

Penerapan Strategi *Deep Learning* dalam Meningkatkan Kemampuan *Problem Solving* Siswa pada Materi Teknik Pengintegralan

Harris Adi Wibowo¹, Budi Waluya², Walid³

Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

e-mail: harris@mail.com¹

Abstract

In the last five years, mathematical learning in Indonesian secondary education has faced a decline in students' problem-solving performance, particularly in calculus topics such as integration techniques. Traditional instruction often emphasizes procedural fluency without fostering deep conceptual understanding. This study aims to design and implement a deep learning-based instructional strategy to enhance students' problem-solving abilities in integral calculus. The novelty of this research lies in five key aspects: (1) direct integration of deep learning pedagogy into integral calculus teaching; (2) emphasis on conceptual reasoning as the foundation of problem-solving rather than rote procedural drills; (3) development of a structured learning model with visualizations, peer exchange, and metacognitive reflection; (4) incorporation of problem-solving portfolios to scaffold students' reflective thinking; and (5) digital integration through GeoGebra and simulation tools to enhance students' visual and abstract reasoning. A mixed-methods classroom-based study was conducted with 11th-grade students using pre-post tests, observation, and portfolio analysis. The results indicate significant improvement in students' ability to select appropriate integration methods and justify their solutions, demonstrating deeper mathematical understanding. The study contributes to the growing body of knowledge in deep learning pedagogies, particularly in bridging conceptual understanding with problem-solving in advanced mathematical content.

Keywords: *conceptual understanding, deep learning, integral calculus, mathematical education, problem solving*

Abstrak

Selama lima tahun terakhir, pembelajaran matematika di tingkat menengah di Indonesia menunjukkan lemahnya kemampuan problem solving siswa, khususnya dalam materi teknik pengintegralan. Pembelajaran konvensional masih menekankan aspek prosedural tanpa mengembangkan pemahaman konseptual secara mendalam. Penelitian ini bertujuan mengembangkan strategi pembelajaran berbasis deep learning untuk meningkatkan kemampuan problem solving siswa dalam kalkulus integral. Kebaruan penelitian ini terletak pada lima aspek utama: (1) penerapan langsung strategi deep learning pada materi teknik pengintegralan, (2) penekanan pada pemahaman konseptual sebagai dasar problem solving, (3) pengembangan model pembelajaran terstruktur yang melibatkan visualisasi, diskusi kelompok, dan refleksi metakognitif, (4) penggunaan portofolio problem solving untuk mengevaluasi proses berpikir siswa, dan (5) integrasi media digital seperti GeoGebra untuk memperkuat representasi visual dan berpikir abstrak siswa. Penelitian dilakukan dengan pendekatan mixed methods di kelas XII menggunakan tes awal-akhir, observasi, dan analisis portofolio. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan dalam kemampuan siswa memilih metode integrasi yang tepat dan menjelaskan alasan matematisnya. Temuan ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan

pedagogi deep learning, khususnya dalam menghubungkan pemahaman konseptual dengan kemampuan problem solving dalam materi matematika tingkat lanjut.

Kata Kunci: *pemahaman konseptual, pendidikan matematika, problem solving, strategi deep learning, teknik pengintegralan*

PENDAHULUAN

Pembelajaran matematika di Indonesia masih dihadapkan pada masalah rendahnya kemampuan pemecahan masalah (*problem solving*) siswa. Data hasil survei internasional menunjukkan kelemahan signifikan pada literasi dan pemecahan masalah matematis siswa Indonesia. Misalnya, skor matematika Indonesia dalam PISA 2022 rata-rata hanya 366, jauh di bawah rata-rata OECD 472, menempatkan Indonesia pada peringkat 70 dari 81 negara. (OECD, 2023). Soal-soal PISA yang bersifat pemecahan masalah menuntut kemampuan bernalar dan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Kenyataan bahwa sebagian besar siswa Indonesia gagal mencapai tingkat kecakapan tersebut mengindikasikan perlunya upaya peningkatan kemampuan *problem solving* matematis secara serius. Temuan serupa dilaporkan pada level nasional: rata-rata skor kemampuan pemecahan masalah siswa berada pada kategori rendah hingga sedang, menandakan kemampuan *problem solving* yang belum optimal.

Salah satu penyebab utama rendahnya kemampuan pemecahan masalah adalah pendekatan pembelajaran matematika yang masih konvensional dan berpusat pada guru (Suardiana, 2021). Pembelajaran tradisional umumnya bersifat prosedural dan menekankan hasil akhir (jawaban) dibanding proses berpikir siswa. Guru sering mendominasi kelas dengan metode ceramah, sementara siswa pasif mendengarkan informasi tanpa terlibat aktif. Akibatnya, siswa cenderung menghafal rumus dan langkah prosedural tanpa benar-benar memahami maknanya. Pembelajaran yang menitikberatkan hafalan prosedur semata ini menyebabkan matematika dipersepsi sebagai kumpulan rumus, bukan sebagai proses penalaran logis. Dengan pemahaman konseptual yang lemah, siswa kesulitan menerapkan konsep tersebut saat dihadapkan pada masalah baru. Hal ini selaras dengan temuan Rosmala (2021) bahwa pendekatan berorientasi hafalan dan prosedur mempersempit ruang siswa untuk mengeksplorasi konsep secara mendalam, sehingga kemampuan berpikir tingkat tinggi mereka (termasuk *problem solving*) tidak berkembang optimal.

Materi kalkulus integral (teknik pengintegralan) merupakan topik matematika tingkat lanjut di SMA yang sangat menuntut pemahaman konsep. Dalam praktiknya, materi integral sering diajarkan secara mekanistik – siswa diberi rumus berbagai metode integrasi (substitusi,

parsial, trigonometri, dan lain-lain) lalu diminta menerapkannya. Pendekatan yang terlalu prosedural ini menyebabkan siswa dapat menghitung integral secara algoritmik tanpa memahami konsep area di bawah kurva atau makna integral itu sendiri. Akibatnya, ketika soal integral dikemas dalam bentuk problem solving kontekstual, banyak siswa kebingungan memilih metode yang tepat atau menjelaskan alasan matematis dari prosedur yang mereka pakai. Integrasi teknologi dan visualisasi sangat dibutuhkan untuk membantu siswa memahami konsep abstrak ini. Misalnya, konsep “luas daerah di bawah kurva” dan “volume benda putar” dalam integral memiliki tingkat abstraksi tinggi dan sulit dibayangkan jika hanya mengandalkan penjabaran rumus di papan tulis. GeoGebra, sebagai software matematika dinamis, dapat memvisualisasikan kurva dan area secara interaktif, sehingga menjembatani kesenjangan antara konsep teoritis integral dengan representasi visualnya (Yap, dkk., 2022). Penggunaan media digital seperti GeoGebra telah diidentifikasi sebagai solusi efektif untuk membantu memecahkan konsep-konsep matematika yang abstrak, termasuk materi integral. Dengan visualisasi interaktif, siswa tidak hanya melihat simbol $\int f(x)dx$ sebagai prosedur formal, tetapi juga memahami maknanya secara geometris, yang pada gilirannya memperkuat pemahaman konseptual mereka.

Guna mengatasi masalah tersebut, penelitian ini menerapkan strategi pembelajaran berbasis *deep learning* (pembelajaran mendalam) pada materi teknik pengintegralan. Pendekatan *deep learning* dalam konteks pendidikan mengacu pada strategi pembelajaran yang menekankan pemahaman konseptual yang mendalam, integrasi pengetahuan antar konsep, belajar aktif, serta refleksi atas proses belajar. Berbeda dengan *surface learning* yang dangkal (hanya menghafal rumus), pendekatan ini mendorong siswa membangun pengetahuan melalui eksplorasi, kolaborasi, dan berpikir reflektif. Siswa didorong untuk aktif berdiskusi, memecahkan masalah nyata, dan melakukan refleksi metakognitif, sehingga mereka memahami apa yang dipelajari sekaligus mengapa dan bagaimana konsep tersebut berlaku. Strategi *deep learning* diyakini dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa karena menuntut mereka menghubungkan berbagai informasi, mengevaluasi argumen, dan mengembangkan solusi alternatif terhadap suatu masalah. Dalam pembelajaran matematika, penerapan strategi ini telah dikaitkan dengan peningkatan motivasi dan hasil belajar siswa. Sugandi dkk. (2025) melaporkan bahwa penggunaan strategi berbasis *deep learning* berdampak positif pada prestasi matematika; siswa dengan pembelajaran mendalam memiliki pemahaman lebih baik, mampu mentransfer pengetahuan ke konteks baru, dan lebih siap menghadapi soal non-rutin yang menuntut penalaran tinggi.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan mengimplementasikan strategi pembelajaran mendalam untuk meningkatkan kemampuan problem solving siswa pada materi teknik pengintegralan. Fokusnya adalah pada siswa kelas XII IPA di SMA, di mana kalkulus integral diajarkan. Adapun kebaruan (*novelty*) dalam penelitian ini meliputi lima aspek utama:

1. **Penerapan langsung strategi deep learning pada materi teknik pengintegralan** – Selama ini pendekatan *deep learning* jarang diterapkan spesifik pada materi integral di tingkat SMA. Penelitian ini mencoba menjelaskan strategi pembelajaran mendalam untuk topik integral, yang terkenal sulit secara konseptual bagi siswa.
2. **Penekanan pada pemahaman konseptual sebagai dasar problem solving** – Berbeda dari metode konvensional yang menitikberatkan prosedur, strategi ini memfokuskan pengajaran pada penguatan konsep integral (misal makna integral sebagai luas area, hubungan integral dan turunan, dsb.) sebelum masuk ke teknik penyelesaian soal. Pemahaman konseptual ini diharapkan menjadi pondasi bagi siswa dalam memilih dan menerapkan metode integrasi yang tepat saat memecahkan masalah.
3. **Model pembelajaran terstruktur dengan visualisasi, diskusi kelompok, dan refleksi metakognitif** – Strategi yang dikembangkan merangkai berbagai aktivitas: mulai dari visualisasi konsep (dengan grafik atau media digital), dilanjutkan diskusi dalam kelompok kecil untuk menyelesaikan problem, kemudian refleksi individu atas strategi yang digunakan. Kombinasi ini dirancang untuk mendorong keterlibatan aktif siswa dan melatih mereka berpikir tentang *proses* penyelesaian, bukan hanya hasil akhir.
4. **Penggunaan portofolio problem solving sebagai alat evaluasi proses berpikir** – Setiap siswa menyusun portofolio berisi kumpulan penyelesaian soal integral beserta catatan penalaran dan refleksi mereka. Portofolio ini menjadi instrumen asesmen kinerja problem solving yang lebih autentik (Poerwanti, 2021), karena tidak hanya melihat jawaban benar-salah, tetapi juga menilai proses berpikir, strategi yang dipilih, dan kemampuan siswa mengkomunikasikan pemahamannya. Pendekatan ini sejalan dengan rekomendasi bahwa penilaian pemecahan masalah harus menganalisis proses dan mendorong siswa mengkomunikasikan pemikirannya.
5. **Integrasi media digital (GeoGebra) untuk memperkuat representasi visual dan kemampuan berpikir abstrak** – Media *GeoGebra* diintegrasikan dalam pembelajaran integral untuk memvisualisasikan konsep (misalnya menampilkan grafik fungsi dan area integral secara dinamis). Langkah ini bertujuan membantu siswa mengaitkan

representasi grafis dengan perhitungan integral, sehingga meningkatkan intuisi dan kemampuan berpikir abstrak mereka. Penggunaan GeoGebra diharapkan pula meningkatkan minat dan motivasi belajar siswa melalui pembelajaran yang lebih interaktif.

Melalui lima inovasi di atas, diharapkan siswa tidak lagi sekadar menghafal prosedur integrasi, tetapi benar-benar memahami konsep dan *reasoning* di baliknya, sehingga kemampuan mereka dalam problem solving pada materi integral dapat meningkat secara signifikan. Penelitian ini juga diharapkan memberikan kontribusi pada pengembangan pedagogi matematika, khususnya mengenai bagaimana menghubungkan pemahaman konseptual dengan kemampuan problem solving untuk topik matematika tingkat lanjut.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan mixed methods dengan penekanan pada kualitatif deskriptif. Artinya, data kuantitatif dan kualitatif dikumpulkan secara bersamaan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif, namun analisis kualitatif lebih dominan. Subjek penelitian adalah siswa kelas XII IPA di SMA Santa Maria Kota Cirebon dengan kelas SC1 (n=24) dan SC2 (n=25). beserta guru matematika sebagai kolaborator.

Desain penelitian yang digunakan berupa one-group pretest-posttest design disertai observasi dan analisis kualitatif mendalam. Sebelum intervensi, siswa diberikan tes awal (pretest) berupa soal-soal pemecahan masalah pada materi integral. Tujuan pretest adalah mengukur kemampuan problem solving awal siswa, termasuk bagaimana mereka memilih metode integrasi dan menjelaskan langkah penyelesaiannya. Instrumen tes dikembangkan dalam bentuk soal uraian berisi 10 butir (0-10 poin/butir, total 0-100). yang menguji pemahaman konseptual dan prosedural (misal, soal yang meminta siswa menentukan metode integral mana yang tepat untuk suatu masalah dan meminta penjelasan alasannya). Hasil pretest ini direkam sebagai baseline kemampuan awal siswa. Pretest dilakukan sebelum intervensi, posttest setelah pembelajaran. yang dirancang khusus menggunakan strategi deep learning. Kegiatan pembelajaran dilakukan selama pertemuan 2×45 menit mulai dari tanggal 20 - 22 Agustus 2025 dan tes dilakukan pada tanggal 25 Agustus 2025. Peneliti berperan sebagai observer partisipatif, bekerja sama dengan guru untuk merancang skenario pembelajaran dan mengumpulkan data selama proses berlangsung.

Prosedur Pembelajaran: Secara umum, alur pembelajaran dengan strategi *deep learning* dalam penelitian ini terdiri atas tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Pemanasan & Apersepsi: Kelas dibuka dengan masalah kontekstual/pertanyaan

pemantik tentang integral non-rutin untuk menumbuhkan rasa ingin tahu dan mengaktifkan prasyarat (diferensial & integral dasar) sebagai *advance organizer*. Siswa mengaitkan konsep baru dengan yang sudah dipahami agar pembelajaran bermakna.

2. Eksplorasi Mandiri & Kolaboratif: Siswa (individu/kelompok kecil) mengeksplor berbagai teknik integrasi (substitusi, parsial, dll.) dan mendiskusikan hasilnya. Guru memberi *scaffolding* melalui petunjuk/pertanyaan tanpa memberi jawaban langsung; siswa sebagai *problem solver*, guru fasilitator.
3. Diskusi Kelas & Refleksi: Siswa mempresentasikan metode yang dicoba beserta alasan matematisnya. Tahap ini menajamkan berpikir kritis dan metakognitif – memahami proses, bukan hanya hasil.
4. Penegasan Konsep & Generalisasi: Guru merangkum indikator pemilihan teknik (kapan substitusi vs. parsial, dll.) dan mengaitkannya dengan teori formal hingga terbentuk aturan umum. Dilakukan tanya-jawab singkat, contoh/analogi tambahan, dalam suasana yang apresiatif.
5. Evaluasi & Tindak Lanjut: Latihan individu dengan variasi soal; siswa menuliskan alasan pemilihan teknik. Penilaian menyoroti (a) ketepatan memilih teknik dan (b) kejelasan langkah. Wawancara singkat siswa/guru menggali sikap, pemahaman, dan percaya diri; hasilnya dipakai untuk perbaikan/remedial terarah jika ada miskonsepsi (mis. membedakan teknik A vs. B).

Pengumpulan Data: sumber data utama adalah aktivitas dan hasil belajar siswa selama penerapan strategi deep learning. Teknik pengumpulan data meliputi:

1. Observasi partisipatif: Menggunakan lembar terstruktur (keterlibatan, kolaborasi, refleksi, strategi, kesalahan umum) menghasilkan catatan lapangan rinci.
2. Tes/LK problem solving (pra-pasca): Mengukur kemampuan memilih metode integrasi dan menjelaskan penyelesaian.
3. Wawancara mendalam: Pada siswa perwakilan (peningkatan tinggi/sedang/rendah) untuk menggali pengalaman dan insight.

Dalam penelitian ini, analisis data dilakukan dengan menggunakan analisis kuantitatif (mean, SD, gain score dari pretest dan posttest) dan analisis kualitatif deskriptif dengan melalui tahapan sebagai berikut:

1. Reduksi Data: Semua data mentah (catatan observasi, transkrip wawancara, hasil tes) dibaca berulang kali dan diseleksi untuk memfokuskan pada informasi-informasi yang relevan dengan pertanyaan penelitian.

2. Penyajian Data: Setelah direduksi, data yang penting disajikan dalam bentuk yang mudah dipahami untuk penarikan kesimpulan. Penyajian dilakukan dalam bentuk narasi deskriptif dilengkapi tabel atau diagram sederhana bila diperlukan.
3. Penarikan Kesimpulan dan Verifikasi: Langkah terakhir, peneliti melakukan interpretasi terhadap pola-pola data yang telah disajikan. Kesimpulan awal dirumuskan, misalnya "Strategi deep learning meningkatkan kemampuan siswa dalam menentukan teknik integrasi yang tepat". Peneliti membandingkan informasi dari berbagai sumber: apakah hasil observasi sejalan dengan pernyataan siswa dalam wawancara, dan apakah data tes mendukung hal tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain *one-group pretest-posttest*, dengan membandingkan hasil pretest dan posttest dari kelas SC1 dan SC2 yang memperoleh pembelajaran berbasis deep learning pada topik teknik pengintegralan. Instrumen tes berisi 10 butir (skor 0–10 per butir; total 0–100) yang diberikan pada pretest (sebelum intervensi) dan posttest (sesudah intervensi), kemudian diolah menggunakan SPSS.

1. Tingkat awal (pretest)

Tabel 1. Hasil SPSS Pretest

Measure	Group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Minimum	Maximum	≥60 (%)
Pretest	SC 2	25	22.16	3.544	0.709	16	29	0.0
Pretest	SC 1	24	25.042	5.879	1.2	13	36	0.0

Pada tahap awal, kemampuan kedua kelas berada pada kategori rendah. Perbedaan kecil ini memihak SC 1 sehingga analisis selanjutnya bersifat konservatif. Kondisi awal yang rendah menandakan ruang perbaikan besar pada pemilihan metode integrasi dan penjelasan alasan.

2. Hasil akhir (posttest)

Tabel 2. Hasil SPSS Posttest

Measure	Group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Minimum	Maximum	≥60 (%)
Posttest	SC 2	25	46.12	26.414	5.283	0.0	100.0	32.0
Posttest	SC 1	24	33.583	25.408	5.186	10.0	98.0	16.667

Setelah intervensi, performa meningkat pada kedua kelas. Sebaran skor posttest cukup lebar (terindikasi oleh SD yang besar), mencerminkan heterogenitas penguasaan konsep integrasi di akhir pembelajaran. Pada data posttest terlihat rentang yang luas (mis. pada SC 2 terdapat skor sangat rendah hingga 0/100), yang lazim pada topik prosedural-konseptual seperti integral. Ini menunjukkan bahwa strategi *deep learning* berdampak praktis: lebih banyak siswa yang mampu menyelesaikan soal yang menuntut pemilihan metode integrasi yang tepat.

3. Peningkatan ($\text{gain} = \text{post} - \text{pre}$)

Tabel 3. Hasil SPSS Gain Posttest - Pretest

Measure	Group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Minimum	Maximum	≥ 60 (%)
Gain (Post-Pre)	SC 2	25	23.96	26.076	5.215	-25.0	75.0	nan
Gain (Post-Pre)	SC 1	24	8.542	25.425	5.19	-26.0	71.0	nan

gain score, yaitu selisih nilai post-test dengan pre-test. Artinya, seberapa besar peningkatan hasil belajar dari sebelum ke sesudah perlakuan.

- Besar **gain** yang jauh lebih tinggi di **SC 2** konsisten dengan tujuan strategi *deep learning*: siswa tidak hanya menambah skor, tetapi lebih tepat memilih metode integrasi (kapan substitusi, kapan parsial, dsb.) dan mampu menjelaskan alasan matematisnya. Hal ini tampak pada kenaikan yang besar sekalipun adanya variasi individu (SD cukup besar).
- Di SC 1, menghasilkan kenaikan yang lebih kecil, sebagian siswa menunjukkan gain negatif ($\text{min} < 0$), menandakan ada regresi atau kesalahan penerapan strategi pada sebagian butir.

Rentang kepercayaan 95% untuk SC 2 [$\approx 13,7$; 34,2] tidak tumpang tindih dengan nol, sedangkan SC 1 [$\approx -1,6$; 18,7] memuat nol. Hasil ini mengindikasikan bahwa strategi *deep learning* efektif meningkatkan kemampuan problem solving pada materi teknik pengintegralan, siswa dapat lebih tepat memilih metode integrasi dan mampu menjelaskan alasan matematisnya.

Pembahasan

Berikut akan dibahas hasil penelitian ini dalam lima aspek utama.

1. Penerapan langsung strategi deep learning pada materi teknik pengintegralan

Siswa diajak mengenali struktur integral dan memilih metode yang sesuai. Berikut diberikan soal substitusi linier sederhana :

$$\int (4x + 5)^{10} dx$$

a) Cara prosedural (u-sub standar)

$$\begin{array}{llll} \text{Misal} & U = 4x + 5 & \text{Jadi} & = \int \frac{1}{4} u^{10} du = \frac{1}{44} u^{11} + c = \frac{1}{44} (4x + 5)^{11} + c \\ & du = 4dx & & \end{array}$$

b) Cara berbasis konsep (struktur $a \cdot u^n du$)

Konsep nya: $\int a u^n du$ harus sama $= \frac{a}{n+1} u^{n+1} + c$, jadi jika dalam integral terlihat $d(4x + 5)$ kita langsung memandangnya sebagai du .

$$\int (4x + 5)^{10} d(4x + 5) = \frac{1}{44} (4x + 5)^{11} + c$$

Hasil post-test menunjukkan sebagian besar siswa kelas SC 2 kini langsung mampu mengenali pola tanpa mencoba-coba metode yang keliru (cara konseptual) berbeda dengan kelas SC 1 yang menunjukkan jawaban yang variatif (sebagian prosedural, sebagian konseptual). Strategi deep learning di sini merujuk pada siswa diajak *mengenali pola "fungsi-turunan di sebelahnya"*, bukan sekadar menghafal langkah. Dalam pembelajaran integral, guru tidak hanya memberikan rumus atau algoritma, tetapi mendorong siswa untuk mengeksplorasi konsep integral secara menyeluruh dan terlibat secara kritis dalam analisis masalah integral.

Dalam konteks teknik pengintegralan, penerapan strategi deep learning membuat siswa belajar dengan cara yang lebih mendalam: alih-alih menghafal jenis soal dan rumus integrasi, mereka dilatih memahami kapan dan mengapa suatu metode integrasi digunakan. Misalnya, siswa secara langsung mempraktikkan menentukan apakah suatu integral sebaiknya diselesaikan dengan substitusi sederhana, parsial, atau metode lainnya, dan kemudian berdiskusi mengapa pilihan tersebut paling sesuai. Penerapan langsung ini membantu siswa menghubungkan konsep integral dengan penggunaannya secara nyata. Imbas positifnya tampak pada kinerja tes akhir: siswa kelas SC 2 mampu memilih metode integrasi yang tepat untuk berbagai bentuk soal lebih baik daripada

sebelumnya (dan lebih baik daripada siswa kelas SC 1). Siswa juga lebih percaya diri menghadapi soal integrasi non-rutin. Hal ini sejalan dengan definisi pembelajaran mendalam yang bertujuan meningkatkan pemahaman melalui eksplorasi yang menyeluruh dan keterlibatan kritis siswa

Dengan kata lain, strategi deep learning mendorong siswa membangun pengetahuan integrasi secara utuh, bukan sepotong-sepotong. Akibatnya, saat dihadapkan pada problem integral yang bervariasi, mereka lebih siap menerapkan pengetahuan tersebut.

2. Penekanan pada pemahaman konseptual sebagai dasar problem solving

Siswa tidak hanya “menggunakan rumus” tetapi memahami alasan. Berikut diberikan soal: $\int (e^x)e^x dx$.

Cara Konseptual (benar)

$\int (e^x)e^x dx$ dengan ide

$\int au^n du$ harus sama

$= \int (e^x)e^x \sin \sin (e^x) dx$

$= - \int (1 - (e^x) d($

$\cos \cos e^x) = -e^x \sin \sin e^x dx$

$= - \int d(e^x) + \int (e^x) d\cos (e^x)$

$= - \cos \cos (e^x) + \frac{1}{3}(e^x) + c$

Sebagian siswa kelas SC 2 dapat membuktikan bahwa soal tidak dapat diselesaikan dengan cara prosedural karena jika ingin u-sub ke $\sin \sin (e^x)$, harus ada faktor e^x dan tetap memanfaatkan identitas $= 1 -$.

Penekanan konsep ini terbukti meningkatkan kemampuan *problem solving* matematika siswa, hal ini dapat dibuktikan pada soal selanjutnya yang diberikan kepada siswa yaitu penyelesaian dari: $\int e^{\cos \cos 3x} \sin \sin 3x dx$

Cara Prosedural

$u = \cos \cos 3x$

$du = -3 \sin \sin 3x dx$

$-\frac{1}{3} du$

$-\frac{1}{3} \int e^u du = -\frac{1}{3} e^u + c$

Cara

$\int e^{\cos \cos 3x} \sin \sin 3x dx = -3 \sin \sin 3x dx$

$-\frac{1}{3} e^{\cos \cos 3x} \sin \sin 3x dx$

$= -\frac{1}{3} e^{\cos \cos 3x} + c$

Mengapa cara lain diijinkan?

lain

$$= \frac{-1}{3} e^{\cos \cos 3x} + c$$

Menurut konsep turunan, contoh :

$$y = x^2 - 5x$$

$$\frac{dy}{dx} = 2x - 5$$

$$dy = (2x - 5)dx$$

$$d(x^2 - 5x) \text{ artinya turunan dari} \\ = (2x - 5)dx$$

$$\text{jadi } d(\cos \cos 3x) = -3 \sin \sin 3x dx$$

$$d(e^{\cos \cos x}) = -\sin \sin x \cdot \cos \cos x dx \text{ dst.}$$

Hasil analisis deskriptif memperlihatkan siswa kelas SC 2 mampu menjelaskan *mengapa* cara konseptual dipakai, ini merupakan bukti deep learning yang lebih kuat, hal ini dibuktikan dengan kenaikan skor (gain) yang jauh lebih besar pada kelas SC 2 (M=23,96, SE=5,215) dibanding kelas SC 1 (M=8,54, SE=5,19). Perbedaan kinerja antarkelas ini terutama dipengaruhi oleh strategi yang digunakan: siswa SC 2 lebih konsisten menerapkan pendekatan konseptual berbasis deep learning, menjelaskan alasan pemilihan metode integrasi dan memaknai setiap langkah, sedangkan siswa SC 1 cenderung mengandalkan prosedur rutin/algoritmik dengan penalaran konseptual yang lebih terbatas.

Siswa yang memahami konsep tentu lebih mudah beradaptasi ketika soal sedikit diubah atau diminta menjelaskan langkah-langkah mereka. Peningkatan pemahaman konseptual ini terlihat nyata dalam hasil tes akhir. Siswa kelas SC 2 tidak hanya mendapatkan skor lebih tinggi, tetapi pola kesalahan mereka pun lebih *bermakna*: kesalahan cenderung pada langkah teknis, bukan pada pemilihan metode. Sebaliknya, di kelas SC 1 yang pembelajarannya lebih prosedural dengan eksekusi langkah-langkah rutin masih banyak siswa yang kebingungan metode apa yang harus dipakai untuk soal-soal tertentu, menunjukkan kelemahan pada pemahaman konsep dasar.

Dukungan dari studi terdahulu menguatkan hasil tersebut, pendekatan yang menekankan pemahaman mendalam atas konsep inti memungkinkan peserta didik membangun kerangka pengetahuan yang dapat diaplikasikan lintas konteks. Integrasi yang baik membekali siswa dengan *alat berpikir* untuk memecahkan masalah baru, karena mereka mengerti prinsip-prinsip fundamentalnya. Secara keseluruhan, aspek ini menegaskan bahwa pemahaman konsep yang kuat adalah kunci keberhasilan problem solving dalam matematika. Dengan landasan konsep yang mantap, siswa mampu mentransfer pengetahuan ke masalah yang berbeda dan memberikan alasan matematis yang logis untuk setiap solusi yang mereka usulkan.

3. Pengembangan model pembelajaran terstruktur yang melibatkan visualisasi, diskusi kelompok, dan refleksi metakognitif

Strategi *deep learning* dalam penelitian ini diimplementasikan melalui model pembelajaran terstruktur yang menggabungkan visualisasi, diskusi kelompok, dan refleksi metakognitif. Pendekatan terstruktur ini berakar pada teori konstruktivisme sosial dan kognitif, di mana pemahaman siswa dibangun melalui interaksi aktif dengan materi, sesama siswa, dan refleksi diri. Pertama, visualisasi digunakan untuk membantu siswa menjembatani konsep abstrak integral ke representasi konkret. Guru memanfaatkan diagram area di bawah kurva, grafik fungsi, dan ilustrasi geometris lainnya selama pembelajaran. Kedua, diskusi kelompok diterapkan dengan membagi siswa ke dalam kelompok-kelompok kecil untuk menyelesaikan masalah integrasi secara kolaboratif. Siswa diberikan lembar kerja berisi satu atau dua soal integrasi menantang, kemudian berdiskusi dalam kelompok untuk mencari strategi pemecahan, saling menjelaskan pemahaman, dan menyepakati langkah terbaik. Guru berkeliling sebagai fasilitator, mendorong tiap kelompok mengungkapkan ide. Ketiga, di akhir sesi pembelajaran, dilakukan refleksi metakognitif: siswa diajak merefleksikan proses berpikirnya, misalnya dengan menjawab pertanyaan: “Bagaimana soal ini dapat diselesaikan? Apakah ada cara lain? Apa konsep utama yang saya pelajari?”

Hasil penelitian mengindikasikan bahwa model pembelajaran terstruktur ini efektif meningkatkan kualitas belajar siswa. Secara umum, baik kelas SC 1 dan SC 2 dapat menunjukkan atmosfer belajar yang lebih hidup dan terpusat pada siswa. Komponen visualisasi secara khusus memfasilitasi pemahaman konseptual: ketika kurva digambar dan daerah integrasi diarsir, siswa lebih mudah mengaitkan pertanyaan tentang “luas daerah” dengan makna integral. Wawancara mengindikasikan bahwa siswa mulai menyadari hubungan antara representasi grafis dan simbolik, serta mampu menjelaskan alasan pemilihan metode. Temuan ini konsisten dengan literatur yang melaporkan bahwa penggunaan media visual dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan menghubungkan konsep abstrak ke representasi konkret (Wathoni, 2024). Dengan demikian, visualisasi bertindak sebagai jembatan kognitif antara abstraksi dan konkretisasi matematika, sehingga integral tidak dipersepsi semata sebagai simbol, melainkan sebagai objek yang memiliki interpretasi dan justifikasi konseptual yang jelas.

4. Penggunaan portofolio problem solving untuk mengevaluasi proses berpikir siswa

Penggunaan portofolio problem solving dipakai untuk mengevaluasi proses berpikir siswa ketika menyelesaikan soal $\int \sin \sin(e^x) e^x dx$. Soal ini sengaja dipilih karena membuka dua jalur strategi: (a) prosedural melalui substitusi $u = e^x$ sehingga $\int \sin \sin u du = -\cos \cos u + C$; dan (b) berbasis konsep dengan “melihat” langsung bahwa $d(e^x) = e^x dx$, sehingga integral berbentuk $\sin \sin(e^x) d(e^x)$. Dengan demikian, satu butir soal memungkinkan guru menilai apakah siswa hanya menjalankan algoritma rutin atau sudah mampu mengenali struktur turunan-balikan secara reflektif.

Portofolio berisi draf kerja, PR/kuis, catatan refleksi singkat, serta umpan balik guru. Hasil analisis menunjukkan pergeseran kualitas pemecahan masalah: pada awalnya banyak siswa hanya menulis jawaban akhir “ $-\cos \cos(e^x) + C$ ” tanpa alasan; setelah bimbingan, mereka mulai merinci langkah, menuliskan alasan pemilihan metode (mis. “memilih $u = e^x$ karena ada pasangan $e^x dx$ ”), serta membandingkan dua strategi dan mencatat kesalahan umum (mis. salah menulis $\int \sin \sin u du = \cos \cos u$). Perubahan ini mencerminkan tumbuhnya kesadaran metakognitif: siswa merencanakan, memantau, lalu mengevaluasi langkahnya sendiri.

Bagi guru, portofolio berfungsi sebagai diagnostic tool: misalnya mengidentifikasi siswa yang tetap terpaku pada substitusi tanpa melihat bentuk diferensial, sehingga memerlukan intervensi penguatan konsep “melihat $d(\cdot)$ ”. Secara keseluruhan, portofolio pada soal ini efektif mendukung deep learning, karena merekam perjalanan berpikir, menumbuhkan kemandirian, dan menunjukkan kemajuan dari sekadar prosedural menuju pemahaman konseptual.

5. Integrasi media digital seperti GeoGebra untuk memperkuat representasi visual dan berpikir abstrak siswa

Integrasi media digital melalui GeoGebra digunakan sesi pembelajaran untuk memperkuat representasi visual dan berpikir abstrak siswa saat menyelesaikan soal $\int \frac{x-2}{x^2-4x} dx$. Dengan Geogebra, siswa memplot $y = \frac{x-2}{x^2-4x}$, mengamati asimtot di $x = 0$ dan $x = 4$. Lalu menghubungkan struktur aljabar bahwa $\frac{d}{dx}(x^2 - 4x) = 2x - 4 = 2(x - 2)$. Visualisasi ini menuntun mereka mengenali bentuk $\frac{f'(x)}{f(x)}$ sehingga solusi $\frac{1}{2} \ln |x^2 - 4x| + C$ muncul bukan hanya dari manipulasi simbolik, tetapi juga dari pemahaman relasi grafik – turunan – integral. Siswa dapat menyalakan trace / slider

untuk melihat bagaimana perubahan x mempengaruhi kemiringan dan luas di sekitar asimtot, memperkaya intuisi terhadap sifat logaritmik hasil integral.

Temuan kelas menunjukkan **kenaikan antusiasme** dan **keragaman strategi**: lebih banyak siswa membuat sketsa grafik dan memberi alasan “karena pembilang sebanding dengan turunan penyebut” ketika menjelaskan langkahnya. Secara kuantitatif, banyak siswa baik kelas SC 1 dan kelas SC 2 mampu membuat sketsa grafik pada saat posttest dibandingkan dengan sebelumnya pada saat pretest, sedangkan secara **kualitatif**, kemampuan membaca fitur grafik, menyebut bentuk $\frac{f'}{f}$, dan menjustifikasi pemilihan metode meningkat secara moderat pada sesi pembelajaran. Hal ini konsisten dengan literatur bahwa GeoGebra menjembatani konsep abstrak dan representasi konkret, serta mendorong berpikir tingkat tinggi.

Dengan demikian, penggunaan GeoGebra pada soal rasional ini memperkaya pengalaman belajar integral: siswa tidak hanya menghitung, tetapi juga melihat dan menalar mengapa metode logaritmik tepat, sehingga pembelajaran lebih bermakna dan konseptual.

PENUTUP

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa strategi *deep learning* efektif meningkatkan kemampuan *problem solving* pada materi teknik pengintegralan. Kedua kelas yang sama-sama memperoleh intervensi mengalami kenaikan skor dari pretest ke posttest. Secara kuantitatif, *gain* kelas SC2 secara praktis lebih besar dan secara statistik meyakinkan (CI 95% $\approx 13,7-34,2$; tidak memuat nol), sedangkan SC1 menunjukkan *gain* yang lebih kecil dan interval kepercayaan yang masih memuat nol (CI 95% $\approx -1,6-18,7$). Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan berlapis—mengenali struktur integral, memilih metode yang tepat (mis. substitusi, bagian/parsial, atau teknik lain), dan menyertakan alasan matematis—berdampak nyata pada peningkatan kemampuan pemecahan masalah.

Pola jawaban SC2 memperlihatkan pergeseran yang lebih konseptual dan *transferable*: siswa lebih konsisten mengenali bentuk “fungsi-turunannya” ($f'(x).f(x)$), mengaitkan ciri integral dengan metode yang relevan (mis. *partial fractions* untuk fungsi rasional), serta mengurangi coba-coba prosedural. Kesalahan yang masih muncul didominasi aspek teknis (aljabar/aritmetika, penanganan tanda, atau batas integral tentu), bukan lagi salah pilih metode—indikasi bahwa pemahaman alasan telah terbentuk.

Komponen kunci intervensi visualisasi, diskusi kelompok, dan refleksi metakognitif berfungsi sebagai pengungkit utama. Visualisasi (grafik/arsiran luas) menjembatani abstraksi integral ke representasi konkret; diskusi terstruktur mendorong klarifikasi strategi dan saling menjelaskan; refleksi singkat menumbuhkan kebiasaan “mengapa metode ini dipilih” dan “bagaimana memeriksa hasil”. Penggunaan portofolio membantu mendokumentasikan proses berpikir dan memfasilitasi umpan balik bertahap, sementara GeoGebra memperkaya koneksi grafik-turunan-integral sehingga keputusan metode menjadi lebih beralasan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa strategi *deep learning* bukan hanya meningkatkan skor pascates, tetapi juga menggeser praktik berpikir siswa dari “menjalankan rumus” menuju “menalar dan mempertanggungjawabkan pilihan metode”. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan pedagogi *deep learning*, khususnya dalam menghubungkan pemahaman konseptual dengan kemampuan problem solving dalam materi matematika tingkat lanjut. Keterbatasan penelitian ini meliputi desain tanpa kelompok kontrol, durasi intervensi yang relatif singkat, dan belum dilakukannya uji retensi jangka menengah. Faktor ini menyarankan kehati-hatian saat melakukan generalisasi lebih luas.

Saran

Bagi guru/praktisi, terapkan rubrik yang memberi bobot besar pada kualitas alasan/justifikasi, bukan sekadar jawaban benar, dan masukkan butir non-rutin dengan variasi bentuk untuk mendorong transfer. Siapkan remedial terarah bagi siswa ber-gain rendah melalui latihan mikro-keterampilan aljabar, bank soal bertahap, dan bimbingan kelompok kecil yang menekankan pengenalan pola.

Bagi sekolah/pengelola, fasilitasi pelatihan internal tentang *task design* non-rutin, penilaian berbasis alasan, dan pemanfaatan alat visualisasi. Integrasikan asesmen formatif singkat dan berkala yang menilai penalaran, bukan hanya prosedur.

Bagi peneliti lanjutan, Gunakan desain kuasi-eksperimen/eksperimen dengan kelompok kontrol atau pengacakan untuk memperkuat inferensi kausal. Perpanjang durasi intervensi dan tambahkan tes tindak lanjut 4–6 minggu guna mengevaluasi retensi dan transfer.

Daftar Pustaka

- Gurmu, F., Tuge, C., & Hunde, A. B. (2024). Effects of GeoGebra-assisted instructional methods on students' conceptual understanding of geometry. *Cogent Education*, 11(1), 2379745.
- Kohen, Z., & Gharra-Badran, Y. (2023). A rubric for assessing mathematical modelling problems in a scientific-engineering context. *Teaching Mathematics and its Applications*, 42(3), 266–286.
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results: Indonesia (Country Note)*. Paris: OECD Publishing.
- Oficiar, J. R. G., et al. (2024). Metacognitive awareness as a predictor of mathematical modeling competency among preservice elementary teachers. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEM)*, 12(2).
- Poerwanti, J. I. S., & Winarni, R. (2021). Pelatihan dan pendampingan merancang instrumen assessment for learning berbasis portofolio pada guru-guru sekolah. *Widya Laksana*, 10(1), 44-51.
- Rosmala, A. (2021). *Model-model pembelajaran matematika*. Bumi Aksara.
- Suardiana, I. M. (2021). Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika. *Journal of Education Action Research*, 5(3), 381-386.
- Sugandi, A. I., Bernard, M., & Hendriana, H. (2025). Pelatihan penerapan deep learning terhadap pembelajaran Matematika pada guru-guru SMA di Kota Cimahi. *Abdimas Siliwangi*, 8(2), 326-338.
- Tossavainen, T., Johansson, C., Juhlin, A., & Wedestig, A. (2024). Programming as a mediator of mathematical thinking: Upper secondary students exploring the definite integral. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 12(3), 78–99.
- Wathoni, N. (2024). Penggunaan Media Konkret dalam Pembelajaran Konsep Matematika Abstrak. *Jurnal Ilmiah IPA dan Matematika (JIIM)*, 2(4), 101-105.
- Yap, V. A. C., Sebial, J. B., & Sebial, S. C. L. (2022). Addressing difficulty in calculus limits using GeoGebra (one-group pretest-posttest). *Science International*, 34(5), 427–430.
- Zhang, J., Li, L., & Huang, R. (2024). Metacognition and mathematical modeling skills: The mediating roles of computational thinking in high school students. *Journal of Intelligence*, 12(6), 55.