

## **PENGARUH IMPLEMENTASI PEMBELAJARAN BERBASIS AR MODEL PEMBELAJARAN PjBL TERHADAP KETERAMPILAN BERTANYA DAN BERPIKIR KRITIS SISWA MATERI SISTEM REPRODUKSI KELAS XI SMA NEGERI 14 SAMARINDA**

**Salsabila Royani Putri Ramadhani<sup>1\*</sup>, Masitah<sup>2</sup>, Herliani<sup>3</sup>, & Vandalita  
Magdalena Maria Rambitan<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,&4</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,  
Universitas Mulawarman, Jalan Kuaro, Samarinda, Kalimantan Timur 75119,  
Indonesia

\*Email: [salsabila.royani354@gmail.com](mailto:salsabila.royani354@gmail.com)

Submit: 14-06-2025; Revised: 21-06-2025; Accepted: 24-06-2025; Published: 07-07-2025

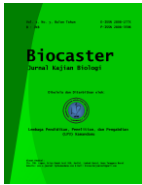
**ABSTRAK:** Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* (AR) dalam model *Project Based Learning* (PjBL) terhadap peningkatan keterampilan bertanya dan berpikir kritis siswa. Metode yang digunakan adalah kuasi eksperimen dengan desain *non-equivalent control group*. Subjek penelitian adalah siswa kelas XI SMAN 14 Samarinda yang terbagi dalam kelas eksperimen dan kelas kontrol, masing-masing berjumlah 20 siswa. Instrumen penelitian yang digunakan, yaitu tes uraian, lembar observasi, dan dokumentasi. Teknik analisis data yang digunakan, yaitu menggunakan statistik deskriptif (rata-rata dan standar deviasi), uji *N-Gain*, uji-t (*Independent Sample T-Test*), serta uji Normalitas & Homogenitas menggunakan SPSS 25 for Windows. Hasil analisis menunjukkan adanya peningkatan keterampilan yang lebih signifikan pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol. Nilai *N-Gain* keterampilan bertanya kelas eksperimen sebesar 0,46 (kategori sedang), sedangkan kelas kontrol 0,21 (rendah). Untuk berpikir kritis, kelas eksperimen memperoleh 0,51 (sedang), lebih tinggi dari kelas kontrol 0,33 (sedang). Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi AR dalam PjBL efektif meningkatkan keterampilan bertanya dan berpikir kritis, serta memberikan kontribusi terhadap inovasi pembelajaran abad ke-21.

**Kata Kunci:** *Augmented Reality*, Berpikir Kritis, Keterampilan Bertanya, *Project-Based Learning*.

**ABSTRACT:** This study aims to test the effectiveness of the use of *Augmented Reality* (AR) technology in the *Project Based Learning* (PjBL) model on improving students' questioning and critical thinking skills. The method used is a quasi-experimental method with a *non-equivalent control group design*. The subjects of the study were students of grade XI SMAN 14 Samarinda who were divided into an experimental class and a control class, each consisting of 20 students. The research instruments used were essay tests, observation sheets, and documentation. The data analysis techniques used were descriptive statistics (mean and standard deviation), *N-Gain* test, *t-test* (*Independent Sample T-Test*), and Normality & Homogeneity test using SPSS 25 for Windows. The results of the analysis showed a more significant increase in skills in the experimental class compared to the control class. The *N-Gain* value of the experimental class' questioning skills was 0.46 (moderate category), while the control class was 0.21 (low). For critical thinking, the experimental class obtained 0.51 (moderate), higher than the control class 0.33 (moderate). These findings indicate that AR integration in PjBL effectively improves questioning and critical thinking skills, and contributes to 21st century learning innovation.

**Keywords:** *Augmented Reality*, Critical Thinking, Questioning Skills, *Project-Based Learning*.

**How to Cite:** Ramadhani, S. R. P., Masitah, M., Herliani, H., & Rambitan, V. M. M. (2025). Pengaruh Implementasi Pembelajaran Berbasis AR Model Pembelajaran PjBL terhadap Keterampilan Bertanya dan Berpikir Kritis Siswa Materi Sistem Reproduksi Kelas XI SMA Negeri 14 Samarinda. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 5(3), 263-279. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v5i3.485>

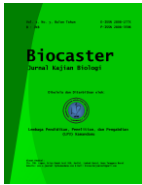


## PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menuntut pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan bertanya siswa (Siskayanti *et al.*, 2022; Umroh *et al.*, 2025). Namun, sistem pembelajaran konvensional yang masih mendominasi pembelajaran di Indonesia sering kali menghambat partisipasi aktif siswa (Sarnoto *et al.*, 2023). Penggunaan media berbasis teknologi seperti *Augmented Reality* (AR) dalam model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) mampu menciptakan lingkungan belajar yang lebih imersif dan interaktif (Listiawan *et al.*, 2022). Pemanfaatan teknologi seperti *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan kualitas interaksi belajar. AR memadukan dunia nyata dengan objek virtual secara *real-time*, memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret dan imersif (Listiawan *et al.*, 2022; Rahmatullah, 2023). Teknologi ini sangat sesuai diterapkan pada materi abstrak, seperti sistem reproduksi dalam pelajaran biologi. Model *Project-Based Learning* (PjBL) juga telah terbukti mendorong pembelajaran yang aktif, kontekstual, dan kolaboratif (Faslia *et al.*, 2023; Noer, 2025). Kombinasi AR dengan PjBL selaras dengan pendekatan *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) yang mengintegrasikan aspek teknologi, pedagogi, dan konten (Hanik *et al.*, 2022). Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh penerapan AR dalam model PjBL terhadap keterampilan bertanya dan berpikir kritis siswa pada materi sistem reproduksi.

Pendidikan memegang peran penting dalam membentuk sumber daya manusia yang berkualitas dan adaptif terhadap tantangan zaman (Darsyah, 2023; Pristiwanti *et al.*, 2022). Namun, sistem pembelajaran di Indonesia masih didominasi pendekatan konvensional yang kurang mendorong partisipasi aktif siswa, sehingga berdampak pada rendahnya kemampuan berpikir kritis dan bertanya (Umroh *et al.*, 2025). Padahal, kualitas pembelajaran seharusnya mencakup pemahaman konsep dan penerapannya dalam kehidupan nyata (Sarnoto *et al.*, 2023). Rendahnya performa siswa Indonesia dalam asesmen internasional seperti PISA menegaskan pentingnya inovasi pendidikan (Baskoro *et al.*, 2023; Foster & Schleicher, 2022). Kurikulum Merdeka hadir sebagai upaya reformasi pendidikan dengan menekankan pembelajaran yang fleksibel, kontekstual, dan berbasis kompetensi (Astuti *et al.*, 2024; Syafriani *et al.*, 2025). Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi menjadi bagian penting dalam strategi peningkatan mutu pendidikan, sebagaimana ditegaskan dalam kebijakan standar nasional pendidikan (Suleman & Idayanti, 2023).

Salah satu inovasi teknologi potensial adalah penggunaan media *Augmented Reality* (AR) yang memungkinkan visualisasi materi secara interaktif dan konkret, khususnya dalam pembelajaran biologi yang bersifat abstrak (Budiarti, 2022; Listiawan *et al.*, 2022). Penelitian menunjukkan bahwa AR mampu meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa secara signifikan (Kuswinardi *et al.*, 2023). Jika digabungkan dengan pendekatan *Project Based Learning* (PjBL), AR tidak hanya mendukung pemahaman konsep, tetapi juga pengembangan keterampilan abad ke-



21 seperti berpikir kritis dan keterampilan bertanya, sejalan dengan kerangka *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) (Rahmatullah, 2023).

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain kuasi eksperimen tipe *Non-Equivalent Control Group Design*. Subjek penelitian adalah siswa kelas XI SMA Negeri 14 Samarinda, dengan sampel 40 siswa, terdiri atas 20 siswa kelas XI-1 sebagai kelas eksperimen (diberi perlakuan media bahan bacaan berbasis AR dan model pembelajaran PjBL), 20 siswa kelas XI-3 sebagai kelas kontrol diberi buku bacaan teks biasa dan model pembelajaran *discovery learning*. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penggunaan media AR dalam model PjBL, sementara variabel terikat adalah keterampilan bertanya dan berpikir kritis siswa. Pengumpulan data dilakukan dengan tiga instrumen utama: 1) tes uraian (12 soal) yang dikembangkan berdasarkan indikator keterampilan bertanya dan berpikir kritis; 2) lembar observasi menggunakan rubrik berbasis taksonomi Bloom (1956) dan Facione (2015); dan 3) dokumentasi aktivitas pembelajaran. Instrumen telah divalidasi oleh dua ahli pendidikan biologi, dan diuji reliabilitasnya menggunakan uji *Alpha Cronbach*. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif (rata-rata dan standar deviasi), uji normalitas dan homogenitas (Shapiro-Wilk dan Levene *test*), uji *N-Gain* (Hake, 1999), dan uji *independent sample t-test* untuk menguji perbedaan antar kelompok. Semua analisis dilakukan menggunakan SPSS 25 for Windows.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 14 Samarinda pada semester genap tahun pembelajaran 2024/2025 pada bulan April-Mei 2025. Subjek penelitian terdiri dari dua kelas, yaitu kelas XI-1 sebagai kelas eksperimen yang berjumlah 35 siswa, dan kelas XI-3 sebagai kelas kontrol yang berjumlah 36 siswa. Dari masing-masing kelas, diambil 20 siswa sebagai sampel penelitian. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* dengan mempertimbangkan kesetaraan nilai biologi pada ujian semester sebelumnya agar kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang relatif setara. Model dan media pembelajaran kelas eksperimen (XI-1) menggunakan model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) dengan media bahan bacaan berbasis *Augmented Reality* (AR). Bahan bacaan ini disediakan dalam bentuk cetak maupun digital yang dapat dipindai untuk menampilkan visualisasi 3D sistem reproduksi. Siswa tidak membuat proyek AR, namun tetap mengikuti langkah-langkah PjBL dengan fokus pada pengolahan informasi dari bahan bacaan berbasis AR. Adapun kelas kontrol (XI-3) menggunakan model pembelajaran *discovery learning* dengan media berupa buku teks biasa tanpa dukungan teknologi.

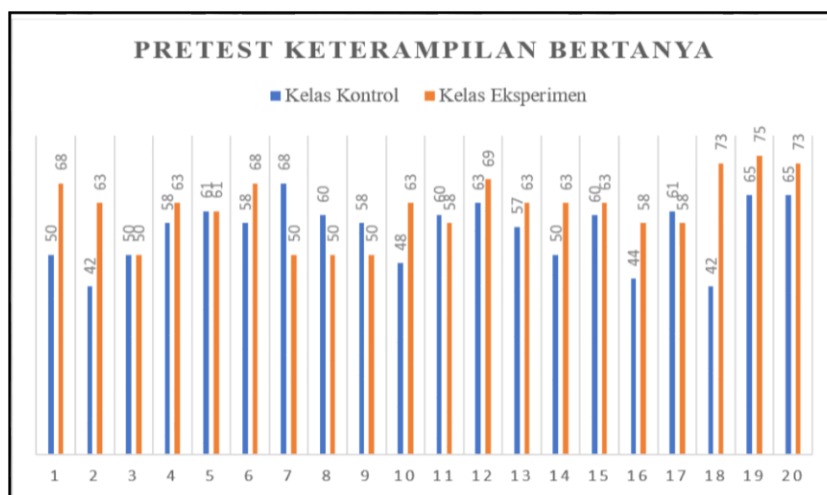
### Keterampilan Bertanya

*Pre-test* keterampilan bertanya diberikan kepada siswa sebelum pelaksanaan pembelajaran dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan awal siswa dalam berpikir kritis. Dengan mengetahui kemampuan awal ini, guru dapat merancang strategi pembelajaran yang lebih tepat sasaran. Hasil *pre-test* disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Pre-Test Keterampilan Bertanya Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.**

Data	Kelas Kontrol	Kelas Eksperimen
N	20	20
Skor Tertinggi	50	75
Skor Terendah	42	68
Rata-rata	56	61.95
Standar Deviasi	7.86	7.82

Hasil *pre-test* menunjukkan bahwa kemampuan awal keterampilan bertanya siswa kelas eksperimen sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Rata-rata skor kelas eksperimen adalah 61,95 sedangkan kelas kontrol 56. Hal ini menjadi dasar validitas komparatif antar kelompok setelah perlakuan. Tabel 1 menampilkan hasil *pre-test* keterampilan bertanya siswa dari kelas kontrol dan kelas eksperimen. Terlihat bahwa sebelum perlakuan, rata-rata nilai siswa pada kelas eksperimen (61,95) sudah sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol (56). Meskipun begitu, standar deviasi yang hampir serupa menunjukkan bahwa penyebaran nilai siswa pada kedua kelas cukup merata dan setara. Hal ini penting untuk memastikan bahwa kedua kelompok berada pada kondisi awal yang seimbang, sehingga pengaruh perlakuan pembelajaran dapat diukur secara valid. Untuk mempermudah dalam memahami data hasil *pre-test* keterampilan bertanya kelas kontrol dan kelas eksperimen, data disajikan pada Gambar 1.



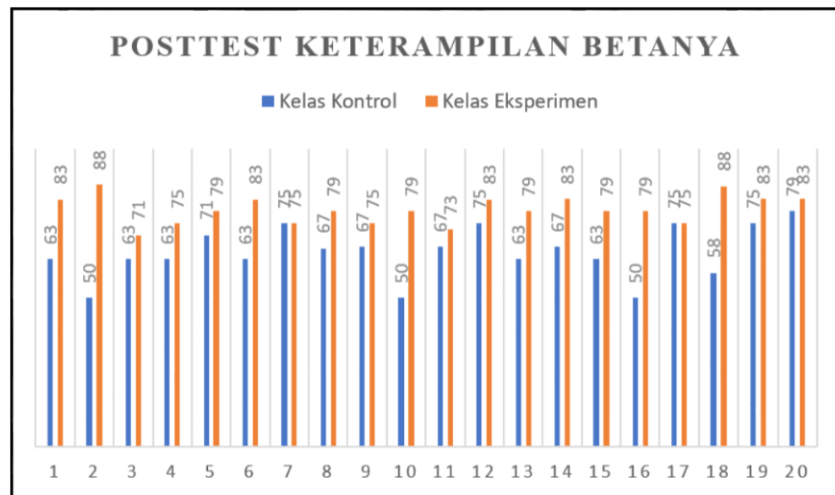
**Gambar 1. Hasil Pre-Test Keterampilan Bertanya Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.**

Setelah dilakukan pembelajaran pada masing-masing kelas, siswa diberikan *post-test* untuk mengetahui hasil keterampilan bertanya setelah memperoleh perlakuan. Hasil *post-test* disajikan dalam Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Post-Test Keterampilan Bertanya Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.**

Data	Interval Kontrol	Kelas Eksperimen
N	20	20
Skor Tertinggi	79	88
Skor Terendah	50	71
Rata-rata	65.20	79.60
Standar Deviasi	8.56	4.76

Peningkatan signifikan terlihat pada kelas eksperimen dengan rata-rata skor *post-test* mencapai 79,60 jauh lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 65,20. Penggunaan AR dalam pendekatan PjBL memungkinkan siswa mengembangkan keterampilan bertanya secara lebih aktif dan kontekstual. Tabel 2 menunjukkan hasil *post-test* keterampilan bertanya setelah perlakuan pembelajaran diberikan. Terjadi peningkatan yang signifikan pada kelas eksperimen dengan rata-rata skor mencapai 79,60 dibandingkan kelas kontrol sebesar 65,20. Selisih skor sebesar 14,4 poin ini menegaskan bahwa penggunaan media AR dalam pembelajaran berbasis proyek memberikan dampak yang nyata terhadap pengembangan keterampilan bertanya siswa. Standar deviasi kelas eksperimen yang lebih kecil (4,67) dibandingkan kelas kontrol (8,56) juga menunjukkan hasil yang lebih merata dan terkontrol. Untuk mempermudah dalam memahami data hasil *post-test* keterampilan bertanya kelas kontrol dan kelas eksperimen, data disajikan pada Gambar 2.



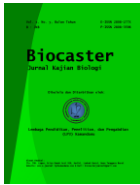
**Gambar 2. Hasil *Post-Test* Keterampilan Bertanya Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.**

Selanjutnya dilakukan analisis *N-Gain* untuk melihat efektivitas pembelajaran dalam meningkatkan keterampilan bertanya siswa. *N-Gain* diperoleh dari perbandingan skor *pre-test* dan *post-test* yang dinormalisasi, sehingga menunjukkan sejauh mana peningkatan yang terjadi pada masing-masing kelas. Hasil analisis *N-Gain* keterampilan bertanya disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Data Nilai *N-Gain* Keterampilan Bertanya Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.**

Data	Interval Kontrol	Kelas Eksperimen
N	20	20
Skor Tertinggi	0.40	0.68
Skor Terendah	0.04	0.32
Rata-rata	0.21	0.46
Kategori	Rendah	Sedang

Nilai *N-Gain* rata-rata keterampilan bertanya pada kelas eksperimen mencapai 0,46 (kategori sedang), sedangkan kelas kontrol hanya 0,21 (kategori rendah). Ini mengindikasikan efektivitas pendekatan AR-PjBL dalam mendorong



peningkatan partisipasi kognitif siswa secara signifikan. Tabel 3 menyajikan hasil analisis *N-Gain* keterampilan bertanya yang menunjukkan bahwa kelas eksperimen berada dalam kategori peningkatan sedang (rata-rata *N-Gain* 0,46), sedangkan kelas kontrol dalam kategori rendah (0,21). Perbedaan ini mengindikasikan bahwa pendekatan AR-PjBL secara nyata lebih mampu mendorong peningkatan keterampilan bertanya siswa dibandingkan pembelajaran konvensional. Sebelum dilakukan uji hipotesis, dilakukan uji normalitas pada data *pre-test* dan *post-test* keterampilan bertanya, baik pada kelas kontrol maupun kelas eksperimen untuk memastikan bahwa data berdistribusi normal. Uji Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa data *pre-test* dan *post-test* keterampilan bertanya dari kelas kontrol dan kelas eksperimen berdistribusi normal, karena seluruh nilai signifikansi  $>0,05$  sebagaimana pada Tabel 4.

**Tabel 4. Uji Normalitas Pre-Test dan Post-Test Keterampilan Bertanya Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.**

Kelas Kontrol		Kelas Eksperimen		Keterangan
Pre-Test	Post-Test	Pre-Test	Post-Test	
0.09	0.07	0.10	0.19	Berdistribusi Normal

Nilai signifikansi pada semua kelompok di atas lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa data *pre-test* dan *post-test* keterampilan bertanya pada kedua kelas berdistribusi normal. Dengan demikian, data memenuhi asumsi normalitas untuk analisis statistik parametris selanjutnya. *Levene's Test* menunjukkan nilai signifikansi  $>0,05$  artinya varians data antara kedua kelas adalah homogen. Sebagaimana dapat terlihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Uji Homogenitas Pre-Test dan Post-Test Keterampilan Bertanya Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.**

Test	Leven's Statistic	df1	df2	Signifikansi	Keterangan
Pre-Test	0.057	1	38	0.481	Homogen
Post-Test	0.092	1	38	0.0763	Homogen

Nilai signifikansi untuk *pre-test* dan *post-test* keduanya lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa varians data kedua kelompok adalah homogen. Terdapat perbedaan yang sangat signifikan dalam keterampilan bertanya antara kelas kontrol dan eksperimen (*p-value*  $<0,05$ ) yang menunjukkan efektivitas model *Project-Based Learning* berbasis *Augmented Reality*. Sebagaimana pada Tabel 6.

**Tabel 6. Uji Hipotesis Independent Sample T-Test Keterampilan Bertanya.**

Uji Hipotesis	t	df	Sig. (2-tailed)
0.035	6.598	38	0.000

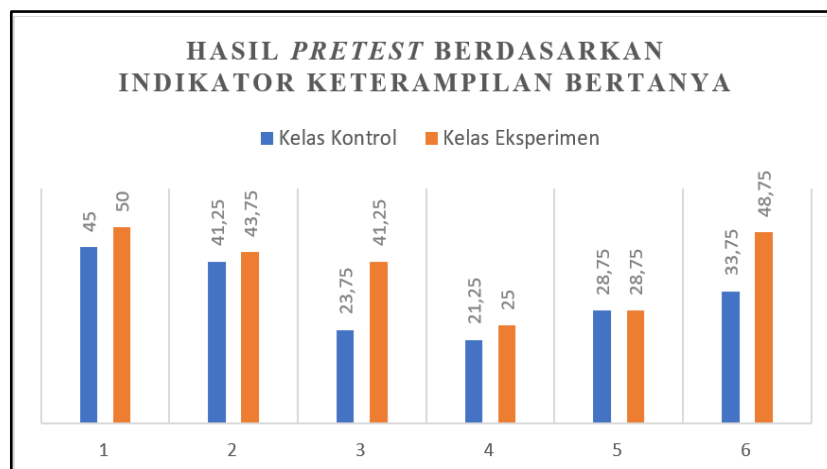
Nilai signifikansi (*p-value*) sebesar 0,000  $<0,05$  menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen dalam keterampilan bertanya siswa setelah perlakuan pembelajaran. Selain menganalisis hasil secara keseluruhan, penelitian ini juga mengevaluasi capaian siswa berdasarkan setiap indikator keterampilan bertanya. Hasil evaluasi berdasarkan indikator keterampilan bertanya menunjukkan bahwa siswa pada kelas

eksperimen mengalami peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan siswa pada kelas kontrol di hampir semua indikator. Data *pre-test* dan *post-test* dari kelas kontrol dan kelas eksperimen disajikan untuk mengidentifikasi perbedaan peningkatan pada masing-masing indikator, tertera pada Tabel 7.

**Tabel 7. Persentase Indikator Keterampilan Bertanya pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen pada Nilai *Pre-Test*.**

No.	Indikator Keterampilan Bertanya	Kelas Kontrol		Kelas Eksperimen	
		Persentase (%)	Kategori	Persentase (%)	Kategori
1.	Mengingat	45	Cukup	50	Cukup
2.	Memahami	41.25	Cukup	43.75	Cukup
3.	Menerapkan	23.75	Kurang	41.25	Cukup
4.	Menganalisis	21.25	Kurang	25	Kurang
5.	Mengevaluasi	28.75	Kurang	28.75	Kurang
6.	Menciptakan	33.75	Kurang	48.75	Cukup
	Rata-rata	32.29	Cukup	39.58	Cukup

Data hasil *pre-test* dan *post-test* berdasarkan indikator keterampilan bertanya pada kelas kontrol dan kelas eksperimen menunjukkan bahwa rata-rata persentase keterampilan bertanya kelas kontrol sebesar 32,29% dan kelas eksperimen sebesar 39,58%, keduanya berada pada kategori cukup. Dapat dilihat pada Gambar 3.



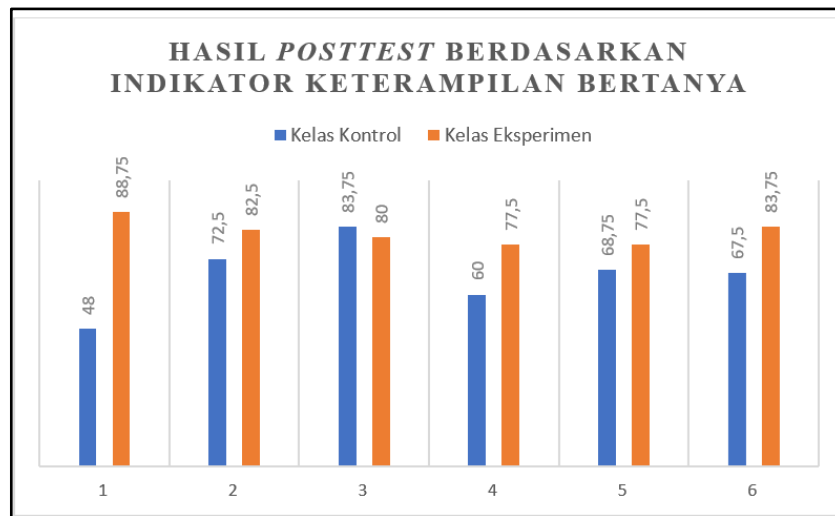
**Gambar 3. Hasil *Pre-Test* Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen Berdasarkan Indikator Keterampilan Bertanya.**

Secara umum, kelas eksperimen menunjukkan capaian lebih tinggi hampir pada seluruh indikator, meskipun masih belum optimal. Rincian tiap indikator adalah sebagai berikut: 1) mengingat; kelas kontrol 45%, kelas eksperimen 50% (kategori cukup); 2) memahami; kelas kontrol 41,25%, kelas eksperimen 43,75% (cukup); 3) menerapkan; kelas kontrol 23,75% (kurang), kelas eksperimen 41,25% (cukup); 4) menganalisis; kelas kontrol 21,25%, kelas eksperimen 25% (kurang); 5) mengevaluasi; keduanya 28,75% (kurang); dan 6) menciptakan; kelas kontrol 33,75% (kurang), kelas eksperimen 48,75% (cukup). Adapun tabel presentase indikator keterampilan bertanya pada kelas kontrol dan kelas eksperimen pada nilai *post-test* sebagaimana Tabel 8.

**Tabel 8. Persentase Indikator Keterampilan Bertanya pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen pada Nilai *Post-Test*.**

No.	Indikator Keterampilan Bertanya	Kelas Kontrol		Kelas Eksperimen	
		Persentase (%)	Kategori	Persentase (%)	Kategori
1	Mengingat	45	Cukup	50	Cukup
2	Memahami	41.25	Cukup	43.75	Cukup
3	Menerapkan	23.75	Kurang	41.25	Cukup
4	Menganalisis	21.25	Kurang	25	Kurang
5	Mengevaluasi	28.75	Kurang	28.75	Kurang
6	Menciptakan	33.75	Kurang	48.75	Cukup
	Rata-rata	32.29	Cukup	39.58	Cukup

Tabel 8 menunjukkan perbandingan keterampilan bertanya pada nilai *post-test* antara kelas kontrol dan kelas eksperimen. Rata-rata kelas kontrol mencapai 66,75% (kategori baik), sedangkan kelas eksperimen 81,66% (kategori sangat baik). Seluruh indikator mengalami peningkatan lebih tinggi pada kelas eksperimen. Peningkatan tertinggi terlihat pada indikator “mengingat” dan “menciptakan” yang menunjukkan efektivitas pembelajaran berbasis *Project-Based Learning* dan *Augmented Reality* dalam mendorong kemampuan bertanya siswa. Visualisasi ditampilkan pada Gambar 4.



**Gambar 4. Hasil *Post-Test* Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen Berdasarkan Indikator Keterampilan Bertanya.**

Secara umum, kelas eksperimen menunjukkan capaian lebih tinggi pada seluruh indikator keterampilan bertanya dengan rata-rata berada pada kategori sangat baik, sementara kelas kontrol berada pada kategori baik. Rincian tiap indikator sebagai berikut: 1) mengingat; kelas kontrol 48% (cukup), kelas eksperimen 88,75% (sangat baik); 2) memahami; kelas kontrol 72,5% (baik), kelas eksperimen 82,5% (sangat baik); 3) menerapkan; kelas kontrol 83,75% (sangat baik), eksperimen 80% (baik); 4) menganalisis; kelas kontrol 60% (cukup), kelas eksperimen 77,5% (baik); 5) mengevaluasi; kelas kontrol 68,75% (baik), kelas eksperimen 77,5% (baik); dan 6) menciptakan; kelas kontrol 67,5% (baik), kelas eksperimen 83,75% (sangat baik). Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan



pembelajaran pada kelas eksperimen berdampak positif terhadap peningkatan keterampilan bertanya siswa pada seluruh aspek.

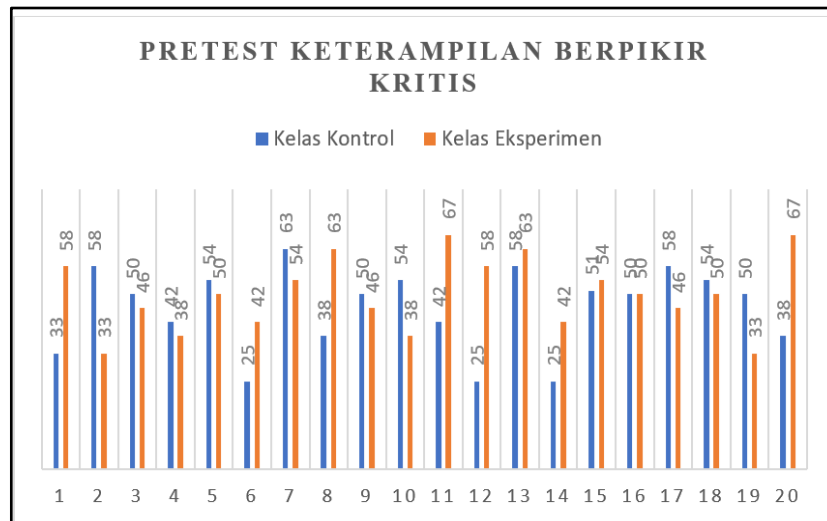
### Keterampilan Berpikir Kritis

*Pre-test* keterampilan berpikir kritis diberikan kepada siswa sebelum pelaksanaan pembelajaran dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan awal siswa dalam berpikir kritis. Hasil *pre-test* disajikan dalam Tabel 9.

**Tabel 9. Hasil *Pre-Test* Keterampilan Berpikir Kritis Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.**

Data	Interval Kontrol	Kelas Eksperimen
N	20	20
Skor Tertinggi	63	67
Skor Terendah	25	33
Rata-rata	47.35	50.00
Standar Deviasi	10.85	10.55

Hasil *pre-test* berpikir kritis menunjukkan bahwa kemampuan awal antara kedua kelas relatif seimbang. Rata-rata kelas eksperimen sebesar 50,00 dan kelas kontrol 47,35 menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Tabel 9 menggambarkan kondisi awal keterampilan berpikir kritis siswa melalui *pre-test*. Kelas eksperimen memiliki nilai rata-rata sedikit lebih tinggi (50,00) dibandingkan kelas kontrol (47,35). Skor tertinggi dan terendah juga menunjukkan distribusi yang tidak jauh berbeda, serta standar deviasi yang setara. Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan berpikir kritis antara kedua kelas sebelum perlakuan dapat dikategorikan setara. Untuk mempermudah dalam memahami data hasil *pre-test* keterampilan berpikir kritis kelas kontrol dan kelas eksperimen, data disajikan dalam bentuk diagram sebagaimana Gambar 5.



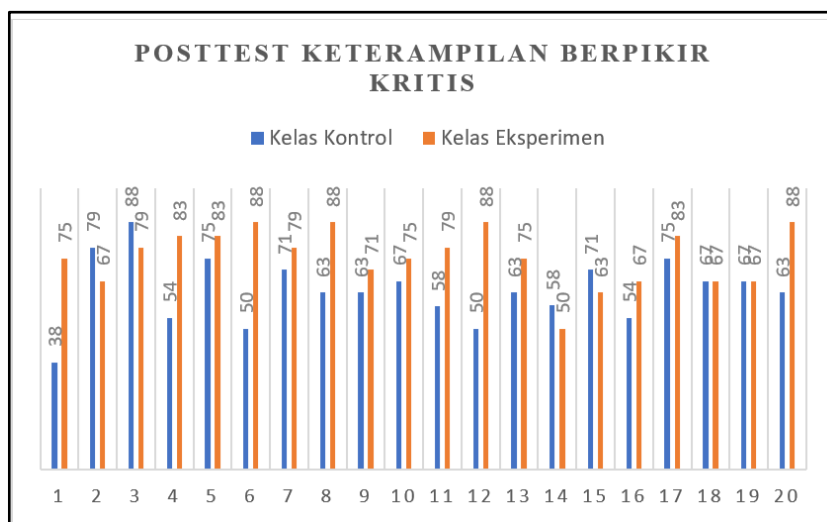
**Gambar 5. Hasil *Pre-Test* Keterampilan Berpikir Kritis Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.**

Setelah dilakukan pembelajaran pada masing-masing kelas, siswa diberikan *post-test* untuk mengetahui hasil keterampilan berpikir kritis setelah memperoleh perlakuan. Hasil *post-test* disajikan dalam Tabel 10.

**Tabel 10. Hasil *Post-Test* Keterampilan Berpikir Kritis Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.**

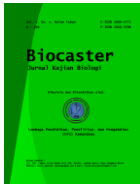
Data	Interval Kontrol	Kelas Eksperimen
N	20	20
Skor Tertinggi	88	88
Skor Terendah	50	50
Rata-rata	65.30	75.75
Standar Deviasi	13.07	10.12

Peningkatan signifikan terjadi pada kelas eksperimen. Rata-rata skor *post-test* keterampilan berpikir kritis sebesar 75,75 dibandingkan dengan kelas kontrol yang hanya mencapai 65,30. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis AR dan PjBL mampu merangsang analisis, evaluasi, dan refleksi siswa secara lebih efektif. Tabel 10 memperlihatkan peningkatan hasil *post-test* keterampilan berpikir kritis. Kelas eksperimen mengalami peningkatan lebih besar dengan rata-rata skor 75,75 dibandingkan kelas kontrol yang hanya mencapai 65,30. Standar deviasi yang lebih kecil pada kelas eksperimen (10,12) menunjukkan adanya pemerataan hasil, yang menjadi indikator bahwa seluruh siswa mengalami peningkatan kemampuan berpikir kritis secara lebih konsisten setelah diterapkan pembelajaran berbasis AR dan PjBL. Efektivitas pendekatan ini tidak hanya terlihat dari rata-rata skor yang lebih tinggi, tetapi juga dari sebaran nilai yang lebih merata, sebagaimana ditunjukkan oleh standar deviasi yang lebih rendah. Hal ini menandakan bahwa metode pembelajaran tersebut mampu mengakomodasi berbagai karakteristik belajar siswa. Untuk mempermudah dalam memahami data hasil *post-test* keterampilan bertanya kelas kontrol dan kelas eksperimen, data disajikan dalam bentuk diagram sebagaimana Gambar 6.



**Gambar 6. Hasil *Post-Test* Keterampilan Berpikir Kritis Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.**

Sebelum dilakukan uji hipotesis, dilakukan uji normalitas pada data *pre-test* dan *post-test* keterampilan berpikir kritis, baik pada kelas kontrol maupun kelas eksperimen untuk memastikan bahwa data berdistribusi normal. Uji normalitas menggunakan metode Shapiro-Wilk menghasilkan nilai signifikansi disajikan pada Tabel 11.



**Tabel 11. Data Nilai *N-Gain* Keterampilan Berpikir Kritis Kelas Kontrol dan Eksperimen.**

Data	Interval Kontrol	Kelas Eksperimen
N	20	20
Skor Tertinggi	0.53	0.73
Skor Terendah	0.18	0.36
Rata-rata	0.29	0.49
Kategori	Rendah	Sedang

Nilai *N-Gain* rata-rata keterampilan bertanya pada kelas eksperimen mencapai 0,49 (kategori sedang), sedangkan kelas kontrol hanya 0,29 (kategori rendah). Ini mengindikasikan efektivitas pendekatan AR-PjBL dalam mendorong peningkatan partisipasi kognitif siswa secara signifikan. Tabel 9 menunjukkan nilai *N-Gain* keterampilan berpikir kritis siswa setelah perlakuan pembelajaran. Kelas eksperimen memperoleh rata-rata *N-Gain* sebesar 0,49 yang termasuk kategori sedang, sedangkan kelas kontrol hanya mencapai 0,29 dan tergolong dalam kategori rendah. Perbedaan ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa pendekatan AR-PjBL lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Nilai tertinggi pada kelas eksperimen (0,73) juga menunjukkan bahwa terdapat siswa yang mengalami peningkatan. Sebelum dilakukan uji hipotesis, dilakukan uji normalitas pada data *pre-test* dan *post-test* keterampilan bertanya, baik pada kelas kontrol maupun kelas eksperimen untuk memastikan bahwa data berdistribusi normal. Selanjutnya, uji normalitas juga dilakukan pada data *pre-test* dan *post-test* keterampilan berpikir kritis untuk kelas kontrol dan kelas eksperimen. Hasil uji Shapiro-Wilk disajikan pada Tabel 12.

**Tabel 12. Uji Normalitas *Pre-Test* dan *Post-Test* Keterampilan Bertanya Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.**

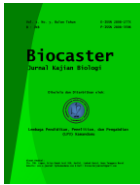
Kelas Kontrol		Kelas Eksperimen		Keterangan
<i>Pre-Test</i>	<i>Post-Test</i>	<i>Pre-Test</i>	<i>Post-Test</i>	
0.13	0.79	0.48	0.10	Berdistribusi Normal

Karena semua nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 maka data *pre-test* dan *post-test* keterampilan berpikir kritis pada kedua kelas berdistribusi normal. Dengan demikian, data memenuhi asumsi normalitas untuk analisis statistik parametris selanjutnya. *Levene's Test* menunjukkan nilai signifikansi  $>0,05$  yang artinya varians data antara kedua kelas adalah homogen. Sebagaimana pada Tabel 13.

**Tabel 13. Uji Homogenitas *Pre-Test* dan *Post-Test* Keterampilan Bertanya Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen.**

Test	<i>Leven's Statistic</i>	df1	df2	Signifikansi	Keterangan
<i>Pre-test</i>	0.032	1	38	0.860	Homogen
<i>Post-test</i>	1.251	1	38	0.270	Homogen

Karena nilai signifikansi pada *pre-test* dan *post-test* lebih besar dari 0,05 maka varians data *pre-test* dan *post-test* keterampilan berpikir kritis juga dapat dikatakan homogen. Terdapat perbedaan yang sangat signifikan dalam keterampilan berpikir kritis antara kelas kontrol dan kelas eksperimen (*p-value*  $<0,05$ ) yang menunjukkan efektivitas model *Project-Based Learning* berbasis *Augmented Reality*. Sebagaimana pada Tabel 14.



**Tabel 14. Uji Hipotesis Independent Sample T-Test Keterampilan Bertanya.**

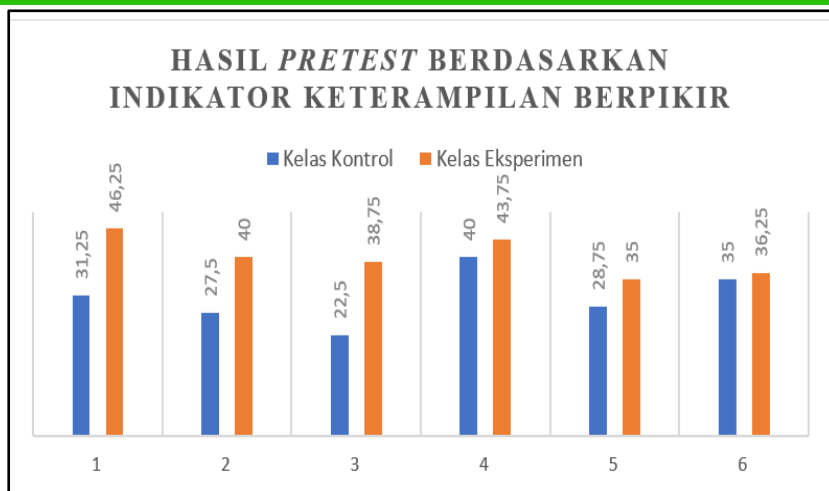
Uji Hipotesis	t	df	Sig. (2-tailed)
0.768	3.519	38	0.001

Dengan nilai signifikansi sebesar  $0,001 < 0,05$  dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen dalam keterampilan berpikir kritis siswa setelah mendapatkan perlakuan pembelajaran. Selain menganalisis hasil secara keseluruhan, penelitian ini juga mengevaluasi capaian siswa berdasarkan setiap indikator keterampilan berpikir kritis. Evaluasi berdasarkan setiap indikator keterampilan berpikir kritis mencakup lima aspek utama, yaitu: 1) memberikan penjelasan sederhana; 2) membangun keterampilan dasar; 3) menyimpulkan; 4) memberikan penjelasan lanjutan; dan 5) mengatur strategi dan taktik, yang keseluruhannya saling berkaitan dalam menilai kemampuan peserta didik untuk memahami permasalahan, mengidentifikasi informasi yang relevan, serta menarik simpulan yang logis. Data *pre-test* dan *post-test* dari kelas kontrol dan kelas eksperimen disajikan untuk mengidentifikasi perbedaan peningkatan pada masing-masing indikator pada Tabel 15.

**Tabel 15. Persentase Indikator Keterampilan Berpikir Kritis pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen pada Nilai Pre-Test.**

No.	Indikator Keterampilan Bertanya	Kelas Kontrol		Kelas Eksperimen	
		Persentase (%)	Kategori	Persentase (%)	Kategori
1	Interpretasi	31.25	Kurang	46.25	Cukup
2	Analisis	27.5	Kurang	40	Kurang
3	Inferensi	22.5	Kurang	38.75	Kurang
4	Evaluasi	40	Cukup	43.75	Cukup
5	Eksplanasi	28.75	Kurang	35	Kurang
6	Regulasi Diri	35	Kurang	36.25	Kurang
	Rata-rata	30.83	Kurang	40	Kurang

Rata-rata keterampilan berpikir kritis siswa pada *pre-test* menunjukkan bahwa kelas kontrol memperoleh 30,83% dan kelas eksperimen 40%, keduanya masih dalam kategori kurang. Secara per indikator, kelas eksperimen unggul di hampir semua aspek, seperti: 1) interpretasi kelas kontrol 31,25% (kurang), kelas eksperimen 46,25% (cukup); 2) analisis kelas kontrol 27,5% (kurang), kelas eksperimen 40% (kurang); 3) inferensi kelas kontrol 22,5% (kurang), kelas eksperimen 38,75% (kurang); 4) evaluasi kelas kontrol 40% (cukup), kelas eksperimen 43,75% (cukup); 5) eksplanasi kelas kontrol 28,75% (kurang), kelas eksperimen 35% (kurang); dan 6) regulasi diri kelas kontrol 35% (kurang), kelas eksperimen 36,25% (kurang). Meskipun demikian, hasil ini menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa di kedua kelas masih perlu ditingkatkan. Meskipun terdapat perbedaan antara kelas kontrol dan kelas eksperimen, hasil *pre-test* menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa secara umum masih berada pada kategori kurang. Hal ini mengindikasikan bahwa baik metode pembelajaran konvensional yang digunakan di kelas kontrol maupun pendekatan awal pada kelas eksperimen belum memberikan dampak yang signifikan terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa. Diagram hasil *pre-test* disajikan pada Gambar 7.



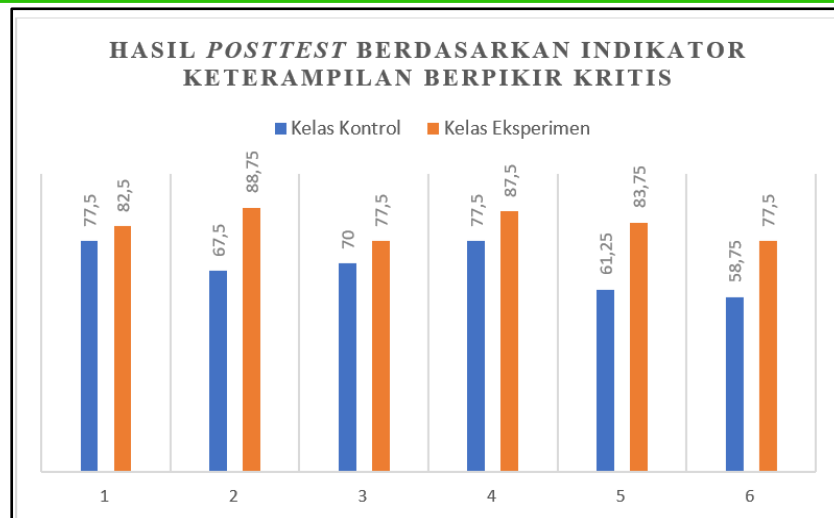
**Gambar 7.** Hasil *Pre-Test* Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen Berdasarkan Indikator Keterampilan Berpikir Kritis.

Adapun persentase indikator keterampilan berpikir kritis pada kelas kontrol dan kelas eksperimen pada nilai *post-test* sebagaimana Tabel 16.

**Tabel 16.** Persentase Indikator Keterampilan Berpikir Kritis pada Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen pada Nilai *Post-Test*.

No.	Indikator Keterampilan Bertanya	Kelas Kontrol		Kelas Eksperimen	
		Persentase (%)	Kategori	Persentase (%)	Kategori
1	Interpretasi	77.5	Baik	82.5	Cukup
2	Analisis	67.5	Baik	88.75	Kurang
3	Inferensi	70	Baik	77.5	Kurang
4	Evaluasi	77.5	Baik	87.5	Cukup
5	Eksplanasi	61.25	Baik	83.75	Kurang
6	Regulasi Diri	58.75	Cukup	77.5	Kurang
Rata-rata		68.75	Baik	82.91	Sangat Baik

Secara umum, kelas eksperimen memperoleh rata-rata 82,91% (kategori sangat baik), sedangkan kelas kontrol 68,75% (kategori baik). Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran di kelas eksperimen lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Secara rinci, kelas eksperimen unggul pada semua indikator: 1) interpretasi kelas eksperimen yaitu 82,5%, sedangkan kelas kontrol 77,5%; 2) analisis kelas eksperimen yaitu 88,75%, sedangkan kelas kontrol 67,5%; 3) inferensi kelas eksperimen yaitu 77,5%, sedangkan kelas kontrol 70%; 4) evaluasi kelas eksperimen yaitu 87,5%, sedangkan kelas kontrol 77,5%; 5) eksplanasi kelas eksperimen yaitu 83,75%, sedangkan kelas kontrol 61,25%; dan 6) regulasi diri kelas eksperimen yaitu 77,5%, sedangkan kelas kontrol 58,75%. Seluruh indikator menunjukkan peningkatan lebih signifikan di kelas eksperimen, mengindikasikan bahwa model *Project-Based Learning* berbasis *Augmented Reality* mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa secara lebih optimal. Temuan ini memperkuat asumsi bahwa integrasi teknologi inovatif, seperti *Augmented Reality*, dalam model *Project-Based Learning* tidak hanya meningkatkan keterlibatan siswa, tetapi juga memperdalam pemahaman konseptual siswa. Data selengkapnya ditampilkan pada Gambar 8.

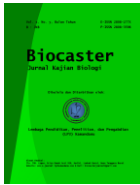


**Gambar 8.** Hasil *Post-Test* Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen Berdasarkan Indikator Keterampilan Berpikir Kritis.

Secara keseluruhan, temuan menunjukkan bahwa integrasi teknologi *Augmented Reality* dalam pendekatan *Project Based Learning* memberikan kontribusi positif dalam pembelajaran biologi, khususnya pada aspek keterampilan bertanya dan berpikir kritis. Hasil ini sejalan dengan temuan Rahmatullah (2023) dan Kuswinardi *et al.* (2023) yang menunjukkan efektivitas media AR dalam meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa. AR memfasilitasi pemahaman konsep melalui visualisasi 3D yang mendukung pembelajaran bermakna, sementara PjBL memberi ruang eksplorasi aktif dan refleksi siswa. Pembelajaran berbasis proyek yang didukung media interaktif memberikan pengalaman belajar yang lebih holistik dan mendalam, serta mendorong siswa untuk berkolaborasi dan membangun pengetahuan secara mandiri. Dengan demikian, integrasi AR dan PjBL menjadi alternatif strategis untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di era digital.

Secara keseluruhan, integrasi teknologi *Augmented Reality* dalam pendekatan *Project Based Learning* memberikan kontribusi positif dalam pembelajaran biologi, khususnya pada keterampilan bertanya dan berpikir kritis. Hasil ini sejalan dengan penelitian Muliana & Nufus (2024) yang menunjukkan bahwa model *Problem Based Learning* berbantuan AR secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Selain itu, Octavia (2021) juga menegaskan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran IPA dapat melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui visualisasi konsep abstrak menjadi konkret. Indriani *et al.* (2023) menemukan bahwa AR dalam PjBL meningkatkan proses sains dan sikap ilmiah siswa secara signifikan, sejalan dengan temuan Rahmawati & Salimah (2024) yang menunjukkan bahwa AR-PjBL mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Fatih *et al.* (2024) mendukung temuan ini melalui penggunaan *game* edukatif berbasis AR untuk meningkatkan literasi sains dan berpikir kritis. Sukasih *et al.* (2022) menunjukkan efektivitas buku berbasis AR dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa SD, dan Lismaya *et al.* (2022) mengungkap



bahwa pendekatan saintifik berbasis AR meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Dengan demikian, pembelajaran berbasis proyek yang didukung media interaktif AR memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna, mendorong eksplorasi, kolaborasi, dan refleksi siswa secara aktif. Integrasi AR dan PjBL menjadi alternatif strategis dalam meningkatkan kualitas pembelajaran di era digital.

## SIMPULAN

Penerapan model *Project-Based Learning* berbasis *Augmented Reality* terbukti memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan keterampilan bertanya dan berpikir kritis siswa kelas XI pada materi sistem reproduksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis AR-PjBL mencapai skor *post-test* dan *N-Gain* yang lebih tinggi dibandingkan siswa pada kelas kontrol. Integrasi teknologi AR dalam PjBL mendorong keterlibatan aktif, eksplorasi mandiri, serta memungkinkan visualisasi konsep abstrak secara konkret yang berdampak positif terhadap pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

## SARAN

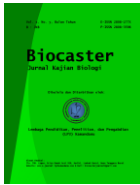
Diperlukan pelatihan guru dalam pengembangan media AR dan penerapan model PjBL. Penelitian serupa dapat dilakukan pada materi biologi lainnya serta tingkat pendidikan berbeda untuk melihat generalisasi hasil.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, baik moril maupun materi, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

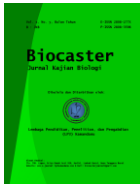
## DAFTAR RUJUKAN

- Astuti, C. P., Haryati, T., & Wuryandini, E. (2024). Pemanfaatan Teknologi Digital untuk Peningkatan Mutu Pendidikan di SMP Negeri 2 Sulang Rembang. *Innovative : Journal of Social Science Research*, 4(6), 8519-8528. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i6.17318>
- Baskoro, B., Gunaryati, A., & Rubhasy, A. (2023). Klasifikasi Penduduk Kurang Mampu dengan Metode *K-Means* untuk Optimalisasi Program Bantuan Sosial. *Infomatek : Jurnal Informatika, Manajemen dan Teknologi*, 25(2), 41-48. <https://doi.org/10.23969/infomatek.v25i1.7271>
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*. London: David McKay Company, Inc.
- Budiarti, N. I. (2022). Merdeka Mengajar Platform as a Support for the Quality of Mathematics Learning in East Java. *Matematika dan Pembelajaran*, 10(1), 13-25. <http://dx.doi.org/10.33477/mp.v10i1.2858>
- Darsyah, D. (2023). Konsep Dasar Belajar dan Pembelajaran dalam Pendidikan. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, 5(2), 857-861.
- Facione, P. A. (2015). *Critical Thinking: What it is and Why it Counts*. California: Academic Press.



- Faslia, F., Aswat, H., & Aminu, N. (2023). Pelibatan Model *Projek Based Learning* pada Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial (IPS) Menuju Pelajar Pancasila pada Jenjang Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 7(6), 3895-3904. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i6.6623>
- Fatih, M., Alfi, C., & Muqtafa, M. A. (2024). Science Learning Game (SLG) Based on Augmented Reality Enhances Science Literacy and Critical Thinking Students Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(2), 975-979. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i2.6107>
- Foster, N., & Schleicher, A. (2022). Assessing Creative Skills. *Creative Education*, 13(1), 1-29. <https://doi.org/10.4236/ce.2022.131001>
- Hake, R. R. (1999). Analyzing Change/Gain Scores. In *an American Educational Research Association (Division D), Measurement and Research Methodology* (pp. 229-455). Bloomington, United States of America: Department of Physics, Indiana University.
- Hanik, E. U., Puspitasari, D., Safitri, E., Firdaus, H. R., Pratiwi, M., & Inayah, R. N. (2022). Integrasi Pendekatan TPACK (*Technological, Pedagogical, Content, Knowledge*) Guru Sekolah Dasar SIKL dalam Melaksanakan Pembelajaran Era Digital. *JEID : Journal of Educational Integration and Development*, 2(1), 15-27. <https://doi.org/10.55868/jeid.v2i1.97>
- Indriani, R., Wahidin, W., & Arip, A. G. (2023). Pengembangan Model *Project Based Learning* (PjBL) Berbantuan *Augmented Reality* (AR) untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Sikap Ilmiah Peserta Didik Kelas XI pada Materi Struktur Sel. *Edubiologica : Jurnal Penelitian Ilmu dan Pendidikan Biologi*, 10(2), 23-32. <http://dx.doi.org/10.25157/jwp.v10i2.11217>
- Kuswinardi, J. W., Rachman, A., Taswin, M. Z., Pitra, D. H., & Oktawati, U. Y. (2023). Efektivitas Pemanfaatan Aplikasi *Augmented Reality* (AR) dalam Pembelajaran di SMA: Sebuah Tinjauan Sistematis. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, 6(3), 556-563.
- Lismaya, L., Priyanto, A., & Ayu, P. (2022). Application of Augmented Reality Through a Scientific Approach to Students' Critical Thinking Ability. *Indonesian Journal of Learning and Instruction*, 5(1), 33-35. <https://doi.org/10.25134/ijli.v5i1.5874>
- Listiawan, B., Sukamto, K., & Dewi, R. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis *Augmented Reality* pada Materi Bangun Ruang. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Matematika*, 7(1), 55-63. <https://doi.org/10.29100/jp2m.v8i2.3637>
- Muliana, M., & Nufus, H. (2024). Improving Critical Thinking Skills Through a Problem Based Learning (PBL) Approach Based on Augmented Reality (AR) at SMAN 1 Seunuddon. *International Journal of Trends in Mathematics Education Research*, 7(4), 31-39. <https://doi.org/10.33122/ijtmer.v7i4.340>
- Noer, D. (2025). Implementasi *Project Based Learning* pada Kurikulum Merdeka. *J-PiMat : Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 1717-1726. <https://doi.org/10.31932/j-pimat.v7i1.4663>
- Octavia, N. (2021). Augmented Reality to Improve Critical Thinking Skills in





- Science Learning. In *SHEs: Conference Series* (pp. 861-866). Surakarta, Indonesia: Universitas Sebelas Maret.
- Pristiwanti, D., Badariah, B., Hidayat, S., & Dewi, R. S. (2022). Pengertian Pendidikan. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, 4(6), 7911-7915. <https://doi.org/10.31004/jpdk.v4i6.9498>
- Rahmatullah, A. (2023). Peningkatan Kompetensi TPACK Guru Melalui Pelatihan Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis *Augmented Reality*. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Nusantara*, 9(2), 45-53. <https://doi.org/10.35870/jpmm.v3i2.1856>
- Rahmawati, U., & Salimah, K. F. (2024). *Augmented Reality* pada Pembelajaran IPA Berbasis Proyek untuk Mengembangkan *Critical Thinking* Siswa SMP. In *Prosiding Seminar Nasional IPA XIV* (pp. 622-631). Semarang, Indonesia: Universitas Negeri Semarang.
- Sarnoto, D., Hasanah, L., & Putri, S. A. (2023). Analisis Penerapan Teknologi dalam Pembelajaran dan Dampaknya terhadap Hasil Belajar. *Journal on Education*, 15(1), 112-119. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i1.2915>
- Siskayanti, W. D., Nurhidayati, S., & Safnowandi, S. (2022). Pengaruh Model *Problem Based Instruction* Dipadu dengan Teknik *Probing Prompting* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Kognitif. *Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 2(2), 94-112. <https://doi.org/10.36312/pjipst.v2i2.76>
- Sukasih, S., Wulandari, D., & Permana, Z. F. (2022). The Effectiveness of *Augmented Reality* Book to Improve *Critical Thinking* Ability at Elementary School Students. *Journal of Education for Sustainability and Diversity*, 1(1), 22-24. <https://doi.org/10.57142/jesd.v1i1.2>
- Suleman, M. A., & Idayanti, Z. (2023). Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Keberhasilan Pembelajaran Berbasis Teknologi. *Jurnal Basicedu*, 7(6), 3559-3570. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i6.6368>
- Syafriani, D., Sahputri, A. A., Alyanti, D., Ramadani, D. S., & Pardosi, K. T. (2025). Pembelajaran Kurikulum Merdeka di Indonesia. *JAHE : Jurnal Akuntansi Hukum dan Edukasi*, 2(1), 22-31. <https://doi.org/10.57235/jahe.v2i1.5753>
- Umroh, H., Rijal, S., & Yunus, F. M. (2025). Mereformasi Pendidikan : Mengkaji Rendahnya Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Melalui Pendekatan Pendidikan Kritis Ivan Illich. *Aspirasi : Publikasi Hasil Pengabdian dan Kegiatan Masyarakat*, 3(1), 18-32. <https://doi.org/10.61132/aspirasi.v3i1.1306>