



Model STEM-GBL Berbantuan *Wordwall* untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Siswa Kelas V pada Materi Siklus Air

Muhammad Nadzril Ishlah Azkiah

Universitas Negeri Surabaya PGSD FIP Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

Email: 24010644367@mhs.unesa.ac.id

ABSTRAK

Kemampuan berpikir kritis merupakan kompetensi fundamental abad ke-21 yang wajib dikuasai siswa sekolah dasar, namun hasil PISA 2022 menunjukkan skor sains siswa Indonesia hanya mencapai 383 poin, jauh di bawah rata-rata OECD sebesar 485 poin. Kondisi ini diperparah oleh dominasi metode ceramah dalam pembelajaran IPAS, sebagaimana ditemukan dalam observasi awal di SDN Sukodono 1 Sidoarjo, yang menyebabkan siswa cenderung bersikap pasif dan tidak terlatih dalam pemecahan masalah secara kritis. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas model pembelajaran STEM berbasis *Game-Based Learning* (STEM-GBL) melalui PPT Interaktif berbasis *Engineering Design Process* (EDP) dan platform *Wordwall* terhadap kemampuan berpikir kritis siswa kelas V pada materi Siklus Air. Landasan teoritis penelitian ini berpijak pada teori Konstruktivisme Piaget dan Vygotsky, Flow Theory Csikszentmihalyi, serta kerangka berpikir kritis Facione yang mencakup enam indikator kognitif dan metakognitif. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain One-Group Pretest-Posttest pada 28 siswa kelas V-A SDN Sukodono 1. Data dikumpulkan melalui 20 butir soal pilihan ganda berbasis stimulus dan angket regulasi diri 10 item skala Likert. Hasil Paired Sample T-Test menunjukkan nilai $t = -7,926$ dengan Sig. $< 0,001$, dikonfirmasi oleh *Wilcoxon Signed-Rank Test* ($Z = -4,419$, Sig. $< 0,001$). Rata-rata skor meningkat dari 54,64 menjadi 73,39 dengan N-Gain sebesar 0,42 kategori sedang dan Cohen's $d = 1,26$ kategori besar. Regulasi diri siswa mencapai 66,25% berkategori baik. Temuan ini mengimplikasikan bahwa model STEM-GBL layak direkomendasikan sebagai strategi pembelajaran IPAS inovatif yang selaras dengan tuntutan Kurikulum Merdeka di sekolah dasar Indonesia.

Kata Kunci: STEM-GBL; Berpikir Kritis; Game-Based Learning; IPAS; Sekolah Dasar

ABSTRACT

Critical thinking skills are a fundamental 21st-century competency that elementary school students must master. However, the 2022 PISA results show that Indonesian students' science scores only reached 383 points, far below the OECD average of 485 points. This condition is exacerbated by the dominance of lecture methods in science learning, as found in initial observations at SDN Sukodono 1 Sidoarjo, which causes students to tend to be passive and untrained in critical problem-solving. This study aims to test the effectiveness of the STEM learning model based on Game-Based Learning (STEM-GBL) through Interactive PPT based on the Engineering Design Process (EDP) and the Wordwall platform on the critical thinking skills of fifth-grade students in the Water Cycle topic. The theoretical basis of this study is based on Piaget's and Vygotsky's Constructivism theories, Csikszentmihalyi's Flow Theory, and Facione's critical thinking framework which includes six cognitive and metacognitive indicators. The study used a quantitative approach with a One-Group Pretest-Posttest design on 28 students of grade V-A SDN Sukodono 1. Data were collected through 20 stimulus-based multiple-choice questions and a 10-item Likert-scale self-regulation questionnaire. The results of the Paired Sample T-Test showed a t value $= -7.926$ with Sig. < 0.001 , confirmed by the Wilcoxon Signed-Rank Test ($Z = -4.419$, Sig. < 0.001). The average score increased from 54.64 to 73.39 with an N-Gain of 0.42 in the moderate category and Cohen's $d = 1.26$ in the large category. Student self-regulation reached 66.25% in the good category. These findings imply that the STEM-GBL model is worthy of being recommended as an innovative science learning strategy that aligns with the demands of the Independent Curriculum in Indonesian elementary schools.

Keywords: STEM-GBL; critical thinking, game-based learning; science learning, elementary school

PENDAHULUAN

Abad ke-21 telah mengantarkan perubahan transformatif dalam berbagai aspek keberadaan manusia, terutama dalam dunia pendidikan. Langkah teknologi, otomatisasi, Pada skala nasional, urgensi untuk menguasai keterampilan ini ditangani melalui Kurikulum Merdeka yang menyoroti aspek penalaran kritis dari Profil Pelajar Pancasila sebagai pilar utama pengembangan kompetensi siswa di Indonesia. Namun, data internasional terus menggarisbawahi kondisi kualitas literasi sains dan kemampuan penalaran yang mengkhawatirkan di kalangan siswa Indonesia.

Kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia dapat diamati melalui dua sumber data utama. Pertama, hasil Programme for International Student Assessment (PISA) 2022 mengungkapkan bahwa siswa Indonesia berhasil mencetak rata-rata 383 poin dalam sains, jauh di bawah rata-rata OECD sebesar 485 poin dan bahkan turun dari 396 poin yang mereka capai di PISA 2018. Kedua, hasil Asesmen Kompetensi Minimum (AKM) Kemendikbudristek mengungkapkan bahwa sebagian besar siswa sekolah dasar di Indonesia masih terjebak pada tingkat dasar dalam kompetensi literasi sains yang memerlukan tingkat penalaran yang lebih tinggi.

Kedua fakta ini secara kolektif menyoroti bahwa kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia, termasuk mereka yang berada di pendidikan dasar, belum berkembang seperti yang diharapkan. Sebuah tinjauan sistematis terhadap 30 artikel penelitian STEM yang dilakukan di Indonesia dari 2014 hingga 2024 lebih lanjut menegaskan bahwa semua penelitian memvalidasi peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa melalui pendekatan STEM, sehingga menegaskan kembali kebutuhan mendesak untuk mengintegrasikan STEM ke dalam pendidikan Indonesia (Ekayanti & Hermawan, 2025).

Kesenjangan antara tuntutan kompetensi abad ke-21 dan realitas yang diamati di lapangan menjadi sangat jelas, terutama dalam pembelajaran IPAS di sekolah dasar. IPAS dalam Kurikulum Merdeka seharusnya menjadi mata pelajaran holistik yang mengintegrasikan IPA dan IPS secara kontekstual, yang bertujuan untuk memicu rasa ingin tahu siswa, keterampilan berpikir kritis-analitis, dan kesadaran lingkungan (Surul & Septiliana, 2023). Namun, pengamatan awal di SDN Sukodono 1 Kabupaten Sidoarjo mengungkapkan bahwa guru kelas V tetap mendominasi pembelajaran IPAS dengan metode ceramah, membuat siswa bersikap pasif dan tidak terbiasa berpikir kritis secara mandiri (Fadlilah, U. N., & Purbasari, 2024).

Situasi ini semakin diperburuk oleh sedikit penggunaan media pembelajaran digital interaktif yang selaras dengan karakteristik generasi digital saat ini. Implementasi pembelajaran inovatif di sekolah dasar Indonesia terus terhalang oleh sumber daya yang tidak mencukupi dan kurangnya pelatihan guru (Suwarma & Kumano, 2019). Oleh karena itu, dibutuhkan model pembelajaran sangat dibutuhkan yang menggabungkan pendekatan berbasis masalah dengan konteks yang tidak hanya lebih menarik tetapi juga relevan bagi siswa.

Sejumlah penelitian telah menyoroti manfaat model STEM dan Pembelajaran Berbasis Game-Based Learning (GBL) dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, meskipun keduanya terus dikaji secara terpisah. Dalam ranah STEM, penelitian

oleh (Ashidiq, & Chang, 2024) di Indonesia telah menunjukkan bahwa pendidikan STEM berbasis proyek mengungguli metode konvensional dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Sementara itu, dalam ranah GBL, Khodijah, (2025) telah secara meyakinkan menunjukkan bahwa model GBL berbantuan media digital interaktif secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa kelas V, dibuktikan oleh nilai paired sample t-test sebesar $0.000 < 0,05$.

Selain itu, meta-analisis yang mencakup 44 studi ($N = 3,861$) dari 2014 hingga 2024 telah mengkonfirmasi bahwa pembelajaran berbasis game digital memiliki efek positif yang nyata pada hasil pembelajaran STEM, terutama dalam dimensi berpikir kritis, dengan ukuran efek yang sangat besar ($SMD = 1,71$) (Fitriyah, & Aprilia, 2025). Selain itu, Susiloningsih et al., (2025) telah semakin memperkuat temuan ini melalui quasi-experiment yang melibatkan 120 siswa kelas V di Palembang, di mana kelompok berbasis STEM mencapai rata-rata berpikir kritis sebesar 85,6, jauh melebihi kelompok kontrol yang hanya mencapai 72,3 dengan $p = 0,001$.

Namun, terlepas dari keberhasilan yang jelas dari setiap pendekatan, kajian yang mengintegrasikan STEM dan GBL secara bersamaan dalam konteks pembelajaran IPAS di sekolah dasar Indonesia masih sangat terbatas. Tinjauan sistematis Ilma, & Kholifah, (2023) penelitian STEM di Indonesia dari tahun 2016 hingga 2021 menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian terus memprioritaskan tingkat pendidikan menengah dan tinggi, sehingga pendidikan dasar kurang mendapat perhatian akademik.

Penelitian terdahulu, termasuk yang dilakukan oleh Prasasti, (2025) dan (Suci Amalia, et al., 2023) telah memilih untuk hanya menggunakan GBL atau STEM secara terpisah, tanpa menggabungkan keduanya menjadi model pembelajaran kohesif. Tidak ada penelitian terdahulu yang bahkan mempertimbangkan konseptualisasi PPT Interaktif sebagai kendaraan untuk pengiriman konten STEM dan platform Wordwall sebagai media GBL dalam kerangka pembelajaran terpadu. Kesenjangan yang mencolok inilah yang mendasari urgensi ilmiah dari penelitian ini, seperti yang juga disarankan oleh (Trinanda, et al., 2025), yang menyerukan penelitian empiris langsung tentang efektivitas GBL terintegrasi STEM untuk siswa sekolah dasar Indonesia.

Mengingat kesenjangan penelitian yang teridentifikasi, penelitian ini mengusulkan model Pembelajaran Berbasis Game-Based Learning (STEM-GBL) yang dilaksanakan melalui dua media konkret: pertama, PPT Interaktif berbasis Engineering Design Process (EDP) yang secara visual menyajikan materi Siklus Air dengan elemen pemecahan masalah nyata melalui tahapan Ask, Imagine, Plan, Create, dan Improve (Sutisnawati, Rahmawati, & Sumantri, 2025); dan kedua, platform Wordwall sebagai media GBL, yang menampilkan tiga format permainan, yaitu Permainan Mencocokkan, Kuis Berbasis Stimulus, dan Diagram Berlabel Siklus Air. Pilihan bahan materi Siklus Air sangat relevan

karena dengan mudah merangkum semua pilar STEM, yaitu Sains (evaporasi, kondensasi, presipitasi), Teknologi (pengolahan air bersih), Rekayasa (desain filter air sederhana), dan Matematika (analisis data curah hujan), sementara juga mendorong keenam indikator pemikiran kritis menurut (P Facione, 1990).

Kebaruan penelitian ini tampaknya berakar pada tiga elemen yang tidak pernah

dikombinasikan dalam penelitian sebelumnya. Pertama, menawarkan integrasi simultan pendekatan STEM dan GBL ke dalam satu model pembelajaran kohesif di tingkat SD. Kedua, ada konseptualisasi PPT Interaktif berbasis EDP sebagai kendaraan konten STEM, yang disebut pendekatan yang belum pernah dieksplorasi dalam literatur sebelumnya. Terakhir, penggunaan platform Wordwall sebagai media GBL dalam kerangka STEM terintegrasi untuk bahan Siklus Air Kelas V. Kombinasi ini, menghasilkan model yang seharusnya lebih interaktif, menyenangkan, dan komprehensif daripada penelitian sebelumnya yang hanya mengandalkan salah satu pendekatan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membuktikan efektivitas model pembelajaran STEM-GBL melalui media PPT Interaktif berbasis EDP dan platform Wordwall pada kemampuan berpikir kritis siswa kelas V menangani materi Siklus Air di SDN Sukodono 1 di Kabupaten Sidoarjo. Ini mengukur ini dengan membandingkan skor pretest dan posttest menggunakan T-Test. Secara teoritis, dapat dikatakan penelitian ini memberikan bukti empiris yang mendukung efektivitas integrasi STEM-GBL dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar, sementara juga memperkaya dasar ilmiah inovasi pembelajaran IPAS dalam konteks Kurikulum Merdeka.

Secara praktis, penelitian ini menyajikan alternatif lain untuk model pembelajaran aktif yang dapat berfungsi sebagai referensi bagi guru sekolah dasar ketika merancang pembelajaran IPAS berbasis teknologi yang inovatif, serta memberikan masukan bagi sekolah bagi sekolah dan Dinas Pendidikan dalam pengembangan program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) yang berfokus pada pembelajaran STEM dan pembelajaran berbasis GBL. Temuan ini, diharapkan menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut menggunakan desain quasi-eksperimen dengan kelompok kontrol dan sampel yang lebih luas. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif menggunakan metode pra-eksperimen dan desain One-Group Pretest-Posttest yang melibatkan 28 siswa dari V-A di SDN Sukodono 1, Kabupaten Sidoarjo.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pra-eksperimen (pre-experimental research). Jenis penelitian ini dipilih karena bertujuan untuk menguji efektivitas suatu perlakuan pada satu kelompok subjek tanpa melibatkan kelompok kontrol, sehingga cocok untuk konteks lapangan dengan keterbatasan akses kelas. Desain yang digunakan adalah One-Group Pretest-Posttest Design, di mana satu kelompok subjek diukur sebelum perlakuan (O_1), kemudian menerima perlakuan model STEM-GBL (X), dan diukur kembali setelah perlakuan (O_2). Menurut Sugiyono, (2021) desain pra-eksperimen merupakan bentuk eksperimen paling sederhana yang tidak melakukan randomisasi dan tidak memiliki kelompok kontrol. Alur prosedur penelitian secara lengkap disajikan pada diagram alur di bawah.

Tabel 1. Desain Penelitian One-Group Pretest-Posttest

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen (E)	O1	X	O2

Keterangan: O1 = Pretest; X = Perlakuan STEM-GBL; O2 = Posttest

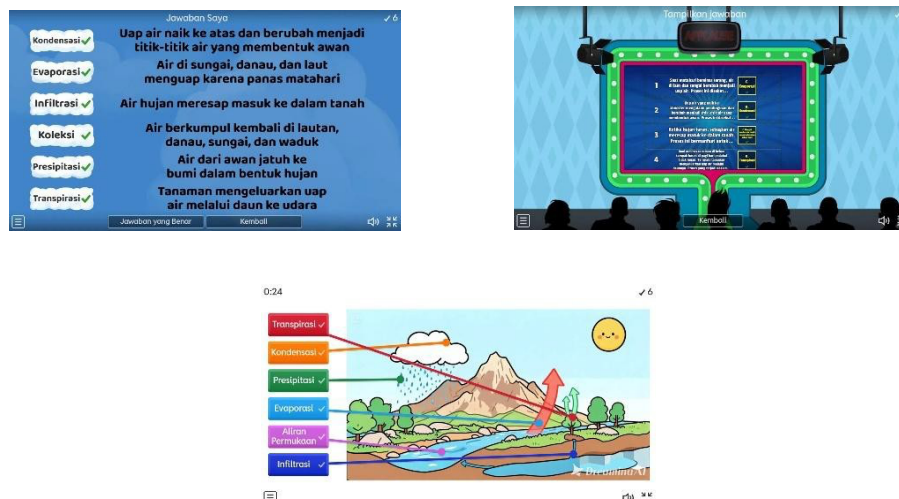
Jenis Koresponden, Lokasi, dan Subjek Penelitian

Penelitian dilaksanakan di SDN Sukodono 1, Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Pemilihan sekolah ini didasarkan pada hasil observasi awal yang menemukan permasalahan nyata berupa dominasi metode ceramah dan rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran IPAS. Penelitian dilaksanakan pada 22-23 Mei 2026, di mana hari pertama digunakan untuk uji validitas instrumen dan hari kedua digunakan untuk pretest, perlakuan (treatment), dan posttest dalam satu sesi pembelajaran berkesinambungan.

Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas V SDN Sukodono 1 Tahun Ajaran 2026/2027. Sampel dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan kemampuan awal siswa dan keterbatasan akses penelitian (Sugiyono, 2021). Sampel terdiri dari 28 siswa kelas V-A yang seluruhnya menerima perlakuan model STEM-GBL. Responden dalam penelitian ini adalah siswa sekolah dasar kelas V berusia 10-12 tahun yang sedang mempelajari materi Siklus Air dalam mata pelajaran IPAS sesuai Kurikulum Merdeka Fase C.

Definisi Variabel Operasional

Variabel independen (X) dalam penelitian ini adalah model pembelajaran STEM berbasis *Game-Based Learning* (STEM-GBL), yang didefinisikan secara operasional sebagai serangkaian kegiatan pembelajaran terstruktur yang mengintegrasikan pendekatan STEM melalui kerangka *Engineering Design Process* (EDP) dengan elemen permainan digital. Implementasinya dilakukan melalui dua media utama: (1) PPT Interaktif berbasis EDP untuk menyampaikan konten STEM pada materi Siklus Air melalui lima tahapan *Ask, Imagine, Plan, Create, dan Improve* (Sutisnawati et al., 2025); dan (2) platform Wordwall sebagai media GBL yang menampilkan tiga format permainan, yaitu Permainan Mencocokkan untuk melatih analisis hubungan konsep, Kuis Berbasis Stimulus untuk melatih evaluasi dan inferensi, serta Diagram Berlabel Siklus Air untuk melatih interpretasi visual.



Gambar 1. Tampilan Media Game-Based Learning Wordwall: (a) Permainan Mencocokkan, (b) Kuis Berbasis Stimulus, (c) Diagram Berlabel Siklus Air"

Variabel dependen (Y) adalah kemampuan berpikir kritis siswa, yang didefinisikan secara operasional sebagai keterampilan kognitif dan metakognitif yang diukur berdasarkan enam indikator PA Facione, (2011), yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri.

Tabel 2. Definisi Operasional Variabel Penelitian

No.	Variabel	Definisi Operasional	Indikator	Instrumen
1	Model STEM-GBL (X)	Aktivitas pembelajaran berbasis EDP yang mengintegrasikan STEM dengan permainan digital melalui PPT Interaktif dan Wordwall	Keterlaksanaan tahap EDP dan aktivitas Wordwall (Permainan Mencocokkan, Kuis, Diagram Berlabel)	Dokumentasi pelaksanaan pembelajaran
2	Kemampuan Berpikir Kritis (Y)	Kemampuan kognitif dan metakognitif siswa diukur berdasarkan 6 indikator Facione	Interpretasi, Analisis, Evaluasi, Inferensi, Eksplanasi (soal PG); Regulasi diri (Angket)	20 butir soal PG berbasis stimulus dan angket Regulasi diri 10 item

Sumber: Data diolah

Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui dua teknik. Teknik tes digunakan untuk mengumpulkan data pretest dan posttest kemampuan berpikir kritis melalui 20 butir soal pilihan ganda berbasis stimulus yang identik pada kedua pengukuran. Teknik non-tes berupa angket regulasi diri diberikan kepada siswa setelah pelaksanaan posttest untuk mengukur profil metakognitif siswa setelah mengikuti pembelajaran STEM-GBL.

Penelitian menggunakan dua instrumen yang secara bersama-sama mengukur

keenam indikator berpikir kritis (P Facione, 1990). Pertama, tes pilihan ganda berbasis stimulus sebagai instrumen utama untuk mengukur lima indikator kognitif (interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi), terdiri dari 20 butir soal dengan empat pilihan jawaban pada tingkat kognitif C2-C5 Taksonomi Bloom. Seluruh butir disusun dalam format berbasis stimulus berupa teks bacaan, diagram siklus air, tabel data curah hujan, atau skenario kasus untuk memastikan pengukuran benar-benar menasar keterampilan berpikir kritis dan bukan sekadar hafalan. Kedua, angket regulasi diri sebagai instrumen pendukung untuk mengukur indikator keenam yang bersifat metakognitif, terdiri dari 10 pernyataan skala Likert empat poin yang mencakup aspek pemantauan diri (5 pernyataan) dan koreksi diri (5 pernyataan).

Validitas isi dilakukan melalui *expert judgment* dua ahli menggunakan formula *Content Validity Ratio* (CVR) Lawshe (1975) dengan batas minimum 0,62 (Ayre & Scally, 2014). Validitas empiris diuji menggunakan korelasi *Product Moment* Pearson dengan IBM SPSS Statistics v.27, di mana butir dinyatakan valid apabila r hitung $> r$ tabel = 0,374 ($N = 28$, $\alpha = 5\%$). Hasil uji menunjukkan seluruh 20 butir soal valid dengan nilai r hitung berkisar antara 0,3756 hingga 0,8084. Reliabilitas diukur menggunakan Cronbach's Alpha menghasilkan nilai 0,926, termasuk kategori sangat tinggi dan dinyatakan reliabel (Nunnally., & Bernstein, 1978).

Tabel 3. Kisi-Kisi Soal Tes Kemampuan Berpikir Kritis

N o.	Tujuan Pembelajaran (ABCD)	Indikator Berpikir Kritis	Deskripsi & Jenis Stimulus	Level Kognitif	No. Soal	Jumlah
1	Dengan disajikan teks deskriptif tentang kondisi cuaca dan diagram proses penguapan air, siswa kelas V mampu menjelaskan pengertian cuaca dan siklus air secara benar. Dengan disajikan gambar tabel klasifikasi cuaca, siswa kelas V mampu membedakan jenis-jenis cuaca (cerah, berawan, hujan, berangin) dengan tepat.	Interpretasi	Memahami makna informasi dari teks, gambar diagram, atau data curah hujan Stimulus: Teks deskriptif, tabel data curah hujan, gambar diagram siklus air	C2 - C3	1 - 4	4

No.	Tujuan Pembelajaran (ABCD)	Indikator Berpikir Kritis	Deskripsi & Jenis Stimulus	Level Kognitif	No. Soal	Jumlah
2	Dengan disajikan diagram proses siklus air yang telah diberi label, siswa kelas V mampu mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antar tahapan siklus air (evaporasi, kondensasi, presipitasi) secara sistematis.	Analisis	Mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antarkonsep dalam siklus air berbasis diagram Stimulus: Diagram siklus air berlabel, grafik data curah hujan bulanan	C4	5 - 8	4
3	Dengan disajikan serangkaian pernyataan tentang fakta siklus air dan data ilmiah, siswa kelas V mampu menilai kebenaran atau kesalahan setiap pernyataan berdasarkan fakta ilmiah secara kritis.	Evaluasi	Menilai kebenaran pernyataan berdasarkan fakta ilmiah atau data yang disajikan Stimulus: Pernyataan fakta/mitos tentang siklus air, data ilmiah sederhana	C5	9 - 12	4
4	Berdasarkan skenario kasus ketersediaan air bersih yang disajikan, siswa kelas V mampu menarik kesimpulan yang tepat mengenai dampak dan solusi permasalahan ketersediaan air dengan benar.	Inferensi	Menarik kesimpulan yang tepat dari Skenario kasus permasalahan ketersediaan air Stimulus: Skenario kasus (teks narasi permasalahan air bersih + infografis)	C4–C5	13 - 16	4

N o.	Tujuan Pembelajaran (ABCD)	Indikator Berpikir Kritis	Deskripsi & Jenis Stimulus	Level Kognitif	No. Soal	Jumlah
5	Dengan disajikan fenomena alam terkait siklus air (banjir, kekeringan, atau kondensasi), siswa kelas V mampu memilih penjelasan paling logis dan terstruktur atas fenomena tersebut dengan tepat.	Eksplanasi	Memilih penjelasan paling logis dan terstruktur dari fenomena siklus air yang disajikan Stimulus: Fenomena siklus air (foto/gambar ilustrasi banjir, kekeringan, kondensasi)	C4– C5	17 - 2 0	4
Total						20

Sumber: Data diolah

Teknik Analisis Data

Analisis data menggunakan statistik deskriptif dan inferensial dengan IBM SPSS Statistics v.27. Statistik deskriptif menyajikan nilai rata-rata, simpangan baku, minimum, maksimum, dan N-Gain ternormalisasi menggunakan formula Hake, (1998): $N\text{-Gain} = (\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}) / (\text{Skor Maksimum} - \text{Skor Pretest})$, dengan kategori tinggi ($> 0,70$), sedang ($0,30\text{--}0,70$), dan rendah ($< 0,30$). Efektivitas perlakuan juga ditafsirkan berdasarkan persentase N-Gain menurut (Hake, 1998): efektif ($> 76\%$), cukup efektif ($56\text{--}75\%$), kurang efektif ($40\text{--}55\%$), dan tidak efektif ($< 40\%$).

Uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk karena $N = 28 < 50$, dengan hasil pretest ($p = 0,218$) dan posttest ($p = 0,158$) keduanya berdistribusi normal ($p > 0,05$). Uji homogenitas menggunakan *Levene's Test* menunjukkan varians tidak homogen ($\text{Sig.} = 0,019 < 0,05$). Uji hipotesis utama menggunakan *Paired Sample T-Test* untuk membandingkan skor pretest dan posttest, dengan H_0 ditolak apabila $\text{Sig. (2-tailed)} < 0,05$. Mengingat varians tidak homogen, dilakukan uji konfirmasi non-parametrik *Wilcoxon Signed-Rank Test* sebagai penguat validitas hasil. Effect size dianalisis menggunakan Cohen's d dengan kriteria besar ($d \geq 0,80$) (Cohen, 2016). Skor angket regulasi diri dianalisis secara deskriptif terpisah dan tidak diikutsertakan dalam uji hipotesis utama.

HASIL

Bagian hasil penelitian ini akan disajikan secara lengkap setelah data hasil analisis IBM SPSS Statistics versi 27 tersedia. Hasil yang akan disajikan meliputi: (1) uji validitas instrumen, (2) uji reliabilitas, (3) hasil uji normalitas Shapiro-Wilk, (4) hasil uji *Paired Sample T-Test* atau Wilcoxon Signed-Rank Test, (5) nilai N-Gain ternormalisasi beserta kategorinya, (6) nilai Cohen's d sebagai ukuran *effect size*, serta (7) analisis deskriptif skor angket regulasi diri.

Uji Validitas Instrumen

Uji validitas dilakukan terhadap 20 butir soal pilihan ganda yang digunakan

sebagai instrumen pretest sekaligus posttest, mengingat kedua tes menggunakan perangkat soal yang identik. Validitas diuji menggunakan korelasi *Product Moment Pearson* dengan bantuan IBM SPSS Statistics versi 27. Butir soal dinyatakan valid apabila nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$. Dengan $N = 28$ dan taraf signifikansi 5%, nilai $r_{tabel} = 0,374$. Hasil uji validitas disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Validitas Instrumen Soal ($N = 28$, $r_{tabel} = 0,374$)

No.	r hitung	r tabel	Ket.	No.	r hitung	r tabel	Ket.
1	0,4811	0,374	Valid	11	0,7786	0,374	Valid
2	0,6956	0,374	Valid	12	0,6635	0,374	Valid
3	0,6315	0,374	Valid	13	0,7475	0,374	Valid
4	0,7914	0,374	Valid	14	0,7810	0,374	Valid
5	0,7468	0,374	Valid	15	0,7847	0,374	Valid
6	0,7731	0,374	Valid	16	0,5318	0,374	Valid
7	0,5006	0,374	Valid	17	0,4728	0,374	Valid
8	0,7374	0,374	Valid	18	0,3934	0,374	Valid
9	0,8084	0,374	Valid	19	0,7941	0,374	Valid
10	0,3756	0,374	Valid	20	0,4377	0,374	Valid

Keterangan: Seluruh 20 butir soal dinyatakan Valid ($r_{hitung} > r_{tabel} = 0,374$).

Berdasarkan Tabel 4, hasil uji validitas menggunakan korelasi *Product Moment Pearson* terhadap 20 butir soal menunjukkan bahwa seluruh 20 butir soal dinyatakan valid karena memiliki nilai r_{hitung} yang melebihi $r_{tabel} = 0,374$ ($N = 28$, taraf signifikansi 5%). Nilai r_{hitung} berkisar antara 0,3756 (soal nomor 10) hingga 0,8084 (soal nomor 9), sehingga semua butir soal layak digunakan sebagai instrumen pengukur kemampuan berpikir kritis siswa dalam penelitian ini.

Uji Reliabilitas Instrumen

Uji reliabilitas dilakukan menggunakan metode *Cronbach's Alpha* untuk mengetahui tingkat konsistensi instrumen. Instrumen dinyatakan reliabel apabila nilai *Cronbach's Alpha* $\geq 0,60$ (Nunnally, J, & Bernstein, 1978). Hasil uji reliabilitas disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen

Metode	Cronbach's Alpha	N of Items	Interpretasi
Cronbach's Alpha	0,926	20	Sangat Tinggi (Reliabel)

Keterangan: Instrumen dinyatakan RELIABEL karena Cronbach's Alpha ($0,926 > 0,60$).

Kategori Sangat Tinggi ($0,80-1,00$).

Hasil uji reliabilitas menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,926, yang berada pada rentang 0,80–1,00 dan termasuk dalam kategori Sangat Tinggi. Dengan demikian, instrumen soal dinyatakan reliabel dan konsisten untuk digunakan dalam pengukuran kemampuan berpikir kritis siswa.

Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data skor pretest dan posttest berdistribusi normal sebagai prasyarat penggunaan statistik parametrik. Mengingat jumlah sampel $N = 28 (< 50)$, uji normalitas menggunakan metode *Shapiro-Wilk* dengan bantuan IBM SPSS Statistics versi 27. Data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi $p > 0,05$. Hasil uji normalitas disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk

Tes	N	Statistic (W)	df	Sig. (p-value)	Keputusan	Keterangan
Pre Test	28	0,9517	28	0,2181	Normal ✓	Data berdistribusi normal
Post Test	28	0,946	28	0,1571	Normal ✓	Data berdistribusi normal

Keterangan: Data berdistribusi normal apabila Sig. $> 0,05$.

Berdasarkan Tabel 6, nilai signifikansi *Shapiro-Wilk* untuk skor pretest adalah 0,218 dan posttest adalah 0,158. Keduanya lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data pretest dan posttest berdistribusi normal. Dengan terpenuhinya asumsi normalitas, analisis dapat dilanjutkan menggunakan uji statistik parametrik.

Uji Homogenitas

Meskipun penelitian ini menggunakan desain *One-Group Pretest-Posttest* tanpa kelompok kontrol, uji homogenitas tetap dilakukan untuk mengonfirmasi kesetaraan varians antara skor pretest dan posttest sebagai bagian dari persyaratan analisis. Uji homogenitas menggunakan *Levene's Test for Equality of Variances* dengan bantuan IBM SPSS Statistics versi 27. Varians dinyatakan homogen apabila nilai signifikansi $p > 0,05$. Hasil disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Tests of Homogeneity of Variances (Levene Statistic)

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Pretest	Based on Mean	3.378	6	19	.019
	Based on Median	3.091	6	19	.028
	Based on Median and with adjusted df	3.091	6	11.289	.049
	Based on trimmed mean	3.370	6	19	.020

Sumber: Data diolah

Tabel 8. Hasil Uji Homogenitas Levene's Test

Variabel	Levene Statistic	df	Sig. (p)	Ket.
Pretest & Posttest	3,378	6, 19	0,019	Tidak Homogen

Keterangan: Varians homogen apabila Sig. > 0,05.

Hasil uji homogenitas menunjukkan nilai signifikansi *Levene's Test* sebesar 0,019 < 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa varians data pretest dan posttest bersifat tidak homogen. Mengingat asumsi homogenitas tidak terpenuhi, maka sebagai langkah konfirmasi dilakukan uji non-parametrik *Wilcoxon Signed-Rank Test* untuk memperkuat dan memvalidasi hasil *Paired Sample T-Test*, karena uji *Wilcoxon Signed-Rank Test* tidak mensyaratkan homogenitas varians. Kedua uji menghasilkan nilai signifikansi yang sama, yaitu Sig. < 0,001, sehingga hasil keduanya konsisten dan saling memperkuat kesimpulan penelitian.

Uji Hipotesis (Paired Sample T-Test)

Uji hipotesis menggunakan Paired Sample T-Test untuk membandingkan skor pretest dan posttest kemampuan berpikir kritis siswa. Hipotesis yang diuji adalah:

H₀: Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara skor pretest dan posttest kemampuan berpikir kritis siswa.

H_a: Terdapat perbedaan yang signifikan antara skor pretest dan posttest kemampuan berpikir kritis siswa.

Kriteria pengambilan keputusan: H₀ ditolak apabila nilai Sig. (2-tailed) < 0,05. Statistik deskriptif dan hasil Paired Sample T-Test disajikan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Statistik Deskriptif Skor Pretest dan Posttest (Paired Samples Statistics)

Pengukuran	N	Mean	SD	Min	Maks
Pretest	28	54,64	16,44	20	85
Posttest	28	73,39	13,06	45	95
Selisih (Gain)	28	+18,75			

Sumber: Data diolah

Tabel 9. Hasil Uji Paired Sample T-Test

Posttest - Pretest	-7,926	27	<,001	H₀ Ditolak
--------------------	--------	----	-------	------------------------------

Keterangan: H₀ ditolak jika Sig. (2-tailed) < 0,05.

Berdasarkan Tabel 9, hasil Paired Sample T-Test menunjukkan nilai $t = -7,926$ dengan $df = 27$ dan nilai signifikansi Sig. (2-tailed) < 0,001, yang berarti lebih kecil dari $\alpha = 0,05$. Oleh karena itu, H₀ ditolak dan H_a diterima. Hal ini berarti terdapat perbedaan

yang signifikan antara skor pretest dan posttest kemampuan berpikir kritis siswa Kelas V. Rata-rata skor meningkat dari 54,64 (pretest) menjadi 73,39 (posttest), dengan selisih rata-rata sebesar 18,75 poin. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM berpengaruh positif dan signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa.

Uji Konfirmasi: *Wilcoxon Signed-Rank Test*

Mengingat hasil uji homogenitas menunjukkan varians data tidak homogen ($\text{Sig.} = 0,019 < 0,05$), maka sebagai langkah konfirmasi dilakukan uji non-parametrik *Wilcoxon Signed-Rank Test* untuk memperkuat dan memvalidasi hasil *Paired Sample T-Test*. Uji ini tidak mensyaratkan homogenitas varians sehingga tepat digunakan sebagai uji pendukung. Hipotesis yang diuji sama dengan *Paired Sample T-Test*, yaitu apakah terdapat perbedaan signifikan antara skor pretest dan posttest. Hasil uji disajikan pada Tabel 10 dan Tabel 11 berikut.

Tabel 10. Hasil Uji *Wilcoxon Signed-Rank Test* - Tabel Ranks (Posttest – Pretest)

Variabel	Kategori	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Keterangan
Posttest – Pretest	Negative Ranks (Posttest < Pretest)	1	2,00	2,00	1 siswa mengalami penurunan nilai
	Positive Ranks (Posttest > Pretest)	25	13,96	349,00	25 siswa mengalami PENINGKATAN nilai
	Ties (Posttest = Pretest)	2			2 siswa tidak mengalami perubahan nilai
Total		28			

Keterangan: Positive Ranks = Posttest > Pretest; Negative Ranks = Posttest < Pretest; Ties = Posttest = Pretest.

Tabel 11. *Test Statistics* Uji *Wilcoxon Signed-Rank Test*

Statistik	Nilai	Interpretasi
Z	-4,419	Nilai Z negatif → arah peningkatan (Posttest > Pretest) dominan
Asymp. Sig. (2-tailed)	< 0,001	Sig. < 0,001 < α (0,05) → H₀ DITOLAK, H₁ DITERIMA
Keputusan Hipotesis	H₀ Ditolak	H ₁ (H _a) Diterima → Ada perbedaan signifikan

Keterangan: H₀ ditolak jika Asymp. Sig. (2-tailed) < 0,05. Uji berdasarkan Negative Ranks.

Berdasarkan Tabel 11, hasil uji *Wilcoxon Signed-Rank Test* diperoleh $Z = -4,419$ dengan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) $< 0,001$, yang berarti lebih kecil dari $\alpha = 0,05$. Dengan demikian, H_0 ditolak dan H_1 diterima. Sebanyak 25 dari 28 siswa (89,3%) mengalami peningkatan nilai dengan *Mean Rank* sesudah perlakuan (13,96) jauh lebih tinggi dibandingkan sebelum perlakuan (2,00). Hasil ini konsisten dengan hasil *Paired Sample T-Test* (Sig. $< 0,001$), sehingga semakin memperkuat kesimpulan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara skor pretest dan posttest kemampuan berpikir kritis siswa kelas V SDN Sukodono 1, dan pembelajaran berbasis STEM berpengaruh positif dan signifikan terhadap hasil belajar siswa.

Uji N-Gain Ternormalisasi

Uji N-Gain ternormalisasi dilakukan untuk mengukur efektivitas dan besarnya peningkatan kemampuan berpikir kritis yang dicapai melalui model pembelajaran STEM-GBL. Rumus yang digunakan mengacu pada Hake, (1998): $N\text{-Gain} = (\text{Skor Post} - \text{Skor Pre}) / (\text{Skor Maks} - \text{Skor Pre})$. Kategori N-Gain ditentukan berdasarkan kriteria Abrami et al., (2008): Tinggi ($g > 0,70$), Sedang ($0,30 \leq g \leq 0,70$), dan Rendah ($g < 0,30$). Selain itu, nilai N-Gain persen juga ditafsirkan efektivitasnya berdasarkan Hake, (1998): Efektif ($> 76\%$), Cukup Efektif (56–75%), Kurang Efektif (40–55%), dan Tidak Efektif ($< 40\%$). Rekapitulasi hasil N-Gain disajikan pada Tabel 12 dan Tabel 13.

Tabel 12. Distribusi Kategori N-Gain Per Siswa

Kategori N-Gain	Rentang	Jumlah Siswa	Persentase (%)	Pre (Rata-rata)	Post (Rata-rata)
Tinggi	$g > 0,70$	2	7,1%	–	–
Sedang	$0,30 \leq g \leq 0,70$	19	67,9%	–	–
Rendah	$g < 0,30$	7	25,0%	–	–
TOTAL	–	28	100%	–	–

Tabel 13. Ringkasan Statistik N-Gain

Statistik	Nilai N-Gain	N-Gain Persen (%)	Kategori / Tafsiran
Mean (Rata-rata)	0,4205	42,05%	Sedang - Kurang Efektif
Standar Deviasi	0,2202	22,02%	–
Minimum	-0,1000	-10%	Rendah
Maksimum	0,7500	75%	Tinggi

Kategori N-Gain: (Abrami et al., 2008), Tafsiran Efektivitas: (Hake, 1998).

Berdasarkan Tabel 12 dan Tabel 13, rata-rata N-Gain seluruh siswa sebesar 0,4205 dengan N-Gain persen sebesar 42,05%. Nilai tersebut berada pada rentang $0,30 \leq g \leq$

0,70, sehingga termasuk dalam kategori "Sedang" (Abrami et al., 2008). Berdasarkan tafsiran efektivitas (Hake, 1998), nilai 42,05% berada pada rentang 40-55% yang dikategorikan "Kurang Efektif". Secara distribusi, 2 siswa (7,1%) mencapai N-Gain kategori Tinggi, 19 siswa (67,9%) berada pada kategori Sedang, dan 7 siswa (25,0%) berada pada kategori Rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa model pembelajaran STEM-GBL memberikan peningkatan kemampuan berpikir kritis dengan besaran sedang, meskipun belum mencapai tingkat efektivitas yang optimal.

Meskipun hasil uji hipotesis menunjukkan signifikansi statistik yang sangat kuat, nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,42 yang berada pada kategori sedang dan persentase N-Gain 42,05% yang tergolong kurang efektif perlu dikaji secara kritis untuk memberikan gambaran yang jujur dan realistis tentang batas efektivitas perlakuan. Terdapat setidaknya tiga faktor yang diduga menjadi penyebab terbatasnya besaran peningkatan tersebut.

Pertama, durasi intervensi yang sangat singkat. Seluruh rangkaian pretest, perlakuan STEM-GBL, dan posttest dilaksanakan dalam satu sesi pembelajaran pada hari yang sama (23 Mei 2026), tanpa adanya sesi tindak lanjut atau penguatan di pertemuan berikutnya. Waktu yang terbatas ini tidak memberi siswa cukup kesempatan untuk mengkonsolidasikan pemahaman mereka melalui latihan berulang, yang sesungguhnya merupakan prasyarat penting bagi internalisasi keterampilan berpikir kritis secara mendalam. Temuan ini selaras dengan Fitriyah, & Aprilia, (2025) yang menegaskan bahwa durasi intervensi merupakan salah satu moderator signifikan yang memengaruhi besaran efek GBL dalam pendidikan STEM, di mana intervensi yang lebih panjang cenderung menghasilkan N-Gain yang lebih tinggi.

Kedua, variabilitas kemampuan awal siswa yang cukup lebar. Standar deviasi skor pretest sebesar 16,44 menunjukkan bahwa kemampuan awal siswa sangat beragam, dengan rentang skor antara 20 hingga 85. Siswa dengan kemampuan awal yang sudah tinggi (skor pretest mendekati batas atas) memiliki ruang peningkatan yang jauh lebih sempit dibanding siswa berkemampuan rendah, sehingga N-Gain mereka secara matematis terbatas. Kondisi ini merupakan konsekuensi umum dari desain pra-eksperimen One-Group Pretest-Posttest tanpa kelompok kontrol, karena tidak ada mekanisme penyetaraan kemampuan awal antarkelompok. Variabilitas kemampuan awal yang tinggi ini berkontribusi pada penurunan rata-rata N-Gain secara keseluruhan, meskipun sebanyak 89,3% siswa (25 dari 28) tetap mengalami peningkatan skor setelah perlakuan.

Ketiga, keterbatasan metodologis desain pra-eksperimen. Tidak adanya kelompok kontrol menyebabkan penelitian ini tidak dapat sepenuhnya mengisolasi dampak perlakuan STEM-GBL dari faktor-faktor eksternal lain seperti kematangan kognitif siswa, efek history, maupun efek pengujian berulang (testing effect) yang mungkin turut berkontribusi pada peningkatan skor posttest (Sugiyono, 2021). Keterbatasan ini tidak mengurangi makna temuan, tetapi perlu diakui sebagai batas inferensial dari desain penelitian yang digunakan. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan desain quasi-experiment menggunakan kelompok kontrol dan durasi intervensi yang lebih panjang sangat direkomendasikan untuk memperoleh gambaran efektivitas STEM-GBL yang lebih komprehensif dan dapat digeneralisasi.

Uji Effect Size (Cohen's d)

Analisis *effect size* dilakukan untuk mengukur besaran dampak praktis dari pengaruh model pembelajaran STEM-GBL terhadap kemampuan berpikir kritis siswa, menggunakan rumus Cohen's d (Cohen, 2016). Nilai Cohen's d dihitung menggunakan formula berikut:

$$d = (\text{Mean Posttest} - \text{Mean Pretest}) / \text{SD Pooled}, \text{ dengan } \text{SD Pooled} = \sqrt{((\text{SD}^2_{\text{pre}} + \text{SD}^2_{\text{post}}) / 2)} = \sqrt{((16,44^2 + 13,06^2) / 2)} = 14,85.$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai Cohen's d = 1,26, yang termasuk dalam kategori Besar berdasarkan kriteria (Cohen, 2016), yaitu $d \geq 0,80$. Hasil ini mengonfirmasi bahwa perlakuan model STEM-GBL tidak hanya berpengaruh signifikan secara statistik, tetapi juga memiliki dampak yang bermakna secara praktis dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas V SDN Sukodono 1.

Analisis Angket Regulasi Diri

Angket regulasi diri digunakan sebagai instrumen pendukung untuk mengukur indikator keenam berpikir kritis P Facione, (1990), yaitu regulasi diri, yang bersifat metakognitif. Angket terdiri dari 10 pernyataan yang dibagi ke dalam dua aspek: Pemantauan Diri (*Self-Monitoring*, item 1–5) dan Koreksi Diri (*Self-Correction*, item 6–10), menggunakan skala Likert empat poin (1–4). Item negatif (nomor 4, 5, 9, dan 10) telah dilakukan pembalikan skor sebelum analisis. Hasil analisis angket disajikan secara deskriptif pada Tabel 14 berikut.

Tabel 14. Hasil Analisis Angket Regulasi Diri Siswa (N = 28)

No.	Aspek Regulasi Diri	Item	Mean Skor	Skor Ideal	Persentase (%)	
1	Pemantauan Diri (Self-Monitoring)	1, 2, 3, 4, 5	13,71	20	68,57%	Baik
2	Koreksi Diri (Self-Correction)	6, 7, 8, 9, 10	12,79	20	63,93%	Baik
			26,50	40	66,25%	Baik

Kriteria: 81–100% = Sangat Baik, 61–80% = Baik, 41–60% = Cukup, 21–40% = Kurang, 0–20% = Sangat Kurang.

Berdasarkan Tabel 14, aspek Regulasi Diri memperoleh rata-rata skor 13,71 dari skor ideal 20 (68,57%, kategori Baik), sedangkan aspek Koreksi Diri memperoleh rata-rata skor 12,79 dari skor ideal 20 (63,93%, kategori Baik). Secara keseluruhan, rata-rata skor regulasi diri siswa sebesar 26,50 dari skor maksimum 40 (66,25%), berada pada kategori "Baik". Temuan ini menunjukkan bahwa model pembelajaran STEM-GBL yang diimplementasikan melalui PPT Interaktif berbasis EDP dan platform Wordwall mendorong siswa untuk aktif memantau perkembangan pemahaman diri dan mengoreksi proses belajarnya secara mandiri, yang merupakan karakteristik penting dari regulasi diri sebagai komponen berpikir kritis (P Facione, 1990).

Pembahasan

Pembahasan pada bagian ini berpusat pada analisis teoritis dan empiris dari hasil

penelitian yang telah diperoleh. Secara konseptual, model pembelajaran STEM-GBL yang kami pilih untuk diterapkan berakar pada teori Konstruktivisme Piaget dan Vygotsky. Piaget menegaskan bahwa anak secara aktif membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung mereka yang sangat berharga. Di sisi lain, Vygotsky menyoroti peran penting interaksi sosial melalui konsep Zone of Proximal Development (ZPD) dan scaffolding dalam proses pembelajaran (Wibowo, Wangid, & Firdaus, 2025). Model STEM-GBL mengikuti prinsip-prinsip konstruktivis dengan menempatkan siswa sebagai peserta aktif yang membangun pemahaman melalui eksplorasi dan pemecahan masalah berbasis permainan (Tohari & Rahman, 2024).



Gambar 3. Dokumentasi Pelaksanaan Pembelajaran STEM-GBL di Kelas V-A SDN Sukodono 1, Kabupaten Sidoarjo

Implementasi materi Siklus Air melalui kerangka Engineering Design Process (EDP) dengan tahapan Ask, Imagine, Plan, Create, dan Improve Sutisnawati, Rahmawati, & Sumantri, (2025) tentunya memberikan pengalaman belajar yang konkret dan bermakna seperti yang diharapkan. Setiap tahap EDP dirancang untuk merangsang berbagai indikator berpikir kritis yang berbeda: Tahap Ask mendorong interpretasi dan analisis masalah, sedangkan tahap Imagine dan Plan mendorong evaluasi dan inferensi, sedangkan tahap Create dan Improve melatih eksplanasi dan regulasi diri. Ini sangat selaras dengan temuan Fitriah, Kelana, (2024) yang menunjukkan bahwa menerapkan model pembelajaran STEM pada materi siklus air kelas V menghasilkan peningkatan skor rata-rata pemikiran kritis dari 39,00 pada pratest menjadi 73,66 pada posttest.

Pilihan untuk menggunakan platform Wordwall sebagai media GBL dalam penelitian ini dipengaruhi oleh Flow Theory Csikszentmihalyi, (1990) dan Self-Determination Theory (Deci & Ryan, 2000). Flow Theory menyatakan bahwa siswa mencapai keterlibatan yang optimal ketika tantangan mereka selaras dengan kemampuan mereka, menumbuhkan motivasi yang kuat untuk mengatasi rintangan kognitif. Sementara itu, Self-Determination Theory menggarisbawahi bahwa motivasi intrinsik berkembang ketika kebutuhan akan otonomi, kompetensi, dan keterhubungan dipenuhi melalui mekanisme permainan (Proulx, & Arnab, 2017). Tiga format permainan Wordwall (Permainan Mencocokkan, Kuis, dan Diagram Tahapan Siklus Air) dibuat dengan cermat untuk memenuhi kebutuhan psikologis ini sekaligus secara bersamaan mengasah keenam indikator pemikiran kritis Facione.

Efektivitas GBL dalam meningkatkan pemikiran kritis telah dibuktikan secara empiris oleh sejumlah penelitian. Sebuah meta-analisis yang dilakukan oleh Lu, & Lei,

(2023) yang mencakup 20 studi empiris ($N = 1,947$) yang menemukan bahwa GBL memiliki efek positif yang luar biasa pada keterampilan berpikir kritis dengan Hedges' $g = 0,863$, bahkan lebih signifikan lagi bagi siswa dari negara-negara kolektivistis seperti Indonesia ($g = 1.282$). Temuan ini memperkuat pentingnya penerapan GBL dalam konteks sekolah dasar Indonesia. Secara spesifik, Putu et al., (2025) menunjukkan bahwa permainan Wordwall secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas V SD secara signifikan, dengan rata-rata pretest 63,67 meroket menjadi 82,00, dan uji-t menunjukkan signifikansi $0,000 < 0,05$.

Integrasi STEM dan GBL dalam penelitian ini menyajikan keuntungan yang tidak dimiliki oleh pendekatan tunggal. Model STEM dengan kerangka pemikiran ilmiah berbasis masalah nyata, sementara GBL meningkatkan keterlibatan emosional dan kognitif melalui mekanisme permainan. Susiloningsih et al., (2025) dalam quasi-experiment dengan melibatkan 120 siswa kelas V di Palembang menemukan bahwa kelompok yang mendapatkan pembelajaran STEM mencapai rata-rata berpikir kritis 85,6 ($SD = 4,2$), secara signifikan lebih unggul daripada kelompok kontrol yang hanya mencapai 72,3 ($SD = 5,1$) dengan $p = 0,001$. Ekayanti & Hermawan, (2025) dalam tinjauan sistematis terhadap 30 artikel STEM di Indonesia (2014-2024) juga mengkonfirmasi bahwa seluruh penelitian yang dikaji memang ada validasi peningkatan keterampilan berpikir kritis melalui STEM.

Kebaruan dari penelitian ini adalah konseptualisasi berani dari PPT Interaktif sebagai wadah konten STEM dan platform Wordwall sebagai media GBL, semuanya dikemas dengan rapi menjadi satu model pembelajaran kohesif. Tidak seperti penelitian Prasasti, (2025) yang hanya menggunakan GBL dengan Wordwall tanpa integrasi STEM, atau penggunaan media PhET sans GBL oleh Agustin, (2024), serta penelitian Amalia, (2023) yang hanya menerapkan STEM tanpa GBL, penelitian ini menyajikan apa yang diyakini sebagai model yang lebih interaktif, menyenangkan, dan komprehensif. Hasilnya, penelitian ini untuk mengisi rekomendasi yang dibuat oleh Zalsa, Fitri, Nurdin, Shita, & Ramadaniah, (2025) dalam studi literatur mereka bahwa penelitian empiris langsung tentang efektivitas GBL yang terintegrasi dengan STEM untuk siswa sekolah dasar Indonesia sebenarnya diperlukan.

Temuan penelitian ini juga membawa implikasi praktis yang signifikan bagi implementasi Kurikulum Merdeka. Menurut Rustiyani & Mardiana, (2025) Kurikulum Merdeka menyerukan pembelajaran IPAS yang aktif dan berpusat pada siswa, yang selaras dengan pendekatan konstruktivistis sebagai fondasi model STEM-GBL. Lebih lanjut, Muhammad Ariyansyah Noor dan Suciati (2026) menunjukkan bahwa penerapan Kurikulum Merdeka dalam pembelajaran IPAS terbukti meningkatkan keterlibatan siswa hingga lebih dari 20% sekaligus secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Oleh karena itu, model STEM-GBL yang diterapkan dalam penelitian ini terbukti relevan dan selaras dengan arah kebijakan pendidikan nasional yang terus berkembang.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah menunjukkan bahwa model pembelajaran STEM berbasis Game-Based Learning (STEM-GBL), yang diimplementasikan melalui Engineering Design Process (EDP) menggunakan platform PPT Interaktif dan platform Wordwall memiliki dampak yang sangat positif dan signifikan terhadap keterampilan berpikir kritis siswa kelas V mengenai materi Siklus Air di SDN Sukodono 1 di Kabupaten Sidoarjo. Hal ini dibuktikan dengan hasil Paired Sample T-Test ($t = -7.926$, Sig. < 0.001), yang selanjutnya dikuatkan oleh Wilcoxon Signed-Signed-Rank Test ($Z = -4.419$, Sig. < 0.001) dengan peningkatan rata-rata skor meningkat dari 54,64 menjadi 73,39, dengan 89,3% siswa berhasil meningkatkan skor mereka setelah perlakuan. Perlu dicatat bahwa rata-rata N-Gain 0,42 termasuk dalam kategori sedang, dan Cohen's $d = 1,26$ mengkonfirmasi dampak praktis yang substansif, keterbatasan efektivitas N-Gain perlu diakui sebagai konsekuensi dari durasi intervensi yang singkat, jangkauan kemampuan awal siswa yang sangat luas (SD pretest = 16,44), dan desain pra-eksperimen yang tidak memiliki kelompok kontrol.

Di sisi lain, regulasi diri siswa memang mencapai 66,25% dikategorikan dengan baik, menunjukkan bahwa model STEM-GBL tidak hanya meningkatkan kemampuan kognitif tetapi juga menumbuhkan kemandirian metakognitif siswa. Secara praktis, model STEM-GBL tentu saja sangat direkomendasikan kepada guru sekolah dasar sebagai strategi pembelajaran IPAS aktif yang inovatif, selaras dengan tuntutan Kurikulum Merdeka, dan dapat dengan mudah diimplementasikan melalui platform Wordwall yang tersedia. Untuk penelitian lanjutan, sangat disarankan untuk menggunakan desain kuasi-eksperimen dengan kelompok kontrol, memperpanjang durasi intervensi setidaknya tiga pertemuan, dan memasukkan sampel yang lebih luas dari beberapa sekolah dasar untuk mengamankan bukti empiris yang lebih kuat dan hasil yang dapat digeneralisasikan secara lebih luas dan efektif.

REFERENSI

- Abrami, Philip C., Bernard, Robert M., Borokhovski, Evgueni, Wade, Anne, Surkes, Michael A., Tamim, Rana, & Zhang, Dai. (2008). Instructional Interventions Affecting Critical Thinking Skills And Dispositions: A Stage 1 Meta-Analysis. *Journals.Sagepub.Compc Abrami, Rm Bernard, E Borokhovski, A Wade, Ma Surkes, R Tamim, D Zhangreview Of Educational Research*, 2008•*Journals.Sagepub.Com*, 78(4), 1102–1134. <https://doi.org/10.3102/0034654308326084>
- Agustin, Db. (2024). *Pengaruh Model Pjbl Berbasis Stem Berbantuan Media Phet Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pembelajaran Ipas*. <https://doi.org/10.31004/Jrpp.V7i2.28040>
- Amalia, Suci, Witarsa, Ramdhan, Guru Sekolah Dasar, Pendidikan, & Pahlawan Tuanku Tambusai Bangkinang, Universitas. (2023). Penerapan Model Pembelajaran Stem Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar Negeri 020 Ridan Permai. *Muassis.Journal.Unusida.Ac.Ids Amalia, R Witarsa, N Nurmalinajurnal Muassis Pendidikan Dasar*, 2023•*Muassis.Journal.Unusida.Ac.Id*, 2(1), 27–34.

- <https://doi.org/10.55732/Jmpd.V2i1.45>
- Ashidiq, Rizki Maulana, Winarno, Nanang, Prima, Eka Cahya, Widodo, Ari, & Chang, Chun Yen. (2024). Investigating The Impact Of Stem Learning On Students' Critical Thinking Skills Through Hand-Made Projector Activity. *Ericrm Ashidiq, N Winarno, Ec Prima, A Widodo, Cy Changjournal Of Science Learning*, 2024•Eric, 7(2), 187–203. <https://doi.org/10.17509/Jsl.V7i2.61549>
- Ayre, C., & Scally, Aj. (2014). Critical Values For Lawshe's Content Validity Ratio: Revisiting The Original Methods Of Calculation. *Journals.Sagepub.Comc Ayre, Aj Scallymeasurement And Evaluation In Counseling And Development*, 2014•Journals.Sagepub.Com, 47(1), 79–86. <https://doi.org/10.1177/0748175613513808>
- Cohen, Jacob. (2016). A Power Primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155–159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- Csikszentmihalyi. (1990). Flow: The Psychology Of Optimal Experience. Retrieved June 14, 2026, From https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2c5&q=Csikszentmihalyi%2c+M.+%281990%29.+Flow%3a+The+Psychology+Of+Optimal+Experience.+1-8.+https%3a%2f%2fwww.researchgate.net%2fpublication%2f224927532_Flow_The_Psychology_Of+_Optimal_Experience&btnq=
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). Intrinsic And Extrinsic Motivations: Classic Definitions And New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 1(25), 54–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/Ceps.1999.1020>
- Ekayanti, Nw, & Hermawan, Ims. (2025). Stem Learning: The Key To Developing Critical Thinking Skills In Students. *Ejournal.Undiksha.Ac.Id*, 9(2), 208–221. <https://doi.org/10.23887/Jipp.V9i2.92322>
- Facione, P. (1990). *Critical Thinking: A Statement Of Expert Consensus For Purposes Of Educational Assessment And Instruction (The Delphi Report)*. Retrieved From <https://philarchive.org/archive/Faccta>
- Facione, Pa. (2011). Critical Thinking: What It Is And Why It Counts. *Researchgate.Netpa Facioneinsight Assessment*, 2011•Researchgate.Net. Retrieved From https://www.researchgate.net/profile/Peter-Facione/publication/251303244_Critical_Thinking_What_It_Is_And_Why_It_Counts/links/5849b49608aed5252bcbe531/Critical-Thinking-What-It-Is-And-Why-It-Counts.Pdf?origin=publication_detail&_tp=Eyjjb250zxh0ijp7imzpcenn
- Fadlilah, U. N., & Purbasari, I. (2024). Implementasi Pembelajaran Ipas Berbasis Kurikulum Merdeka Belajar Pada Siswa Kelas V). Implementasi... - Google Scholar. Retrieved June 14, 2026, From https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2c5&q=Fadlilah%2c+U.+N.%2c+%26+Purbasari%2c+I.+%282024%29.+Implementasi+Pembelajaran+Ipas+Berbasis+Kurikulum+Merdeka+Belajar+Pada+Siswa+Kelas+V.+Journal+On+Education%2c+06%2803%29%2c+16314-16321.&btnq=
- Fitriah, Wn, Kelana, Jb, Elementary, Y. Hadiani Current Issues On, & 2024, Undefined. (2024). Improving Students' Critical Thinking Skills Use Model

- Learning Stem Material Cycle Water In Fifth Grade Elementary School. *Ejournal.Upi.Eduwn Fitriah, Jb Kelana, Y Hadianticurrent Issues On Elementary Education Journal*, 2024•*Ejournal.Upi.Edu*, 3(2), 44–51. <https://doi.org/10.17509/Ciee.V3i2.76526>
- Fitriyah, Isnani Juni, Erlangga, Sony Yuniar, Muqoyyidin, Andik Wahyun, & Aprilia, Septi. (2025). Exploring The Role Of Moderators In The Effectiveness Of Digital Games For Stem Education: A Systematic Review And Meta-Analysis. *Springerij Fitriyah, Sy Erlangga, Aw Muqoyyidin, S Aprilia discover Education*, 2025•*Springer*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/S44217-025-00756-4>
- Hake, Rr. (1998). Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey Of Mechanics Test Data For Introductory Physics Courses. *Pubs.Aip.Org*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Ilma, Arina Zaida, Wilujeng, Insih, Widowati, Asri, Nurtanto, Muhammad, & Kholifah, Nur. (2023). A Systematic Literature Review Of Stem Education In Indonesia (2016-2021): Contribution To Improving Skills In 21st Century Learning. *Pegegog.Netaz Ilma, I Wilujeng, M Nurtanto, N Kholifahpegem Journal Of Education And Instruction*, 2023•*Pegegog.Net*, 13(2), 134–146. <https://doi.org/10.47750/Pegegog.13.02.17>
- Khodijah, Nhnur. (2025). *Pengaruh Model Game Based Learning Berbantuan Media Digital Interaktif Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Ips Siswa Kelas V Sekolah Dasar*. Retrieved From <https://repository.unissula.ac.id/40773/>
- Lu, Zhuotao, Chiu, Ming M., Cui, Yunhuo, Mao, Weijie, & Lei, Hao. (2023). Effects Of Game-Based Learning On Students' Computational Thinking: A Meta-Analysis. *Journals.Sagepub.Comz Lu, Mm Chiu, Y Cui, W Mao, H Leijournal Of Educational Computing Research*, 2023•*Journals.Sagepub.Com*, 61(1), 235–256. <https://doi.org/10.1177/07356331221100740>
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1978). *Psychometric Theory* Mcgraw-Hill New York. Retrieved June 14, 2026, From https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0%2c5&q=Nunnally%2c+J.+C.+%281978%29.+Psychometric+Theory.+Mcgraw-Hill+Book+Company.&btnq=
- Prasasti, D., & Kependidikan, W. Wahyudi Kalam Cendekia: Jurnal Ilmiah. (2025). Penerapan Model Pembelajaran Games Based Learning Dengan Media Interaktif Wordwall Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Hasil Belajar Ips. *Jurnal.Uns.Ac.Id*, 13(3). <https://doi.org/10.20961/Jkc.V13i3.104404>
- Proulx, Jean Nicolas, Romero, Margarida, & Arnab, Sylvester. (2017). Learning Mechanics And Game Mechanics Under The Perspective Of Self-Determination Theory To Foster Motivation In Digital Game Based Learning. *Journals.Sagepub.Comjn Proulx, M Romero, S Arnabsimulation & Gaming*, 2017•*Journals.Sagepub.Com*, 48(1), 81–97. <https://doi.org/10.1177/1046878116674399>
- Putu, Ni, Ligyawati, Wahyu, Dewi Pusparini, Luh, Ketut, I., Jaya, Manik Asta, Guru, Pendidikan, Dasar, Sekolah, Negeri, Hindu, Gusti, I., Sugriwa, Bagus, Kunci, Kata, Games, Wordwall, Kritis, Berpikir, & Pancasila, Pendidikan. (2025).

