Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan
Volume 11, Nomor 4, November 2026
ISSN (Print): 2502-7069; ISSN (*Online*): 2620-8326

Critical Thinking and Problem-Solving Skills in Plant Growth and Development at Cinta Rakyat 3 Private Junior High School, Pematangsiantar

Christin Ruth D. Sipahutar*, Winarto Silaban, Gunaria Siagian
Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Pematangsiantar, Sumatera Utara, Indonesia.
*Corresponding author: ruthchristin905@gmail.com

Article History
Received : October 13th, 2026
Revised : October 26th, 2026
Accepted : November 02th, 2026

Abstract: Critical thinking and problem-solving skills are essential for understanding biological processes and developing scientific reasoning. This study aimed to analyze these skills among ninth-grade students studying plant growth and development at Cinta Rakyat 3 Private Junior High School, Pematangsiantar, Indonesia. A descriptive cross-sectional design was employed involving 96 students from three classes, with 32 students per class. Data were collected using essay-based assessments and analyzed through descriptive statistics and indicator-level comparisons. Of the 20 initial assessment items, 10 were classified as valid, while the initial instrument demonstrated a Cronbach's alpha of 0.830. Mean critical thinking scores were 86.67, 76.67, and 75.05 for classes IX-A, IX-B, and IX-C, respectively. Corresponding problem-solving scores were 87.19, 74.45, and 82.81. Indicator-level analysis revealed variations in critical thinking performance across classes. Problem comprehension consistently achieved the highest scores, whereas planning and implementing solutions showed relatively lower performance. These findings highlight differences in students' cognitive skills and the importance of targeted instructional support. Further assessment is needed to strengthen instrument reliability and evaluate instructional effectiveness.

Keywords: critical thinking, junior high school, plant growth and development, problem-solving skills, science education.

PENDAHULUAN

Pembelajaran ilmu pengetahuan alam (IPA) pada jenjang sekolah menengah pertama perlu mengembangkan kemampuan siswa untuk menilai bukti, membangun argumen, dan mengambil keputusan, bukan sekadar mengingat fakta. Berpikir kritis mencakup interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, serta penjelasan yang dapat dipertanggungjawabkan; keterampilan tersebut berkembang lebih baik ketika diajarkan secara eksplisit dan dikaitkan dengan isi pelajaran (Abrami et al., 2015; Tiruneh et al., 2016). Dalam pendidikan sains, pemahaman konsep, penalaran berbasis bukti, dan partisipasi dalam diskursus ilmiah merupakan tujuan yang saling melengkapi (Duschl, 2008; Osborne, 2010). Aktivitas argumentasi memungkinkan siswa menguji hubungan antara klaim, data, dan alasan, sedangkan refleksi metakognitif membantu mereka memeriksa kembali cara berpikirnya (Kuhn, 2010; Schraw et al., 2006). Penelitian pendidikan biologi juga menunjukkan bahwa latihan argumentasi yang terintegrasi dengan materi dapat memperkuat penguasaan konsep sekaligus kualitas penalaran siswa (Zohar & Nemet, 2002).

Kemampuan pemecahan masalah berkaitan dengan berpikir kritis, tetapi keduanya tidak identik: siswa perlu memahami persoalan, merancang strategi, menjalankan langkah penyelesaian, dan menilai kesesuaian hasil. Kajian pembelajaran berbasis masalah menekankan pentingnya penggunaan pengetahuan secara fleksibel dan refleksi terhadap strategi yang dipilih (Hmelo-Silver, 2004), sementara meta-analisis menunjukkan manfaat pendekatan tersebut terhadap keterampilan, dengan hasil yang bergantung pada konteks dan rancangan pembelajaran (Dochy et al., 2003; Erdem, 2024). Pada pendidikan sains, kegiatan inkuiri yang disertai bimbingan guru juga berhubungan dengan peningkatan hasil belajar dan kualitas proses berpikir (Furtak et al., 2012; Lazonder & Harmsen, 2016). Namun, pencapaian keseluruhan belum tentu mencerminkan penguasaan pada setiap komponen berpikir kritis. Oleh sebab itu, penilaian berbasis indikator

diperlukan untuk mengidentifikasi variasi kemampuan antarsiswa dan kelemahan spesifik yang memerlukan tindak lanjut pembelajaran (Tiruneh et al., 2018; Rattanachaithada et al., 2025; Hu & Bi, 2025).

Materi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan merupakan konteks yang relevan untuk mengukur kedua kemampuan tersebut karena siswa harus mengaitkan perubahan morfologis dengan proses fisiologis, faktor internal, serta kondisi lingkungan. Berbagai penelitian memperlihatkan bahwa konsep tentang nutrisi, fotosintesis, dan respirasi tumbuhan dapat menimbulkan pemahaman alternatif yang bertahan setelah pembelajaran (Özay & Öztaş, 2003; Marmaroti & Galanopoulou, 2006; Svandova, 2014). Kesulitan juga muncul ketika siswa diminta menelusuri aliran materi dan energi, menggunakan prinsip biologi untuk menjelaskan fenomena, atau menilai kebenaran penjelasan ilmiah (Parker et al., 2012; Messig & Groß, 2018). Tinjauan mengenai miskonsepsi tumbuhan memperkuat pentingnya identifikasi pola penalaran, bukan hanya ketepatan jawaban akhir (Wynn et al., 2017), sedangkan asesmen diagnostik memungkinkan pendidik membedakan bentuk kesalahpahaman siswa (Wind & Gale, 2015). Berdasarkan observasi dan wawancara awal dengan guru IPA di SMP Swasta Cinta Rakyat 3 Pematangsiantar, pembelajaran dilaporkan masih bertumpu pada buku, pemanfaatan media belum optimal, dan sejumlah siswa mengalami kesulitan menganalisis informasi terkait materi tersebut.

Meskipun penelitian terdahulu telah mengkaji berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kesulitan konsep biologi secara terpisah, diperlukan pemetaan yang lebih terarah terhadap kedua kemampuan pada materi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan dalam konteks kelas IX. Kesenjangan yang ingin dijawab bukan sekadar perbedaan capaian rata-rata, melainkan informasi diagnostik mengenai indikator mana yang relatif kuat atau lemah serta bagaimana siswa menempuh tahapan penyelesaian masalah. Dalam penelitian ini, berpikir kritis dianalisis melalui indikator yang tercantum dalam instrumen penelitian, sedangkan pemecahan masalah ditelaah berdasarkan tahapan memahami masalah, menyusun rencana, melaksanakan penyelesaian, dan mengevaluasi hasil. Penelitian bertujuan mendeskripsikan profil kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa kelas IX SMP Swasta Cinta Rakyat 3 Pematangsiantar pada materi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Hasilnya diharapkan menyediakan dasar empiris untuk merancang umpan balik, perbaikan asesmen, dan pembelajaran IPA yang lebih sesuai dengan kebutuhan siswa.

METODE

Desain dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif observasional dengan pendekatan kuantitatif yang didukung penelaahan kualitatif terhadap jawaban siswa. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengidentifikasi kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah berdasarkan skor tes, sedangkan penelaahan kualitatif digunakan untuk menjelaskan karakteristik penalaran siswa dalam menyelesaikan persoalan. Penelitian menggunakan rancangan potong lintang (*cross-sectional*) karena pengukuran dilakukan pada satu periode pengumpulan data tanpa intervensi pembelajaran atau pengukuran berulang (Levin, 2006; Setia, 2016). Analisis difokuskan pada capaian skor keseluruhan, penguasaan setiap indikator, distribusi kategori kemampuan, dan karakteristik jawaban siswa. Desain ini memungkinkan identifikasi variasi kemampuan pada kelompok yang diteliti, tetapi tidak digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai hubungan sebab-akibat atau efektivitas perlakuan tertentu.

Lokasi, Waktu, dan Subjek Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada 22 September–10 Oktober 2026 di SMP Swasta Cinta Rakyat 3 Pematangsiantar, Jalan Kain Batik, Kecamatan Siantar Utara, Kota Pematangsiantar, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Populasi penelitian mencakup seluruh siswa kelas IX tahun ajaran 2026/2027 yang berjumlah 160 siswa dan tersebar dalam lima kelas. Berdasarkan laporan pelaksanaan penelitian, sebanyak 96 siswa dari tiga kelas, yaitu IX-A, IX-B, dan IX-C, terlibat dalam pengukuran kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Distribusi populasi dan jumlah siswa yang dianalisis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi populasi dan subjek penelitian berdasarkan kelas

Kelas	Populasi (siswa)	Subjek penelitian (siswa)
IX-A	32	32
IX-B	32	32
IX-C	32	32
IX-D	32	0
IX-E	32	0
Total	**160**	**96**

*Sumber: Data sekolah dan laporan pelaksanaan penelitian, 2026.

Tabel 1, penelitian melibatkan 60% dari total populasi siswa kelas IX, dengan distribusi responden yang seimbang pada ketiga kelas yang dianalisis. Setiap kelas menyumbang 32 siswa atau sepertiga dari keseluruhan sampel. Unit analisis utama adalah individu siswa, sedangkan pengelompokan berdasarkan kelas digunakan untuk menggambarkan variasi kemampuan antarkelompok. Mekanisme pemilihan tiga kelas belum dijelaskan secara konsisten dalam naskah sumber sehingga tidak dapat dipastikan apakah pemilihan dilakukan secara acak atau berdasarkan pertimbangan tertentu. Oleh karena itu, interpretasi hasil dibatasi pada kelompok siswa yang berpartisipasi.

Instrumen dan Indikator Penelitian

Instrumen penelitian terdiri atas tes uraian (*essay-based assessment*), lembar observasi, kuesioner pengamat, dan dokumentasi. Tes uraian menjadi instrumen utama pengukuran kemampuan siswa karena memungkinkan penilaian terhadap pemahaman konsep, penggunaan informasi, ketepatan alasan, serta langkah penyelesaian masalah. Pengembangan instrumen memerlukan keterkaitan yang jelas antara konstruk yang diukur, indikator, butir pertanyaan, dan prosedur pemberian skor agar hasil pengukuran dapat ditafsirkan secara tepat (Artino et al., 2014; Boateng et al., 2018). Instrumen tes awal terdiri atas 20 soal uraian yang berkaitan dengan pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Kemampuan berpikir kritis dianalisis melalui enam indikator yang dilaporkan dengan kode BK1–BK6, sedangkan pemecahan masalah dianalisis melalui empat tahapan berkode PM1–PM4. Selain instrumen tes, penelitian menggunakan kuesioner pengamat untuk memperoleh informasi pendukung mengenai kemampuan yang muncul selama pembelajaran. Kisi-kisi kuesioner tersebut mencakup lima aspek berpikir kritis dan empat aspek pemecahan masalah, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kisi-kisi instrumen kuesioner pengamat berdasarkan aspek berpikir kritis dan pemecahan masalah

Variabel	Aspek yang diamati	Nomor butir	Jumlah
Berpikir kritis	Memberikan penjelasan sederhana	1, 2, 3, 8	4
	Menganalisis informasi	4, 5, 9, 10, 14	5
	Memberikan alasan	6, 11, 15	3
	Menarik kesimpulan	7, 12, 16	3
	Mengevaluasi	13, 17, 18, 19, 20	5
Total berpikir kritis			20
Pemecahan masalah	Memahami masalah	1, 2	2
	Menyusun rencana	3, 4	2
	Melaksanakan penyelesaian	5, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 16	8
	Mengevaluasi hasil	9, 10, 12, 15, 17, 18, 19, 20	8
Total pemecahan masalah			20

*Sumber: Kisi-kisi angket pada naskah penelitian, 2026. Nomor butir berlaku secara terpisah untuk masing-masing variabel.

Tabel 2, instrumen kuesioner pengamat mengalokasikan jumlah butir yang berbeda pada setiap aspek kemampuan. Pada variabel berpikir kritis, aspek menganalisis informasi dan mengevaluasi memiliki jumlah butir terbanyak, sedangkan pada variabel pemecahan masalah, butir lebih banyak dialokasikan untuk pelaksanaan penyelesaian dan evaluasi hasil. Perbedaan alokasi tersebut perlu diperhatikan saat menginterpretasikan skor tiap aspek agar indikator dengan jumlah butir lebih banyak tidak otomatis memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap hasil keseluruhan.

Kisi-kisi pada Tabel 2 secara khusus menggambarkan kuesioner pengamat dan tidak dapat langsung digunakan sebagai pemetaan butir

tes uraian. Hal ini penting karena hasil penelitian menggunakan enam indikator berpikir kritis, sedangkan kisi-kisi kuesioner memuat lima aspek. Keterkaitan antara butir tes yang dipertahankan dan masing-masing indikator BK1–BK6 serta PM1–PM4 masih perlu dipastikan dari perangkat instrumen asli. Penilaian jawaban uraian juga perlu didukung rubrik yang menjelaskan kriteria skor secara konsisten (Jonsson & Svingby, 2007; Panadero & Jonsson, 2013).

Metode atau Pendekatan yang Digunakan

Kegiatan dilaksanakan menggunakan pendekatan edukatif-partisipatif yang mengintegrasikan penyampaian materi, diskusi interaktif, dan demonstrasi praktik. Pendekatan partisipatif menempatkan masyarakat sebagai subjek kegiatan yang dilibatkan dalam proses pembelajaran dan pemecahan permasalahan lingkungan. Prinsip tersebut sejalan dengan Chambers (1994), yang menekankan pentingnya keterlibatan masyarakat dalam memahami kondisi serta menentukan tindakan berdasarkan kebutuhan lokal. Proses pembelajaran juga mengadopsi prinsip andragogi yang menyesuaikan penyampaian materi dengan pengalaman dan kebutuhan belajar orang dewasa (Knowles et al., 2015). Penggunaan demonstrasi didasarkan pada konsep experiential learning yang menekankan pembentukan pemahaman melalui pengalaman langsung dan refleksi terhadap praktik (Kolb, 2015). Pendekatan ini dipilih untuk mempermudah peserta memahami prosedur pembuatan POC serta memberikan pengalaman praktis dalam memanfaatkan limbah dapur yang tersedia di lingkungan rumah tangga.

Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Pengujian instrumen dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian butir soal dengan konstruk yang diukur dan konsistensi hasil pengukuran. Validitas dipahami sebagai dukungan bukti terhadap interpretasi skor sesuai dengan tujuan penggunaannya (Downing, 2003; Cook & Beckman, 2006). Evaluasi validitas isi juga memerlukan perhatian terhadap relevansi setiap butir dan keterwakilan indikator dalam instrumen (Polit et al., 2007). Analisis validitas yang dilaporkan dalam penelitian menggunakan IBM SPSS Statistics versi 25 terhadap 20 butir soal uraian. Sebanyak 10 butir, yaitu nomor 2, 5, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, dan 17, dinyatakan valid, sedangkan 10 butir lainnya dinyatakan tidak valid. Namun, jenis pengujian, koefisien validitas setiap butir, dan kriteria pengambilan keputusan belum dilaporkan secara lengkap.

Reliabilitas instrumen diuji menggunakan koefisien Cronbach's alpha untuk mengevaluasi konsistensi internal skor (Cronbach, 1951; Tavakol & Dennick, 2011). Hasil pengolahan awal menunjukkan koefisien $\alpha = 0{,}830$ berdasarkan 20 butir yang diuji. Koefisien tersebut menggambarkan konsistensi internal perangkat awal, tetapi tidak secara langsung menunjukkan reliabilitas 10 butir yang dinyatakan valid. Interpretasi reliabilitas juga harus mempertimbangkan jumlah butir, struktur konstruk, dan asumsi pengukuran (Sijtsma, 2009; Dunn et al., 2014). Dengan demikian, pelaporan reliabilitas instrumen akhir memerlukan pengujian kembali terhadap perangkat yang benar-benar digunakan dalam pengambilan data.

Prosedur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi pembelajaran, pemberian tes uraian, pengisian kuesioner pengamat, dan dokumentasi. Observasi diarahkan untuk mencatat partisipasi siswa, respons terhadap pertanyaan, serta aktivitas yang memperlihatkan proses berpikir selama pembelajaran IPA. Tes uraian digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kemampuan siswa dalam memahami materi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan, menganalisis informasi, membangun alasan, dan menyelesaikan persoalan secara sistematis. Kuesioner diberikan kepada pengamat di kelas setelah kegiatan pembelajaran, sedangkan dokumentasi digunakan untuk mendukung pencatatan pelaksanaan penelitian. Data tes diperlakukan sebagai sumber utama pengukuran kemampuan, sementara hasil observasi, kuesioner, dan dokumentasi digunakan sebagai informasi pendukung. Pemisahan tersebut diperlukan agar informasi perilaku belajar tidak disamakan dengan skor kemampuan kognitif. Apabila penilaian menggunakan lebih dari satu pengamat, konsistensi hasil penilaian dapat dievaluasi melalui koefisien kesepakatan yang sesuai dengan karakteristik data (Koo & Li, 2016; McHugh, 2012). Namun, pengujian kesepakatan antarpenilai belum dilaporkan dalam naskah penelitian.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan menggunakan skor tes dan penelaahan jawaban siswa. Analisis kuantitatif mencakup rata-rata, standar deviasi, skor minimum, skor maksimum, serta persentase pencapaian setiap indikator. Persentase kemampuan dihitung dengan membandingkan skor yang diperoleh terhadap skor maksimum menggunakan persamaan:

$$\mathbf{P} = \left(\frac{F}{N}\right) \times 100\%$$

Keterangan:
P = persentase capaian kemampuan (%)
F = jumlah skor yang diperoleh
N = jumlah skor maksimum

Selanjutnya, persentase skor dikelompokkan ke dalam lima kategori kemampuan, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Batas interval mengikuti kriteria interpretasi yang digunakan dalam naskah penelitian. Untuk menghindari tumpang tindih kategori pada nilai batas, interval dioperasionalkan sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria interpretasi kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah

Persentase capaian	Kategori kemampuan
$0 \leq P < 43{,}75\%$	Sangat rendah
$43{,}75\% \leq P < 62{,}50\%$	Rendah
$62{,}50\% \leq P < 71{,}50\%$	Sedang
$71{,}50\% \leq P < 81{,}25\%$	Tinggi
$81{,}25\% \leq P \leq 100\%$	Sangat tinggi

Sumber: Kriteria interpretasi dalam naskah penelitian, dengan penyesuaian notasi batas interval agar tidak tumpang tindih.

Tabel 3, skor persentase digunakan untuk mengklasifikasikan capaian siswa secara konsisten pada kedua kemampuan yang diteliti. Klasifikasi tersebut bersifat deskriptif dan digunakan untuk menggambarkan distribusi tingkat kemampuan, bukan sebagai bukti perbedaan yang signifikan secara statistik. Hasil pengelompokan selanjutnya diringkas berdasarkan jumlah siswa, persentase setiap kategori, dan variasi capaian antarkelas.

Analisis kemampuan berpikir kritis dilakukan pada skor keseluruhan dan masing-masing indikator BK1–BK6, sedangkan kemampuan pemecahan masalah dianalisis berdasarkan skor keseluruhan dan tahapan PM1–PM4. Rata-rata dan standar deviasi dihitung pada setiap kelas untuk menggambarkan kecenderungan serta variasi hasil pengukuran. Perbandingan antarkelas dibatasi pada analisis deskriptif karena naskah penelitian belum melaporkan pengujian inferensial yang mendukung kesimpulan mengenai signifikansi perbedaan skor.

Penelaahan kualitatif terhadap jawaban siswa dilakukan dengan memperhatikan ketepatan konsep, relevansi alasan, penggunaan informasi, urutan penyelesaian, dan kesesuaian kesimpulan. Penelaahan dapat diarahkan berdasarkan kategori indikator yang telah ditentukan sehingga interpretasi jawaban tetap sesuai dengan kerangka penelitian (Hsieh & Shannon, 2005; Elo & Kyngäs, 2008). Pengorganisasian jawaban, pencatatan pola kesalahan, dan penyajian contoh yang relevan diperlukan untuk meningkatkan keterlacakan proses interpretasi (Braun & Clarke, 2006; Nowell et al., 2017). Temuan kualitatif digunakan untuk membantu menjelaskan variasi skor dan menunjukkan bagian penalaran siswa yang masih memerlukan penguatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Data Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 22 September–10 Oktober 2026 dengan melibatkan 96 siswa kelas IX di SMP Swasta Cinta Rakyat 3 Pematangsiantar. Responden berasal dari kelas IX-A, IX-B, dan IX-C yang masing-masing terdiri atas 32 siswa. Jumlah tersebut setara dengan 60% populasi kelas IX yang tercatat sebanyak 160 siswa. Pengukuran dilakukan menggunakan soal uraian mengenai materi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Hasil penelitian mencakup uji instrumen, skor berpikir kritis, dan skor pemecahan masalah yang dianalisis secara deskriptif berdasarkan kelas dan indikator.

Hasil Pengujian Instrumen

Pengujian validitas terhadap 20 butir soal menghasilkan 10 butir yang dinyatakan valid dan 10 butir yang dinyatakan tidak valid. Nomor butir dan hasil pengujian disajikan pada Tabel 4. Informasi yang tersedia belum menyebutkan koefisien validitas tiap butir, metode pengujian, maupun nilai pembanding yang digunakan.

Tabel 4. Ringkasan hasil validitas butir soal uraian

Kategori	Nomor butir	Jumlah
Valid	2, 5, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17	10
Tidak valid	1, 3, 4, 6, 7, 11, 15, 18, 19, 20	10
Total	—	20

Pengujian reliabilitas memberikan koefisien Cronbach's alpha sebesar 0,830 untuk 20 butir awal sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 5. Nilai tersebut menunjukkan konsistensi internal perangkat awal yang relatif tinggi, tetapi tidak dapat langsung dianggap sebagai estimasi reliabilitas 10 butir yang dipertahankan. Pengujian ulang pada perangkat akhir belum dilaporkan.

Tabel 5. Hasil pengujian reliabilitas instrumen awal

Ukuran reliabilitas	Nilai	Jumlah butir
Cronbach's alpha	0,830	20

Capaian Kemampuan Berpikir Kritis

Hasil pengukuran berpikir kritis menunjukkan bahwa kelas IX-A memperoleh rerata 86,67 dengan standar deviasi 7,54, diikuti IX-B sebesar 76,67 (SD = 13,54) dan IX-C sebesar 75,05 (SD = 14,21). Statistik lengkap tersaji pada Tabel 6. Selisih rerata terbesar terjadi antara IX-A dan IX-C sebesar 11,62 poin. Penyebaran skor IX-C merupakan yang paling lebar berdasarkan standar deviasi yang dilaporkan. Seluruh perbedaan tersebut bersifat deskriptif karena tidak tersedia hasil uji signifikansi atau ukuran efek antar kelas.

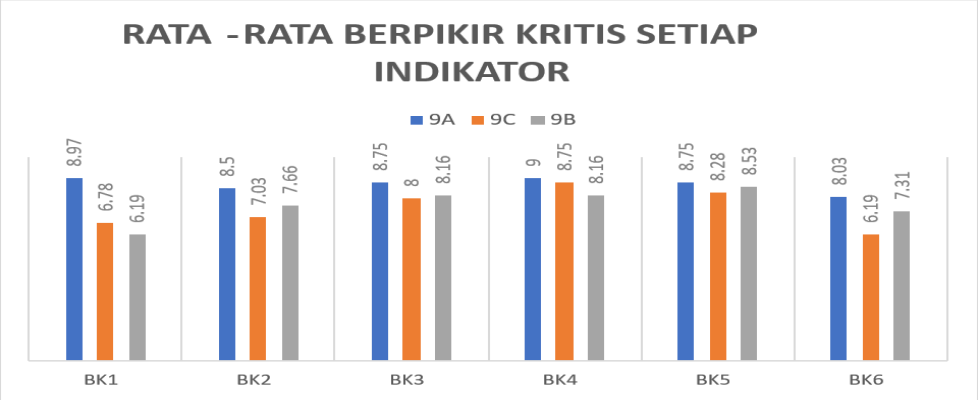
Tabel 6. Statistik deskriptif skor berpikir kritis menurut kelas

Kelas	n	Rerata	SD	Minimum	Maksimum
IX-A	32	86,67	7,54	63,33	98,33
IX-B	32	76,67	13,54	50,00	100,00
IX-C	32	75,05	14,21	36,67	93,33

Capaian enam indikator berpikir kritis memperlihatkan pola yang tidak seragam di antara ketiga kelas. Tabel 7 menampilkan rerata BK1–BK6 pada skala 0–10, sedangkan Gambar 1 memperlihatkan perbandingan visualnya berdasarkan grafik yang terdapat dalam naskah asli. Kelas IX-A dan IX-C mencapai skor tertinggi pada BK4 masing-masing 9,00 dan 8,75, tetapi keduanya juga memiliki capaian terendah pada BK6 sebesar 8,03 dan 6,19. Kelas IX-B mencapai skor tertinggi pada BK5 sebesar 8,53 dan terendah pada BK1 sebesar 6,19. Selisih BK4 dan BK6 di IX-C mencapai 2,56 poin, menunjukkan ketimpangan antaraspek di dalam kelas tersebut.

Tabel 7. Rerata skor setiap indikator berpikir kritis (skala 0–10)

Indikator	IX-A	IX-B	IX-C
BK1	8,97	6,19	6,78
BK2	8,50	7,66	7,03
BK3	8,75	8,16	8,00
BK4	9,00	8,16	8,75
BK5	8,75	8,53	8,28
BK6	8,03	7,31	6,19



Gambar 1. Rerata skor berpikir kritis pada enam indikator di kelas IX-A, IX-B, dan IX-C

Capaian Kemampuan Pemecahan Masalah

Skor pemecahan masalah kelas IX-A memiliki rerata 87,19 (SD = 11,50), disusul IX-C sebesar 82,81 (SD = 11,34) dan IX-B sebesar 74,45 (SD = 22,34). Tabel 8 menunjukkan bahwa standar deviasi IX-B hampir dua kali standar deviasi kedua kelas lainnya. Nilai minimum IX-B sebesar 25,00 juga merupakan nilai minimum terendah, sedangkan IX-A mencapai skor maksimum 100,00. Perbedaan tersebut menggambarkan variasi kemampuan pada waktu pengukuran, bukan peningkatan ataupun dampak perlakuan.

Tabel 8. Statistik deskriptif skor pemecahan masalah menurut kelas

Kelas	n	Rerata	SD	Minimum	Maksimum
IX-A	32	87,19	11,50	45,00	100,00
IX-B	32	74,45	22,34	25,00	95,00
IX-C	32	82,81	11,34	52,50	100,00

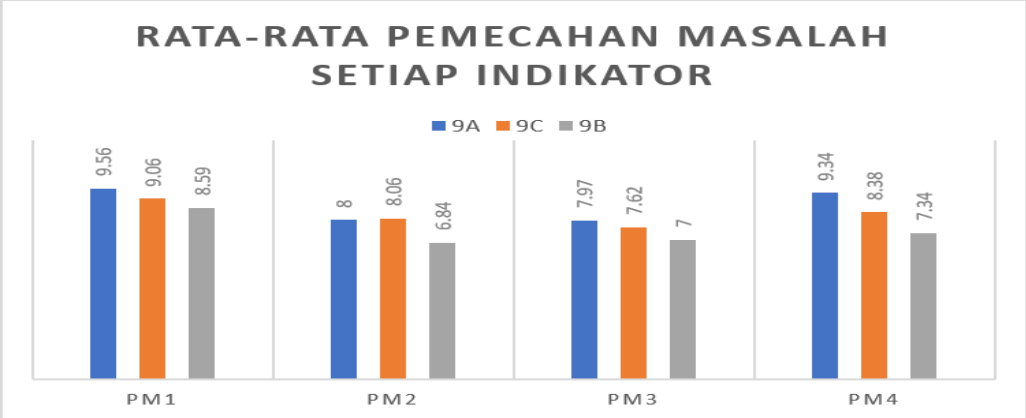
Sumber: hasil penelitian, 2026. Skor total pada skala 0–100.

Analisis empat tahapan pemecahan masalah memperlihatkan bahwa PM1 merupakan indikator dengan rerata tertinggi pada semua kelas, yaitu 9,56 (IX-A), 8,59 (IX-B), dan 9,06 (IX-C). Tabel 9 menyajikan data lengkap setiap tahapan, sementara Gambar 2 menampilkan grafik asli dari naskah. Rerata terendah pada IX-A dan IX-C terdapat pada PM3 masing-masing 7,97 dan 7,62. Kelas IX-B memiliki rerata terendah pada PM2 sebesar 6,84. Pola tersebut menunjukkan bahwa tingkat penguasaan tahap memahami masalah tidak selalu diikuti capaian setara pada penyusunan dan pelaksanaan strategi penyelesaian.

Tabel 9. Rerata skor empat tahapan pemecahan masalah (skala 0–10)

Tahap	IX-A	IX-B	IX-C
PM1 — memahami masalah	9,56	8,59	9,06
PM2 — menyusun rencana	8,00	6,84	8,06
PM3 — melaksanakan rencana	7,97	7,00	7,62
PM4 — mengevaluasi hasil	9,34	7,34	8,38

Sumber: Tabel 4.4 skripsi pribadi. Label PM1–PM4 mengikuti kerangka tahapan pemecahan masalah dalam naskah.



Gambar 2. Rerata skor pemecahan masalah pada empat tahapan di kelas IX-A, IX-B, dan IX-C (grafik asli naskah).

Distribusi frekuensi pada lima kategori kemampuan dan contoh jawaban siswa secara individual belum tersedia dalam dokumen yang diberikan. Bagian hasil karena itu dibatasi pada statistik yang benar-benar dilaporkan pada Tabel 4–9 dan Gambar 1–2. Distribusi kategori, kutipan jawaban, serta pengujian inferensial tidak dibuat atau diperkirakan dari data agregat.

Pembahasan

Interpretasi Kualitas Instrumen dan Batas Pengukuran

Hasil validasi yang menyisakan 10 dari 20 soal awal menunjukkan perlunya peninjauan keterwakilan indikator setelah seleksi butir. Koefisien alpha 0,830 hanya berlaku pada 20 soal awal dan tidak memberikan kepastian mengenai konsistensi internal instrumen akhir maupun masing-masing konstruk. Kualitas inferensi berbasis skor perlu dibedakan dari kualitas angka reliabilitas semata. Aspek ini penting karena berpikir kritis dan pemecahan masalah merupakan konstruk yang saling berkaitan, tetapi tidak identik; cakupan butir serta keterbacaan rubrik menentukan ketepatan profil yang diperoleh. Kajian mengenai representasi pengetahuan dan penilaian pemecahan masalah juga menunjukkan bahwa tingkat kompetensi yang tampak dapat berubah menurut struktur tugas atau bentuk asesmen (Gijbels et al., 2005; Chi & Wylie, 2014). Analisis berikut diposisikan sebagai interpretasi eksploratif terhadap skor yang dilaporkan, bukan penetapan mutu instrumen secara definitif.

Variasi Berpikir Kritis Antar Kelas dan Indikator

Rerata berpikir kritis pada Tabel 6 menempatkan IX-A di atas dua kelas lainnya, tetapi variasi pada Tabel 7 dan Gambar 1 menunjukkan bahwa peringkat kelas tidak cukup untuk menjelaskan profil kemampuan. Keunggulan relatif BK4 pada IX-A dan IX-C, disertai rendahnya BK6 khususnya di IX-C, mengisyaratkan bahwa performa pada satu bentuk tuntutan penalaran tidak otomatis disertai performa serupa pada tuntutan lainnya. Literatur argumentasi sains membedakan kegiatan menyusun klaim, menggunakan bukti, membangun alasan, dan menanggapi argumentasi tandingan sebagai proses yang membutuhkan dukungan eksplisit (Osborne et al., 2004; Erduran et al., 2004; Berland & Reiser, 2009). Kode BK1–BK6 belum dapat dipasangkan secara pasti dengan operasi kognitif tertentu berdasarkan berkas yang tersedia, sehingga penjelasan rendahnya BK6 atau BK1 secara spesifik harus menunggu kesesuaian indikator dan rubrik asli.

Penyebaran skor berpikir kritis IX-C yang lebih besar daripada IX-A memperlihatkan perlunya memperhatikan variasi antarsiswa, bukan hanya rerata. Pengembangan penjelasan ilmiah dapat dipengaruhi oleh kesempatan siswa mengonstruksi alasan serta bentuk dukungan guru terhadap hubungan bukti dan kesimpulan (McNeill & Krajcik, 2008; McNeill et al., 2006). Kerangka keterlibatan kognitif juga membedakan aktivitas menerima informasi dari aktivitas mengonstruksi maupun mendiskusikan penjelasan (Chi & Wylie, 2014). Hubungan tersebut relevan untuk perbaikan kegiatan belajar, tetapi penelitian ini tidak menguji apakah metode pengajaran tertentu menyebabkan selisih capaian ketiga kelas. Kegiatan argumentasi tertulis dan lisan dapat dipertimbangkan sebagai alternatif tindak lanjut pembelajaran dengan tetap memperhatikan kesiapan dan pengetahuan awal siswa.

Tahapan Pemecahan Masalah sebagai Dasar Diagnostik

Pola PM1 yang konsisten menjadi capaian tertinggi menunjukkan bahwa siswa lebih berhasil pada tuntutan memahami masalah dibandingkan beberapa tahap berikutnya. Kesenjangan tersebut tampak paling jelas di IX-B, dengan selisih 1,75 poin antara PM1 (8,59) dan PM2 (6,84). Kelas IX-A dan IX-C menunjukkan capaian paling rendah pada PM3, yang menandai kebutuhan untuk menelaah kesulitan pada pelaksanaan strategi. Kajian pembelajaran berbasis masalah menyatakan bahwa pemahaman konsep dan penerapannya dalam kondisi tertentu merupakan tingkat penguasaan yang berbeda (Gijbels et al., 2005). Tinjauan tentang siklus inkuiri juga menguraikan bahwa konseptualisasi, investigasi, interpretasi data, dan penyimpulan menuntut langkah kognitif yang berbeda (Pedaste et al., 2015). Keberhasilan awal memahami persoalan karena itu tidak cukup dijadikan dasar untuk menyimpulkan seluruh proses pemecahan masalah telah dikuasai.

Standar deviasi pemecahan masalah yang tinggi di IX-B pada Tabel 8 memperlihatkan heterogenitas hasil belajar yang perlu ditindaklanjuti melalui pemeriksaan pekerjaan siswa. Pelaksanaan strategi dapat didukung dengan contoh penyelesaian, petunjuk bertahap, dan umpan balik, khususnya ketika siswa belum memiliki pengetahuan awal yang memadai. Hasil studi tentang dukungan tertulis untuk penjelasan ilmiah menunjukkan manfaat pengurangan bantuan secara bertahap ketika kemampuan siswa meningkat (McNeill et al., 2006). Meta-analisis juga menunjukkan bahwa penemuan terbimbing lebih konsisten mendukung pembelajaran dibandingkan penemuan tanpa bantuan (Alfieri et al., 2011). Argumen mengenai perlunya bimbingan yang memadai pada pembelajar pemula diperkuat oleh Kirschner et al. (2006), sementara de Jong dan van Joolingen (1998) menekankan dukungan proses penalaran selama kegiatan eksploratif. Bukti tersebut menjadi landasan rekomendasi pembelajaran, bukan bukti bahwa strategi tersebut telah diuji pada responden penelitian ini.

Perbedaan capaian PM2 dan PM3 juga berkaitan dengan kebutuhan pengaturan diri selama menyelesaikan tugas. Perencanaan, pemantauan, dan evaluasi tindakan merupakan bagian penting dari proses belajar mandiri (Zimmerman, 2002). Meta-analisis pada siswa sekolah dasar dan menengah memperlihatkan bahwa dukungan strategi regulasi diri dapat bermanfaat, meskipun besar dampaknya berbeda menurut karakteristik pembelajaran (Dignath & Büttner, 2008). Latihan penjelasan diri membantu pembelajar mengintegrasikan informasi ke dalam pemahaman yang lebih bermakna (Chi et al., 1994), sedangkan latihan pengambilan kembali informasi dan pengulangan terjadwal mendukung daya ingat jangka panjang (Dunlosky et al., 2013). Strategi tersebut dapat digunakan sebagai dasar pengembangan latihan bertahap bagi siswa yang kesulitan menyusun maupun melaksanakan penyelesaian.

Implikasi Konseptual pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

Topik pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan menuntut siswa menghubungkan perubahan bentuk, fungsi organ, kondisi lingkungan, serta proses fisiologis. Kajian terhadap pertumbuhan tumbuhan menunjukkan bahwa sebagian siswa dapat mengartikan air, udara, cahaya, dan tanah sebagai faktor yang sekadar memungkinkan tanaman tumbuh tanpa menelusuri perpindahan materi atau transformasi energi (Dauer et al., 2014). Penelitian lain memperlihatkan bahwa konsep reproduksi tumbuhan menuntut pemahaman hubungan antartahap biologis yang tidak selalu berkembang secara bersamaan (Lampert et al., 2019). Teori perubahan konseptual menegaskan bahwa pemahaman awal siswa dapat bertahan ketika penjelasan baru belum cukup bermakna atau meyakinkan (Posner et al., 1982). Penafsiran tersebut menunjukkan pentingnya menilai penalaran di balik jawaban, tetapi naskah ini belum menyertakan kutipan jawaban individual untuk memastikan bentuk miskonsepsi yang benar-benar terjadi pada responden.

Rendahnya sejumlah indikator memberikan arah awal untuk merancang bahan ajar yang menghubungkan observasi, data, dan penjelasan. Penelitian pada pembelajaran biologi kelas IX menunjukkan bahwa media kartun konsep dapat dimanfaatkan untuk memancing konflik konseptual dan membantu siswa merevisi pemahaman mengenai nutrisi tumbuhan (Atchia & Gunowa, 2025). Representasi visual juga dapat membantu siswa menjelaskan proses sains ketika gambar dihasilkan dan digunakan sebagai bagian dari kegiatan penalaran, bukan sekadar ilustrasi dekoratif (Ainsworth et al., 2011). Pengembangan

kegiatan kelas berdasarkan bukti tersebut dapat memfasilitasi keterkaitan antara pertumbuhan tumbuhan, pengamatan fenomena, argumentasi, dan pemecahan masalah. Efektivitas penerapannya pada sekolah penelitian memerlukan studi intervensi lanjutan.

Keterbatasan dan Kontribusi Penelitian

Penelitian memberikan profil deskriptif kemampuan 96 siswa melalui dua domain penilaian dan analisis berdasarkan sepuluh indikator keseluruhan. Temuan utamanya adalah rerata berpikir kritis dan pemecahan masalah tertinggi pada IX-A, variasi skor terbesar pada IX-C untuk berpikir kritis dan pada IX-B untuk pemecahan masalah, serta perbedaan indikator terendah antarkelas. Kekuatan informasi tersebut berada pada pemetaan area yang perlu ditelaah lebih mendalam, bukan pada penjelasan sebab perbedaan antar kelas.

Keterbatasan utama mencakup belum tersedianya mekanisme pemilihan kelas yang dapat diverifikasi, koefisien validitas setiap butir, reliabilitas perangkat akhir, identitas indikator BK yang konsisten, distribusi kategori individual, serta transkrip atau jawaban siswa yang dapat dianalisis langsung. Pengukuran satu kali tidak dapat menilai perubahan kemampuan atau efektivitas perlakuan. Penelitian lanjutan perlu menyelaraskan rubrik dan konstruk, menguji reliabilitas sesuai perangkat yang benar-benar digunakan, menyajikan bukti respons individu, serta mempertimbangkan rancangan intervensi apabila ingin menilai pengaruh strategi pembelajaran. Kebutuhan bimbingan, penjelasan diri, dan latihan reflektif yang dibahas dalam literatur hendaknya diperlakukan sebagai hipotesis tindakan pedagogis yang masih harus diuji, bukan temuan kausal dari penelitian ini.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan adanya variasi kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah pada 96 siswa kelas IX SMP Swasta Cinta Rakyat 3 Pematangsiantar dalam materi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Kemampuan berpikir kritis memperoleh rata-rata tertinggi pada kelas IX-A sebesar 86,67, diikuti kelas IX-B sebesar 76,67 dan IX-C sebesar 75,05. Kemampuan pemecahan masalah menunjukkan pola yang berbeda, dengan rata-rata tertinggi pada kelas IX-A sebesar 87,19, diikuti kelas IX-C sebesar 82,81 dan IX-B sebesar 74,45. Analisis berdasarkan indikator memperlihatkan ketidaksamaan capaian berpikir kritis antarkelas, sedangkan kemampuan pemecahan masalah menunjukkan bahwa tahap memahami masalah (PM1) memiliki capaian tertinggi secara konsisten. Tahap merencanakan dan melaksanakan penyelesaian masih menunjukkan capaian yang relatif lebih rendah pada beberapa kelas. Temuan tersebut menegaskan pentingnya evaluasi pembelajaran berbasis indikator untuk mengidentifikasi kebutuhan penguatan kemampuan kognitif siswa secara lebih spesifik. Penelitian ini memberikan informasi diagnostik awal bagi pengembangan pembelajaran IPA yang menekankan analisis informasi, penalaran ilmiah, perencanaan strategi, dan evaluasi penyelesaian masalah. Interpretasi hasil terbatas pada analisis deskriptif, sehingga penelitian lanjutan memerlukan pengujian instrumen yang lebih menyeluruh dan rancangan evaluasi yang mampu mengukur efektivitas strategi pembelajaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, khususnya Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, atas dukungan akademik dalam pelaksanaan penelitian ini. Penghargaan disampaikan kepada pihak SMP Swasta Cinta Rakyat 3 Pematangsiantar, kepala sekolah, dan guru mata pelajaran IPA atas kerja sama dan kesempatan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Apresiasi juga disampaikan kepada seluruh siswa kelas IX-A, IX-B, dan IX-C yang telah berpartisipasi dalam proses pengumpulan data. Kontribusi dan kerja sama seluruh pihak tersebut sangat berarti dalam mendukung penyelesaian penelitian mengenai kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah pada materi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

REFERENSI

Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Waddington, D. I., Wade, C. A., & Persson, T. (2015). Strategies for teaching students to think critically: A meta-analysis. Review of Educational Research, 85(2), 275–314.

https://doi.org/10.3102/0034654314551063

Artino, A. R., Jr., La Rochelle, J. S., Dezee, K. J., & Gehlbach, H. (2014). Developing questionnaires for educational research: AMEE Guide No. 87. Medical Teacher, 36(6), 463–474. https://doi.org/10.3109/0142159X.2014.889814

Boateng, G. O., Neilands, T. B., Frongillo, E. A., Melgar-Quiñonez, H. R., & Young, S. L. (2018). Best practices for developing and validating scales for health, social, and behavioral research: A primer. Frontiers in Public Health, 6, 149. https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00149

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Cook, D. A., & Beckman, T. J. (2006). Current concepts in validity and reliability for psychometric instruments: Theory and application. The American Journal of Medicine, 119(2), 166.e7–166.e16. https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2005.10.036

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika, 16(3), 297–334. https://doi.org/10.1007/BF02310555

Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. Learning and Instruction, 13(5), 533–568. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00025-7

Downing, S. M. (2003). Validity: On the meaningful interpretation of assessment data. Medical Education, 37(9), 830–837. https://doi.org/10.1046/j.1365-2923.2003.01594.x

Dunn, T. J., Baguley, T., & Brunsden, V. (2014). From alpha to omega: A practical solution to the pervasive problem of internal consistency estimation. British Journal of Psychology, 105(3), 399–412. https://doi.org/10.1111/bjop.12046

Duschl, R. A. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. Review of Research in Education, 32(1), 268–291. https://doi.org/10.3102/0091732X07309371

Elo, S., & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. Journal of Advanced Nursing, 62(1), 107–115. https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x

Erdem, C. (2024). A comparative meta-analysis of the effects of problem-based learning model on K-12 students' cognitive outputs. Educational Studies, 50(6), 1498–1519. https://doi.org/10.1080/03055698.2022.2103650

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. Review of Educational Research, 82(3), 300–329. https://doi.org/10.3102/0034654312457206

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? Educational Psychology Review, 16(3), 235–266. https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3

Hsieh, H. F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. Qualitative Health Research, 15(9), 1277–1288. https://doi.org/10.1177/1049732305276687

Hu, X., & Bi, H. (2025). Exploring and validating the componential model of students' scientific critical thinking in science education. Thinking Skills and Creativity, 55, 101695. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101695

Jonsson, A., & Svingby, G. (2007). The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences. Educational Research Review, 2(2), 130–144. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.05.002

Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. Journal of Chiropractic Medicine, 15(2), 155–163. https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012

Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. Science Education, 94(5),

810–824. https://doi.org/10.1002/sce.20395

Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. Review of Educational Research, 86(3), 681–718. https://doi.org/10.3102/0034654315627366

Levin, K. A. (2006). Study design III: Cross-sectional studies. Evidence-Based Dentistry, 7, 24–25. https://doi.org/10.1038/sj.ebd.6400375

Marmaroti, P., & Galanopoulou, D. (2006). Pupils' understanding of photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. International Journal of Science Education, 28(4), 383–403. https://doi.org/10.1080/09500690500277805

McHugh, M. L. (2012). Interrater reliability: The kappa statistic. Biochemia Medica, 22(3), 276–282. https://doi.org/10.11613/BM.2012.031

Messig, D., & Groß, J. (2018). Understanding plant nutrition—The genesis of students' conceptions and the implications for teaching photosynthesis. Education Sciences, 8(3), 132. https://doi.org/10.3390/educsci8030132

Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic analysis: Striving to meet the trustworthiness criteria. International Journal of Qualitative Methods, 16(1), 1–13. https://doi.org/10.1177/1609406917733847

Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. Science, 328(5977), 463–466. https://doi.org/10.1126/science.1183944

Özay, E., & Öztaş, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. Journal of Biological Education, 37(2), 68–70. https://doi.org/10.1080/00219266.2003.9655853

Panadero, E., & Jonsson, A. (2013). The use of scoring rubrics for formative assessment purposes revisited: A review. Educational Research Review, 9, 129–144. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.002

Parker, J. M., Anderson, C. W., Heidemann, M., Merrill, J., Merritt, B., Richmond, G., & Urban-Lurain, M. (2012). Exploring undergraduates' understanding of photosynthesis using diagnostic question clusters. CBE—Life Sciences Education, 11(1), 47–57. https://doi.org/10.1187/cbe.11-07-0054

Polit, D. F., Beck, C. T., & Owen, S. V. (2007). Is the CVI an acceptable indicator of content validity? Appraisal and recommendations. Research in Nursing & Health, 30(4), 459–467. https://doi.org/10.1002/nur.20199

Rattanachaithada, R., Kwangmuang, P., Vongtathum, P., Gamlunglert, R., & Srikoon, S. (2025). A confirmatory factor analysis of scientific critical thinking in secondary school. Cogent Education, 12(1), 2467508. https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2467508

Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. Research in Science Education, 36, 111–139. https://doi.org/10.1007/s11165-005-3917-8

Setia, M. S. (2016). Methodology series module 3: Cross-sectional studies. Indian Journal of Dermatology, 61(3), 261–264. https://doi.org/10.4103/0019-5154.182410

Sijtsma, K. (2009). On the use, the misuse, and the very limited usefulness of Cronbach's alpha. Psychometrika, 74(1), 107–120. https://doi.org/10.1007/s11336-008-9101-0

Svandova, K. (2014). Secondary school students' misconceptions about photosynthesis and plant respiration: Preliminary results. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 10(1), 59–67. https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1018a

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. International Journal of M Abrami et al. (2015)

Tiruneh, D. T., De Cock, M., & Elen, J. (2018). Designing learning environments for critical thinking: Examining effective instructional approaches. International Journal of Science and Mathematics Education, 16, 1065–1089.

https://doi.org/10.1007/s10763-017-9829-z

Tiruneh, D. T., Weldeslassie, A. G., Kassa, A., Tefera, Z., De Cock, M., & Elen, J. (2016). Systematic design of a learning environment for domain-specific and domain-general critical thinking skills. Educational Technology Research and Development, 64, 481–505. https://doi.org/10.1007/s11423-015-9417-2

Wind, S. A., & Gale, J. D. (2015). Diagnostic opportunities using Rasch measurement in the context of a misconceptions-based physical science assessment. Science Education, 99(4), 721–741. https://doi.org/10.1002/sce.21172

Wynn, A. N., Pan, I. L., Rueschhoff, E. E., Herman, M. A. B., & Archer, E. K. (2017). Student misconceptions about plants—A first step in building a teaching resource. Journal of Microbiology & Biology Education, 18(1). https://doi.org/10.1128/jmbe.v18i1.1253

Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. Journal of Research in Science Teaching, 39(1), 35–62. https://doi.org/10.1002/tea.10008