



EFEKTIVITAS MEDIA PEMBELAJARAN CLING (CLEAN LEARNING INTEGRATED GATEWAY) TERHADAP PENINGKATAN KETERAMPILAN CLEAN CODE SISWA SMK

Solikhul Mauludin¹⁾, Elvira Wardah²⁾

¹⁾ Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya Surabaya, Indonesia
Email: solikhulmauludin.22014@mhs.unesa.ac.id

²⁾ Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya Surabaya, Indonesia
Email: elvirawardah@unesa.ac.id

Abstract

Clean, well-structured code is one competency demanded by Indonesia's National Work Competency Standard for vocational programming graduates, yet coding classes commonly still focus only on whether a program runs, without giving automatic feedback on code quality. This study examines the effectiveness of CLING (Clean Learning Integrated Gateway), a website-based Python compiler integrated with Pylint for automatic clean code assessment. The method used was Research and Development with the ADDIE model, combined with a Quasi-Experimental Nonequivalent Control Group Design involving tenth-grade Software Engineering students at SMK Antartika 2 Sidoarjo: an experimental class (25 students) taught with CLING and a control class (25 students) taught with Google Colab without linter integration. Material and media expert validation scored 88.2% and 87.7% (Very Valid). The Shapiro-Wilk test showed the control class posttest data were not normally distributed ($p = 0.002$), so the Mann-Whitney U Test was used, yielding $U = 604.0$ ($p < 0.001$), indicating a significant difference in clean code skills between the two classes. The experimental class posttest average (65.77) was far higher than the control class (32.51), with an N-Gain of 0.488 (moderate category). The Technology Acceptance Model questionnaire recorded a practicality score of 87.55% (Very Practical). These results indicate that CLING effectively improves vocational students' clean code skills.

Keywords: Clean Code; Compiler Online; Learning Media; Pylint; Python

Abstrak

Penulisan kode program yang bersih dan terstruktur (clean code) merupakan salah satu kompetensi yang dituntut Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia bagi lulusan SMK bidang pemrograman, namun pembelajaran koding yang berjalan selama ini masih berfokus pada keberhasilan eksekusi program tanpa memberi umpan balik otomatis atas kualitas kode. Penelitian ini menguji efektivitas media pembelajaran CLING (Clean Learning Integrated Gateway), sebuah compiler Python berbasis website yang diintegrasikan dengan Pylint untuk penilaian clean code secara otomatis. Metode yang digunakan adalah Research and Development model ADDIE yang dipadukan dengan Quasi-Experimental Nonequivalent Control Group Design pada siswa kelas X RPL SMK Antartika 2 Sidoarjo, melibatkan kelas eksperimen (25 siswa) yang belajar menggunakan CLING dan kelas kontrol (25 siswa) yang belajar menggunakan Google Colab tanpa integrasi linter. Validasi ahli materi dan ahli media masing-masing memperoleh skor 88,2% dan 87,7% (Sangat Valid). Uji Shapiro-Wilk menunjukkan data posttest kelas kontrol tidak berdistribusi normal ($p=0,002$), sehingga pengujian hipotesis dilakukan dengan Mann-Whitney U Test dan diperoleh $U=604,0$ ($p<0,001$), yang berarti terdapat perbedaan keterampilan clean code yang signifikan antara kedua kelas. Rata-rata posttest kelas eksperimen (65,77) jauh lebih tinggi dibanding kelas kontrol (32,51), dengan N-Gain sebesar 0,488 (kategori sedang). Angket Technology Acceptance Model mencatat skor kepraktisan 87,55% (Sangat Praktis). Hasil ini menunjukkan media CLING efektif meningkatkan keterampilan clean code siswa SMK.

Kata Kunci: Clean Code; Compiler Online; Media Pembelajaran; Pylint; Python



PENDAHULUAN

Berdasarkan laporan World Economic Forum, Future of Jobs 2025, pekerjaan sebagai Software and Applications Developer berada di peringkat empat pekerjaan yang paling berkembang hingga 2030. Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia bidang pemrograman menegaskan bahwa lulusan tidak cukup hanya mampu menjalankan program, tetapi juga wajib menulis kode dengan prinsip sesuai guideline dan best practice (unit kompetensi J.620100.016.01), yang menuntut penerapan clean code secara konsisten (Indonesia, 2024). Kualitas kode yang buruk pada gilirannya meningkatkan biaya pemeliharaan perangkat lunak dan jumlah bug di industri. Sayangnya, pembelajaran pemrograman di banyak SMK masih menitikberatkan pada keberhasilan kompilasi program, sehingga siswa kesulitan memahami logika dan sintaks secara mendalam, yang berdampak pada rendahnya kualitas kode yang dihasilkan (Pedeng dkk., 2025). Hal ini sejalan dengan kajian pendidikan vokasi (TVET) yang menyoroti bahwa proses pembelajaran pemrograman di sekolah kejuruan cenderung berhenti pada tahap program dapat dijalankan, tanpa pembiasaan menulis kode sesuai standar industri (Halim dkk., 2023).

Kondisi tersebut juga ditemukan di SMK Antartika 2 Sidoarjo. Pembelajaran mata pelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial di kelas X Rekayasa Perangkat Lunak (RPL) menerapkan Project-Based Learning dengan siswa menulis kode Python melalui Google Colab pada perangkat smartphone masing-masing. Keterbatasan layar smartphone menyulitkan siswa menjaga kerapian indentasi dan spasi, sementara Google Colab standar belum memiliki fitur linter yang dapat memvalidasi kepatuhan kode terhadap standar clean code (PEP 8) secara otomatis. Guru pun mengalami beban kerja tinggi karena pemeriksaan baris kode dilakukan secara manual satu per satu, sehingga umpan balik yang diterima siswa cenderung lambat dan tidak konsisten (Novak & Kermek, 2024).

Beberapa penelitian terdahulu telah menyinggung persoalan serupa dari sudut pandang berbeda. (Arifiansyah., dkk., 2024) membandingkan student engagement pada online course pemrograman dengan dan tanpa fitur online compiler menggunakan uji Mann-Whitney, dan menemukan bahwa keterlibatan siswa meningkat ketika compiler online digunakan, namun penelitian tersebut belum menyentuh aspek kualitas kode yang dihasilkan. (Ragil & Dwi, 2024) menegaskan dari sisi industri bahwa masih ada kesenjangan antara kompetensi lulusan SMK dan SKKNI yang berlaku, tetapi hanya memotret masalah tanpa menawarkan solusi pembelajaran. Sementara itu, (Putra & Prisma, 2024) mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis website dengan online compiler di SMK Ketintang Surabaya dan membuktikan produk tersebut valid dan efektif, namun belum mengintegrasikan alat analisis kualitas kode. Pada jenjang yang lebih tinggi, (Luburić dkk., 2022) mengembangkan Intelligent Tutoring System untuk mengajarkan clean code kepada mahasiswa teknik perangkat lunak, dengan penekanan pada refactoring tingkat lanjut yang kurang sesuai untuk siswa pemula. Bertolak dari celah tersebut, dikembangkan media

pembelajaran CLING (Clean Learning INtegrated Gateway), yaitu compiler Python berbasis website yang mengintegrasikan Pylint sebagai mesin analisis clean code otomatis, sehingga umpan balik kualitas kode dapat diterima siswa SMK secara langsung dan sederhana sejak tahap belajar paling dasar.

Artikel ini secara khusus melaporkan hasil analisis data dari uji coba media tersebut, dengan tujuan mengetahui tingkat kelayakan CLING berdasarkan validasi ahli serta mengetahui ada tidaknya perbedaan signifikan keterampilan clean code antara kelompok siswa yang belajar menggunakan CLING dan kelompok yang menggunakan pembelajaran eksisting.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation), karena bertujuan menghasilkan produk media pembelajaran sekaligus menguji kelayakannya (Ade Rahayu, 2025; Mandansari et al., 2025). Pada tahap Implementation, pengujian dilakukan dengan desain Quasi-Experimental Nonequivalent Control Group Design melalui skema pretest, pemberian perlakuan (treatment), lalu posttest pada dua kelompok yang sudah terbentuk secara alami.

Penelitian dilaksanakan di SMK Antartika 2 Sidoarjo pada siswa kelas X RPL dengan populasi 93 siswa. Sampel ditentukan melalui purposive sampling berdasarkan rekomendasi guru pengampu dan kesetaraan kemampuan dasar, menghasilkan dua kelas berjumlah 50 siswa: kelas X RPL 3 sebagai kelas eksperimen (25 siswa, belajar menggunakan CLING) dan kelas X RPL 2 sebagai kelas kontrol (25 siswa, belajar menggunakan Google Colab tanpa integrasi linter).

Instrumen penelitian terdiri atas lembar validasi ahli materi dan ahli media berskala Likert 5, soal tes keterampilan clean code berupa pretest dan posttest yang dinilai otomatis melalui skor Pylint (skala 0-10, dinormalisasi menjadi persentase), serta angket Technology Acceptance Model (TAM) yang mengukur Perceived Ease of Use (PEOU) dan Perceived Usefulness (PU) setelah pembelajaran berakhir.

Skor validasi ahli dihitung dengan rumus $\text{Nilai} = (\Sigma \text{Skor Diperoleh} / \Sigma \text{Skor Maksimum Ideal}) \times 100\%$, kemudian dikonversi ke kriteria pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Hasil Validasi

Nilai (%)	Kriteria
81 – 100	Sangat Valid
61 – 80	Valid
41 – 60	Cukup Valid
21 – 40	Tidak Valid
0 – 20	Sangat Tidak Valid

Data dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui rata-rata, nilai minimum-maksimum, dan sebaran kategori keterampilan siswa. Sebelum uji hipotesis, dilakukan uji prasyarat berupa uji normalitas Shapiro-Wilk dan uji homogenitas Levene melalui perangkat lunak JASP. Karena salah satu kelompok data tidak berdistribusi normal, uji



hipotesis dilakukan menggunakan uji non-parametrik Mann-Whitney U Test dengan taraf signifikansi 0,05. Besaran peningkatan keterampilan kelas eksperimen dihitung dengan N-Gain Score, dan tingkat kepraktisan produk dianalisis dari skor TAM.

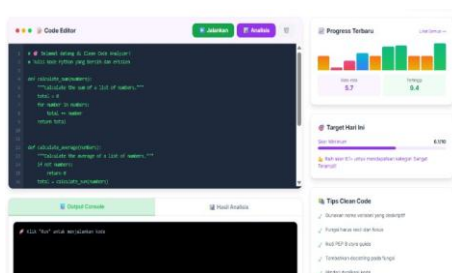
Implementasi dilaksanakan secara luring sebanyak lima kali pertemuan pada masing-masing kelas dengan durasi 2 jam pelajaran (2×45 menit) per pertemuan. Kelas eksperimen menggunakan CLING sebagai media pembelajaran utama, sedangkan kelas kontrol tetap menggunakan Google Colab tanpa integrasi linter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

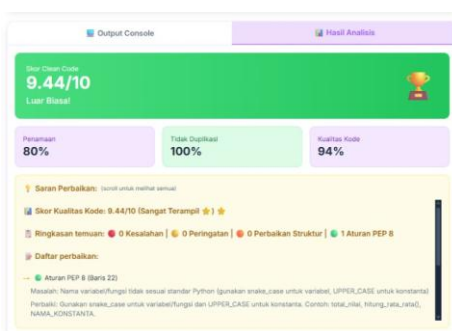
4.1 Deskripsi Media CLING

CLING dibangun dengan framework Next.js 16 (TypeScript, React 18) untuk antarmuka pengguna dan business logic, serta Tailwind CSS untuk tampilan. Basis data menggunakan Supabase berbasis PostgreSQL, sekaligus menyediakan layanan autentikasi dan penyimpanan file. Fitur compiler dan analisis clean code dibangun terpisah menggunakan FastAPI (Python 3.11), dengan kode siswa dieksekusi melalui Python Interpreter dan dianalisis menggunakan library Pylint 3.3 berdasarkan standar PEP 8. Ketiga komponen tersebut mengadopsi arsitektur microservices yang saling berkomunikasi melalui protokol HTTP: aplikasi Next.js berjalan sebagai serverless functions pada Vercel, layanan Python API berjalan sebagai Docker container pada Railway, sedangkan Supabase menangani basis data, autentikasi, dan penyimpanan berkas.

Fitur utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah halaman Compiler, tempat siswa menulis dan menjalankan kode Python, serta halaman Analisis Clean Code yang menampilkan skor dan rincian pelanggaran gaya penulisan kode secara otomatis setelah kode dijalankan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

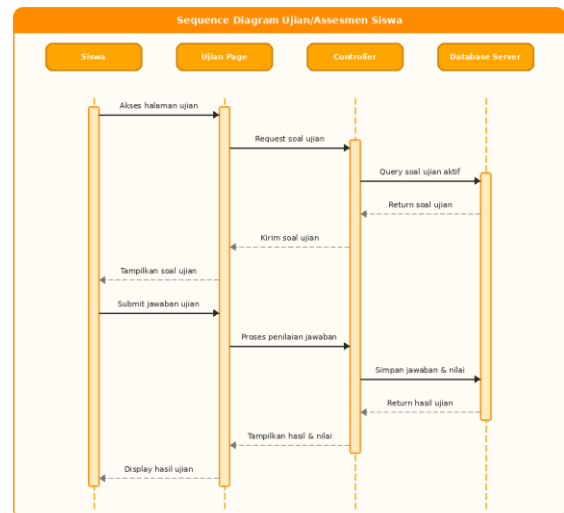


Gambar 1. Halaman Compiler Python pada CLING



Gambar 2. Halaman Analisis Clean Code pada CLING

Dari sisi rancangan basis data, CLING dibangun di atas sembilan entitas utama yang saling berelasi untuk mendukung alur pembelajaran, mulai dari data pengguna, materi, riwayat pengerjaan compiler, hingga hasil analisis clean code, sebagaimana digambarkan pada class diagram sistem (Gambar 3).



Gambar 3. Class Diagram Sistem CLING

4.2 Hasil Validasi Ahli

Validasi dilakukan oleh dosen Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi Universitas Negeri Surabaya, yaitu satu ahli materi dan satu ahli media, menggunakan lembar validasi berskala Likert 5.

Tabel 2. Hasil Validasi Ahli Materi

Aspek Penilaian	Skor	SMI	%
Identitas	5	5	100
Tujuan Pembelajaran	5	5	100
Kegiatan Pembelajaran	14	15	93,3
Lampiran	4	5	80,0
Rata-rata Keseluruhan	7,0	7,5	88,2

Persentase validasi ahli materi pada Tabel 2. mencapai 88,2% dan masuk kategori Sangat Valid, sehingga materi yang disajikan dalam CLING dinilai sesuai tujuan pembelajaran dan relevan dengan SKKNI bidang pemrograman.

Tabel 3. Hasil Validasi Ahli Media

Aspek Penilaian	Skor	SMI	%
Tampilan Visual	15	15	100
Navigasi	13	15	86,6
Interaktivitas	4	5	80,0
Konten	14	15	93,3
Sistem	4	5	80,0
Rata-rata Keseluruhan	10,0	11,0	87,7

Persentase validasi ahli media Pada Tabel 3. mencapai 87,7% dan juga masuk kategori Sangat Valid, yang mengindikasikan tata letak CLING rapi, navigasi intuitif, dan fitur berfungsi sesuai rancangan.



4.3 Statistik Deskriptif Pretest dan Posttest

Tabel 4. Statistik Deskriptif Pretest dan Posttest

Statistik	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
N	25	25
Rata-rata Pretest	32,42	30,19
Rata-rata Posttest	65,77	32,51
SD Posttest	8,97	20,66
Min Posttest	50,75	0
Maks Posttest	82,27	55,68

Pada Tabel 4. Rata-rata posttest kelas eksperimen (65,77) meningkat 33,35 poin dari pretestnya (32,42), sedangkan kelas kontrol hanya meningkat 2,32 poin (dari 30,19 menjadi 32,51). Data ini secara deskriptif memperlihatkan pola peningkatan yang berbeda antara kedua kelas, yang selanjutnya diuji secara inferensial.

Tabel 5. Distribusi Kategori Keterampilan Posttest

Kategori	Rentang	Eksperimen	Kontrol
Sangat Terampil	81–100	1 (4,0%)	0 (0%)
Terampil	61–80	16 (64,0%)	0 (0%)
Cukup Terampil	41–60	8 (32,0%)	11 (44,0%)
Kurang Terampil	21–40	0 (0%)	6 (24,0%)
Tidak Terampil	0–20	0 (0%)	8 (32,0%)

Pada Tabel Sebanyak 17 siswa (68,0%) kelas eksperimen mencapai kategori Terampil atau Sangat Terampil pada posttest, sementara di kelas kontrol tidak satu pun siswa mencapai kedua kategori tersebut; mayoritas siswa kontrol justru berada pada kategori Cukup Terampil hingga Tidak Terampil.

4.4 Uji Prasyarat Analisis

Uji normalitas Shapiro-Wilk pada data posttest menunjukkan kelas eksperimen berdistribusi normal ($W=0,957$; $p=0,358$), sedangkan kelas kontrol tidak berdistribusi normal ($W=0,848$; $p=0,002$). Uji homogenitas Levene pada data pretest memperoleh $F=23,69$ ($df_1=1$, $df_2=48$; $p<0,001$), yang berarti varians kedua kelas tidak homogen. Karena salah satu asumsi parametrik tidak terpenuhi, uji hipotesis dilanjutkan dengan uji non-parametrik Mann-Whitney U Test.

Descriptive Statistics

	Posttest	
	Eksperimen	Kontrol
Valid	25	25
Missing	0	0
Mean (arithmetic)	65.77	32.51
Std. Deviation	8.965	20.66
Shapiro-Wilk	0.9570	0.8480
P-value of Shapiro-Wilk	.358	.002
Minimum	50.75	0.000
Maximum	82.27	55.68

Gambar 4. Output Uji Normalitas Shapiro-Wilk (JASP)

Assumption Checks

Test of Equality of Variances (Levene's)

	F	df ₁	df ₂	p
Pretest	23.69	1	48	< .001

Gambar 5. Output Uji Homogenitas Levene's Test (JASP)

4.5 Uji Hipotesis Mann-Whitney U Test

Hipotesis yang diuji adalah H_0 : tidak terdapat perbedaan keterampilan clean code yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol; H_1 : terdapat perbedaan keterampilan clean code yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil pengujian memperoleh $U=604,0$ dengan signifikansi $p<0,001$. Karena $p<0,05$, H_0 ditolak dan H_1 diterima, sehingga terdapat perbedaan keterampilan clean code yang signifikan antara siswa yang belajar menggunakan CLING dan siswa yang menggunakan pembelajaran eksisting.

Independent Samples T-Test ▼

	U	df	p
Pretest	307.0	1	.923
Posttest	604.0		< .001

Note: Mann-Whitney U Test

Gambar 6. Output Uji Mann-Whitney U Test (JASP)

Tabel ini menampilkan nilai statistik U dan signifikansi (p) dari uji Mann-Whitney, yang menjadi dasar pengambilan keputusan terhadap hipotesis penelitian sebagaimana diuraikan pada bagian sebelumnya.

4.6 N-Gain Score

Tabel 6. Distribusi Kategori N-Gain Kelas Eksperimen

Kategori	Rentang	f	%
Tinggi	$g > 0,7$	1	4,0
Sedang	$0,3 \leq g \leq 0,7$	21	84,0
Rendah	$g < 0,3$	3	12,0

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2026)

Pada Tabel 6. Rata-rata N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,488, termasuk kategori Sedang. Sebanyak 84,0% siswa berada pada kategori peningkatan Sedang, 4,0% Tinggi, dan 12,0% Rendah, yang menunjukkan bahwa penggunaan CLING secara konsisten mendorong peningkatan keterampilan clean code pada mayoritas siswa.

4.7 Analisis Respon Pengguna (TAM)

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Angket TAM

Dimensi	Skor	SMI	%	Kategori
PEOU	1218	1375	88,58	Sangat Praktis
PU	1299	1500	86,60	Sangat Praktis
Total	2517	2875	87,55	Sangat Praktis

Dimensi Perceived Ease of Use pada Tabel 7. memperoleh 88,58% dan Perceived Usefulness 86,60%, dengan skor total 87,55% (Sangat Praktis). Hasil ini menunjukkan siswa menilai CLING mudah dipelajari, mudah dinavigasi, dan bermanfaat dalam mendukung proses belajar clean code.

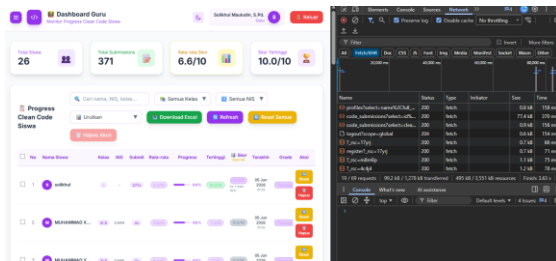


4.8 Hasil Pengujian Non-Fungsional

Selain data keterampilan siswa, kelayakan CLING dari sisi teknis turut diuji melalui lima skenario non-fungsional (TC-01 hingga TC-05) menggunakan Chrome DevTools dan UptimeRobot, sebagaimana dirangkum pada Tabel 9.

Tabel 8. Rekapitulasi Pengujian Non-Fungsional

Kode	Aspek	Hasil	Status
TC-01	Waktu muat halaman utama	5,67 detik (< 10.000 ms)	Valid
TC-02	Penolakan upload > 5MB	HTTP 413, upload dihentikan otomatis	Valid
TC-03	Kompatibilitas Chrome & Edge	Tampilan dan fungsi konsisten	Valid
TC-04	Keamanan akses tanpa login	Redirect HTTP 302 ke halaman login	Valid
TC-05	Ketersediaan server 24 jam	Uptime 100%, downtime 0 menit	Valid



Gambar 7. Hasil Pemantauan Ketersediaan Server Selama 24 Jam (TC-05)

Seluruh skenario pengujian non-fungsional dinyatakan Valid, yang menunjukkan CLING tidak hanya efektif secara pedagogis tetapi juga andal dari sisi kinerja, kompatibilitas lintas browser, keamanan akses, dan ketersediaan layanan.

4.9 Pembahasan

Secara keseluruhan, hasil analisis data memperlihatkan pola yang konsisten. Validasi ahli menyatakan CLING layak dari sisi materi dan media, sementara uji Mann-Whitney U dan N-Gain menegaskan bahwa kelayakan tersebut berujung pada peningkatan keterampilan yang nyata di kelas eksperimen. Peningkatan ini didukung oleh umpan balik otomatis dan real-time dari Pylint, yang memungkinkan siswa langsung mengetahui dan memperbaiki kesalahan kode secara berulang, sejalan dengan temuan bahwa otomatisasi penilaian meningkatkan efisiensi evaluasi pemrograman sekaligus membiasakan siswa dengan standar kualitas industri (Novak & Kermek, 2024). Sebaliknya, kelas kontrol yang menggunakan Google Colab tanpa linter otomatis tidak menunjukkan peningkatan berarti karena siswa tidak memperoleh mekanisme umpan balik langsung atas kualitas kodenya.

Penerimaan pengguna yang tinggi pada skor TAM turut memperkuat bahwa keberhasilan peningkatan keterampilan bukan sekadar efek paparan materi baru, melainkan juga karena media ini mudah digunakan dan

dirasakan bermanfaat oleh siswa (Yuniarti et al., 2023). Keunggulan utama CLING dibandingkan platform konvensional seperti Replit atau Google Colab terletak pada integrasi langsung antara compiler Python dan mesin analisis clean code berbasis standar PEP 8 dalam satu platform, disertai umpan balik berbahasa Indonesia yang mudah dipahami siswa pemula.

Temuan ini juga sejalan dengan (Arifiansyah et al., 2024), yang melalui uji Mann-Whitney turut membuktikan bahwa fitur online compiler mendorong keterlibatan siswa secara signifikan dibanding pembelajaran tanpa compiler online, meskipun penelitian tersebut belum mengukur dampaknya pada kualitas kode. Hasil validasi ahli materi dan media pada penelitian ini (88,2% dan 87,7%) juga sebanding dengan tingkat kevalidan yang dilaporkan (Putra & Prisma, 2024) pada media pembelajaran interaktif berbasis online compiler di SMK Ketintang Surabaya, yang menguatkan bahwa model pengembangan ADDIE cukup konsisten menghasilkan produk pembelajaran berkualitas tinggi pada konteks SMK. Perbedaannya, penelitian ini melangkah lebih jauh dengan mengukur perubahan keterampilan secara inferensial (Mann-Whitney U dan N-Gain), bukan sekadar kelayakan produk semata. Meski demikian, penelitian ini baru mengukur keterampilan clean code secara kuantitatif melalui skor Pylint, sehingga aspek kognitif yang lebih luas seperti pemahaman konseptual siswa belum sepenuhnya tercakup dan terbuka untuk penelitian lanjutan, misalnya dengan menambahkan wawancara atau observasi proses berpikir siswa saat menulis kode.

4.10 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan pada penelitian selanjutnya. Pertama, sampel penelitian terbatas pada dua kelas di satu sekolah sehingga generalisasi hasil ke populasi SMK yang lebih luas perlu dilakukan secara hati-hati. Kedua, durasi implementasi hanya berlangsung lima pertemuan, sehingga belum menggambarkan efek jangka panjang penggunaan CLING terhadap kebiasaan menulis clean code siswa secara konsisten di luar konteks penelitian. Ketiga, pengukuran keterampilan clean code sepenuhnya bergantung pada skor otomatis Pylint, yang sangat baik untuk menilai kepatuhan terhadap standar PEP 8 namun belum menangkap aspek kualitas kode yang lebih kualitatif seperti efisiensi algoritma atau keterbacaan logika program secara menyeluruh.

KESIMPULAN

Hasil analisis data menunjukkan bahwa media pembelajaran CLING dinyatakan layak digunakan berdasarkan validasi ahli materi (88,2%) dan ahli media (87,7%), keduanya dengan kategori Sangat Valid. Uji hipotesis Mann-Whitney U Test membuktikan adanya perbedaan keterampilan clean code yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol ($U=604,0$; $p<0,001$), dengan rata-rata posttest kelas eksperimen (65,77) jauh melampaui kelas kontrol (32,51) dan N-Gain sebesar 0,488 (kategori Sedang). Skor TAM sebesar 87,55% turut



menunjukkan bahwa siswa menilai CLING sangat praktis digunakan. Berdasarkan temuan ini, media CLING terbukti efektif meningkatkan keterampilan clean code siswa SMK.

Saran untuk pemanfaatan lebih lanjut, sekolah disarankan menjadikan CLING sebagai media pembelajaran berkelanjutan pada mata pelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial, tidak hanya sebagai uji coba satu semester. Bagi peneliti selanjutnya, cakupan bahasa pemrograman pada CLING dapat diperluas di luar Python, dan pengukuran keterampilan clean code dapat dilengkapi dengan pendekatan kualitatif seperti wawancara atau observasi proses berpikir siswa, agar dampak media terhadap pemahaman konseptual siswa dapat tergambar lebih menyeluruh.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada SMK Antartika 2 Sidoarjo atas izin dan kesempatan pelaksanaan penelitian, kepada guru pengampu mata pelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial yang telah memfasilitasi proses pengambilan data, kepada siswa kelas X RPL 2 dan X RPL 3 yang berpartisipasi sebagai subjek penelitian, serta kepada dosen pembimbing atas arahan yang diberikan selama proses penelitian dan penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifiansyah, Achmad Syarif and Dr. Fajar Pradana, .ST., M.Eng. and Ir. Widhy Hayuhardhika Nugraha Putra, S.Kom., M. K. (2024). Analisis Perbandingan Student Engagement pada Online Course Pemrograman dengan Penerapan Fitur Online Compiler. *j-ptiik.ub.ac.id*.
<https://repository.ub.ac.id/id/eprint/229193/>
- Halim, M., Wijaya, R., & Engineering, I. (2023). (*TVET*) *IN THE LEARNING PROCESS OF PROGRAMMING LANGUAGE. XII*(2), 27–31.
- Indonesia, M. K. R. (2024). *Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Informasi Dan Komunikasi*.
- Luburić, N., Vidaković, D., Slivka, J., & Prokić, S. (2022). *Clean Code Tutoring : Makings of a Foundation. I*(Csedu), 978–989.
<https://doi.org/10.5220/0010800900003182>
- Novak, M., & Kermek, D. (2024). Assessment Automation of Complex Student Programming Assignments. *Education Sciences, 14*(1).
<https://doi.org/10.3390/educsci14010054>
- Pedeng, M., Cahyaningtyas, C., & Januarti, T. (2025). *Pengenalan dan Pelatihan Algoritma Pemrograman Menggunakan Python untuk Siswa SMK Jurusan Teknik Komputer dan Jaringan Introduction and Training in Programming Algorithms Using Python for Vocational High School Students Majoring in Computer and Network En. 5*, 113–124.
- Putra, F. A., & Prisma, I. G. L. P. E. (2024). *Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Website Dengan Online Compiler Di SMK Ketintang Surabaya. 09*(2012), 94–102.
- Ragil, F., & Dwi, C. B. (2024). *Pengaruh Kompetensi Keahlian , Motivasi Kerja , Dan Praktik Kerja. 10*(4), 1137–1147.