atau simulasi peran, CSU secara efektif menggeser proses kognitif dari yang semula murni imajinatif abstrak menjadi pengalaman lahiriah yang konkret. Alenezi (2023) turut menambahkan bahwa metode *unplugged* membebaskan siswa dari kecemasan teknologi (*technological anxiety*) dan hambatan sintaksis perangkat keras, sehingga siswa dapat memusatkan seluruh kapasitas kognitif mereka murni pada pemahaman struktur logika dasar dan algoritma penyaringan.

Di sisi lain, untuk memastikan bahwa aktivitas fisik dalam CSU tidak berhenti sekadar sebagai permainan tanpa esensi akademik, diperlukan kerangka instruksional yang berlandaskan pada teori konstruktivisme. Model *Discovery Learning* hadir sebagai paradigma pembelajaran yang memosisikan siswa sebagai agen aktif penemu pengetahuan. Berpijak pada filosofi penemuan Jerome Bruner, pembelajaran yang bermakna terjadi ketika siswa melewati fase representasi enaktif (tindakan fisik), ikonik (visualisasi), hingga mencapai tahap simbolik (bahasa atau kode teknis). Hadi dkk. (2024) menguraikan bahwa sintaksis *Discovery Learning*—yang meliputi pemberian rangsangan (*stimulation*), identifikasi masalah (*problem statement*), pengumpulan data, pengolahan data, pembuktian (*verification*), hingga penarikan kesimpulan (*generalization*)—secara alamiah melatih siswa untuk menstrukturkan jalan pikiran mereka. Dalam pembelajaran *firewall*, model ini memaksa siswa untuk tidak menerima dogma konfigurasi dari guru begitu saja, melainkan mendorong mereka untuk menyelidiki secara mandiri mengapa sebuah paket data lolos atau tertolak oleh sistem.

Integrasi antara *Computer Science Unplugged* dan *Discovery Learning* menciptakan sebuah ekosistem pedagogis yang saling melengkapi dan sangat koheren untuk pendidikan vokasi. Lee dan Kim (2024) dalam studi terbarunya merumuskan bahwa integrasi antara representasi *tangible* (dapat disentuh) dengan kerangka inkuiri penemuan dapat menjembatani kesenjangan yang paling kritis dalam pendidikan keamanan siber. Dalam desain pembelajaran terintegrasi ini, aktivitas fisik dari CSU berfungsi sebagai "laboratorium nyata" tempat siswa melakukan tahap pengumpulan dan pengolahan data (*data collection & processing*). Saat siswa melakukan simulasi

penyaringan *firewall* secara *unplugged*, mereka sesungguhnya sedang berada dalam fase pembuktian (*verification*) dari *Discovery Learning*. Mereka menemukan sendiri konsep pemrosesan sekuensial (*top-down*) secara empiris. Jika aturan penerimaan diletakkan di atas aturan penolakan, mereka akan melihat secara langsung melalui simulasi fisik bahwa aturan penolakan menjadi tidak fungsional.

Lebih jauh, kolaborasi dari kedua pendekatan ini secara teoritis diyakini mampu mengakselerasi keterampilan argumentasi siswa. Ketika terjadi anomali dalam simulasi fisik jaringan yang mereka rancang, siswa dituntut untuk memformulasikan hipotesis pemecahan masalah dan berdebat secara konstruktif dengan rekan sejawatnya untuk menentukan jenis aturan yang paling logis untuk diterapkan. Proses dialektika ini pada akhirnya akan bermuara pada fase generalisasi, di mana siswa secara independen mampu menarik kesimpulan yang holistik mengenai arsitektur keamanan *firewall*. Secara keseluruhan, konstruksi teoritis dalam penelitian ini memberikan acuan bahwa integrasi stimulasi fisik dari *Computer Science Unplugged* yang dibingkai oleh struktur investigasi mandiri dari *Discovery Learning* akan secara linier dan signifikan meningkatkan dimensi berpikir logis siswa Sekolah Menengah Kejuruan dibandingkan dengan paradigma pembelajaran prosedural konvensional.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain *Systematic Literature Review* (SLR) yang dikombinasikan dengan pendekatan *scoping review* untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menyintesis literatur mengenai integrasi *Computer Science Unplugged* (CSU) dan *Discovery Learning* dalam meningkatkan kemampuan berpikir logis siswa vokasi pada materi *firewall filter rules*. Proses pengumpulan dan penyeleksian artikel mengacu pada pedoman standar PRISMA-ScR (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews*). Pencarian literatur dilakukan melalui basis data akademik terkemuka, yaitu ScienceDirect, pada tanggal 9 Mei 2026. Pencarian difokuskan pada instrumen studi yang secara komprehensif mengupas CSU, *Discovery Learning*, keterampilan berpikir logis, pemikiran komputasional, pendidikan vokasi, serta pembelajaran keamanan jaringan. Guna memaksimalkan perolehan data yang relevan, teknik pencarian menggunakan kombinasi operator logika (Boolean) pada judul, abstrak, dan kata kunci spesifik: ("*computer science unplugged*") OR ("*discovery learning*") OR ("*vocational high school*") OR ("*technical high school*") OR ("*firewall*") OR ("*network security*").

Proses seleksi literatur dilakukan secara ketat dengan menetapkan kriteria kelayakan guna memastikan relevansi artikel dengan tujuan utama penelitian. Kriteria inklusi (syarat kelayakan penerimaan) dan kriteria eksklusi (syarat penolakan) yang diterapkan pada tinjauan sistematis ini disajikan secara berturut-turut pada Tabel 1 dan Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 1. Kriteria Inklusi

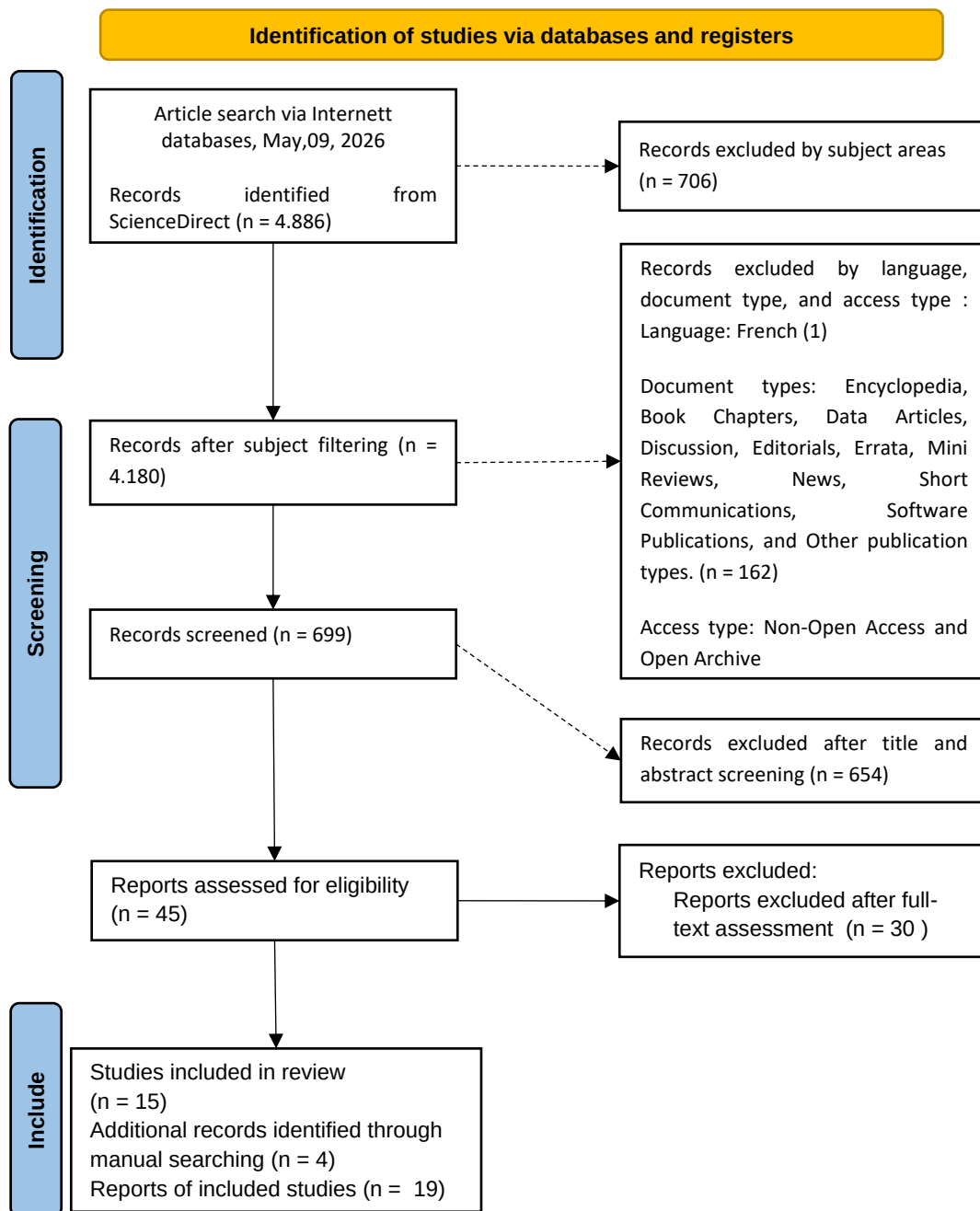
No	Kriteria
1.	Artikel yang membahas secara spesifik tentang <i>Computer Science Unplugged</i> atau <i>Discovery Learning</i> .
2.	Studi yang membahas kemampuan berpikir logis, pemikiran komputasional, pemecahan masalah, atau pemikiran analitis.
3.	Artikel yang berkaitan erat dengan pendidikan kejuruan/vokasi, pendidikan ilmu komputer, atau pembelajaran berbasis teknologi.
4.	Studi yang mengeksplorasi topik pemrograman, keamanan jaringan, pembelajaran <i>firewall</i> , atau pendidikan keamanan siber.
5.	Artikel dipublikasikan dalam bahasa Inggris.
6.	Publikasi yang terindeks pada basis data Scopus atau referensi akademik yang diakui kredibilitasnya.
7.	Dokumen dikategorikan secara resmi sebagai artikel penelitian, artikel ulasan, kerangka referensi teoretis, atau buku referensi.
8.	Artikel bersifat <i>Open Access</i> sehingga dapat diakses teks utuhnya (<i>full-text review</i>).

Tabel 2. Kriteria Eksklusi

No	Kriteria
1.	Artikel yang tidak berkaitan dengan <i>Computer Science Unplugged</i> , <i>Discovery Learning</i> , atau konsep berpikir logis.
2.	Studi yang tidak mendiskusikan pendidikan ilmu komputer, pendidikan vokasi, atau pembelajaran berbasis teknologi.
3.	Artikel yang tidak mengkaji persoalan pemikiran komputasional, penalaran logis, atau keterampilan pemecahan masalah.
4.	Studi yang mengeksplorasi topik pemrograman, keamanan jaringan, pembelajaran <i>firewall</i> , atau pendidikan keamanan siber.
5.	Publikasi yang ditulis dalam bahasa selain bahasa Inggris.
6.	Studi yang berfokus pada disiplin ilmu di luar ranah teknologi pendidikan dan ilmu komputer (seperti bisnis, kedokteran, energi, dll).
7.	Dokumen berjenis non-penelitian seperti tajuk rencana (editorial), catatan, entri ensiklopedia, diskusi forum, dan komunikasi singkat.
8.	Artikel yang tertutup (<i>Non-Open Access</i>) atau teks utuhnya tidak dapat diakses secara publik.

Tahapan seleksi artikel hasil pencarian divisualisasikan melalui diagram alur PRISMA-ScR yang dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan hasil penelusuran awal di basis data ScienceDirect, ditemukan populasi sebanyak 4.886 catatan literatur. Pada tahap identifikasi, dilakukan eksklusi terhadap area subjek di luar ilmu komputer dan pendidikan sehingga mengeliminasi 706 artikel dan menyisakan 4.180 catatan. Penyaringan (*screening*) lanjutan dilakukan berdasarkan bahasa, tipe dokumen (menghapus ensiklopedia, bab buku, editorial, berita, dll), dan tipe akses yang secara

keseluruhan mengeliminasi instrumen tambahan dan menyisakan 699 artikel untuk tahap penapisan.



Gambar 1. Diagram PRISMA Sc-R Pembatasan dan Seleksi Literatur

Pada penapisan berdasarkan judul dan abstrak, sebanyak 654 artikel dieksklusi karena konteksnya tidak sejalan dengan objektif penelitian. Laporan teks utuh dari 45 artikel yang tersisa kemudian dinilai tingkat kelayakannya (*eligibility*). Melalui asesmen tersebut, 30 studi akhirnya ditolak akibat kurangnya pembahasan substansial terkait keterampilan berpikir logis atau ketidaksesuaian dengan kerangka pendidikan vokasi. Hasil akhir dari ekstraksi basis data ini menyisakan 15 studi utama. Sebagai instrumen komplementer, dilakukan penelusuran manual (*manual searching*) yang berhasil

mengidentifikasi 4 referensi pendukung tambahan. Dengan demikian, jumlah total artikel (*Reports of included studies*) yang sepenuhnya memenuhi syarat kelayakan untuk dianalisis dan disintesis dalam penelitian ini adalah sebanyak 19 studi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memaparkan hasil ekstraksi data literatur secara sistematis serta membahas temuan-temuan krusial terkait integrasi pendekatan *Computer Science Unplugged* (CSU) dan *Discovery Learning* terhadap kemampuan berpikir logis siswa vokasi pada materi *firewall filter rules*.

PROSES DAN HASIL ANALISIS DATA

Proses pengumpulan data pada penelitian tinjauan sistematis (*Systematic Literature Review*) ini dilaksanakan melalui penelusuran basis data digital terkemuka, dengan lokasi pencarian terpusat pada platform ScienceDirect. Rentang waktu penelitian dan pengumpulan data dilakukan hingga batas akhir pencarian pada 9 Mei 2026. Dari total populasi awal sebanyak 4.886 catatan literatur, proses penyaringan bertahap menggunakan kerangka kerja PRISMA-ScR secara ketat mengeliminasi artikel yang tidak relevan, hingga akhirnya menghasilkan 19 artikel utama yang diekstraksi secara utuh.

Kelembilan belas literatur utama ini terdiri dari 15 artikel yang didapatkan langsung melalui penyaringan basis data dan 4 literatur tambahan yang diidentifikasi melalui pencarian manual terkait fondasi teoretis *Discovery Learning* dan pendidikan keamanan siber. Hasil analisis dari literatur-literatur tersebut kemudian dibedah dan dikategorikan berdasarkan kontribusi masing-masing pendekatan terhadap komponen pemikiran logis, penalaran analitis, serta pemikiran komputasional siswa. Rangkuman hasil ekstraksi dan sintesis temuan dari 19 literatur tersebut disajikan secara komprehensif pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Sintesis Kontribusi Pendekatan CSU dan Discovery Learning Terhadap Berpikir Logis.

No	Judul Penelitian	Penulis & Tahun	Index	Research Findings
1	Comparing The Effects Of Plugged In And Unplugged Activities On Computational Thinking Development In Young Children.	Lin et al. (2024)	Scopus Q1	The findings revealed that both plugged and unplugged activities significantly improved students' computational thinking skills. Plugged activities showed stronger improvements in hardware-related understanding, algorithms, and modularity, while unplugged activities were particularly effective in enhancing representational thinking skills.
2	Implementing Unplugged CS And Use-Modify-Create To Develop Student Computational Thinking Skills: A Nationwide Implementation In Colombia.	Vieira et al. (2023)	Scopus Q1	The study demonstrated that CS unplugged activities positively influenced students' computational thinking knowledge and skills compared to the control group.
3	A Comparison Of Plugged And Unplugged Tools In Teaching Algorithms At The K-12 Level For Computational Thinking Skills.	Kırçali & Özdenir (2023)	Scopus Q1	The results indicated that students who participated in unplugged activities showed positive growth in computational thinking skills, although the improvement was not statistically significant.
4	The Effect Of An Unplugged Coding Course On Primary School Students' Improvement In Their Computational Thinking Skills.	Dag et al. (2023)	Scopus Q1	The research confirmed that unplugged coding activities significantly enhanced students' computational thinking abilities, particularly in algorithmic design, abstraction, evaluation, decomposition, and generalization.
5	Unplugged Or Plugged-In Programming Learning: A Comparative Experimental Study.	Sigayret et al. (2022)	Scopus Q1	The study found that the plugged learning group achieved better learning performance overall. Although motivation decreased slightly in both groups, the decline was only statistically significant in the unplugged condition.
6	Unplugged Activities In Cross-Curricular Teaching: Effect On Sixth Graders' Computational Thinking And Learning Outcomes.	Merino-Armero et al. (2022)	Scopus Q1	The findings showed that unplugged teaching activities significantly improved students' computational thinking skills and learning outcomes.

7	Fostering Computational Thinking Through Unplugged Activities: A Systematic Literature Review And Meta-Analysis.	Chen et al. (2023)	Scopus Q1	The meta-analysis confirmed that unplugged learning activities are highly effective in developing computational thinking skills, including decomposition, pattern recognition, abstraction, and algorithmic reasoning, without relying heavily on digital infrastructure.
8	Developing Preschool Children's Computational Thinking And Executive Functions: Unplugged Vs. Robot Programming Activities.	Zhang et al. (2025)	Scopus Q1	Experimental findings suggested that unplugged problem-solving activities contributed positively to the development of executive cognitive functions and computational thinking, particularly in designing and evaluating spatial logic processes.
9	Plugged Versus Unplugged Activities In Mathematics Learning To Promote Computational Thinking Skills: A Systematic Review And Qualitative Meta-Synthesis.	Fauzi et al. (2025)	Scopus Q2	The review indicated that technology-supported learning experiences (plugged activities) were generally more effective than unplugged tasks in promoting computational thinking within mathematics learning contexts.
10	Effect Of Unplugged And Plugged Coding Activities On Secondary School Students' Computational Thinking Skills.	Yılmaz (2023)	Scopus Q3	The experimental study found that students exposed to unplugged coding interventions achieved meaningful improvements in computational thinking performance. The approach also helped reduce students' anxiety when learning system logic concepts.
11	<i>Computer Science Unplugged: A Systematic Literature Review.</i>	Ali Battal, Gülgün Afacan Adanır, Yasemin Gülbahar (2021)	Scopus Q1	The study highlighted that Computer Science Unplugged is effective for introducing computer science and computational thinking concepts without digital devices. Unplugged activities also improved student motivation, problem-solving ability, and classroom engagement.
12	<i>Comparing Learners' Knowledge, Behaviors, And Attitudes Between Two Instructional Modes Of Computer Programming In Secondary Education.</i>	Dan Sun et al. (2021)	Scopus Q1	Unplugged programming instruction significantly improved students' programming knowledge, computational thinking, collaboration skills, and self-confidence compared to conventional lecture-based instruction.

13	<i>Implementation Of Computer Science Unplugged In Schools: A Narrative Review Of Outcomes, Motivations, And Pedagogical Perspectives.</i>	Kosta Dolenc & Anže Boh (2025)	Scopus Q1	The review found that CS Unplugged activities enhanced computational thinking, learning motivation, and reduced students' anxiety toward coding. Successful implementation was closely linked to teacher training and curriculum integration.
14	<i>Integration Of Computational Thinking In Natural And Social Science Learning In Elementary Schools To Improve Problem-Solving Skills.</i>	Anna Roosyanti & Diyas Age Larasati (2026)	Scopus Q4	The integration of computational thinking through both plugged and unplugged approaches contributed significantly to improving students' problem-solving and systematic thinking skills.
15	<i>A Study Of Cybersecurity Education Using A Present-Test-Practice-Assess Model.</i>	Michael D. Workman, J. Anthony Luévanos, Bin Mai (2021)	Scopus Q1	Simulation-based and competitive cybersecurity learning activities significantly enhanced students' learning performance compared to traditional instructional methods. Hands-on practice also strengthened applied learning in cybersecurity education.
16	<i>Model Discovery Learning.</i>	Syamsidah et al. (2022)	Reference Book	Discovery Learning emphasizes active learning through exploration and independent concept discovery. The model supports the development of students' critical thinking, analytical reasoning, and problem-solving abilities.
17	<i>The Process Of Education.</i>	Jerome S. Bruner (1960)	Reference Book	Bruner argued that learning should encourage students to actively construct and discover knowledge through inquiry and exploration. This perspective became the theoretical foundation of Discovery Learning.
18	<i>The Course Of Cognitive Growth.</i>	Jerome S. Bruner (1964)	Scopus Q1	The study explained that cognitive development occurs through activity, visual representation, and language. Discovery-based learning helps students integrate higher-order thinking and problem-solving skills.
19	<i>The Act Of Discovery.</i>	Jerome S. Bruner (1961)	Scopus Q1	Discovery learning enables students to construct knowledge independently through exploration and investigation, thereby strengthening conceptual understanding and logical thinking abilities.

Berdasarkan Tabel 3 di atas, hasil analisis data menegaskan bahwa secara parsial maupun terintegrasi, metode *Computer Science Unplugged* (CSU) dan model *Discovery Learning* mampu mengubah ekosistem pembelajaran yang abstrak menjadi proses investigasi analitis yang berwujud konkret. Sebagian besar studi mengonfirmasi bahwa abstraksi tinggi (seperti sistem keamanan jaringan) mutlak membutuhkan representasi

fisik dan pengalaman eksploratif untuk merangsang penalaran algoritmik dan keruntutan berpikir siswa, sebelum mereka berhadapan langsung dengan antarmuka digital berbasis perangkat lunak. Terdapat temuan yang menyatakan bahwa pendekatan *plugged* lebih efektif pada tahapan lanjut, namun secara fundamental, aktivitas *unplugged* berbasis penemuan terbukti secara konsisten sebagai jembatan kognitif krusial yang mereduksi kecemasan serta meningkatkan keakuratan pengambilan keputusan siswa.

KETERKAITAN HASIL DENGAN KONSEP DASAR

Hasil Integrasi *Computer Science Unplugged* (CSU) dan *Discovery Learning* menawarkan kerangka kerja pedagogis yang solid untuk membedah materi jaringan yang memiliki tingkat abstraksi tinggi. Landasan teoretis CSU yang berakar pada kognisi tubuh (*embodied cognition*) memungkinkan siswa memvisualisasikan lalu lintas data komputatif melalui aktivitas fisik dan manipulasi objek nyata. Sejalan dengan itu, model *Discovery Learning* memfasilitasi transisi peran siswa dari penerima informasi pasif menjadi agen aktif yang menemukan pola sistem secara mandiri melalui inkuiri. Sinergi ini merestrukturisasi proses kognitif di sekolah kejuruan, di mana tantangan teknis disederhanakan menjadi representasi konkret sebelum siswa berinteraksi dengan antarmuka digital yang kompleks.

Peningkatan Indikator Berpikir Logis pada Materi Firewall Filter Rules Materi *firewall*, khususnya pada konsep *filter rules*, menuntut presisi logika yang tinggi karena sangat bergantung pada hubungan sebab-akibat dan hierarki eksekusi yang ketat. Sintesis literatur menunjukkan bahwa integrasi kedua pendekatan ini secara sistematis dapat menguatkan dimensi berpikir logis siswa melalui tiga indikator utama:

Keruntutan Berpikir (Rule Order)

Kemampuan menyusun tahapan secara sistematis merupakan pilar berpikir logis yang sangat esensial dalam pengaturan *filter rules*. Melalui aktivitas *unplugged*, siswa dapat mengeksplorasi mekanisme pemrosesan sekuensial (membaca dari atas ke bawah atau *top-down*) pada sebuah sistem keamanan. Siswa memahami secara empiris bagaimana penempatan sebuah aturan (*rule order*) sangat menentukan validitas eksekusi jaringan. Kesalahan dalam mengurutkan aturan akan berdampak langsung pada kegagalan sistem, di mana aturan yang krusial bisa saja tidak pernah dieksekusi apabila aturan di atasnya telah meloloskan paket data tersebut.

Kemampuan Berargumentasi

Kerangka *Discovery Learning* menuntut siswa untuk tidak sekadar mengikuti langkah kerja prosedural, tetapi harus mampu memberikan justifikasi rasional atas

keputusan teknis mereka. Dalam merancang *filter rules*, siswa dilatih membangun argumen yang solid saat menyusun kebijakan pemblokiran atau penerimaan data. Siswa dituntut mampu mempertahankan alasan logis mengapa sebuah aturan keamanan harus diprioritaskan di urutan teratas dibandingkan aturan lainnya berdasarkan skenario lalu lintas jaringan yang sedang dihadapi.

Penarikan Kesimpulan

Proses berpikir logis mencapai puncaknya pada fase generalisasi, di mana siswa menarik simpulan sah dari hasil investigasi mandiri mereka. Melalui integrasi ini, siswa tidak hanya mampu menyimpulkan rancangan hierarki *rule order* yang paling tepat dan aman, tetapi juga mencapai pemahaman konseptual yang holistik mengenai betapa vitalnya logika struktural dalam melindungi infrastruktur sebuah jaringan komputer.

Keterkaitan konseptual tersebut diwujudkan dalam sintesis kerangka kerja pembelajaran terintegrasi yang disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Kerangka Pembelajaran *Firewall Filter Rules* Berbasis Integrasi CSU dan *Discovery Learning*

Tahapan	Aktivitas Pembelajaran	Sasaran Indikator Berfikir Logis
Stimulasi	Guru menyajikan anomali trafik jaringan nyata untuk memicu inkuiri dan rasa ingin tahu siswa.	Kesadaran analitis awal.
Aktivitas CSU (Simulasi)	Siswa secara fisik menyimulasikan aliran data dan mekanisme dasar <i>filter rules</i> .	Keruntutan Berpikir: Pemahaman alur sekuensial (<i>rule order</i>).
Proses Penemuan(Discovery)	Siswa menginvestigasi dampak dari setiap perubahan penempatan aturan (<i>rule order</i>) terhadap keamanan sistem.	Kemampuan Berargumen: Justifikasi rasional dalam penyusunan hierarki aturan.
Analysis dan Verifikasi	Siswa berkolaborasi merevisi konfigurasi urutan aturan yang menyebabkan kegagalan penyaringan data.	Problem-solving, systematic reasoning
Refleksi	Siswa merekonstruksi teori hierarki <i>rule order</i> yang tepat berdasarkan pengalaman simulasinya.	Penarikan Kesimpulan: Pemahaman logika struktural pertahanan jaringan.

(Sumber: Diolah oleh Peneliti berdasarkan sintesis 19 literatur utama, 2026)

KESESUAIAN HASIL DAN IMPLIKASI PENELITIAN

Temuan dalam tinjauan sistematis ini menunjukkan keselarasan yang kuat dengan hasil penelitian Lin et al. (2024) dan Vieira et al. (2023), yang secara konsisten membuktikan bahwa aktivitas *unplugged* sangat unggul dalam memperkuat pemikiran representasional dan logika fundamental siswa. Kesesuaian ini mengonfirmasi bahwa aktivitas simulasi fisik sebelum interaksi digital mampu memperkuat fondasi kognitif

secara signifikan, terutama dalam memahami konsep *rule order* yang sekuensial. Namun, kajian ini juga menemukan titik pertentangan (*contrast*) dengan hasil studi Sigayret et al. (2022) serta Fauzi et al. (2025). Kedua studi terdahulu tersebut menyimpulkan bahwa aktivitas yang menggunakan teknologi langsung (*plugged-in*) secara umum memberikan capaian performa yang lebih baik pada siswa.

Pertentangan tersebut dapat diinterpretasikan melalui lensa beban kognitif. Kajian ini menggarisbawahi bahwa kesimpulan dari Sigayret dan Fauzi cenderung berlaku bagi siswa yang telah memiliki dasar logika yang matang. Sebaliknya, bagi konteks siswa pendidikan vokasi yang baru dihadapkan pada materi berabstraksi tinggi seperti hierarki eksekusi *firewall filter rules*, penggunaan teknologi langsung secara prematur justru berpotensi memicu beban kognitif berlebih. Oleh karena itu, penelitian ini membuktikan bahwa metode CSU lebih esensial diterapkan di tahap awal sebagai "jembatan logika" guna mematangkan pemahaman konseptual mengenai penyusunan *rule order* sebelum siswa beralih ke metode *plugged-in*.

Secara *Implikasi Teoritis dan Terapan* Secara teoritis, hasil penelitian ini memperluas diskursus ilmu pedagogi vokasi dengan membuktikan bahwa landasan kognisi tubuh (*embodied cognition*) dan *Discovery Learning* dapat disinergikan secara efektif untuk menembus keabstrakan ilmu keamanan siber. Kajian ini menegaskan bahwa pembelajaran konsep jaringan tingkat lanjut tidak harus selalu diawali dengan interaksi layar komputer, melainkan dapat dan sebaiknya dibangun melalui manipulasi fisik yang melatih kemampuan keruntutan berpikir, berargumen, dan menarik kesimpulan.

Secara terapan, penelitian ini memberikan implikasi praktis berupa prototipe kerangka instruksional (sebagaimana dijabarkan pada Tabel 4) yang dapat segera diadopsi oleh tenaga pendidik di lingkungan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Model integrasi ini menawarkan pedoman langsung bagi guru untuk merekonstruksi pembelajaran jaringan—dari yang semula berpusat pada hafalan langkah kerja prosedural, menjadi laboratorium logika interaktif berbasis inkuiri. Melalui penerapan kerangka ini, siswa secara aktif difasilitasi untuk mempraktikkan tiga dimensi utama berpikir logis: pemahaman empiris terhadap mekanisme sekuensial (*rule order*), penyusunan justifikasi rasional dalam merancang kebijakan jaringan, serta kemandirian dalam menarik simpulan mengenai logika struktural pelindung infrastruktur jaringan komputer.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil tinjauan sistematis terhadap literatur yang relevan, dapat disimpulkan bahwa integrasi antara pendekatan *Computer Science Unplugged* (CSU) dan model *Discovery Learning* memiliki potensi yang sangat signifikan dalam meningkatkan kemampuan berpikir logis siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), khususnya pada materi *firewall filter rules*. Temuan penelitian ini berhasil menjawab permasalahan mengenai tingginya abstraksi materi keamanan jaringan dengan menunjukkan bahwa sinergi kedua metode tersebut mampu mempertajam keruntutan berpikir siswa dalam memahami mekanisme sekuensial *rule order*, memperkuat kemampuan berargumen dalam menjustifikasi kebijakan keamanan, serta memfasilitasi kemandirian dalam menarik kesimpulan yang komprehensif mengenai logika struktural pertahanan jaringan. Secara kritis, integrasi ini berfungsi sebagai jembatan kognitif yang efektif untuk mereduksi beban kognitif siswa sebelum mereka bertransisi ke metode pembelajaran berbasis teknologi langsung atau *plugged-in*. Oleh karena itu, para pendidik di lingkungan SMK direkomendasikan untuk mengadopsi kerangka pembelajaran ini guna merekonstruksi pembelajaran jaringan dari yang semula berpusat pada hafalan prosedural menjadi laboratorium logika yang interaktif.

Meskipun memberikan hasil yang menjanjikan, penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya berbasis pada tinjauan literatur sistematis dan belum melibatkan pengujian eksperimental secara langsung di lapangan, sehingga generalisasi hasil harus dilakukan secara hati-hati. Sebagai rekomendasi untuk penelitian yang akan datang, sangat disarankan bagi para peneliti selanjutnya untuk melakukan uji coba eksperimental di kelas-kelas kejuruan guna mengukur efektivitas kerangka kerja ini secara empiris terhadap hasil belajar siswa. Selain itu, institusi pendidikan vokasi disarankan untuk mendukung pengembangan modul pembelajaran berbasis aktivitas fisik dan penemuan mandiri agar pemahaman konseptual siswa mengenai keamanan siber dapat terbangun lebih kokoh dan adaptif terhadap perkembangan teknologi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada Program Studi Pendidikan Ilmu Komputer, Universitas Pendidikan Indonesia, atas bimbingan dan dukungan fasilitas yang diberikan selama penyusunan naskah ini. Artikel ini disusun sebagai studi pendukung sekaligus landasan teoretis bagi penelitian skripsi penulis yang berfokus pada integrasi strategi pembelajaran keamanan jaringan pada materi *firewall* bagi siswa Sekolah Menengah Kejuruan. Hasil tinjauan sistematis dalam artikel ini

diharapkan dapat memperkuat kerangka empiris dalam pengembangan media pembelajaran yang lebih efektif dan inovatif di masa mendatang.

DAFTAR REFERENSI

- Alenezi, A. (2023). The Role of Unplugged Activities in Developing Computational Thinking and Reducing Cognitive Load in Secondary Education. *International Journal of Instruction*, 16(3), 245-262. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16314a>
- Ali Battal, Gülgün Afacan Adanır, & Yasemin Gülbahar. (2021). Computer Science Unplugged: A Systematic Literature Review.
- Anna Roosyanti, & Diyas Age Larasati. (2026). Integration Of Computational Thinking In Natural And Social Science Learning In Elementary Schools To Improve Problem-Solving Skills.
- Bruner, J. S. (1960). *The Process Of Education*.
- Bruner, J. S. (1961). The Act Of Discovery.
- Bruner, J. S. (1964). The Course Of Cognitive Growth.
- Chen et al. (2023). Fostering Computational Thinking Through Unplugged Activities: A Systematic Literature Review And Meta-Analysis.
- Ching, Y.-H., & Hsu, Y.-C. (2023). Computational thinking development in early childhood education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 71(4), 1435–1460. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10214-7>
- Dag et al. (2023). The Effect Of An Unplugged Coding Course On Primary School Students' Improvement In Their Computational Thinking Skills.
- Dan Sun et al. (2021). Comparing Learners' Knowledge, Behaviors, And Attitudes Between Two Instructional Modes Of Computer Programming In Secondary Education.
- Fauzi et al. (2025). Plugged Versus Unplugged Activities In Mathematics Learning To Promote Computational Thinking Skills: A Systematic Review And Qualitative Meta-Synthesis.
- Ghazali, M. N., Yusof, A. M., & Rahman, N. A. (2024). Integrating cybersecurity education into vocational curriculums: Bridging the digital literacy gap. *Journal of Vocational Education & Training*, 76(1), 45-62. <https://doi.org/10.1080/13636820.2023.2184931>
- Hadi, S., Yuliana, R., & Setiawan, A. (2024). Discovery Learning in Vocational Education: Enhancing Logical Reasoning and Analytical Thinking through Active Inquiry. *Journal of Vocational Education Studies*, 7(1), 12-25. <https://doi.org/10.21831/joves.v7i1.65432>
- Hussain, A., Mahmood, T., & Khan, S. (2024). Hands-on cybersecurity education: Enhancing practical problem-solving skills for future IT professionals. *Computers & Education: X Reality*, 4, 100045. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2024.100045>
- Ibrohim, I., Pambudi, A., & Wahyudi, W. (2023). The impact of unplugged coding activities on the acquisition of computational thinking skills. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 18(05), 89-105. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i05.35241>

- Jagadeesan, P., Thangaraj, M., & Kumar, V. (2023). Cybersecurity awareness and conceptual difficulties among secondary school students: An empirical study. *Education and Information Technologies*, 28(7), 8911-8935. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11534-1>
- Kırçali & Özdenir. (2023). A Comparison Of Plugged And Unplugged Tools In Teaching Algorithms At The K–12 Level For Computational Thinking Skills.
- Kosta Dolenc, & Anže Boh. (2025). Implementation Of Computer Science Unplugged In Schools: A Narrative Review Of Outcomes, Motivations, And Pedagogical Perspectives.
- Lee, H., & Kim, J. (2024). Integrating inquiry-based frameworks with unplugged activities for high school networking concepts. *Education and Information Technologies*, 29(2), 3411-3435. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11899-x>
- Lin et al. (2024). Comparing The Effects Of Plugged In And Unplugged Activities On Computational Thinking Development In Young Children.
- Merino-Armero et al. (2022). Unplugged Activities In Cross-Curricular Teaching: Effect On Sixth Graders' Computational Thinking And Learning Outcomes.
- Michael D. Workman, J. Anthony Luévanos, & Bin Mai. (2021). A Study Of Cybersecurity Education Using A Present-Test-Practice-Assess Model.
- Rahman, A., & Purnomo, S. (2024). Pedagogical strategies in vocational cybersecurity education: A focus on algorithmic reasoning and system architecture. *Journal of Technical Education and Training*, 16(2), 88-103. <https://doi.org/10.30880/jtet.2024.16.02.008>
- Sari, R., Wardani, K., & Kurniawan, D. (2023). Embodied Cognition in Computer Science: The Impact of Unplugged Activities on Student Mental Models. *Educational Technology Research and Development*, 71(2), 567-589. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10201-y>
- Sigayret et al. (2022). Unplugged Or Plugged-In Programming Learning: A Comparative Experimental Study.
- Syamsidah et al. (2022). *Model Discovery Learning*.
- Vieira et al. (2023). Implementing Unplugged CS And Use-Modify-Create To Develop Student Computational Thinking Skills: A Nationwide Implementation In Colombia.
- Wijaya, R., & Kusuma, D. (2023). Tangible computing and its effect on sequential logic mastery in abstract networking subjects. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 6(4), 45-61. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v6i4.142>
- Yilmaz. (2023). Effect Of Unplugged And Plugged Coding Activities On Secondary School Students' Computational Thinking Skills.
- Yuliana, L., & Hidayat, D. (2023). Effectiveness of guided discovery learning in enhancing mathematical reasoning abilities. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 23(5), 78–89. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.5.5>
- Zhang et al. (2025). Developing Preschool Children's Computational Thinking And Executive Functions: Unplugged Vs. Robot Programming Activities.