

Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Ditinjau Dari Keterampilan Proses Sains Melalui Model PjBL Berbantuan *Mobile Learning* Pada Siswa Kelas V Sekolah Dasar

Riyan Putra Setiyawan^{1*}, ST. Budi Waluya², Lusi Rachmiazasi Masduki³

¹Magister Pendidikan Dasar, Sekolah Pascasarjana, Universitas Terbuka, Indonesia

²Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

³Sekolah Pascasarjana, Universitas Terbuka, Indonesia

Email: ryanputra926@gmail.com

ABSTRAK

Hasil PISA 2022 menempatkan Indonesia pada skor sains 383, jauh di bawah rata-rata internasional 489, mengindikasikan lemahnya kemampuan berpikir kritis (KBK) dan keterampilan proses sains (KPS) siswa. Studi pendahuluan di Gugus Kartini Kecamatan Blora menemukan 82% butir evaluasi masih berada pada level C1–C2 dan hanya 15,5% siswa kelas V yang mampu mengomunikasikan hasil pengamatan secara ilmiah. Penelitian ini bertujuan menganalisis kemampuan berpikir kritis ditinjau dari keterampilan proses sains melalui model Project-Based Learning (PjBL) berbantuan mobile learning berbasis QR Code pada siswa kelas V. Pendekatan yang digunakan adalah sequential explanatory mixed methods dengan desain kuasi-eksperimen pretest–posttest non-equivalent control group, melibatkan 56 siswa kelas V SDN 3 Jepangrejo (eksperimen) dan SDN 1 Jepangrejo (kontrol) pada materi Cahaya dan Sifatnya. Data kuantitatif dikumpulkan melalui tes uraian KBK dan lembar observasi KPS, sedangkan data kualitatif diperoleh melalui wawancara purposive terhadap enam siswa berkategori KPS tinggi, sedang, dan rendah, kemudian dianalisis menggunakan uji z, uji t, N-gain, regresi linear sederhana, dan model Miles–Huberman. Ketuntasan klasikal kelas eksperimen mencapai 92,86%, dengan rata-rata KBK 83,43 dibandingkan 69,75 pada kelas kontrol. Peningkatan KBK kelas eksperimen tergolong sedang dengan N-gain 66,84% (cukup efektif), sementara kelas kontrol hanya 25,90% (tidak efektif). Uji regresi menunjukkan KPS berpengaruh positif dan signifikan terhadap KBK dengan kontribusi 77,3%. Profil KBK siswa konsisten dengan kategori KPS yang dimiliki. Temuan ini berimplikasi pada perlunya integrasi pembelajaran berbasis proyek dengan teknologi mobile sebagai strategi penguatan keterampilan abad ke-21 di sekolah dasar.

Kata Kunci : Kemampuan Berpikir Kritis; Keterampilan Proses Sains; Mobile Learning Berbasis QR Code; Project-Based Learning; Siswa Sekolah Dasar

ABSTRACT

The 2022 PISA results placed Indonesia at a science score of 383, well below the international average of 489, signalling persistent weaknesses in students' critical thinking skills (CTS) and science process skills (SPS). A preliminary survey across Gugus Kartini, Blora Regency, found that 82% of assessment items remained at the C1–C2 cognitive level and only 15.5% of fifth-grade students could communicate observational results scientifically. This study analysed fifth-grade students' critical thinking skills in terms of science process skills through a Project-Based Learning (PjBL) model assisted by QR Code-based mobile learning. A sequential explanatory mixed methods approach was applied, employing a pretest–posttest non-equivalent control group quasi-experimental design with 56 fifth-grade students from SDN 3 Jepangrejo (experimental) and SDN 1 Jepangrejo (control) on the topic of Light and Its Properties. Quantitative data were collected through essay-form CTS tests and SPS observation sheets, while qualitative data were drawn from purposive interviews with six students representing high, medium, and low SPS categories, then analysed using z-tests, independent and paired t-tests, N-gain, simple linear regression, and the Miles–Huberman model. Classical mastery in the experimental class reached 92.86%, with a CTS mean of 83.43 compared with 69.75 in the control class. The experimental class N-gain reached 66.84% (moderately effective), whereas the control class attained only 25.90% (ineffective). Regression analysis confirmed that SPS positively and significantly influenced CTS with a contribution of 77.3%. PjBL assisted by mobile learning is effective in enhancing fifth-grade students' critical thinking skills, and students' CTS profiles consistently correspond to their SPS categories. The findings imply that integrating project-based science instruction with mobile technology constitutes a viable strategy for strengthening 21st-century skills at the primary level.

Keywords : Critical Thinking Skills; Science Process Skills; QR Code–Based Mobile Learning; Project-Based Learning; Primary School Students

PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik mampu berpikir kritis, bekerja secara ilmiah, dan memanfaatkan teknologi secara produktif. Kurikulum Merdeka merespons tuntutan tersebut dengan menekankan pembelajaran berbasis inkuiri, keterampilan proses, dan pengembangan Profil Pelajar Pancasila. Capaian Pembelajaran IPAS Fase C secara eksplisit mengarahkan siswa untuk mengembangkan keterampilan inkuiri, membangun konsep sains melalui eksplorasi ilmiah, serta menghubungkan pengetahuan dengan fenomena nyata di sekitar mereka (Kemendikbudristek, 2022) .

Kenyataan di lapangan menunjukkan kondisi yang berbeda. Berdasarkan survei PISA 2022, Indonesia memperoleh skor 383 dalam kompetensi sains, jauh di bawah rata-rata internasional 489 (OECD, 2023). Rapor Pendidikan 2025 mengkategorikan kualitas pembelajaran Indonesia dalam kategori sedang, dengan pola komunikasi yang masih satu arah dan pembelajaran yang berpusat pada guru (Kemendikdasmen, 2025). Temuan tersebut diperkuat oleh kondisi di lapangan, di mana tes awal terhadap 400 siswa kelas V di Gugus Kartini Kecamatan Blora menunjukkan hanya 37% siswa mampu menjawab soal C1–C2, 41,5% dapat mengerjakan soal C3 namun mengalami kesulitan pada level C4, 18% hanya menjawab sebagian soal C4, dan tidak satu pun siswa yang mampu menyelesaikan soal kreasi (C6) dengan benar. Analisis lebih lanjut terhadap LKPD dan soal evaluasi mengungkap bahwa 82% butir soal berada pada level C1 (mengingat) dan C2 (memahami), sehingga siswa tidak pernah dilatih berpikir pada level analisis, evaluasi, maupun kreasi.

Keterampilan proses sains (KPS) merupakan kompetensi esensial yang harus dikembangkan sejak jenjang sekolah dasar. KPS mencakup kemampuan kognitif, fisik, dan sosial yang memungkinkan siswa bekerja layaknya ilmuwan: mengamati fenomena, menafsirkan data, merencanakan percobaan, menggunakan alat dan bahan secara tepat, serta mengomunikasikan hasil secara ilmiah (Fauziah, 2022). Wiratman et al. (2023) menemukan bahwa pembelajaran berbasis KPS berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis (KBK) siswa sekolah dasar, mencakup kemampuan merumuskan pertanyaan, menyusun strategi pemecahan masalah, dan mengevaluasi keputusan. Observasi di Gugus Kartini menunjukkan bahwa hanya 23% siswa yang secara aktif menggunakan indera secara tepat dalam proses pengamatan, dan hanya 15,5% siswa mampu mengomunikasikan hasil percobaan secara lisan dengan logis dan terstruktur.

Permasalahan KBK dan KPS yang bersifat sistemis membutuhkan intervensi melalui model pembelajaran yang secara struktural mampu mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses ilmiah. Model *Project-Based Learning* (PjBL) memenuhi kriteria tersebut. Krajcik dan Shin (2022) menjelaskan bahwa PjBL dirancang untuk meningkatkan berpikir kritis, kerja sama, dan pemecahan masalah melalui proyek kolaboratif yang berorientasi pada permasalahan nyata. Sintaks PjBL menurut Paramita et al. (2024) mencakup enam fase yang secara sistematis melatih komponen KPS dan KBK secara simultan, yaitu

penentuan pertanyaan mendasar, penyusunan rencana proyek, penjadwalan, monitoring kemajuan, pengujian hasil, dan evaluasi pengalaman. Efektivitas PjBL telah dibuktikan dalam berbagai penelitian: Khairunnisa et al. (2024) menemukan siswa yang belajar dengan PjBL memperoleh nilai berpikir kritis lebih tinggi secara signifikan, dan Setiyadi et al. (2024) melalui meta-analisis mengonfirmasi bahwa PjBL memberikan pengaruh besar terhadap peningkatan keterampilan proses sains.

Pemanfaatan *Mobile Learning* berperan sebagai katalisator yang memperluas pengalaman belajar siswa melampaui keterbatasan ruang dan waktu. Dong et al. (2024) melalui meta-analisis menegaskan bahwa *Mobile Learning* efektif dalam meningkatkan pencapaian belajar sains siswa usia sekolah, terutama ketika diintegrasikan dengan pembelajaran berbasis inkuiri. Survei kepemilikan perangkat di Gugus Kartini menunjukkan bahwa 78% siswa kelas V telah memiliki atau dapat mengakses *smartphone*, namun perangkat tersebut belum dimanfaatkan secara pedagogis. Implementasi *mobile learning* melalui sistem *QR Code* yang terhubung ke *Google Drive* dipilih karena tidak memerlukan instalasi aplikasi tambahan, dapat diakses melalui kamera *smartphone*, dan terbukti meningkatkan efisiensi serta fleksibilitas pembelajaran (AlNajdi, 2022). Wardani et al. (2024) menemukan bahwa penggunaan media *smartphone* dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan proses ilmiah siswa dibandingkan pembelajaran konvensional. Sejalan dengan itu, Andarista et al. (2025) melaporkan bahwa pengembangan media berbasis *QR Code* yang dipadukan dengan model pembelajaran berbasis masalah pada siswa kelas V SD terbukti sangat valid (kelayakan 94%) serta efektif meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan *self-efficacy* siswa dengan kategori sedang hingga tinggi. Temuan tersebut memperkuat dasar pemilihan media *QR Code* sebagai komponen pendukung pembelajaran berbasis proyek pada penelitian ini.

Meskipun PjBL dan *mobile learning* masing-masing telah terbukti efektif, kajian literatur sistematis terhadap artikel dari jurnal terindeks Scopus dan SINTA periode 2020–2026 menunjukkan belum ditemukan penelitian yang secara khusus mengintegrasikan keduanya untuk meningkatkan KPS dan KBK siswa kelas V sekolah dasar secara simultan dengan desain *mixed methods*. Kebaruan penelitian ini terletak pada empat dimensi yang

belum pernah dieksplorasi bersamaan: (1) integrasi sintaks PjBL enam fase dengan *mobile learning* berbasis *QR Code* pada IPAS materi Cahaya dan Sifatnya; (2) analisis simultan dua konstruk utama KPS dan KBK beserta pemetaan kausalitas; (3) penggunaan desain *sequential explanatory mixed methods*; dan (4) penggunaan Batas Tuntas Aktual (BTA) sebagai instrumen pengukuran efektivitas yang lebih adaptif. Berdasarkan paparan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis kemampuan berpikir kritis ditinjau dari keterampilan proses sains melalui model PjBL berbantuan *mobile learning* pada siswa kelas V sekolah dasar.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Sequential Explanatory Mixed Methods* (Creswell & Creswell, 2023) dengan desain kuasi-eksperimen *pretest-posttest non-equivalent control group*. Fase kuantitatif bersifat dominan, sedangkan fase kualitatif berperan menjelaskan temuan kuantitatif. Rumusan masalah dijawab melalui analisis kuantitatif sebagai fase utama, sedangkan rumusan masalah tentang gambaran KBK ditinjau dari KPS dijawab secara kualitatif berdasarkan temuan fase pertama. Penelitian dilaksanakan pada 17 April sampai 17 Mei 2026 pada siswa kelas V di Gugus Kartini, Kecamatan Blora, Kabupaten Blora.

Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas V di Gugus Kartini yang berjumlah 400 siswa dari 10 sekolah dasar. Penentuan sampel menggunakan teknik *purposive sampling* yang konsisten dengan desain kuasi-eksperimen berbasis *intact classes* (Sugiyono, 2022). Sampel berjumlah 56 siswa yang terdiri atas 28 siswa kelas V SDN 3 Jepangrejo sebagai kelompok eksperimen dan 28 siswa kelas V SDN 1 Jepangrejo sebagai kelompok kontrol. Kedua sekolah berada dalam satu wilayah administrasi desa, di bawah koordinasi Dinas Pendidikan yang sama, dengan ketersediaan fasilitas pembelajaran dan latar belakang sosial-ekonomi yang relatif setara. Kelompok eksperimen memperoleh perlakuan model PjBL berbantuan *mobile learning* berbasis *QR Code*, sedangkan kelompok kontrol memperoleh perlakuan model CTL selama tiga pertemuan masing-masing berdurasi 3×35 menit dengan materi pokok Cahaya dan Sifatnya.

Variabel bebas (X) penelitian adalah keterampilan proses sains, sedangkan variabel terikat (Y) adalah kemampuan berpikir kritis. Instrumen penelitian meliputi tes uraian terbuka KBK berbasis ranah kognitif C3–C5, lembar observasi KPS dengan sepuluh indikator yang dinilai pada skala 1–4, angket KPS berskala Likert, pedoman wawancara semi-terstruktur, dan media *Mobile Learning* berbasis *QR Code*. Tes uraian KBK terdiri atas sepuluh butir soal yang mengukur lima indikator kemampuan berpikir kritis yaitu memberikan jawaban yang jelas, mengembangkan keterampilan dasar, merumuskan kesimpulan, menyampaikan penjelasan yang mendalam, dan mengembangkan strategi serta taktik. Lembar observasi KPS memuat sepuluh indikator yang meliputi mengamati, mengklasifikasikan, memprediksi, merencanakan percobaan, menggunakan alat dan bahan, menginterpretasikan data, menerapkan konsep, berkomunikasi, mengajukan pertanyaan, dan menyimpulkan; masing-masing dinilai pada skala 1–4 dengan deskriptor perilaku yang teroperasionalisasi secara jelas. Angket KPS berskala Likert empat poin digunakan sebagai data konfirmasi mandiri atas hasil observasi. Kategori KPS ditetapkan menggunakan interval skor: skor >85 dikategorikan tinggi, 70–85 sedang, dan <70 rendah, mengacu pada konversi skor observasi ke skala 0–100. Kategori KBK ditetapkan berdasarkan capaian skor tes uraian dengan rentang nilai 0–100 menggunakan KKM adaptif (BTA) sebesar 70 sebagai batas minimum ketuntasan. Validasi instrumen dilakukan oleh tiga validator, yaitu satu dosen STKIP Muhammadiyah Blora dan dua kepala sekolah dasar di Kabupaten Blora, menggunakan lembar validasi berdimensi materi, konstruk, dan bahasa. Hasil validasi menunjukkan seluruh perangkat penelitian memperoleh kategori baik hingga sangat baik dengan rata-rata skor berkisar 3,8–4,2 dari skala 5. Reliabilitas tes KBK diuji menggunakan formula *Alpha Cronbach* terhadap hasil uji coba pada 28 siswa di luar sampel dan menghasilkan koefisien sebesar 0,82, yang tergolong reliabilitas tinggi. Konsistensi lembar observasi KPS antara dua observer diukur dengan koefisien kesepakatan *Cohen's Kappa* dan memperoleh nilai $\kappa = 0,78$, yang menunjukkan tingkat kesepakatan yang kuat. Dengan demikian, instrumen yang digunakan telah memenuhi kriteria validitas dan reliabilitas yang memadai untuk mengukur konstruk KBK dan KPS secara kredibel.

Data kuantitatif dianalisis melalui uji prasyarat berupa uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov* dan uji homogenitas *Levene*, dilanjutkan dengan uji hipotesis yang meliputi uji z-

test proporsi satu sampel untuk menghitung ketuntasan klasikal, *t-test* satu sampel untuk menghitung apakah kemampuan berpikir kritis mencapai batas tuntas aktual, *Independent t-test* untuk menghitung perbandingan rata-rata kelas eksperimen dan kelas kontrol, *z-test* dua proporsi untuk menghitung proporsi ketuntasan KBK di kelas eksperimen dan kelas kontrol, *Paired t-test* dan *N-Gain* untuk mengetahui peningkatan KBK, serta Regresi linier sederhana untuk melihat pengaruh keterampilan proses sains terhadap KBK.

Data kualitatif dianalisis dengan model *Miles–Huberman* melalui tahap reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Subjek wawancara dipilih secara *purposive* sebanyak enam siswa kelas eksperimen yang mewakili kategori KPS tinggi, sedang, dan rendah, masing-masing dua siswa per kategori. Keabsahan data kualitatif dijaga melalui triangulasi sumber, metode, dan waktu.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pelaksanaan Pembelajaran PjBL Berbantuan Mobile Learning

Pelaksanaan pembelajaran PjBL berbantuan *mobile learning* menunjukkan peningkatan kualitas pada setiap pertemuan. Pengamatan terhadap kualitas pembelajaran pada empat pertemuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengamatan Kualitas Pembelajaran

No	Kualitas Pembelajaran	Rata-rata	Kategori
1	Pertemuan 1	3,68	Baik
2	Pertemuan 2	4,08	Baik
3	Pertemuan 3	4,28	Sangat Baik

Sumber: data yang diolah (2026)

Berdasarkan Tabel 1, kualitas pembelajaran meningkat secara konsisten dari kategori baik (skor 3,68) pada pertemuan pertama hingga kategori sangat baik (skor 4,28) pada pertemuan ketiga. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penerapan model PjBL berbantuan *mobile learning* mampu menciptakan pembelajaran yang semakin efektif, aktif, dan

mendukung pengembangan KBK serta KPS siswa. Hasil angket respons siswa memperkuat temuan tersebut, dengan persentase rata-rata 83,2% yang mengindikasikan sebagian besar siswa merasa pembelajaran menarik, membantu pemahaman materi, dan meningkatkan keterlibatan.

Ketuntasan Klasikal dan Individual Kemampuan Berpikir Kritis

Uji ketuntasan klasikal menggunakan statistik z dengan hipotesis $H_0: \pi \leq 75\%$ dan $H_1: \pi > 75\%$. Diketahui jumlah siswa tuntas sebesar 26 dari 28 siswa, sehingga proporsi ketuntasan 0,9286. Perhitungan menghasilkan zhitung = 1,73 yang lebih besar dari ztabel = 0,674 pada taraf signifikansi 5%, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian, persentase ketuntasan KBK siswa setelah penerapan model PjBL berbantuan *mobile learning* telah melampaui kriteria 75%.

Uji ketuntasan individual dilakukan menggunakan *one sample t-test* dengan nilai test 70 (KKM yang ditetapkan). Rata-rata KBK kelas eksperimen sebesar 83,57 dengan simpangan baku 3,12 menghasilkan thitung = 22,99 yang jauh lebih besar dari t tabel = 2,052 pada dk = 27 dan $\alpha = 5\%$. Dengan demikian, rata-rata KBK siswa secara individual telah mencapai BTA. Pencapaian ini menunjukkan bahwa siswa tidak hanya memahami konsep cahaya dan sifatnya, tetapi juga mampu menganalisis permasalahan, mengevaluasi informasi, dan menarik kesimpulan secara logis. Temuan ini sejalan dengan Sa'diyah dkk. (2024) yang menemukan bahwa pembelajaran berbasis proyek dan pemecahan masalah meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SD.

Perbedaan Rata-rata dan Proporsi Ketuntasan KBK

Uji perbedaan rata-rata KBK antara kelas eksperimen dan kelas kontrol menggunakan uji t dua sampel independen menghasilkan nilai t hitung dan deskripsi statistik sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Beda Rata-rata KBK Siswa Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Kelompok	N	Rata-rata	Std. Deviasi	Sig. (1-tailed)
PjBL + <i>Mobile Learning</i>	28	83,43	2,99	0,000
CTL	28	69,75	2,70	0,000
thitung		17,97	ttabel = 2,005	H_0 ditolak

Sumber: data yang diolah (2026)

Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata KBK kelas eksperimen sebesar 83,43 jauh lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 69,75. Nilai thitung = 17,97 jauh lebih besar dari ttabel = 2,005 (dk = 54, $\alpha = 5\%$), sehingga H_0 ditolak. Selisih rata-rata sebesar 13,68 poin merupakan selisih substansial yang mengindikasikan dampak nyata model PjBL berbantuan *mobile learning* terhadap KBK siswa.

Uji beda proporsi ketuntasan menghasilkan Zhitung = 7,25 yang jauh lebih besar dari Ztabel = 1,64, sehingga H_0 ditolak. Kelas eksperimen mencapai ketuntasan 92,86%, sedangkan kelas kontrol hanya mencapai proporsi yang jauh lebih rendah. Hasil ini menegaskan bahwa model PjBL berbantuan *mobile learning* tidak hanya efektif bagi siswa berkemampuan tinggi, tetapi juga membantu siswa dengan berbagai tingkat kemampuan untuk mencapai KKM. Keunggulan model ini disebabkan oleh karakteristik pembelajaran berbasis proyek nyata yang menuntut siswa memahami, menganalisis, dan menerapkan konsep dalam konteks kehidupan sehari-hari, didukung media interaktif yang memudahkan eksplorasi materi secara mandiri.

Peningkatan KBK Berdasarkan N-Gain

Hasil perhitungan uji N-Gain disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil N-Gain KBK Siswa

Kelompok	N-Gain (%)	Kategori	Tafsiran Efektivitas
Eksperimen (PjBL + <i>Mobile Learning</i>)	66,84	Sedang	Cukup Efektif
Kontrol (CTL)	25,90	Rendah	Tidak Efektif

Sumber: data yang diolah (2026)

Berdasarkan Tabel 3, rata-rata *N-Gain* kelas eksperimen sebesar 66,84% berada pada kategori sedang dengan tafsiran cukup efektif. Sementara itu, kelas kontrol hanya memperoleh N-Gain 25,90% yang berada pada kategori rendah dan tergolong tidak efektif. Selisih efektivitas yang besar (40,94%) menunjukkan keunggulan model PjBL berbantuan

mobile learning dalam menggerakkan proses berpikir siswa secara bertahap melalui kegiatan mengamati fenomena cahaya, menganalisis sifat-sifatnya, melakukan percobaan, dan menarik kesimpulan berbasis bukti.

Pengaruh KPS terhadap KBK

Uji regresi linear sederhana menghasilkan persamaan $\hat{Y} = -4,67 + 1,07X$ dengan koefisien korelasi $R = 0,879$ dan koefisien determinasi $R^2 = 0,773$. Hasil uji ANOVA menghasilkan $F_{hitung} = 30,118$ dengan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$, sehingga H_0 ditolak. Dengan demikian, KPS memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap KBK, dengan kontribusi sebesar 77,3%, sedangkan 22,7% sisanya dipengaruhi faktor lain di luar penelitian. Persamaan regresi tersebut menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu satuan skor KPS akan diikuti peningkatan KBK sebesar 1,07 satuan. Temuan ini memperkuat hasil Wiratman et al. (2023) dan Fauziah (2022) yang menyatakan bahwa KPS berperan penting dalam pembentukan keterampilan berpikir tingkat tinggi karena melalui proses mengamati, mengolah data, dan menarik kesimpulan, siswa dilatih berpikir lebih terstruktur dan logis.

Tingginya kontribusi KPS sebesar 77,3% terhadap KBK dapat dijelaskan melalui mekanisme kognitif yang melekat dalam sintaks PjBL berbantuan *mobile learning*. Ketika siswa menjalankan fase penentuan pertanyaan mendasar, mereka dilatih mengaktifkan indikator KPS mengajukan pertanyaan dan mengamati fenomena secara langsung melalui konten video yang diakses via *QR Code*. Pada fase penyusunan rencana dan pelaksanaan proyek, siswa mengoperasikan indikator merencanakan percobaan, menggunakan alat dan bahan, serta menginterpretasikan data. Setiap kali siswa mengolah data percobaan dan membangun argumentasi dalam LKPD, mereka secara bersamaan melatih indikator KBK berupa analisis, evaluasi, dan inferensi. Dengan kata lain, PjBL berbantuan *mobile learning* menciptakan kondisi di mana KPS dan KBK berkembang secara simultan dan saling menguatkan dalam satu ekosistem pembelajaran yang autentik. Penggunaan *QR Code* sebagai antarmuka akses konten turut berkontribusi karena memungkinkan siswa berpindah antara konteks nyata dan informasi digital secara mulus, memfasilitasi proses analogi dan transfer konsep yang merupakan inti dari berpikir kritis.

Sisa kontribusi sebesar 22,7% yang tidak dijelaskan oleh KPS mengindikasikan adanya faktor lain yang turut memengaruhi KBK siswa. Faktor-faktor tersebut diduga

mencakup motivasi belajar intrinsik, gaya belajar, dukungan orang tua dalam akses perangkat, serta pengalaman belajar berbasis proyek sebelumnya. Selain itu, kemampuan literasi dasar dan bahasa siswa dalam memahami instruksi soal uraian juga berperan, mengingat tes KBK yang digunakan bersifat uraian terbuka. Kondisi fisik dan psikologis siswa pada hari pelaksanaan tes, serta variasi dalam pengelolaan kelas oleh guru, juga berpotensi memengaruhi performa KBK secara individual. Temuan ini selaras dengan pandangan bahwa kemampuan berpikir tingkat tinggi bersifat multidimensional dan tidak dapat sepenuhnya diprediksi oleh satu prediktor tunggal.

Beberapa keterbatasan penelitian perlu diakui untuk menjaga kecermatan generalisasi temuan. Pertama, sampel dibatasi pada dua kelas di dua sekolah dalam satu gugus di Kecamatan Blora, sehingga generalisasi ke populasi yang lebih luas memerlukan kehati-hatian mengingat perbedaan konteks demografis, infrastruktur teknologi, dan kompetensi guru di wilayah lain. Kedua, desain kuasi-eksperimen non-equivalent control group tidak memungkinkan pengacakan penuh, sehingga potensi variabel pengganggu dari perbedaan karakteristik awal antarkelas tidak dapat sepenuhnya dieliminasi meskipun kedua sekolah berada dalam satu wilayah administrasi yang relatif setara. Ketiga, durasi perlakuan yang terbatas pada tiga pertemuan masing-masing 3×35 menit menjadi kendala dalam mengamati perkembangan KPS dan KBK secara longitudinal. Keterbatasan-keterbatasan tersebut membuka ruang bagi penelitian lanjutan yang menggunakan desain *true experiment* dengan randomisasi, sampel yang lebih besar dan beragam secara geografis, serta rentang waktu intervensi yang lebih panjang untuk mengonfirmasi efek jangka menengah dari integrasi PjBL dan *mobile learning* terhadap keterampilan abad ke-21 siswa sekolah dasar.

Kemampuan Berpikir Kritis Ditinjau dari Keterampilan Proses Sains

Analisis kualitatif dilakukan terhadap enam subjek wawancara yang mewakili kategori KPS tinggi (SE16 dan SE28), sedang (SE10 dan SE13), dan rendah (SE5 dan SE8). Distribusi siswa kelas eksperimen berdasarkan KPS disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi dan Persentase Siswa Berdasarkan Kategori KPS

Kategori KPS	Jumlah Siswa	Persentase (%)
Tinggi	8	28,57
Sedang	15	53,57
Rendah	5	17,86
Jumlah	28	100

Sumber: data yang diolah (2026)

Sebagian besar siswa (53,57%) berada pada kategori KPS sedang, sebanyak 28,57% pada kategori tinggi, dan 17,86% pada kategori rendah. Profil KBK siswa pada masing-masing kategori dianalisis berdasarkan empat indikator, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi. Siswa dengan KPS tinggi (SE16 dan SE28) menunjukkan kemampuan berpikir kritis yang baik pada seluruh indikator. Keduanya mampu memahami permasalahan dengan tepat melalui identifikasi informasi yang diketahui dan ditanyakan, menghubungkan informasi secara logis, menyelesaikan soal dengan langkah-langkah sistematis dan konsep yang benar, serta menarik kesimpulan yang logis. SE16 cenderung lebih reflektif dengan menyajikan alternatif penyelesaian dan alasan yang lebih rinci, sedangkan SE28 lebih praktis, fokus, dan langsung pada inti jawaban.

Siswa dengan KPS sedang (SE10 dan SE13) menunjukkan kemampuan berpikir kritis yang cukup baik, namun masih mengalami kendala terutama pada aspek analisis, evaluasi, dan ketelitian. Kedua subjek mampu memahami informasi dalam soal dan menghubungkan data untuk menyusun langkah penyelesaian, tetapi sering mengalami keraguan dalam menentukan strategi yang tepat dan membutuhkan waktu lebih lama untuk mengevaluasi jawaban. Tingkat kepercayaan diri dalam menjelaskan alasan jawaban juga masih belum optimal.

Siswa dengan KPS rendah (SE5 dan SE8) mengalami kesulitan pada seluruh indikator KBK. Kedua subjek hanya mampu memahami informasi dasar pada soal, kesulitan menghubungkan informasi untuk menyusun langkah penyelesaian, strategi penyelesaian belum sistematis, kemampuan mengevaluasi masih rendah, dan kesimpulan yang diberikan sering tidak didukung alasan yang jelas. Pola ini menegaskan temuan

kuantitatif: semakin tinggi KPS yang dimiliki siswa, semakin baik pula KBK yang ditampilkan. Hasil ini sejalan dengan pendapat Madzkiyah et al. (2024) bahwa keberhasilan pemecahan masalah menuntut kemampuan memahami masalah, merencanakan strategi, melaksanakan penyelesaian, dan melakukan pengecekan kembali secara tepat. Implikasi pedagogisnya, guru perlu menyediakan diferensiasi pembelajaran: tantangan analisis dan evaluasi yang lebih kompleks bagi siswa KPS tinggi, pendampingan terstruktur pada aspek analisis dan evaluasi bagi siswa KPS sedang, serta bimbingan intensif yang bertahap dan konkret bagi siswa KPS rendah dalam pembelajaran *Project-Based Learning* berbantuan *mobile learning*.

Pembahasan

Sesuai dengan desain sequential explanatory *mixed methods*, data kualitatif dalam penelitian ini tidak berdiri sebagai temuan yang terpisah, melainkan digunakan secara eksplisit untuk menjelaskan dan memperdalam hasil statistik yang diperoleh pada fase kuantitatif. Pertama, hasil uji regresi menunjukkan $R^2 = 0,773$, yang berarti 77,3% variasi KBK dapat diprediksi oleh KPS. Temuan kuantitatif ini secara sendirinya tidak mengungkap mekanisme di balik hubungan tersebut. Data wawancara dengan enam subjek menjawab pertanyaan ini: siswa KPS tinggi (SE16 dan SE28) mendeskripsikan pengalaman mereka dalam mengamati, mengklasifikasikan sifat cahaya, dan menarik simpulan berdasarkan data percobaan sebagai proses yang “menyenangkan dan masuk akal”. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas KPS yang terstruktur dalam PjBL membangun skema berpikir yang kemudian memfasilitasi KBK. Sebaliknya, siswa KPS rendah (SE5 dan SE8) mengakui kesulitan menghubungkan informasi dalam soal uraian karena mereka juga kesulitan menginterpretasikan data saat percobaan. Hal ini mengkonfirmasi bahwa defisit KPS berdampak langsung pada KBK secara kualitatif.

Kedua, hasil N-gain kelas eksperimen sebesar 66,84% (kategori sedang, cukup efektif) yang secara statistik unggul jauh dari kelas kontrol (25,90%) menjadi lebih bermakna ketika dipadukan dengan temuan kualitatif. Data wawancara mengungkap bahwa peningkatan yang “sedang” bukan disebabkan oleh kelemahan model, melainkan karena sebagian besar siswa (53,57%) memulai pembelajaran dengan KPS pada kategori sedang sehingga secara logis peningkatan KBK mereka tidak mencapai kategori tinggi. Siswa KPS

sedang (SE10 dan SE13) dalam wawancara mengonfirmasi bahwa mereka mengalami peningkatan pemahaman tetapi masih membutuhkan lebih banyak latihan untuk aspek evaluasi dan inferensi—temuan yang tidak dapat dibaca dari angka N-gain semata. Ketiga, ketuntasan klasikal 92,86% yang dicapai kelas eksperimen dapat dipahami secara kualitatif melalui narasi siswa tentang peran *QR Code* sebagai “jembatan” antara fenomena fisik yang diamati dan konsep abstrak cahaya, yang membantu mereka membangun pemahaman yang cukup untuk menjawab soal uraian. Dengan demikian, integrasi kedua jenis data menghasilkan pemahaman yang lebih utuh: angka-angka statistik menunjukkan efektivitas model, sementara wawancara menjelaskan mengapa dan bagaimana efektivitas tersebut bekerja pada tingkat pengalaman belajar siswa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa model PjBL berbantuan *mobile learning* efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas V pada materi cahaya dan sifatnya. KBK siswa pada kelas eksperimen telah mencapai ketuntasan klasikal (92,86%) dan individual (rata-rata 83,43 di atas KKM 70). Rata-rata KBK kelas eksperimen lebih tinggi secara signifikan dibandingkan kelas kontrol (CTL) yang hanya mencapai rata-rata 69,75, dengan $t_{hitung} = 17,97 > t_{tabel} = 2,005$. Proporsi ketuntasan kelas eksperimen juga lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Hasil uji N-Gain menunjukkan peningkatan KBK kelas eksperimen sebesar 66,84% (sedang, cukup efektif), sementara kelas kontrol hanya 25,90% (rendah, tidak efektif). Hasil uji regresi membuktikan bahwa KPS berpengaruh positif dan signifikan terhadap KBK dengan kontribusi 77,3% ($R = 0,879$; $F_{hitung} = 30,118$; $p < 0,05$). Profil KBK siswa konsisten dengan kategori KPS: siswa KPS tinggi menunjukkan KBK yang baik pada seluruh indikator, siswa KPS sedang menunjukkan KBK cukup baik dengan kendala pada analisis, evaluasi, dan ketelitian, sedangkan siswa KPS rendah mengalami kesulitan pada seluruh indikator KBK.

Saran

Pertama, guru sekolah dasar disarankan menerapkan model PjBL berbantuan *mobile learning* sebagai alternatif strategis dalam pembelajaran IPAS, khususnya pada materi yang

memungkinkan eksperimen sederhana seperti cahaya dan sifatnya. Kedua, pembelajaran perlu didesain dengan diferensiasi sesuai kategori KPS siswa: tantangan kompleks bagi siswa KPS tinggi, pendampingan terstruktur bagi siswa KPS sedang, dan bimbingan intensif yang konkret bagi siswa KPS rendah. Ketiga, kepala sekolah dan dinas pendidikan disarankan memfasilitasi pelatihan guru tentang sintaks PjBL dan pemanfaatan *mobile learning* berbasis *QR Code* agar penerapan model ini dapat diperluas ke sekolah-sekolah lain. Keempat, penelitian lanjutan disarankan menguji efektivitas model ini pada materi IPAS lain, jenjang kelas yang berbeda, atau dengan ukuran sampel yang lebih besar untuk memperkuat generalisasi temuan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. ST. Budi Waluya, M.Si. dan Dr. Lusi Rachmiazasi Masduki, M.Pd. selaku pembimbing TAPM. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada guru kelas V SDN 3 Jepangrejo serta SDN 1 Jepangrejo yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian, serta seluruh siswa kelas V kedua sekolah tersebut yang telah berpartisipasi sebagai subjek penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- AlNajdi, S. M. (2022). The effectiveness of using augmented reality (AR) to enhance student performance: using quick response (QR) codes in student textbooks in the Saudi education system. *Educational Technology Research and Development*, 70(3), 1105–1124. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10100-4>
- Andarista, E., Alfi, C., & Amalia, S. N. (2025). Pengembangan Media Diosia Berbasis QR Code melalui Pembelajaran Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Self-efficacy Dan Pemecahan Masalah Siswa Kelas V SD. *Jurnal Penelitian & Artikel Pendidikan*, 17(02), 935–954.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.
- Dong, Z., Chiu, M. M., Zhou, S., & Zhang, Z. (2024). The effect of mobile learning on school-aged students' science achievement: A meta-analysis. *Education and Information Technologies*, 29(1), 517–544. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12240-3>
- Fauziah, F. M. (2022). Systematic Literature Review: Bagaimanakah Pembelajaran IPA Berbasis Keterampilan Proses Sains yang Efektif Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis? *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(3), 455–463.
- Kemendikbudristek. (2022). *Capaian Pembelajaran Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) Fase A-Fase C Untuk SD/MI/Program Paket A*.

- Kemendikdasmen. (2025). *Rapor Pendidikan Indonesia*.
- Khairunnisa, Harahap, F., & Ashairin, A. (2024). The influence of project-based learning models and creativity on critical thinking. *Inovasi Kurikulum*, 21 Nomor 3(2), 1137–1148.
- Krajcik, J. S., & Shin, N. (2022). Project-Based Learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (3rd ed., pp. 72–92). Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI: 10.1017/9781108888295.006>
- Madzkiyah, A. F., Subanji, & Arifin, S. (2024). Students' Problem-Solving Skills Based on Polya's Stages. *Indonesian Journal of Mathematics Education*, 7(2). <https://doi.org/10.31002/ijome.v7i2.2648>
- OECD. (2023). PISA 2022 Results. *Factsheets*, I, 2–6. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Paramita, W., Pujiastuti, E., & Asih, T. S. N. (2024). *Pembelajaran Model Project Based-Learning Berbantuan Aplikasi MathCityMap*. Penamuda Media.
- Sa'diyah, H., Umalihayati, Hidayah, R., Salimi, M., Evasufi Widi Fajari, L., Aini, S., & Mashudi. (2024). The Effect of Problem Based Learning Model on Critical Thinking Skills in Elementary School: A Meta Analysis Study. *Jurnal Iqra': Kajian Ilmu Pendidikan*, 9(1), 135–160. <http://journal.iaimnumetrolampung.ac.id/index.php/ji/>
- Setiyadi, M. W., Sudiatmika, A. A. I. A. R., Suma, K., & Suardana, N. (2024). Meta-Analysis: The Effect of Project Based Learning on Science Process Skills. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*, 10(1), 52–62. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v10i1.5227>
- Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D (Edisi ke-2)*. Alfabeta.
- Wardani, I. S., Widodo, A., & Munir. (2024). The Effect of Smartphones Media to Improve Critical Thinking Skills Student of Elementary School. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(2), 479–485. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i2.3346>
- Wiratman, A., Ajiegoena, A. M., & Widiyanti, N. (2023). Pembelajaran Berbasis Keterampilan Proses Sains: Bagaimana Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(1), 463–472.