

EFEKTIVITAS CASE-BASED LEARNING BERBANTUAN E-LKPD TERHADAP KEMAMPUAN NUMERASI SISWA PADA MATERI SISTEM IMUN

Hana Zhafira Rahmadhani¹, Eni Nuraeni^{2*}, Widi Purwianingsih³

¹²³ Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung, Indonesia

Email: eninuraeni@upi.edu

ABSTRACT

This study aims to analyze the effectiveness of Case-Based Learning (CBL) assisted by Electronic Student Worksheets (E-LKPD) on students' numeracy skills on the immune system material. The research employed a pre-experimental method with a one-group pretest-posttest design, involving 35 grade XI students at a senior high school in Bogor City. Data were collected through numeracy tests (pretest and posttest), observation sheets, student worksheets, and student response questionnaires. Statistical analysis using the Wilcoxon Signed Rank Test yielded a significance value of 0.000 (< 0.05), indicating a significant improvement in numeracy skills. The average N-Gain score of 0.764 categorized as high demonstrates substantial learning gains. The implementation of CBL using Electronic Student Worksheets was conducted across three sessions with high quality, achieving an average learning activity score of 96.11% for teacher activities and 93.98% for student activities. Student responses were positive with an average score of 80.57 (high category). The Electronic Student Worksheets equipped with a calculation verification feature and scientific literature hyperlinks effectively supported the development of numeracy components: knowing, applying, and reasoning. These findings suggest that CBL using Electronic Student Worksheets is an effective and innovative learning strategy for developing students' numeracy skills in biology.

Keywords: *Biology learning, case-based learning, electronic student worksheets, immune system, numeracy skills*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas *Case-Based Learning* (CBL) berbantuan Elektronik Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD) terhadap kemampuan numerasi siswa pada materi sistem imun. Penelitian menggunakan metode *pre-experimental* dengan desain *one-group pretest-posttest*, melibatkan 35 siswa kelas XI di salah satu SMA di Kota Bogor. Data dikumpulkan melalui tes numerasi (*pretest* dan *posttest*), lembar observasi, lembar E-LKPD, dan angket respons siswa. Analisis statistik menggunakan *Wilcoxon Signed Rank Test* menghasilkan nilai signifikansi 0,000 ($< 0,05$), yang menunjukkan adanya peningkatan kemampuan numerasi yang signifikan. Rata-rata N-Gain sebesar 0,764 berkategori tinggi membuktikan besarnya peningkatan hasil belajar. Keterlaksanaan CBL menggunakan E-LKPD berlangsung sangat baik selama tiga pertemuan, dengan rata-rata aktivitas guru 96,11% dan siswa 93,98%. Respons siswa positif dengan rata-rata 80,57 (kategori tinggi). E-LKPD yang dilengkapi fitur cek perhitungan dan hyperlink literatur ilmiah terbukti efektif mendukung perkembangan komponen numerasi: *knowing*, *applying*, dan *reasoning*. Temuan ini menunjukkan bahwa CBL menggunakan E-LKPD merupakan strategi pembelajaran yang efektif dan inovatif untuk mengembangkan kemampuan numerasi siswa dalam pembelajaran biologi.

Kata Kunci: *Case-based learning, E-LKPD, kemampuan numerasi, pembelajaran biologi, sistem imun*

PENDAHULUAN

Kemampuan numerasi merupakan salah satu kompetensi dasar yang harus dimiliki peserta didik di abad ke-21. Numerasi tidak hanya berkaitan dengan kemampuan menghitung, tetapi juga kemampuan untuk menggunakan konsep bilangan, data, dan simbol matematika dalam memecahkan masalah kehidupan sehari-hari (Pusmenjar, 2020). OECD (2022) mendefinisikan numerasi sebagai kemampuan menafsirkan dan mengaplikasikan informasi kuantitatif untuk mengambil keputusan yang logis, termasuk membaca data, menginterpretasikan grafik, dan menarik kesimpulan berbasis bukti kuantitatif (Pratiwi & Aminah, 2019).

Namun, kenyataan menunjukkan bahwa kemampuan numerasi siswa di Indonesia masih tergolong rendah. Berdasarkan hasil *Programme for International Student Assessment (PISA)* tahun 2022, skor rata-rata kemampuan numerasi siswa Indonesia hanya mencapai 366, jauh di bawah rata-rata negara OECD sebesar 472 (OECD, 2022). Kondisi serupa juga terlihat pada hasil *Asesmen Kompetensi Minimum (AKM)* tahun 2024, di mana kemampuan numerasi siswa secara nasional masih berada pada kategori "Dasar" meskipun terjadi peningkatan dari 45,24% menjadi 67,94% (Arsiah et al., 2024). Fakta ini menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam menggunakan penalaran matematis untuk memahami informasi yang bersifat kuantitatif.

Salah satu model yang dapat digunakan untuk mengembangkan kemampuan numerasi adalah *Case-Based Learning (CBL)*. Herreid (1994) menjelaskan bahwa CBL merupakan model pembelajaran yang menggunakan kasus nyata sebagai dasar bagi siswa untuk menganalisis, mendiskusikan, dan memecahkan masalah. CBL memiliki keterkaitan yang kuat dengan pengembangan kemampuan numerasi karena setiap sintaknya secara sistematis menempatkan siswa pada situasi yang menuntut penggunaan data kuantitatif dalam konteks biologis yang autentik (Aulia et al., 2023; Thistlethwaite et al., 2012). Sintaks CBL menurut Williams (2004) terdiri atas tujuh tahapan, mulai dari menetapkan dan menganalisis kasus, mencari literatur pendukung, hingga menarik kesimpulan, mempresentasikan hasil, dan melakukan refleksi serta revisi.

Penggunaan CBL akan semakin optimal apabila didukung oleh bahan ajar yang terstruktur dan kontekstual. *Electronic Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD)* hadir sebagai inovasi bahan ajar dalam format digital yang dapat dilengkapi dengan fitur video, gambar, grafik interaktif, simulasi, serta tautan ke sumber ilmiah (Widiyaningsih et al., 2024). Suryaningsih & Nurlita (2021) menyatakan bahwa E-LKPD inovatif menjadi kebutuhan penting dalam proses pembelajaran abad ke-21 karena mampu mengatasi keterbatasan LKPD cetak sekaligus mendukung pembelajaran yang aktif dan menarik. Puspitasari et al. (2024) menegaskan bahwa integrasi E-LKPD dengan model pembelajaran *Case-Based Learning* juga meningkatkan keterlibatan dan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa.

Dalam pembelajaran biologi, materi sistem imun merupakan salah satu topik yang memiliki relevansi sangat tinggi dengan kemampuan numerasi karena banyaknya kasus nyata yang dipublikasikan dalam bentuk data numerik, seperti data prevalensi infeksi HIV/AIDS, statistik tingkat keberhasilan vaksinasi, serta hasil uji klinis berbagai terapi imunomodulator (Darwin et al., 2021; Purnamasari, 2020). Kemampuan numerasi dalam konteks sains diperlukan untuk menginterpretasikan grafik dan tabel sebagai dasar pengambilan keputusan ilmiah (Geiger et al., 2015; Tout & Gal, 2015). Sari & Afriansyah (2020) menegaskan bahwa kemampuan numerasi siswa masih perlu ditingkatkan melalui pembelajaran yang kontekstual dan berbasis data nyata, sementara Rustaman (2017) menekankan bahwa pembelajaran sains masa depan harus berorientasi pada pengembangan keterampilan menganalisis data secara kuantitatif. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan efektivitas CBL dan E-LKPD dalam meningkatkan hasil belajar (Lestari et al., 2022; Widiyaningsih et al., 2024), namun penelitian yang secara spesifik mengkaji pengaruh CBL berbantuan E-LKPD terhadap kemampuan numerasi dalam pembelajaran biologi masih sangat terbatas. Studi (Lestari et al., 2022; Widiyaningsih et al., 2024) menunjukkan efektivitas CBL terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi, namun tidak secara khusus mengukur komponen numerasi AKM (knowing, applying, reasoning). Widiyaningsih et al. (2024). mengembangkan E-LKPD tanpa mengintegrasikannya secara sistematis dengan model CBL. Dengan demikian, terdapat research gap

yang nyata yaitubelum ada studi yang menguji secara empiris integrasi CBL dan E-LKPD secara terpadu untuk meningkatkan ketiga komponen numerasi AKM pada materi biologi kontekstual. Novelty penelitian ini terletak pada pengintegrasian ketujuh sintaks CBL ke dalam E-LKPD berbasis HTML interaktif yang dilengkapi fitur verifikasi perhitungan dan hyperlink literatur ilmiah, dirancang khusus untuk melatih numerasi secara terstruktur dalam konteks imunologi klinis. Secara teoritis, keterkaitan CBL dengan numerasi dapat dijelaskan melalui tahapan kognitif yang dilaluinya: sintaks menetapkan dan menganalisis kasus melatih siswa mengidentifikasi serta mengoperasikan data kuantitatif secara autentik (komponen *knowing* dan *applying*); sintaks mencari literatur melatih siswa mengevaluasi dan mengintegrasikan data ilmiah dengan angka kasus (komponen *reasoning*); dan sintaks refleksi melatih siswa mengonsolidasikan pemahaman kuantitatif lintas konteks, selaras dengan tuntutan AKM bahwa numerasi harus dapat ditransfer ke situasi baru (Kemendikbud, 2020). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan *Case-Based Learning* menggunakan E-LKPD terhadap kemampuan numerasi siswa pada materi sistem imun.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *pre-experimental* dengan desain *one-group pretest-posttest* (Sugiyono, 2013). Pada desain ini, satu kelompok siswa diberikan *pretest* (O1), kemudian memperoleh intervensi berupa pembelajaran *Case-Based Learning* menggunakan E-LKPD (X), dan selanjutnya diberikan *posttest* (O2) untuk melihat perubahan kemampuan numerasi siswa. Desain penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain Penelitian

Pre-test	Perlakuan	Post-test
O1	X	O2

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI di salah satu SMA di Kota Bogor. Sampel penelitian berjumlah 35 siswa dari satu kelas XI yang ditentukan menggunakan teknik *non-probability sampling* jenis *convenience sampling* berdasarkan rekomendasi guru dan kesediaan pihak sekolah. Penelitian dilaksanakan selama tiga pertemuan pada 27 Januari 2026, 29 Januari 2026, dan 3 Februari 2026 pada materi kelainan atau gangguan sistem imun.

Electronic Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD) dalam penelitian ini dibuat secara mandiri menggunakan platform *GitHub Pages* dengan format HTML interaktif. E-LKPD dirancang untuk memfasilitasi pembelajaran *Case-Based Learning* dengan menyajikan kasus alergi sistem imun secara kontekstual yang dilengkapi data numerik, kolom cek perhitungan, tabel, grafik, video, dan *hyperlink* literatur ilmiah. Instrumen penelitian terdiri atas instrumen tes berupa soal uraian numerasi untuk *pretest* dan *posttest* (10 butir soal), serta instrumen non-tes berupa lembar observasi keterlaksanaan, lembar E-LKPD, dan angket respons siswa. Instrumen tes menggunakan konteks kasus HIV/AIDS untuk mengukur kemampuan transfer numerasi dari konteks yang dilatih (alergi) ke konteks baru. Instrumen tes dikembangkan berdasarkan kisi-kisi yang memuat komponen numerasi AKM, indikator ketercapaian, dan nomor butir soal sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Penilaian jawaban soal uraian dilakukan menggunakan rubrik dengan berbeda-beda untuk setiap indikator (Tabel 3), sehingga penilaian bersifat objektif dan terstandar. Validitas isi instrumen dilakukan melalui expert judgment oleh dua dosen ahli pendidikan biologi dan seorang guru biologi berpengalaman, yang memberikan penilaian terhadap kesesuaian butir soal dengan indikator, kejelasan konteks kasus, dan tingkat kesulitan. Sebelum digunakan, instrumen telah diuji validitas, reliabilitas (nilai reliabilitas 0,88, kategori tinggi), daya pembeda, dan tingkat kesukaran.

Tabel 2. Kisi-Kisi Instrumen Tes Kemampuan Numerasi

No.	Komponen	Indikator	Nomor Soal
1.			
1.1	Mengidentifikasi	Mengidentifikasi informasi dari tabel atau grafik perkembangan viral load dan CD4+ pada pasien HIV selama periode tertentu	1
1.2	Menghitung	Menghitung selisih atau rasio jumlah sel CD4+ (limfosit T) pada pasien HIV berdasarkan data laboratorium yang diberikan	2
1.3	Mengklasifikasikan	Mengelompokkan stadium HIV/AIDS berdasarkan rentang jumlah CD4+ (ringan, sedang, berat/AIDS) menggunakan data numerik	3
2.			
2.1	Memilih Strategi	Menentukan strategi perhitungan yang sesuai (rata-rata, selisih, atau rasio) untuk menganalisis efektivitas terapi ARV berdasarkan perubahan CD4+	4
2.2	Menafsirkan	Menafsirkan grafik atau tabel yang menunjukkan hubungan antara jumlah CD4+, viral load, dan risiko infeksi oportunistik pada pasien HIV	5
2.3	Menerapkan	Menggunakan hasil perhitungan CD4+ untuk menentukan kategori risiko atau keputusan medis (mulai terapi, monitor rutin, dll)	6
3.			
3.1	Menganalisis	Menganalisis pola atau tren penurunan CD4+ dan peningkatan viral load pada berbagai stadium HIV/AIDS	7
3.2	Menyimpulkan	Menyimpulkan keterkaitan antara jumlah CD4+, viral load, dan kondisi sistem imun pasien berdasarkan data yang tersedia	8
3.3	Mengevaluasi	Mengevaluasi ketepatan data atau hasil perhitungan CD4+ berdasarkan kategori medis yang relevan	9
3.4	Menjustifikasi	Memberikan alasan ilmiah yang didukung data numerik untuk menjelaskan mengapa pasien dengan CD4+ rendah rentan terhadap infeksi oportunistik	10

Tabel 3. Rubrik Penilaian Tes Kemampuan Numerasi

No.	Nomor Soal	Deskripsi Kriteria	Skor
1.	Soal 1 - <i>Knowing</i> (Mengidentifikasi)	Menyebutkan "bulan 3 ke 6" dengan benar	3
		Menyebutkan rentang bulan tetapi kurang tepat/kurang jelas	2
		Jawaban salah	1
2.	Soal 2 - <i>Knowing</i> (Menghitung)	Menuliskan perhitungan lengkap ($520 - 280 = 240 \text{ sel/mm}^3$)	3
		Hasil akhir benar (240 sel/mm^3) tetapi tidak menuliskan proses perhitungan	2
		Jawaban salah	1
3.	Soal 4 - <i>Knowing</i> (Mengelempokkan)	Mengelompokkan semua pasien dengan benar: Stadium 1 (D:550), Stadium 2 (A:480, B:320), Stadium 3 (C:180)	5
		Mengelompokkan 3 dari 4 pasien dengan benar	4

No.	Nomor Soal	Deskripsi Kriteria	Skor
		Mengelompokkan 2 dari 4 pasien dengan benar	3
		Mengelompokkan 1 pasien dengan benar	2
		Jawaban salah	1
4.	Soal 5 - <i>Applying</i> (Memilih Strategi)	Memilih "selisih" sebagai strategi yang tepat dan memberikan alasan lengkap (contoh: mudah membandingkan perubahan absolut antar pasien)	3
		Memilih "selisih" tetapi alasan kurang jelas	2
		Jawaban salah	1
5.	Soal 7 - <i>Applying</i> (Menafsirkan)	Menyatakan pernyataan siswa benar, menjelaskan kedua pasien (M dan O) termasuk stadium sedang karena CD4+ berada di rentang 200-500 dan viral load 50-100	4
		Jawaban benar tetapi hanya menjelaskan berdasarkan CD4+ atau viral load saja	3
		Menunjukkan pemahaman tentang klasifikasi risiko tetapi kesimpulan kurang tepat	2
		Jawaban salah	1
6.	Soal 8 - <i>Applying</i> (Menerapkan)	Menentukan prioritas dengan tepat, menerapkan kriteria risiko dengan benar, disertai alasan medis	4
		Menentukan prioritas tepat, kriteria diterapkan namun alasan kurang detail	3
		Penerapan kriteria tidak konsisten	2
		Jawaban salah	1
7.	Soal 9 - <i>Reasoning</i> (Menganalisis)	Setuju dengan alasan lengkap: data CD4+ adalah data time series/kontinu yang berubah dari waktu ke waktu, grafik garis lebih tepat menunjukkan tren/perubahan	3
		Setuju tetapi alasan tidak jelas atau tidak lengkap	2
		Jawaban salah	1
8.	Soal 10 - <i>Reasoning</i> (Menafsirkan)	Menganalisis dengan lengkap bahwa kerutinan minum ARV menyebabkan CD4+ meningkat (dari 95 ke 500) dan viral load menurun (dari 520 ke <50), serta menjelaskan pola sebaliknya saat tidak rutin	4
		Menjelaskan perubahan CD4+ dan viral load tetapi tidak mengaitkan dengan kerutinan minum ARV secara eksplisit	3
		Menyebutkan perubahan data tetapi tidak menganalisis pola atau hubungan	2
		Jawaban salah	1
9.	Soal 13 - <i>Reasoning</i> (Mengevaluasi)	Menjawab pernyataan siswa salah, menghitung selisih dengan benar (20 sel/mm ³ atau $\pm 4\%$), menjelaskan perbedaan masih dalam variasi wajar, dan menyebutkan alasan minimal 2 penyebab (waktu pengambilan, metode pemeriksaan, fluktuasi biologis)	4
		Jawaban dan perhitungan benar tetapi hanya menyebutkan 1 alasan penyebab perbedaan	3
		Menunjukkan pemahaman konsep variasi biologis tetapi perhitungan kurang tepat	2
		Jawaban salah	1

No.	Nomor Soal	Deskripsi Kriteria	Skor
10.	Soal 14 - Reasoning (Membuat Justifikasi)	Memberikan justifikasi lengkap bahwa pada CD4+ 80 (< 100), jumlah sel imun tidak cukup untuk mengaktifkan semua jalur pertahanan tubuh, sehingga berbagai patogen (TBC, jamur, parasit, virus) tidak terkendali bersamaan, disertai rujukan pada tabel	4
		Penjelasan dasar (CD4+ rendah = imun lemah) tanpa mekanisme dan tanpa data tabel	3
		Menunjukkan upaya memberikan justifikasi meskipun penjelasan kurang akurat	2
		Jawaban salah	1

Data kemampuan numerasi dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial. Uji prasyarat menggunakan *Shapiro-Wilk Test* untuk normalitas dan *Levene's Test* untuk homogenitas. Karena data tidak berdistribusi normal, uji hipotesis menggunakan uji non-parametrik *Wilcoxon Signed Rank Test* (Pallant, 2016). Peningkatan kemampuan numerasi diukur menggunakan rumus N-Gain menurut Hake (1998), dengan kriteria tinggi jika N-Gain > 0,7; sedang jika $0,3 \leq \text{N-Gain} \leq 0,7$; dan rendah jika N-Gain < 0,3. Kemampuan numerasi yang dikembangkan mengacu pada kerangka AKM yang mencakup komponen *knowing*, *applying*, dan *reasoning* (Kemendikbud, 2020; Kemendikbudristek, 2021). Data keterlaksanaan dan respons siswa dianalisis secara deskriptif menggunakan kriteria Arikunto (2015), di mana nilai 81–100 dikategorikan sangat tinggi, 61–80 tinggi, 41–60 cukup, 21–40 rendah, dan 0–20 sangat rendah.

HASIL

Keterlaksanaan Penerapan Case-Based Learning Menggunakan E-LKPD

Keterlaksanaan pembelajaran diamati oleh lima observer untuk mengamati aktivitas siswa dan satu observer untuk mengamati aktivitas guru selama tiga pertemuan. Rekapitulasi keterlaksanaan berdasarkan hasil observasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Keterlaksanaan Pembelajaran Berdasarkan Observasi

Aspek yang Diamati	Pertemuan 1	Pertemuan 2	Pertemuan 3	Rata-rata	Kategori
Aktivitas Guru (%)	93,75	94,74	100	96,11	Sangat Tinggi
Aktivitas Siswa (%)	87,50	94,44	100	93,98	Sangat Tinggi

Keterlaksanaan juga tercermin dari hasil jawaban siswa pada E-LKPD. Berdasarkan Tabel 5, seluruh 15 kegiatan yang mencakup ketujuh sintaks CBL menghasilkan rata-rata skor jawaban siswa sebesar 88,87 (kategori sangat tinggi). Nilai pada seluruh kegiatan berada dalam rentang yang sempit dan konsisten, menandakan bahwa pembelajaran CBL menggunakan E-LKPD berjalan efektif dan merata di seluruh sintaks.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Keterlaksanaan CBL Menggunakan E-LKPD Berdasarkan Jawaban Siswa

No.	Sintaks CBL	Latihan dalam E-LKPD	Skor Rata-rata
1.	Menetapkan kasus yang dikaji	Latihan 1 mengidentifikasi informasi dari tabel kadar Eosinofil dan IgE pasien A	90,0
2.	Menganalisis kasus secara mendalam	Latihan 2 menghitung selisih dan persentase kenaikan eosinofil pasien A	87,9
		Latihan 3 mengelompokkan tingkat keparahan alergi	90,7
		Latihan 4 menentukan strategi perhitungan efektivitas terapi	87,9

	Latihan 5 menafsirkan hubungan data dengan kondisi klinis	89,3	
	Latihan 6 menerapkan kriteria kategori risiko dan prioritas penanganan	86,4	
	Latihan 7 menganalisis pola perubahan dan memilih visualisasi data	87,1	
	Latihan 8 menyimpulkan keterkaitan kepatuhan terapi dengan perubahan data	90,0	
	Latihan 9 mengevaluasi ketepatan data dan variasi hasil laboratorium	89,3	
	Latihan 10 menjustifikasi berdasarkan mekanisme biologis	90,7	
3.	Mencari data dan literatur pendukung secara mandiri	Latihan 11 menuliskan informasi penting dari literatur yang telah dibaca	88,6
4.	Menentukan alternatif penyelesaian terhadap kasus	Latihan 12 menentukan alternatif penyelesaian penanganan medis dan pencegahan alergi	85,7
5.	Menyusun kesimpulan	Latihan 13 menyusun kesimpulan menyeluruh dari analisis kasus alergi pasien A	86,4
6.	Mempresentasikan hasil analisis	Latihan 14 empresentasikan hasil E-LKPD	90,0
7.	Melakukan refleksi dan revisi	Latihan 15 melakukan refleksi pembelajaran	91,4
Total Skor Rata-rata Keseluruhan			88,87

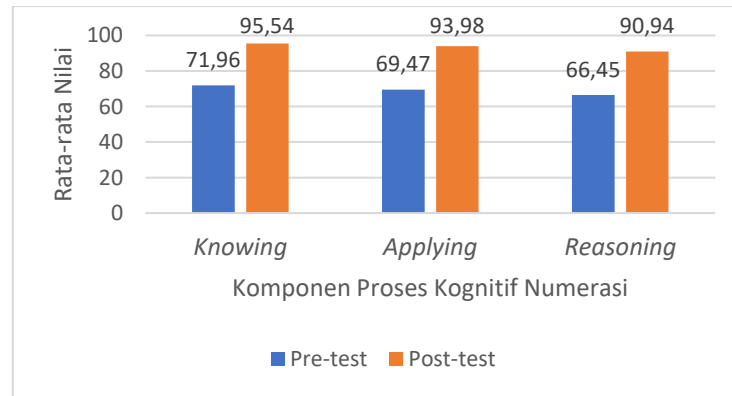
Kemampuan Numerasi Siswa Sebelum dan Setelah Penerapan *Case-Based Learning* Menggunakan E-LKPD

Kemampuan numerasi siswa diukur melalui *pretest* dan *posttest* yang terdiri dari 10 soal uraian, mencakup tiga komponen proses kognitif AKM yaitu *knowing*, *applying*, dan *reasoning*. Rekapitulasi hasil pengolahan statistik kemampuan numerasi siswa disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Pengolahan Statistik Kemampuan Numerasi Siswa

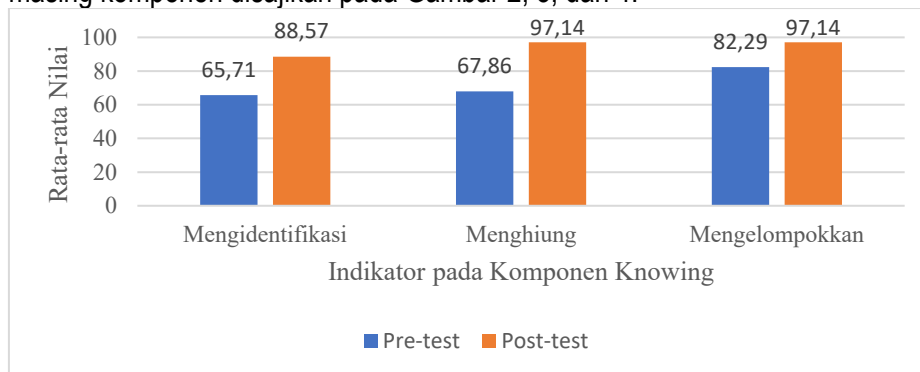
Komponen	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Jumlah Siswa	35	35
Nilai Rata-rata	68,53	92,82
Standar Deviasi	11,17	6,2
Nilai Minimum	41,43	78,57
Nilai Maksimum	90,00	100,00
Uji Normalitas Shapiro-Wilk (Sig.)	0,026	0,001
Interpretasi	Tidak Normal	Tidak Normal
Uji Homogenitas Levene's Test (Sig.)	0,002	
Interpretasi	Tidak Homogen	
Uji Hipotesis <i>Wilcoxon Signed Rank Test</i> (Sig. 2-tailed)	0,000	
Interpretasi	Terdapat Perbedaan Signifikan	
Rata-rata N-Gain	0,764	
Interpretasi N-Gain	Tinggi	

Perbandingan capaian numerasi per komponen proses kognitif antara *pretest* dan *posttest* disajikan pada Gambar 1.



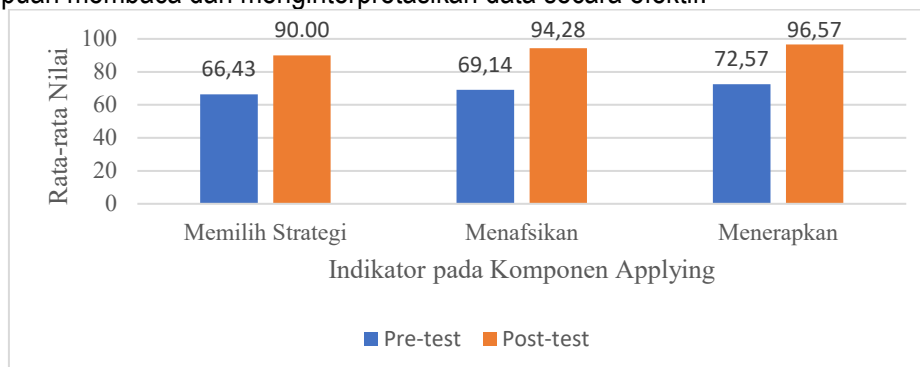
Gambar 1. Perbandingan *Pretest* dan *Posttest* per Komponen Proses Kognitif Numerasi

Gambar 1 mengungkap tiga pola temuan utama. Pertama, seluruh komponen mengalami peningkatan signifikan melampaui angka 90 setelah pembelajaran, menunjukkan bahwa CBL menggunakan E-LKPD efektif melatih ketiga tingkatan kognitif numerasi secara bersamaan. Kedua, peningkatan terbesar terjadi pada komponen *applying* (selisih 24,51 poin), yang justru merupakan komponen dengan capaian terendah saat *pretest*, mengindikasikan bahwa CBL secara khusus efektif meningkatkan kemampuan numerasi yang sebelumnya paling lemah. Ketiga, komponen *knowing* yang semula tertinggi saat *pretest* justru memiliki selisih peningkatan terkecil, mencerminkan efek ceiling pada kemampuan yang sudah relatif dikuasai. Pola ini konsisten dengan prediksi teoritis bahwa CBL paling berdampak pada kemampuan kognitif order tinggi. Rincian capaian per indikator pada masing-masing komponen disajikan pada Gambar 2, 3, dan 4.



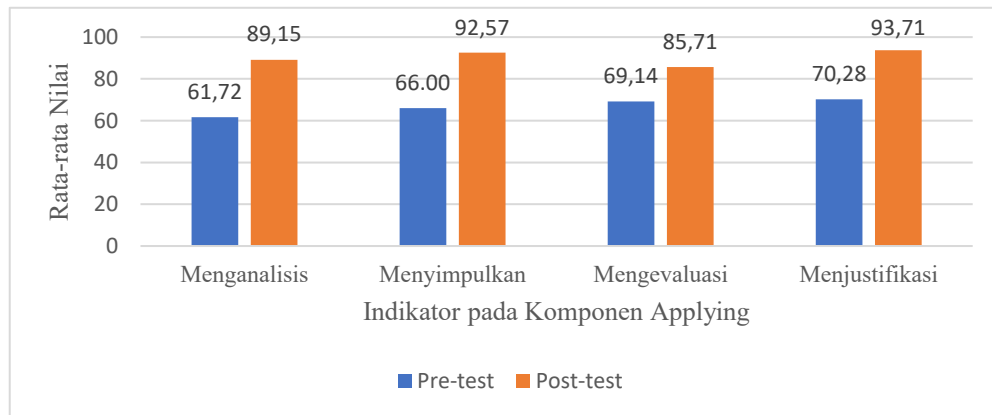
Gambar 2. Perbandingan *Pretest* dan *Posttest* Berdasarkan Indikator pada Komponen *Knowing*

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada komponen *knowing*, indikator mengidentifikasi yang semula paling lemah saat *pretest* justru mencatat peningkatan terbesar setelah pembelajaran, mengindikasikan bahwa penyajian data laboratorium yang kontekstual dalam E-LKPD berhasil melatih kemampuan membaca dan menginterpretasikan data secara efektif.



Gambar 3. Perbandingan *Pretest* dan *Posttest* Berdasarkan Indikator pada Komponen *Applying*

Gambar 3 mengungkap bahwa indikator memilih strategi pada komponen *applying*, yang mencatat gap terbesar antara *pretest* dan *posttest*, menunjukkan bahwa pembelajaran melalui kasus nyata dengan fitur verifikasi kalkulasi secara efektif mendorong siswa mengembangkan fleksibilitas prosedural numerasi.

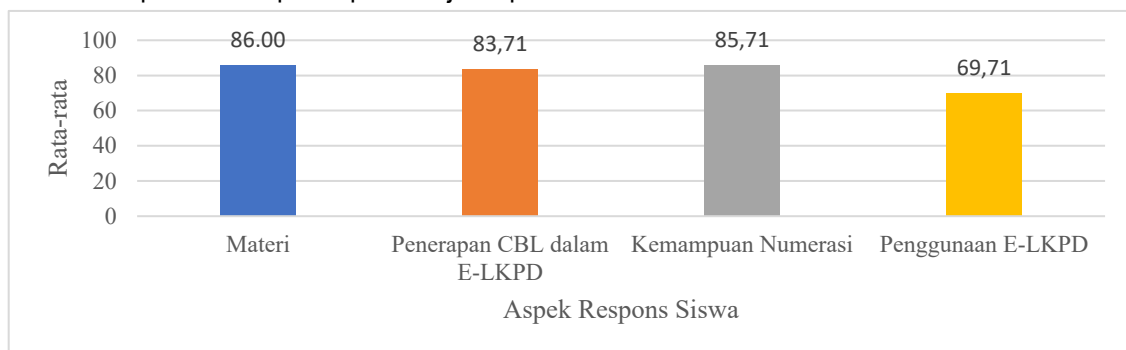


Gambar 4. Perbandingan *Pretest* dan *Posttest* Berdasarkan Indikator pada Komponen *Reasoning*

Gambar 4 menunjukkan bahwa komponen *reasoning* yang semula memperoleh rata-rata *pretest* terendah di antara ketiga komponen berhasil ditingkatkan ke atas angka 85 pada seluruh indikatornya. Temuan ini signifikan karena *reasoning* merupakan kemampuan kognitif tertinggi dalam kerangka numerasi AKM, dan peningkatannya menegaskan bahwa CBL menggunakan E-LKPD tidak hanya efektif untuk kemampuan dasar tetapi juga mampu memfasilitasi perkembangan penalaran analitis siswa.

Respons Siswa terhadap Penerapan *Case-Based Learning* Menggunakan E-LKPD

Respons siswa diukur menggunakan angket 20 pernyataan berskala Likert 1–4 yang mencakup empat aspek: materi, penerapan CBL dalam E-LKPD, kemampuan numerasi, dan penggunaan E-LKPD. Rata-rata respons positif siswa terhadap pembelajaran CBL menggunakan E-LKPD adalah 80,57 (kategori tinggi). Sebanyak 28 dari 35 siswa berada pada kategori tinggi atau sangat tinggi, dan tidak ada satu pun siswa yang berada pada kategori rendah maupun sangat rendah. Rata-rata respons siswa per aspek disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rata-rata Respons Siswa per Aspek

Berdasarkan Gambar 5, aspek materi memperoleh rata-rata tertinggi (86,00), diikuti aspek kemampuan numerasi (85,71), aspek penerapan CBL dalam E-LKPD (83,71), dan aspek penggunaan E-LKPD (69,71). Rendahnya rata-rata aspek penggunaan E-LKPD disebabkan oleh enam siswa yang tidak mengisi pernyataan terkait, sehingga skor mereka dihitung nol, bukan mencerminkan penilaian negatif terhadap kualitas E-LKPD.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Case-Based Learning* menggunakan E-LKPD mampu meningkatkan kemampuan numerasi siswa pada materi sistem imun secara nyata dan terukur. Hal ini dibuktikan melalui uji *Wilcoxon Signed Rank Test* yang menghasilkan nilai Sig. (2-tailed) = 0,000 < 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan numerasi siswa sebelum dan sesudah proses pembelajaran berlangsung. Selain itu, rata-rata N-Gain yang diperoleh sebesar 0,764 tergolong dalam kategori tinggi, yang mengindikasikan bahwa peningkatan tersebut tidak hanya bermakna dari sisi statistik, melainkan juga memiliki dampak yang berarti secara substansial.

Keberhasilan ini tidak terlepas dari pelaksanaan tahapan sintaks CBL yang berjalan secara optimal di dalam kelas. Sebanyak 15 kegiatan yang mencakup ketujuh sintaks CBL menunjukkan rata-rata skor jawaban siswa sebesar 88,87 yang masuk dalam kategori sangat tinggi. Angka tersebut mencerminkan keterlibatan siswa yang aktif dan menyeluruh dalam setiap tahapan pembelajaran, sehingga seluruh komponen numerasi AKM, mulai dari *knowing*, *applying*, hingga *reasoning*, dapat dilatihkan secara efektif dan merata kepada seluruh siswa.

Peningkatan kemampuan numerasi yang signifikan ini dapat dijelaskan melalui mekanisme pedagogis CBL yang secara sistematis melatih ketiga komponen AKM. Pada dimensi *knowing*, penyajian data laboratorium (eosinofil dan IgE) dalam tabel kontekstual E-LKPD mendorong siswa mengidentifikasi, membaca, dan mengelompokkan data secara akurat dalam konteks klinis yang autentik. Fitur "Cek Perhitungan" dalam E-LKPD memberikan umpan balik formatif instan yang mendorong siswa mengoreksi proses berpikirnya secara mandiri tanpa mengurangi keterlibatan kognitif, sebuah prinsip yang selaras dengan teori multimedia learning (Mayer, 2009). Pada dimensi *applying*, kasus klinis yang bertingkat kompleksitas mendorong siswa menghitung selisih dan persentase perubahan nilai laboratorium, menerapkan kriteria risiko, dan memilih strategi perhitungan yang tepat, ketiga proses yang secara langsung melatih komponen *applying* numerasi AKM. CBL mendorong siswa mempertimbangkan berbagai pendekatan sebelum memutuskan strategi terbaik (Srinivasan et al., 2007), sehingga indikator memilih strategi yang semula paling lemah justru mencatat peningkatan terbesar. Pada dimensi *reasoning*, sintaks presentasi dan refleksi menjadi kunci: siswa diminta menjustifikasi pilihan strategi di hadapan kelompok lain dan mensintesis seluruh temuan ke dalam kesimpulan kohesif yang menghubungkan data, mekanisme biologis, dan implikasi klinis. Interaksi sosial bermakna dalam sesi presentasi ini membangun pengetahuan melalui negosiasi argumentasi (Kim et al., 2019), yang menjelaskan mengapa komponen *reasoning* mengalami peningkatan paling dramatis meski semula terendah. Puspitasari et al. (2024) menegaskan bahwa E-LKPD interaktif berbasis kasus mampu meningkatkan keterlibatan siswa bahkan dalam tugas berorder tinggi, dan CBL paling efektif ketika siswa memiliki scaffolding struktural yang memadai untuk mengerjakan kasus kompleks secara mandiri (Aulia et al., 2023).

Komponen *knowing* memperoleh rata-rata *pretest* tertinggi di antara ketiga komponen, namun selisih peningkatannya paling kecil. Kondisi ini bukan indikasi kegagalan CBL, melainkan cerminan bahwa indikator *knowing* sudah paling banyak dilatih dalam berbagai model pembelajaran sebelumnya sehingga kemampuan awal siswa sudah relatif lebih tinggi (Nuraeni et al., 2015). Sebaliknya, komponen *applying* dan *reasoning* yang semula paling defisit justru mengalami peningkatan terbesar. Hal ini mengindikasikan bahwa CBL menggunakan E-LKPD secara khusus efektif mengangkat kemampuan yang sebelumnya paling rendah (Aulia et al., 2023). Thistlethwaite et al. (2012) memperkuat hal ini dengan menyatakan bahwa CBL yang dirancang dengan baik mampu memfasilitasi perkembangan kognitif siswa dari level *knowing* hingga *reasoning* secara bertahap dan sistematis (Faritzah et al., 2025).

Respons positif siswa dengan rata-rata 80,57 (kategori tinggi) mengonfirmasi bahwa pembelajaran CBL menggunakan E-LKPD diterima dengan baik. Respons positif ini penting karena menunjukkan bahwa siswa tidak hanya mengalami peningkatan kemampuan numerasi secara objektif, tetapi juga merasakan manfaat dan ketertarikan terhadap metode pembelajaran yang

diterapkan. Aspek materi memperoleh respons tertinggi (86,00), menunjukkan bahwa pemilihan konteks alergi sebagai kasus utama berhasil membuat materi sistem imun terasa relevan dan mudah dipahami oleh siswa (Herreid, 1994; Lestari et al., 2022). Hambatan yang dilaporkan sebagian besar bersifat teknis, yaitu kestabilan koneksi internet saat seluruh siswa mengakses *hyperlink* secara bersamaan, yang tecermin pada aspek penggunaan E-LKPD yang memperoleh rata-rata terendah (69,71). Otonomi belajar dalam sintaks mencari literatur merupakan komponen fundamental yang mendorong keterlibatan siswa secara aktif dan mandiri (Kasmini et al., 2023; Suryaningsih & Nurlita, 2021).

Secara keseluruhan, pola capaian di seluruh 15 kegiatan E-LKPD memperlihatkan bahwa CBL menggunakan E-LKPD efektif memfasilitasi seluruh komponen numerasi AKM secara terintegrasi (Fauzi & Fadilah, 2024; Nuraeni et al., 2015). Nilai tertinggi pada latihan refleksi (91,4) dan nilai terendah pada latihan alternatif penyelesaian (85,7) keduanya tetap berada di kategori sangat tinggi (Arikunto, 2015). Temuan ini selaras dengan (Aulia et al., 2023). Thistlethwaite et al. (2012) yang menegaskan bahwa CBL yang dirancang dengan baik secara konsisten meningkatkan keterampilan analitis dan kognitif siswa dari level knowing hingga reasoning. Rahmi et al. (2022) juga menegaskan bahwa penggunaan metode berbasis kasus mampu meningkatkan keterlibatan siswa secara signifikan dalam pembelajaran biologi. Integrasi E-LKPD dengan perangkat digital terbukti efektif mendukung pemahaman siswa dalam pembelajaran sains (Ismail et al., 2018; Puspitasari et al., 2024).

Meskipun temuan di atas menunjukkan hasil yang konsisten, penelitian ini tetap memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan dalam menginterpretasikan temuan. Pertama, desain pre-experimental dengan one-group pretest-posttest yang digunakan tidak menyertakan kelompok kontrol, sehingga tidak memungkinkan perbandingan langsung antara kelompok yang mendapatkan perlakuan CBL menggunakan E-LKPD dengan kelompok yang menggunakan metode konvensional. Akibatnya, peningkatan kemampuan numerasi yang terukur tidak dapat sepenuhnya dikaitkan hanya dengan perlakuan CBL, karena faktor eksternal seperti kematangan siswa, pengalaman belajar sebelumnya, atau efek testing tidak dapat dikontrol sepenuhnya. Dengan demikian, klaim efektivitas dalam penelitian ini bersifat terbatas pada lingkup desain yang digunakan dan tidak dapat digeneralisasikan secara luas. Kedua, sampel penelitian berjumlah 35 siswa dari satu kelas di satu sekolah yang dipilih menggunakan convenience sampling, sehingga representativitas populasi siswa SMA secara umum masih terbatas. Ketiga, transfer kemampuan numerasi diukur menggunakan konteks kasus HIV/AIDS yang berbeda dari konteks pembelajaran (alergi), namun transfer ini hanya diuji melalui satu instrumen posttest tanpa tindak lanjut retensi jangka panjang. Penelitian lanjutan dengan desain quasi-experimental yang memiliki kelompok kontrol dan sampel yang lebih representatif sangat disarankan untuk memperkuat validitas kesimpulan mengenai efektivitas CBL berbantuan E-LKPD dalam meningkatkan kemampuan numerasi siswa.

KESIMPULAN

Penerapan *Case-Based Learning* menggunakan E-LKPD terbukti dapat diterapkan dengan baik dalam pembelajaran biologi pada materi sistem imun dan secara signifikan meningkatkan kemampuan numerasi siswa. Keterlaksanaan pembelajaran berlangsung sangat baik selama tiga pertemuan dengan rata-rata aktivitas guru 96,11% dan siswa 93,98%, mencapai 100% pada pertemuan ketiga. Seluruh 15 kegiatan E-LKPD yang selaras dengan tujuh sintaks CBL menghasilkan rata-rata nilai siswa 88,87 (kategori sangat tinggi). Kemampuan numerasi siswa meningkat secara signifikan dengan rata-rata *posttest* 92,82 melampaui *pretest* 68,53, N-Gain rata-rata 0,764 (kategori tinggi), dan nilai Sig. (2-tailed) Wilcoxon $0,000 < 0,05$. Peningkatan terbesar terjadi pada komponen *applying* (selisih 24,51 poin) dan *reasoning*. Siswa memberikan respons positif dengan rata-rata skor 80,57 (kategori tinggi), dengan 28 dari 35 siswa berada pada kategori tinggi atau sangat tinggi tanpa satu pun siswa memberikan respons negatif.

REKOMENDASI

Bagi guru, penerapan *Case-Based Learning* menggunakan E-LKPD dapat dijadikan alternatif model pembelajaran untuk melatih kemampuan numerasi siswa, khususnya pada materi biologi yang kaya data kuantitatif. Guru disarankan memastikan kesiapan jaringan internet sebelum pembelajaran dan mendorong siswa mengunduh sumber literatur terlebih dahulu sebagai antisipasi ketidakstabilan koneksi. Bagi peneliti selanjutnya, penelitian lanjutan dengan desain *quasi-experimental* dan sampel yang lebih luas disarankan untuk memperkuat generalisasi temuan. Penerapan CBL menggunakan E-LKPD juga berpotensi dikaji pada materi biologi lain yang kaya data kuantitatif seperti metabolisme, ekologi, atau genetika. Bagi sekolah, perlu adanya peningkatan kapasitas jaringan internet di ruang kelas agar implementasi E-LKPD berbasis digital dapat berlangsung optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada pihak sekolah, guru biologi, dan seluruh siswa kelas XI yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini, serta kepada dosen pembimbing dan validator yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyempurnaan E-LKPD dan instrumen penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2015). Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik. In *PT Rineka Cipta*.
- Arsiah, Z., Perwitasari, F., Lismayanti, S., Lestari, S. P., Muhammaditya, N., Kardiawarman, Y., Setyoningrum, W., & Pasaribu, E. (2024). *Profil Satuan Pendidikan dengan Capaian AKM Tinggi pada Jenjang SMA/SMK/MA/Sederajat*. Pusat Asesmen Pendidikan, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Aulia, R., Wahono, R. S., & Suprpto, N. (2023). Case-Based Learning in Science Education: A Systematic Literature Review. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 7(2), 78–94. <https://doi.org/10.36312/esaintika.v7i2.1137>
- Darwin, E., Elvira, D., & Elfi, E. F. (2021). *Imunologi dan Infeksi*. Andalas University Press.
- Faritzah, C., Nuraeni, E., Amprasto, A., & Supriatno, B. (2025). Integrating vlogs into case-based learning: A literature review of innovative biology education for environmental literacy and numeracy. *Assimilation: Indonesian Journal of Biology Education*, 8(3), 351–362. <https://ejournal.upi.edu/index.php/asimilasi/article/view/87264>
- Fauzi, A., & Fadilah, M. (2024). Literatur Review: Implementasi Literasi Numerasi Pada Pembelajaran Biologi di SMA. *Biodik*, 10(2), 132–137. <https://doi.org/10.22437/biodik.v10i2.33802>
- Geiger, V., Goos, M., & Forgasz, H. (2015). A rich interpretation of numeracy for the 21st century: A survey of the state of the field. *ZDM Mathematics Education*, 47(4), 531–548. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0708-1>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://pubs.aip.org/aapt/ajp/article-abstract/66/1/64/1055076/Interactive-engagement-versus-traditional-methods>
- Herreid, C. F. (1994). Case Studies in Science--A Novel Method of Science Education. *Journal of College Science Teaching*, 23(4), 221–229. <http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/recordDetail?accno=EJ487069%5Cnpapers3://publication/uuid/FA6C65F9-D3EE-474B-845F-2D7C9496B1D7>
- Ismail, M. ., Utami, P., Hamzah, N., Kamis, A., & Ahmad, M. . (2018). Measuring students' comprehension using electronic student worksheet in technical and vocational education. *Journal of Technical Education and Training*, 10(2), 78–85. <https://doi.org/10.30880/jtet.2018.10.02.008>

- Kasmini, L., Mardhatillah, Munandar, H., & Mukhroji. (2023). the Development of E-Lkpd (Student Worksheet) in Science Learning in Grade V At Siem Primary School. *Visipena*, 13(2), 114–129. <https://doi.org/10.46244/visipena.v13i2.2173>
- Kemendikbud. (2020). *Desain Pengembangan Soal Asesmen Kompetensi Minimum*. Jakarta: Pusat Asesmen dan Pembelajaran.
- Kemendikbudristek. (2021). *Kerangka literasi numerasi dalam Asesmen Kompetensi Minimum*. Pusat Asesmen dan Pembelajaran, Badan Penelitian dan Pengembangan dan Perbukuan.
- Kim, S., Raza, M., & Seidman, E. (2019). Improving 21st-century teaching skills: The key to effective 21st-century learners. *Research in Comparative and International Education*, 14(1), 99–117. <https://doi.org/10.1177/1745499919829214>
- Lestari, I., Prasetyo, Z. K., & Widowati, A. (2022). Pengaruh model pembelajaran Case Based Learning terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa pada pembelajaran IPA SMP. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(1), 88–89. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i1.22915>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning*(2nd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Nuraeni, E., Redjeki, S., Riandi, R., & Rahmat, A. (2015). Perkembangan literasi kuantitatif mahasiswa biologi dalam perkuliahan anatomi tumbuhan berbasis dimensi belajar. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 21(2), 127–135. <https://doi.org/10.17977/jip.v21i2.5836>
- OECD. (2022). *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Global Competence*.
- Pallant, J. (2016). *SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using IBM SPSS (6th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Pratiwi, S. N., & Aminah, N. S. (2019). Pembelajaran IPA abad 21 dengan literasi sains siswa. *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika*, 9(1), 34–42. <https://doi.org/10.20961/jmpf.v9i1.35640>
- Purnamasari, A. (2020). *Sistem Pertahanan Tubuh Biologi-Kelas XI*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah Direktorat Sekolah Menengah Atas.
- Pusmenjar. (2020). *Desain pengembangan soal asesmen kompetensi minimum*. Pusat Asesmen dan Pembelajaran, Badan Penelitian Pengembangan dan Perbukuan, Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Puspitasari, S., Anwar, L., & Sa'dijah, C. (2024). Investigating Numeracy Skills: How Students Handle Data Representation Challenges. *Prisma*, 13(2), 303. <https://doi.org/10.35194/jp.v13i2.4161>
- Rahmi, Y. L., Yuniarti, E., Darussyamsu, R., & Fitri, R. (2022). Peningkatan Pengetahuan Guru IPA dan Biologi tentang Metode Pembelajaran Case method terintegrasi Pandemi COVID-19. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Biologi Dan Sains*, 1(2), 1–6. <https://doi.org/10.30998/jpmbio.v1i2.1030>
- Rustaman, N. Y. (2017). Pembelajaran sains masa depan berbasis STEM Education. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Biologi*, 1–16.
- Sari, D. P., & Afriansyah, E. A. (2020). Kemampuan numerasi siswa sekolah menengah pertama. *Jurnal Elemen*, 6(2), 189–200. <https://doi.org/10.29408/jel.v6i2.2010>
- Srinivasan, M., Wilkes, M., Stevenson, F., Nguyen, T., & Slavin, S. (2007). Comparing problem-based learning with case-based learning: Effects of a major curricular shift at two institutions. *Academic Medicine*, 82(1), 74–82. <https://doi.org/10.1097/01.ACM.0000249963.93776.aa>
- Sugiyono. (2013). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*.

- Suryaningsih, S., & Nurlita, R. (2021). Pentingnya Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Inovatif dalam Proses Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 2(7), 1256–1268. <https://doi.org/10.36418/japendi.v2i7.233>
- Thistlethwaite, J. E., Davies, D., Ekeocha, S., Kidd, J. M., MacDougall, C., Matthews, P., Purkis, J., & Clay, D. (2012). The effectiveness of case-based learning in health professional education. A BEME systematic review: BEME Guide No. 23. *Medical Teacher*, 34(6), 142–159. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2012.680939>
- Tout, D., & Gal, I. (2015). Perspectives on numeracy: Reflections from international assessments. *ZDM Mathematics Education*, 47(5), 691–706.
- Widiyaningsih, B., Digital, B., & Aji, P. S. (2024). Pengembangan E-Lkpd Sebagai Media Peningkatan Kemampuan Belajar Matematika Peserta Didik. *Jurnal Ekonomi dan Teknik Informatika*, 12(2), 42–50. <https://doi.org/10.37601/jneti.v12i2.291>
- Williams, B. (2004). Case based learning: A review of the literature. *Emergency Medicine Journal*, 21(5), 595–598.