

Model Project Based Learning Berbasis Tinkercad Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Hukum Ohm

Miguel Angle Kosegeran^{1)*}, Tineke Makahinda¹⁾, Theresje Mandang¹⁾,
Patricia Mardiana Silangen¹⁾, Jimmy Lolowang¹⁾, Alfrie Musa Rampengan²⁾

¹⁾Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa 95618 Indonesia

²⁾Ilmu Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa 95618 Indonesia

*Corresponding author. email: migueljyp33@gmail.com

Receipt : 29/10/2025; Revision : 11/02/2026; Accepted : 28/02/2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan hasil belajar siswa menggunakan model pembelajaran *project bases learning* berbasis tinkercad pada materi Hukum Ohm. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 1 Tombatu dengan melibatkan 50 peserta didik kelas XI yang terbagi dalam kelompok eksperimen dan kontrol. Kelas eksperimen menerapkan PjBL berbantuan Tinkercad, sementara kelas kontrol menggunakan PjBL konvensional tanpa media digital. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuasi-eksperimen dengan desain Randomized Control Group Pretest-Posttest dengan menggunakan dua kelas masing-masing berisi 25 siswa. Instrumen pengumpulan data berupa tes hasil belajar yang terdiri atas soal objektif dan esai yang diberikan dalam bentuk pre-test dan post-test, serta lembar penilaian proyek. Data dianalisis melalui uji statistik independent sample t-test. Temuan ini membuktikan bahwa model PjBL berbasis Tinkercad secara efektif meningkatkan hasil belajar siswa, sehingga layak dipertimbangkan sebagai pendekatan inovatif dalam pembelajaran fisika, khususnya untuk penguasaan konsep-konsep abstrak seperti Hukum Ohm.

Kata kunci : Hasil Belajar, Media Pembelajaran Interaktif, Project Based Learning, Tinkercad

ABSTRACT

This study aims to improve student learning outcomes using a Tinkercad-based project-based learning model on Ohm's Law material. The study was conducted at SMA Negeri 1 Tombatu, involving 50 grade XI students divided into experimental and control groups. The experimental class implemented PjBL assisted by Tinkercad, while the control class used conventional PjBL without digital media. This study used a quasi-experimental approach with a Randomized Control Group Pretest-Posttest design using two classes, each containing 25 students. The data collection instruments were learning outcome tests consisting of objective and essay questions given in the form of pre-tests and post-tests, as well as project assessment sheets. The data were analyzed using an independent sample t-test. The findings prove that the Tinkercad-based PjBL model effectively improves student learning outcomes, making it worthy of consideration as an innovative approach in physics learning, especially for mastering abstract concepts such as Ohm's Law.

Keywords: Interactive Learning Media, Learning Outcomes Project Based Learning, Tinkercad

1. PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan elemen mendasar yang wajib diakses setiap anak untuk menguatkan kapabilitas saintifik generasi muda, sehingga mereka siap beradaptasi dengan transformasi yang berlangsung secara dinamis di masa kini. Kesuksesan pendidikan mencerminkan kemajuan dan keberhasilan suatu bangsa. Salah satu disiplin ilmu yang krusial dalam pendidikan untuk kehidupan manusia adalah ilmu pengetahuan (Ilham et al., 2022). Fisika, sebagai cabang ilmu pengetahuan, memainkan peran penting dalam kemajuan teknologi dan pemecahan masalah sehari-hari.

Namun, dalam praktiknya pembelajaran fisika masih menghadapi berbagai tantangan. Pembelajaran fisika saat ini umumnya masih menerapkan metode berpusat pada guru, padahal kurikulum menuntut pembelajaran yang berpusat pada siswa (Wahyudi, 2021). Pendekatan berpusat pada guru kurang efektif dalam merangsang keterlibatan siswa sehingga menghasilkan hasil belajar yang kurang optimal. Siswa cenderung menghafal rumus tanpa memahami esensi konsep, yang pada akhirnya membuat fisika terasa rumit dan kurang menarik.

Salah satu alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah penerapan model *Project Based Learning* (PjBL). Model *Project Based Learning* (PjBL) merupakan suatu pendekatan

pembelajaran yang mengutamakan proses belajar yang berkelanjutan dalam suatu periode waktu tertentu. Model ini mengintegrasikan berbagai konsep dari berbagai disiplin ilmu, pengetahuan, dan bidang keahlian. Dengan pendekatan ini, peserta didik lebih aktif dalam mengembangkan kreativitas mereka melalui perancangan dan pembuatan proyek (Elisabeth et al., 2025). Dalam praktiknya, pendekatan ini memberikan siswa kesempatan yang signifikan untuk mengambil keputusan terkait pemilihan topik, pelaksanaan penelitian, dan penyelesaian proyek secara spesifik. (Sari & Angreni, 2018).

Model PjBL dalam pembelajaran fisika belum sepenuhnya optimal, terutama pada materi yang bersifat abstrak. Penggunaan media pembelajaran yang tepat sangat diperlukan untuk membantu siswa memahami konsep-konsep kompleks (Putu Widiarini & Rapo, 2024). Dalam konteks fisika, banyak konsep yang tidak dapat diamati secara langsung sehingga memerlukan visualisasi atau simulasi untuk memperjelas pemahaman siswa. Penggunaan media pembelajaran yang tepat berpotensi untuk meningkatkan motivasi siswa, memudahkan pemahaman konsep-konsep kompleks, dan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik (Putu Widiarini, Ni Ketut Rapo, 2024).

Salah satu materi fisika yang tergolong abstrak adalah Hukum Ohm. Konsep ini menjelaskan hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan listrik (Anugrah, 2022). Namun dalam praktiknya, siswa sering kali hanya menghafal rumus tanpa memahami hubungan konseptual antarbesaran tersebut. Kesulitan dalam memvisualisasikan aliran arus listrik yang tidak kasat mata menjadi tantangan tersendiri dalam pembelajaran materi ini.

Dalam pembelajaran tingkat kesulitan dalam memahami Hukum Ohm umumnya bersumber dari kebutuhan untuk menguasai hubungan konseptual yang kompleks antara tiga besaran listrik fundamental: tegangan, arus, dan hambatan. Dalam konteks pembelajaran hukum Ohm, integrasi media pembelajaran yang interaktif yang dapat memvisualisasikan konsep-konsep fisika yang abstrak seperti Tinkercad dapat menjadi solusi untuk memfasilitasi pemahaman siswa dalam pembelajaran. Tinkercad adalah platform berbasis web yang memungkinkan siswa mendesain dan mensimulasikan rangkaian listrik secara interaktif. Tinkercad juga menyediakan fitur desain 3D yang memungkinkan siswa untuk membuat model dari berbagai komponen elektronik dan menggabungkannya dalam sebuah rangkaian.

Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu guru fisika di SMA Negeri 1 Tombatu, diperoleh informasi bahwa proses pembelajaran fisika, khususnya pada materi Hukum Ohm, masih menghadapi berbagai kendala. Guru menyebutkan bahwa sebagian besar siswa merasa kesulitan memahami hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan listrik karena pembelajaran yang dilakukan masih bersifat teoritis dan minim praktik. Metode yang digunakan cenderung bersifat konvensional dengan dominasi ceramah, pemberian rumus, dan latihan soal. Selain itu, guru menyatakan bahwa keterbatasan fasilitas laboratorium dan media praktik membuat siswa jarang memperoleh kesempatan untuk melakukan eksperimen langsung yang dapat memperkuat pemahaman mereka terhadap konsep fisika.

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa model PjBL efektif dalam meningkatkan hasil belajar dan kreativitas siswa (Faisal et al., 2022; Fidela & Fadilah, 2024). Selain itu, penelitian mengenai penggunaan Tinkercad sebagai media pembelajaran juga telah membuktikan bahwa platform ini mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konsep melalui simulasi rangkaian listrik interaktif (Ratnadewi et al., 2023; Riskawati et al., 2022).

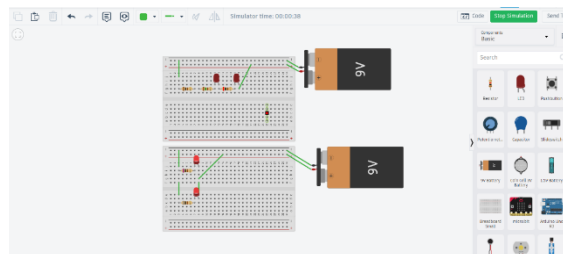
Berdasarkan uraian tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana perbedaan hasil belajar siswa antara yang menggunakan model PjBL berbasis Tinkercad dan model PjBL konvensional. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan hasil belajar siswa menggunakan model pembelajaran *project based learning* berbasis tinkercad pada materi Hukum Ohm

Pembelajaran berbasis proyek adalah metode pendidikan yang menekankan pada kerangka waktu tertentu dan pemecahan masalah (Fidela & Fadilah, 2024). Metode ini menggabungkan berbagai konsep dari berbagai bidang ilmu, disiplin ilmu, atau praktik. Pada pendekatan ini, peserta didik berkolaborasi dalam sebuah kelompok yang anggotanya bersifat heterogen untuk menyelesaikan suatu tugas pembelajaran yang kontekstual (Kristanti et al., 2017). Melalui pendekatan Pembelajaran Berbasis

Proyek (PjBL), siswa didorong untuk berpartisipasi secara aktif dengan mengerjakan berbagai proyek yang bersifat aplikatif. Dalam pelaksanaannya, pendekatan ini memberikan siswa kebebasan yang signifikan dalam menentukan topik studi, melakukan penelitian, dan menyelesaikan proyek pembelajaran secara mandiri (Sari & Angreni, 2018).

Model pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*) memungkinkan siswa untuk merancang masalah dan menemukan solusi secara mandiri (Ulyah, 2023). Keunggulan pendekatan ini terlihat jelas dari ciri khasnya, yang memungkinkan siswa mengembangkan langkah-langkah menuju pencapaian tujuan mereka, menumbuhkan rasa tanggung jawab dalam mengelola data sepanjang proyek, dan menghasilkan karya autentik yang dibuat oleh siswa sendiri (Aziz & Nurachadijat, 2023). Struktur model pembelajaran berbasis proyek meliputi tahap-tahap berikut: 1) menetapkan pertanyaan kunci, 2) mengembangkan rencana proyek, 3) merencanakan jadwal, 4) memantau kemajuan siswa dan proyek, 5) menguji hasil, dan 6) mengevaluasi pengalaman (Aisuwarya, 2022).

Tinkercad adalah sebuah platform daring yang menyediakan fasilitas untuk pembelajaran daring terkait desain 3D, rangkaian elektronika, dan pengkodean (Putri et al., 2024). Platform ini merupakan bagian dari rangkaian produk yang dikembangkan oleh Autodesk, sebuah perusahaan perangkat lunak yang sebelumnya dikenal dalam bidang desain dan animasi. Tinkercad juga menawarkan fitur kelas yang memungkinkan pengajar untuk membuat kelas virtual dan melakukan pembelajaran daring dengan siswa mereka (Ratnadewi et al., 2023). Dengan Tinkercad, pengguna memiliki kemampuan untuk membuat model baru dengan menggunakan berbagai bentuk dan objek yang dapat disesuaikan melalui program. Selain itu, Tinkercad memungkinkan pengguna untuk menggabungkan bentuk-bentuk tersebut, menambahkan gerakan, dan menyusun blok-blok untuk menciptakan desain 3D yang relevan dalam proses prototyping (Abburi et al., 2021).



Gambar 1. Tinkercad Circuit Design

Kelebihan dari program ini yang berbasis web adalah tidak memerlukan instalasi, sehingga dianggap sebagai metode yang efektif untuk mengajarkan desain 3D kepada siswa. Dalam konteks pembelajaran, Tinkercad menawarkan solusi dengan memungkinkan siswa merancang dan menciptakan replika digital dari benda-benda kebutuhan hidup sehari-hari dalam format 3D, sebagai alternatif dari pembelian secara langsung. (Eryilmaz & Deniz, 2021).

Meskipun Tinkercad memungkinkan siswa untuk menciptakan desain tiga dimensi melalui menu Desain 3D, platform tersebut juga menawarkan opsi untuk membuat desain menggunakan kode melalui menu Sirkuit dan Blok Kode. Ini menunjukkan bahwa Tinkercad memiliki potensi besar dalam memengaruhi berbagai aspek pemikiran komputasi siswa, seperti kreativitas, pemikiran algoritmik, kolaborasi, pemikiran kritis, dan pemecahan masalah. Dengan demikian, Tinkercad tidak hanya menyediakan alat untuk belajar secara praktis, tetapi juga memfasilitasi pemahaman yang mendalam tentang konsep-konsep penting seperti hukum Ohm dalam rangkaian elektronika.

Hukum Ohm, yang menjadi dasar ilmu kelistrikan. Diusulkan oleh Georg Simon Ohm, hukum ini menjelaskan hubungan proporsional atau linier antara beda potensial (tegangan) dalam konduktor dan jumlah arus listrik yang mengalir melalui konduktor tersebut. Hubungan matematis prinsip ini dapat dirumuskan dalam bentuk persamaan $V = I \cdot R$. (Anugrah, 2022)

Di mana V merujuk pada tegangan yang diukur dalam satuan volt, I menunjukkan kuat arus yang dinyatakan dalam satuan ampere, dan R menggambarkan hambatan yang diukur dalam

satuan ohm (Ω). Hukum Ohm menjelaskan mengenai hubungan antara tegangan listrik dan arus listrik.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa model *Project Based Learning* (PjBL) mampu meningkatkan hasil belajar sekaligus mengembangkan kreativitas siswa (Faisal et al., 2022; Fidela & Fadilah, 2024). Di samping itu, berbagai studi tentang pemanfaatan Tinkercad sebagai media pembelajaran juga mengungkapkan bahwa platform ini efektif dalam membantu siswa meningkatkan kemampuan berpikir kritis serta memperdalam pemahaman konsep melalui simulasi rangkaian listrik yang bersifat interaktif (Ratnadewi et al., 2023; Riskawati et al., 2022).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 1 Tombatu pada semester genap 2024/2025, dengan mengadopsi pendekatan kuasi-eksperimen melalui rancangan *Randomized Control Group Pretest-Posttest*.

Tabel 1. Desain Control Group Pretest-Posttest Design.

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Kelas Eksperimen	O ₁	X ₁	O ₂
Kelas Kontrol	O ₁		O ₂

(Sugiyono, 2016).

Populasi dalam penelitian ini mencakup semua siswa kelas 11, dengan metode random sampling digunakan untuk memilih dua kelas sebagai sampel. Dalam praktiknya, kelompok eksperimen diajarkan menggunakan model Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) yang terintegrasi dengan platform Tinkercad, sementara kelompok kontrol menerapkan model PjBL tanpa menggunakan Tinkercad. Data dikumpulkan dengan instrumen tes objektif dan esai. Pelaksanaan tes dibagi menjadi dua tahap, yaitu pre-test sebelum perlakuan dan post-test setelah perlakuan, untuk mengukur capaian belajar peserta didik.

Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini memanfaatkan uji-t independen (*independent sample t-test*) dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Proses analisis tersebut didahului dengan pemeriksaan asumsi normalitas dan homogenitas data menggunakan perangkat lunak SPSS versi 28.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah hasil belajar siswa, yang diukur melalui tes awal dan tes akhir. Alat ukur yang digunakan meliputi soal objektif, esai, dan lembar penilaian proyek. Seluruh data pengukuran dapat dilihat pada Tabel 2. di bawah ini.

Tabel 2. Nilai Pretest dan Posttest

Kelas	N	Nilai Minimum	Nilai Maximum	Rata-Rata	Standar deviasi
Pretest K.Eksperimen	25	4	28	15,20	6,92
Pretest K.Kontrol	25	4	28	14,80	6,32
Posttest K.Eksperimen	25	77	100	86,76	5,54
Posttest K.Kontrol	25	59	82	71,24	6,94

Tabel 2. menampilkan gambaran statistik deskriptif terkait nilai pre-test dan post-test bagi kelompok eksperimen serta kelompok kontrol. Pada fase awal, yakni pre-test, rata-rata nilai kedua kelompok menunjukkan keseimbangan yang cukup, dengan skor 15,20 untuk kelas

eksperimen ($SD = 6,928$) dan 14,80 untuk kelas kontrol ($SD = 6,325$). Setelah intervensi diterapkan, terdapat peningkatan signifikan pada skor post-test kelompok eksperimen, yang mencapai rata-rata 86,76 ($SD = 5,547$). Sementara itu, peningkatan pada kelompok kontrol lebih rendah, dengan rata-rata skor 71,24 ($SD = 6,947$).

Tabel 3. Hasil Penilaian Proyek

No	Aspek penilaian	Kelompok			
		E-1	E-2	K-1	K-2
1	Pemahaman Konsep	20	20	18	18
2	Perencanaan Proyek	18	17	15	15
3	Kreativitas dan Inovasi	17	16	10	12
4	Kualitas Produk Akhir	18	17	15	15
5	Ketrampilan Presentasi	17	17	12	14
	Total Skor	90	87	70	74

Keterangan :

E-1 = Kel. Eksperimen 1 (Model PjBL Berbasis Tinkercad)

E-2 = Kel. Eksperimen 2 (Model PjBL Berbasis Tinkercad)

K-1 = Kel. Kontrol 1 (Model PjBL tanpa Tinkercad)

K-2 = Kel. Kontrol 2 (Model PjBL tanpa Tinkercad)

Tabel 4. Kateogori Penilaian Proyek

Rentang Skor	Kategori Penilaian
85-100	Sangat Baik
70-84	Baik
55-69	Cukup Baik
<55	Kurang Baik

Hasil penilaian proyek diperoleh dari pelaksanaan pembelajaran pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kelas eksperimen menerapkan model Project Based Learning (PjBL) berbasis media Tinkercad, sedangkan kelas kontrol menggunakan model PjBL tanpa bantuan media Tinkercad. Penilaian dilakukan terhadap lima aspek utama, yaitu pemahaman konsep, perencanaan proyek, kreativitas dan inovasi, kualitas produk akhir, serta keterampilan presentasi. Setiap aspek memiliki rentang skor 1–20, dengan total skor maksimum 100. Secara umum, kelas eksperimen menunjukkan skor yang lebih tinggi. Kelompok eksperimen 1 (E-1) mendapat skor 90 dan kelompok eksperimen 2 (E-2) memperoleh skor 87, sedangkan kelompok kontrol 1 (K-1) dan kelompok kontrol 2 (K-2) masing-masing memperoleh 70 dan 74. Terlihat bahwa kedua kelompok kelas eksperimen (E-1 dan E-2) masuk dalam kategori sangat baik, sedangkan kedua kelompok kelas kontrol (K-1 dan K-2) masuk dalam kategori baik.

Hal ini membuktikan bahwa penerapan Tinkercad dalam kerangka Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) efektif dalam meningkatkan capaian akademik peserta didik. Keunggulan kelompok eksperimental tidak hanya terlihat dalam pemahaman konseptual dan kualitas produk akhir, tetapi juga dalam pengembangan kompetensi seperti komunikasi ilmiah dan keterampilan kerja sama tim. Temuan ini sejalan dengan prinsip dasar PjBL, yang menekankan partisipasi aktif siswa dalam semua tahap proyek, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi.

Tabel 5. Uji Normalitas

Shapiro-Wilk			
	Statistik	df	Sig.
Pretest K.Eksperimen	0,943	25	0,178
Pretest K.Kontrol	0,949	25	0,233
Posttest K.Eksperimen	0,967	25	0,582
Posttest K.Kontrol	0,949	25	0,240

Analisis data yang disajikan dalam Tabel 5. mengindikasikan bahwa nilai signifikansi untuk seluruh kelompok, baik pada tahap pre-test maupun post-test, melebihi ambang batas 0,05. nilai signifikansi uji normalitas pre-test pada kelas eksperimen menunjukkan angka 0,178 dan kelas kontrol 0,233. Sementara untuk post-test, diperoleh nilai 0,582 pada kelas eksperimen dan 0,240 pada kelas kontrol. Seluruh nilai signifikansi tersebut berada di atas batas taraf 0,05 yang mengindikasikan terpenuhinya asumsi normalitas data pada semua kelompok penelitian.

Tabel 6. Uji Homogenitas

	Pretest	Posttest
Sampel (N)	25	25
Nilai Taraf Signifikasi (A)	0,05	0,05
Sig.	0,626	0,143

Berdasarkan perhitungan uji homogenitas, diperoleh nilai signifikansi 0,626 untuk *pre-test* dan 0,143 untuk *post-test*. Posisi kedua nilai di atas taraf signifikansi 0,05 mengonfirmasi bahwa variansi data hasil belajar antara kelompok eksperimen dan kontrol adalah setara.

Tabel 7. Uji Hipotesis

	T	df	Mean Difference	Sig. Two-Sides p
Hasil Belajar Posttest	8,728	48	15,52	<0,001

Hasil tes yang ditunjukkan Tabel 7, diperoleh nilai statistik t sebesar 8,728 dengan *degrees of freedom* (df) sebesar 48. Nilai signifikansi dua ekor (Sig. 2-tailed) yang tercatat adalah <0,001. Karena nilai signifikansi (0,001) jauh lebih rendah daripada ambang batas signifikansi $\alpha=0,05$, hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_1) diterima. Hal ini mengartikan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan dalam penguasaan Hukum Ohm antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Perbedaan rata-rata sebesar 15,520 menegaskan bahwa prestasi belajar kelompok eksperimen secara statistik lebih unggul daripada kelompok kontrol.

Pembahasan

Dari hasil pengolahan data, skor pre-test rata-rata di kelas eksperimen adalah 15,20, sedangkan kelas kontrol memperoleh skor pra-tes rata-rata 14,80. Uji asumsi awal menunjukkan bahwa data pre-test dari kedua kelas terdistribusi secara normal dan memiliki varians yang seragam. Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan dalam kemampuan fundamental siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Penelitian ini dimulai dengan tahap awal berupa tes pendahuluan untuk menilai tingkat pemahaman dasar siswa. Kemudian, intervensi pembelajaran diterapkan pada kelompok eksperimen dengan menggunakan Model Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL), yang memanfaatkan platform Tinkercad sebagai sarana pembelajaran. Secara konseptual, PjBL merupakan pendekatan pembelajaran yang berorientasi pada proyek, di mana siswa didorong untuk terlibat aktif dalam proses membangun pengetahuan baru serta memperoleh pengalaman praktis, yang pada gilirannya memberikan dampak positif terhadap peningkatan capaian akademik. (Mahulae et al., 2023).

Analisis hasil post-test menunjukkan bahwa kelompok eksperimen yang menerapkan PjBL berbasis Tinkercad mencapai skor rata-rata 86,76. Angka ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol yang menggunakan PjBL tanpa Tinkercad, dengan rata-rata hanya 71,24. Selain itu, uji statistik *Independent Samples Test* menghasilkan nilai signifikansi di bawah 0,001 ($p < \alpha = 0,05$), yang mengonfirmasi adanya perbedaan yang signifikan secara statistik dalam hasil belajar antara kedua kelompok..

Selain hasil uji statistik, proses pembelajaran yang berlangsung di kedua kelas juga memperlihatkan dinamika yang berbeda. Pada kelas eksperimen, penerapan model PjBL berbasis media Tinkercad membuat suasana pembelajaran lebih hidup dan interaktif. Kehadiran media interaktif ini membantu siswa dalam memahami konsep Hukum Ohm secara lebih konkret dan aplikatif. Aktivitas tersebut sesuai dengan pandangan Sari & Angreni (2018) bahwa PjBL memberikan kebebasan kepada siswa untuk mengeksplorasi, memilih, dan memecahkan masalah secara kreatif.

Sebaliknya, pada kelas kontrol yang menggunakan model PjBL tanpa dukungan media Tinkercad. Keterbatasan media membuat siswa mengalami kesulitan dalam memvisualisasikan konsep abstrak, sehingga dalam proses perancangan proyek sering muncul kebingungan dan kurangnya arah yang jelas. Kondisi ini sesuai dengan pernyataan Budiarti & Setiawan (2020) bahwa media pembelajaran interaktif dapat memperbaiki pemahaman konsep serta sekaligus mendorong motivasi siswa. Sedangkan pembelajaran yang bersifat konvensional seringkali membuat siswa kurang tertarik dan cenderung pasif.

Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi platform Tinkercad ke dalam kerangka kerja Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) memiliki dampak positif terhadap prestasi akademik siswa. Keunggulan ini dapat dikaitkan dengan kemampuan Tinkercad untuk memvisualisasikan konsep-konsep listrik melalui simulasi digital interaktif, sehingga materi yang sebelumnya abstrak dan teoretis dapat diwujudkan secara konkret (Ratnadewi et al., 2023). Di sisi lain, model pembelajaran yang relevan, didukung oleh media pembelajaran yang sesuai, dapat menciptakan lingkungan pembelajaran yang tidak hanya produktif tetapi juga menarik. Kondisi ini pada akhirnya memudahkan siswa dalam memproses dan menginternalisasi informasi secara lebih optimal (Marianus et al., 2020).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis media Tinkercad menunjukkan hasil belajar siswa yang mengikuti pembelajaran menggunakan PjBL berbasis Tinkercad menunjukkan hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang belajar menggunakan model PjBL tanpa media digital. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi media simulasi digital dalam pembelajaran berbasis proyek mampu membantu siswa memvisualisasikan konsep kelistrikan yang bersifat abstrak, sehingga pemahaman konsep dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran menjadi lebih optimal.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan media simulasi digital seperti Tinkercad dapat menjadi alternatif strategi pembelajaran inovatif dalam pembelajaran fisika, khususnya untuk membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak. Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya dilakukan pada satu sekolah serta berfokus pada satu materi pembelajaran. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan sampel yang lebih luas serta mengkaji pada materi fisika lainnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abbur, R., Praveena, M., & Priyakanth, R. (2021). TinkerCad - a web based application for virtual labs to help learners think, create and make. *Journal of Engineering Education Transformations*, 34(Special Issue), 535-541. <https://doi.org/10.16920/jeet/2021/v34i0/157209>
- Aisuwarya, R. (2022). *Implementation of Project-Based Learning Using Online Virtual Lab Media in the Interfacing and Peripheral Course*. 650, 5-9.
- Anugrah, D. (2022). Penerapan Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm pada Analisis Rangkaian Listrik Menggunakan Software Electronics Workbench. *Journal of Systems, Information Technology, and Electronics Engineering*, 2(2), 1-11.
- Aziz, S. A., & Nurachadijat, K. (2023). Project Based Learning dalam Meningkatkan Kemandirian Belajar Siswa. *Jurnal Inovasi, Evaluasi Dan Pengembangan Pembelajaran (JIEPP)*, 3(2), 67-74. <https://doi.org/10.54371/jiepp.v3i2.273>
- Elisabeth, N. A., Makahinda, T., & Mandolang, A. H. (2025). MODEL PEMBELAJARAN PROJECT

- BASED LEARNING UNTUK MENINGKATKAN PROSES DAN HASIL BELAJAR SISWA. *CHARM SAINS*, 6(1), 117–122.
- Eryilmaz, S., & Deniz, G. (2021). Effect of Tinkercad on Students' Computational Thinking Skills and Perceptions: A Case of Ankara Province. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 20(1), 25–38.
- Fidela, W., & Fadilah, M. (2024). Literature Review: Penerapan Model Project Based Learning (PjBL) untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 4(4), 1498–1511. <https://doi.org/10.53299/jppi.v4i4.745>
- Kristanti, Y. D., Subiki, S., & Handayani, R. D. (2017). Model Pembelajaran Berbasis Proyek (Project Based Learning Model) Pada Pembelajaran Fisika Disma. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5(2), 122–128.
- Mahulae, P. S., Makahinda, T., Silangen, P. M., & Rampengan, A. M. (2023). Effectiveness of Project Based Learning Model in Learning Evaluation Course in Physics Education Study Programme. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(SpecialIssue), 1077–1082. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9ispecialissue.5891>
- Marianus, Umboh, S. I., & Umacina, N. D. P. (2020). EFEKTIVITAS MODEL PBL BERBATUAN MEDIA PHET TERHADAP PROSES DAN HASIL BELAJAR SISWA. *Jurnal Pendidikan Fisika Unima*, 1, 39–43.
- Putri, A. J., Setiawan, M. A., & Putro, H. Y. S. (2024). Pendampingan minat bakat tinkercad coding simulator mengasah kemampuan berpikir kritis siswa untuk penguatan literasi numerasi. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 5(3), 535–545. <https://doi.org/10.33474/jp2m.v5i3.21983>
- Putu Widiarini, Ni Ketut Rapo, K. S. (2024). EFEKTIVITAS PENGGUNAAN LABORATORIUM VIRTUAL TINKERCAD BERBASIS PENILAIAN PROYEK TERHADAP KREATIVITAS MAHASISWA PADA MATAKULIAH ELEKTRONIKA DIGITAL. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 4(3), 277–286.
- Ratnadewi, R., Muliady, M., Prijono, A., Susanthi, Y., Sunoto, T. D., Chandra, E., Setiawan, A., & Ananda, R. (2023). Pembelajaran Rangkaian Listrik dengan Aplikasi TinkerCAD Circuit pada Akademisi di Indonesia. *Jurnal ABDINUS: Jurnal Pengabdian Nusantara*, 7(3), 819–829. <https://doi.org/10.29407/ja.v7i3.16831>
- Sari, R. T., & Angreni, S. (2018). Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Upaya Peningkatan Kreativitas Mahasiswa. *Jurnal VARIDIKA*, 30(1), 79–83. <https://doi.org/10.23917/varidika.v30i1.6548>
- Ulyah. (2023). STRATEGI PEMBELAJARAN PROJECT BASED LEARNING (PjBL). *Pendidikan Sosial Dan Humaniora*, 2(2), 11576–11584. <https://publisherqu.com/index.php/pediaqu>