

Pengaruh *Project-Based Learning* Berbantuan Media Virtual terhadap Penguasaan Konsep Mahasiswa pada Materi Perpindahan Panas Aliran *Steady* Satu Dimensi

Mutrofin Rozaq^{1)*}, Rizkika Zakka Agustin¹⁾, Muhammad Sahrul Hamid¹⁾, Suci Prihatiningtyas²⁾, Noly Shofiyah³⁾

¹⁾Politeknik Negeri Malang

²⁾Universitas KH. A. Wahab Hasbullah

³⁾Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

*Corresponding Author: mutrofinrozaq@polinema.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan *Virtual Media-Assisted Project-Based Learning* terhadap penguasaan konsep mahasiswa pada materi perpindahan panas aliran *steady* satu dimensi. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *one-group pretest-posttest* yang melibatkan 20 mahasiswa. Data dikumpulkan melalui tes penguasaan konsep sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*). Analisis data meliputi statistik deskriptif, uji normalitas Shapiro-Wilk, uji *paired sample t-test*, perhitungan N-Gain, dan *effect size* (Cohen's *d*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai mahasiswa meningkat dari 73,17 menjadi 77,67 dengan nilai N-Gain sebesar 0,17 (kategori rendah). Data berdistribusi normal ($p = 0,262 > 0,05$) dan hasil uji *paired sample t-test* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest* ($p < 0,05$). Selain itu, nilai *effect size* (Cohen's *d*) sebesar 2,64 menunjukkan bahwa pengaruh pembelajaran berada pada kategori sangat besar, sehingga peningkatan yang terjadi tidak hanya signifikan secara statistik tetapi juga kuat secara praktis. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan *Virtual Media-Assisted Project-Based Learning* memberikan pengaruh signifikan dengan kekuatan efek yang tinggi terhadap penguasaan konsep mahasiswa. Temuan ini menunjukkan bahwa model pembelajaran tersebut berpotensi digunakan sebagai alternatif strategi pembelajaran pada materi yang kompleks.

Kata Kunci: *Project-Based Learning*; Media Virtual; Penguasaan Konsep; Effect Size; Perpindahan Panas

This is an open access article under the CC - BY license.



PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam pendidikan mendorong transformasi pembelajaran fisika dari pendekatan konvensional menuju pembelajaran yang lebih aktif, kontekstual, dan berpusat pada mahasiswa. Dalam pembelajaran fisika, penguasaan konsep merupakan aspek penting karena mahasiswa tidak hanya dituntut mampu menyelesaikan persoalan matematis, tetapi juga memahami makna fisis dari suatu fenomena. Salah satu materi yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi adalah perpindahan panas aliran *steady* satu dimensi, karena melibatkan konsep abstrak seperti distribusi temperatur, mekanisme perpindahan energi, serta hubungan antar parameter fisis yang sulit dipahami jika melalui pendekatan teoritis (Romero-Cano, 2025).

Salah satu model pembelajaran yang berpotensi meningkatkan penguasaan konsep adalah *Project-Based Learning* (PjBL). Model ini memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk belajar melalui proses investigasi, pemecahan masalah, serta pengembangan proyek sehingga konsep dapat dikonstruksi melalui pengalaman langsung. Hasil penelitian Monika et al. (2018) menunjukkan bahwa penerapan PjBL mampu meningkatkan penguasaan konsep fisika. Pada tingkat perguruan tinggi, Hartini et al. (2025) juga menemukan bahwa PjBL efektif dalam meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa. Sementara itu, Mahulae & Makahinda (2023) menunjukkan bahwa PjBL mampu mendukung keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran fisika dan sains. Temuan-temuan tersebut menegaskan bahwa PjBL relevan digunakan untuk pembelajaran fisika yang menuntut aktivitas berpikir tingkat tinggi dan keterlibatan aktif mahasiswa.

Selain model pembelajaran, penggunaan media virtual dapat menjadi pendukung penting dalam memahami konsep fisika yang sulit diamati secara langsung. Dalam penelitian ini, media virtual diposisikan

sebagai simulasi interaktif berbasis komputer yang menampilkan perubahan profil temperatur, laju aliran panas, dan pengaruh variasi parameter fisis secara dinamis sehingga mahasiswa dapat memanipulasi variabel, mengamati akibatnya, dan menghubungkannya dengan model matematis. Karakteristik ini penting karena simulasi virtual memungkinkan konsep yang abstrak menjadi lebih konkret, visual, dan mudah ditafsirkan. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa media virtual pada topik panas dan perpindahan panas dapat membantu mahasiswa memahami konsep mikroskopik serta meningkatkan hasil belajar, misalnya melalui *Mobile Learning Simulation* (MLS) dan *PhET Simulation* (Indarwati et al., 2024; Rahmah et al., 2024). Studi oleh Galindo-Rosales (2024) juga menunjukkan bahwa pembelajaran perpindahan panas yang mengintegrasikan simulasi, pemodelan matematis, dan validasi eksperimental mampu memperkuat pemahaman mahasiswa terhadap fenomena transport phenomena.

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan efektivitas PjBL maupun media virtual dalam pembelajaran fisika, penelitian yang mengintegrasikan PjBL berbantuan media virtual untuk meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa pada materi perpindahan panas aliran *steady* satu dimensi masih terbatas. Cakupan materi ini antara lain laju aliran panas, tahanan termal konduksi dan konveksi pada dinding, silinder, dan bola, serta koefisien perpindahan panas menyeluruh (Sudarmadji & Asrori, 2019). Penelitian sebelumnya banyak mengkaji PjBL secara umum, kemampuan berpikir kritis, atau penerapan simulasi virtual pada topik panas tanpa menempatkan simulasi sebagai bagian integral dari aktivitas proyek. Dengan demikian, kelemahan utama penelitian terdahulu terletak pada belum kuatnya sinergi antara konstruksi pengetahuan melalui proyek dan visualisasi fenomena melalui media virtual secara simultan.

Pemilihan materi perpindahan panas aliran *steady* satu dimensi juga didasarkan pada karakteristik konseptualnya yang kaya miskonsepsi. Studi Salame et al. (2025) tentang fenomena termal menunjukkan bahwa mahasiswa sering mengalami kesulitan memahami hubungan antara pengalaman sehari-hari dan model ilmiah dalam menjelaskan perpindahan panas, sehingga diperlukan strategi pembelajaran yang mampu menjembatani keduanya. Karena itu, perpaduan PjBL dan media virtual dipandang tepat untuk membantu mahasiswa membangun representasi konsep yang lebih akurat melalui eksplorasi parameter, interpretasi visual, dan penyelesaian tugas berbasis masalah. Dari sisi pembelajaran fisika di perguruan tinggi, PjBL juga terbukti meningkatkan penguasaan konsep, problem solving, dan motivasi belajar sehingga memberikan landasan empiris yang kuat bagi integrasi ini (Wijnia et al., 2024).

Kebaruan penelitian ini bukan sekadar menggabungkan PjBL dengan media virtual, tetapi menempatkan simulasi virtual sebagai sarana utama dalam rangkaian proyek untuk mengeksplorasi parameter-parameter perpindahan panas aliran *steady* satu dimensi secara lebih mendalam. Novelty penelitian ini terletak pada integrasi fungsional antara aktivitas proyek dan simulasi virtual dalam satu desain pembelajaran yang diarahkan secara spesifik untuk meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa pada materi perpindahan panas aliran *steady* satu dimensi. Integrasi ini diharapkan mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna, visual, dan kontekstual dibandingkan pembelajaran yang hanya menggunakan PjBL atau media virtual secara terpisah. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh PjBL berbantuan media virtual terhadap penguasaan konsep mahasiswa pada materi perpindahan panas aliran *steady* satu dimensi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen semu (*quasi-experiment*) untuk menganalisis pengaruh penerapan *Virtual Media-Assisted Project-Based Learning* terhadap penguasaan konsep mahasiswa pada materi perpindahan panas aliran *steady* satu dimensi. Desain penelitian yang digunakan adalah *one group pretest-posttest design*, yaitu desain eksperimen yang melibatkan satu kelompok subjek yang diberikan *pretest* sebelum perlakuan dan *posttest* setelah perlakuan. Desain ini dipilih karena penelitian dilaksanakan pada satu kelas yang sudah terbentuk secara administratif sehingga peneliti tidak memungkinkan melakukan pengacakan subjek ke dalam kelompok kontrol. Meskipun demikian, desain ini memiliki keterbatasan berupa rendahnya validitas internal karena peningkatan hasil belajar dapat dipengaruhi oleh faktor lain di luar perlakuan, seperti maturasi, sejarah, dan efek pengujian. Oleh karena itu, hasil penelitian diinterpretasikan secara hati-hati dan disarankan untuk diuji kembali menggunakan desain dengan kelompok kontrol pada penelitian selanjutnya (Creswell & Creswell, 2017; Sugiyono, 2008).

Subjek penelitian terdiri atas 20 mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika yang menempuh mata kuliah Fisika Dasar II dan sedang mempelajari materi perpindahan panas aliran *steady* satu dimensi. Teknik sampling yang digunakan adalah *purposive sampling*, dengan pertimbangan bahwa seluruh mahasiswa pada kelas tersebut memiliki kemampuan awal yang relatif homogen berdasarkan nilai mata kuliah prasyarat. Karakteristik subjek penelitian meliputi mahasiswa semester II dengan rentang usia 19–21 tahun yang telah mempelajari konsep kalor dan termodinamika dasar. Seluruh mahasiswa dalam kelas tersebut dijadikan sampel karena jumlah populasi terbatas dan relevan dengan tujuan penelitian.

Perlakuan yang diberikan berupa PjBL yang dipadukan dengan media virtual. Media virtual yang digunakan adalah simulasi interaktif berbasis PhET Simulation dan virtual lab berbasis web yang memungkinkan mahasiswa memvisualisasikan distribusi temperatur, laju perpindahan panas, serta pengaruh variasi parameter seperti konduktivitas termal dan ketebalan material. Penggunaan media virtual ini bertujuan untuk membantu mahasiswa memahami konsep abstrak melalui visualisasi dinamis dan manipulasi variabel secara langsung. Sintaks pembelajaran meliputi: (1) penentuan pertanyaan mendasar, (2) perencanaan proyek, (3) penyusunan jadwal, (4) pelaksanaan proyek berbantuan media virtual, (5) pemantauan kemajuan proyek, (6) pengujian hasil proyek, dan (7) evaluasi pengalaman belajar.

Instrumen pengukuran penguasaan konsep berupa tes objektif pilihan ganda sebanyak 20 butir soal yang disusun berdasarkan indikator penguasaan konsep pada materi perpindahan panas aliran *steady* satu dimensi. Indikator yang diukur mencakup: (1) mengidentifikasi konsep laju aliran panas, (2) menjelaskan tahanan termal pada dinding datar, silinder, dan bola, (3) menganalisis proses konduksi dan konveksi, (4) menentukan koefisien perpindahan panas menyeluruh, dan (5) menerapkan konsep dalam penyelesaian masalah kontekstual. Kisi-kisi instrumen disusun berdasarkan capaian pembelajaran mata kuliah. Instrumen divalidasi oleh 2 ahli materi dan 1 ahli evaluasi pembelajaran dengan nilai Aiken's V sebesar 0,86 yang menunjukkan validitas tinggi. Uji reliabilitas menggunakan rumus KR-20 menghasilkan koefisien sebesar 0,82 yang menunjukkan bahwa instrumen memiliki reliabilitas tinggi.

Data penelitian diperoleh dari skor *pretest* dan *posttest* penguasaan konsep mahasiswa. Untuk memperkuat analisis, digunakan perhitungan *normalized gain* (N-gain) untuk mengukur peningkatan relatif hasil belajar. Selain itu, dihitung *effect size* menggunakan Cohen's d untuk mengetahui kekuatan pengaruh perlakuan. Analisis data dilakukan melalui beberapa tahap antara lain:

1. Analisis statistik deskriptif untuk memperoleh nilai rata-rata, nilai minimum, nilai maksimum, dan standar deviasi dari skor *pretest* dan *posttest*. Selain itu, dilakukan analisis peningkatan hasil belajar menggunakan *normalized gain* (N-gain) untuk mengetahui tingkat peningkatan relatif yang dikategorikan ke dalam kategori rendah ($g < 0,3$), sedang ($0,3 \leq g < 0,7$), dan tinggi ($g \geq 0,7$) (Hake, 1998).

$$g = \frac{\text{posttest} - \text{pretest}}{100 - \text{pretest}}$$

2. Untuk melengkapi interpretasi, dihitung pula ukuran efek menggunakan Cohen's d yang dikategorikan ke dalam efek kecil (0,2), sedang (0,5), dan besar (0,8) (Cohen, 1988).

$$d = \frac{(M_{\text{posttest}} - M_{\text{pretest}})}{SD_{\text{pooled}}}$$

Dengan demikian, analisis tidak hanya menggambarkan data secara deskriptif, tetapi juga memberikan informasi mengenai tingkat peningkatan dan signifikansi praktis dari perlakuan.

3. Uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk untuk mengetahui distribusi data.
4. Uji hipotesis menggunakan *paired sample t-test* untuk mengetahui perbedaan signifikan antara skor *pretest* dan *posttest* dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan *Virtual Media-Assisted Project-Based Learning* terhadap penguasaan konsep mahasiswa pada materi perpindahan panas aliran *steady* satu dimensi. Data diperoleh dari skor *pretest* (NR1) dan *posttest* (NR2) pada 20 mahasiswa.

Hasil Analisis Deskriptif

Hasil analisis deskriptif penguasaan konsep mahasiswa sebelum dan sesudah penerapan Virtual Media-Assisted PjBL disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif dan Peningkatan Penguasaan Konsep Mahasiswa

	N	Min.	Max.	Mean	Std. Deviation
<i>Pretest</i> (NR1)	20	71,75	73,25	73,17	0,33
<i>Posttest</i> (NR2)	20	74,25	82,13	77,67	2,39
N-Gain	20			0,17	
Cohen's				2,64	

Berdasarkan Tabel 1, nilai rata-rata (*mean*) *pretest* sebesar 73,17 meningkat menjadi 77,67 pada *posttest*. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan penguasaan konsep mahasiswa setelah diberikan perlakuan pembelajaran. Standar deviasi pada *pretest* sebesar 0,33 menunjukkan bahwa kemampuan awal mahasiswa relatif homogen, sedangkan peningkatan standar deviasi pada *posttest* menjadi 2,39 mengindikasikan adanya variasi hasil belajar setelah pembelajaran. Hasil analisis Normalized Gain (N-Gain) menunjukkan nilai sebesar 0,17 yang termasuk dalam kategori rendah. Sementara itu, hasil perhitungan ukuran pengaruh (*effect size*) menggunakan Cohen's d diperoleh nilai sebesar 2,64 yang termasuk dalam kategori sangat besar. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun peningkatan relatif tergolong rendah, dampak pembelajaran secara praktis sangat kuat.

Peningkatan nilai rata-rata dari *pretest* ke *posttest* menunjukkan bahwa penerapan PjBL berbantuan media virtual memberikan pengaruh positif terhadap penguasaan konsep mahasiswa. Model pembelajaran ini mendorong mahasiswa untuk aktif dalam proses pembelajaran melalui kegiatan eksplorasi, investigasi, dan penyelesaian masalah kontekstual, sehingga dapat memperkuat pemahaman konseptual (Chen & Yang, 2019). Namun demikian, nilai N-Gain yang berada pada kategori rendah menunjukkan bahwa peningkatan yang terjadi belum optimal jika ditinjau dari sisi peningkatan relatif. Hal ini dapat disebabkan oleh tingginya nilai awal mahasiswa, yang mengakibatkan ruang peningkatan menjadi terbatas atau dikenal sebagai *ceiling effect* ((Sudirman & Arif, 2026; Lima & Arun, 2006). Kondisi ini juga diperkuat oleh rendahnya standar deviasi pada *pretest* yang menunjukkan bahwa kemampuan awal mahasiswa relatif seragam dan sudah berada pada tingkat yang cukup tinggi. Di sisi lain, nilai Cohen's d yang sangat besar (2,64) menunjukkan bahwa pembelajaran yang diterapkan memiliki dampak yang kuat secara praktis. Hal ini menegaskan bahwa perbedaan antara *pretest* dan *posttest* tidak hanya signifikan secara statistik, tetapi juga bermakna dalam pembelajaran (Jacob Cohen, 1988). Perbedaan antara hasil N-Gain dan *effect size* ini menunjukkan bahwa penggunaan satu indikator saja tidak cukup untuk menggambarkan efektivitas pembelajaran secara menyeluruh. Penggunaan media virtual dalam pembelajaran juga berkontribusi dalam meningkatkan pemahaman konsep, terutama pada materi yang bersifat abstrak seperti perpindahan panas. Media virtual memungkinkan visualisasi fenomena yang sulit diamati secara langsung sehingga membantu mahasiswa membangun pemahaman yang lebih baik (Nazwa et al., 2025). Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian Simanjuntak et al. (2024) yang menunjukkan bahwa keterlibatan aktif mahasiswa dalam proyek dapat meningkatkan pemahaman konseptual. Selain itu, penelitian oleh Awaluddin et al. (2026) juga menegaskan bahwa aktivitas proyek mampu meningkatkan keterlibatan dan kualitas proses belajar mahasiswa.

Hasil Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data selisih nilai penguasaan konsep mahasiswa sebelum dan sesudah perlakuan berdistribusi normal. Hasil uji normalitas menggunakan metode Shapiro-Wilk disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Data

Data	Shapiro-Wilk Statistic	df	Sig.
Selisih NR2-NR1	0,942	20	0,262

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,262. Nilai tersebut lebih besar dari taraf signifikansi $\alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa data selisih nilai *pretest* dan *posttest* berdistribusi

normal. Dengan demikian, asumsi normalitas dalam analisis statistik parametrik telah terpenuhi. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data selisih nilai penguasaan konsep mahasiswa memenuhi asumsi distribusi normal. Uji Shapiro-Wilk merupakan salah satu metode yang direkomendasikan untuk menguji normalitas pada ukuran sampel kecil ($n < 50$) karena memiliki kekuatan uji yang lebih baik dibandingkan metode lainnya (Ghasemi & Zahediasl, 2012). Terpenuhinya asumsi normalitas ini menjadi dasar yang penting dalam penggunaan uji statistik parametrik, khususnya *paired sample t-test*, yang digunakan untuk menguji perbedaan nilai sebelum dan sesudah perlakuan. Menurut Field (2024), uji parametrik memberikan hasil yang lebih akurat dan memiliki kekuatan statistik yang lebih tinggi apabila asumsi-asumsi dasar, seperti normalitas, terpenuhi. Selain itu, normalitas data selisih (bukan masing-masing kelompok secara terpisah) merupakan syarat utama dalam penerapan *paired t-test*, karena analisis ini berfokus pada distribusi perbedaan skor individu sebelum dan sesudah perlakuan (*paired sample t-test*). Dengan demikian, hasil uji normalitas ini memperkuat validitas analisis inferensial yang dilakukan dalam penelitian. Hasil ini juga menunjukkan bahwa variasi peningkatan yang terjadi pada mahasiswa masih berada dalam pola distribusi yang wajar, sehingga tidak terdapat penyimpangan ekstrem (*outlier*) yang dapat mempengaruhi hasil analisis secara signifikan. Oleh karena itu, penggunaan uji parametrik dalam penelitian ini dapat dibenarkan secara metodologis.

Hasil Uji *Paired Sample t-Test* Penguasaan Konsep Mahasiswa

Uji *paired sample t-test* dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest* penguasaan konsep mahasiswa setelah penerapan PjBL berbantuan media virtual. Hasil uji tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji *Paired Sample t-Test* Penguasaan Konsep Mahasiswa

		Paired Samples Test							
		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Nilai rata-rata 1 - Nilai rata-rata 2	-4,50150	2,29781	,51381	-5,57691	-3,42609	-8,761	19	,000

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,000 ($p < 0,05$), yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* (NR1) dan *posttest* (NR2). Nilai rata-rata selisih sebesar -4,50150 menunjukkan bahwa nilai *posttest* lebih tinggi dibandingkan *pretest*, sehingga dapat disimpulkan bahwa PjBL berbantuan media virtual memberikan pengaruh terhadap peningkatan penguasaan konsep mahasiswa. Selain itu, nilai *t* hitung sebesar -8,761 dengan derajat kebebasan (df) = 19 menunjukkan bahwa perbedaan yang terjadi cukup kuat secara statistik. Interval kepercayaan 95% berada pada rentang -5,57691 hingga -3,42609, yang tidak melintasi nol, sehingga semakin menguatkan bahwa perbedaan tersebut signifikan secara statistik. Hasil uji *paired sample t-test* menunjukkan bahwa terdapat peningkatan penguasaan konsep mahasiswa yang signifikan setelah penerapan PjBL berbantuan media virtual. Temuan ini mengindikasikan bahwa intervensi pembelajaran yang diberikan mampu memberikan perubahan nyata terhadap hasil belajar mahasiswa, tidak hanya secara deskriptif tetapi juga secara inferensial.

Secara teoritis, efektivitas PjBL dapat dijelaskan melalui karakteristik model Project-Based Learning yang menekankan keterlibatan aktif mahasiswa dalam proses pembelajaran. Menurut Condliffe (2017), PjBL memungkinkan mahasiswa untuk mengembangkan pemahaman melalui eksplorasi masalah nyata, pengambilan keputusan, serta pembuatan produk, sehingga proses belajar menjadi lebih bermakna. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada penguasaan konsep mahasiswa. Selain itu, penggunaan media virtual dalam pembelajaran turut memperkuat efektivitas model pembelajaran yang diterapkan. Berdasarkan teori *Cognitive Theory of Multimedia Learning*, menyatakan bahwa pembelajaran akan lebih efektif jika informasi disajikan melalui kombinasi visual dan verbal (Mayer, 2021). Dalam penelitian ini, media virtual membantu mahasiswa memvisualisasikan konsep perpindahan panas yang bersifat abstrak, sehingga mempermudah proses konstruksi pengetahuan.

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa penerapan *Virtual Media-Assisted Project-Based Learning* memberikan pengaruh positif terhadap penguasaan konsep mahasiswa. Peningkatan nilai

rata-rata sebesar 4,50 poin, hasil uji t yang signifikan, serta nilai *effect size* yang sangat besar menunjukkan bahwa pembelajaran yang diterapkan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep. Pengaruh positif ini dapat dijelaskan melalui karakteristik *Project-Based Learning* (PjBL) yang menempatkan mahasiswa sebagai pusat pembelajaran. Menurut Kokotsaki et al. (2016), PjBL melibatkan mahasiswa dalam proses investigasi, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan melalui aktivitas proyek. Proses ini memungkinkan mahasiswa untuk menghubungkan konsep teoritis dengan situasi nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Pada penelitian ini, proyek yang diberikan berkaitan dengan konsep perpindahan panas aliran *steady* satu dimensi, yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi. Mahasiswa tidak hanya dituntut memahami persamaan matematis, tetapi juga mampu menginterpretasikan fenomena fisika yang terjadi. Pendekatan berbasis proyek memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mengonstruksi pengetahuan melalui pengalaman langsung. Media virtual membantu mahasiswa memvisualisasikan fenomena perpindahan panas yang sulit diamati secara langsung. Lebih lanjut, Lana (2022) menyatakan bahwa aktivitas proyek dapat memunculkan ide-ide baru dan mendorong pengembangan pemahaman yang lebih mendalam. Temuan ini juga didukung oleh Sumo et al. (2025) yang menekankan bahwa PjBL efektif dalam menghubungkan konsep teoritis dengan aplikasi praktis.

Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini terletak pada integrasi model *Project-Based Learning* dengan media virtual dalam pembelajaran perpindahan panas. Kombinasi ini terbukti mampu meningkatkan kualitas pembelajaran, khususnya dalam membantu mahasiswa memahami konsep yang bersifat abstrak dan kompleks.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data, dapat disimpulkan bahwa penerapan *Virtual Media-Assisted Project-Based Learning* berpengaruh terhadap penguasaan konsep mahasiswa pada materi perpindahan panas aliran *steady* satu dimensi. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata dari 73,17 (*pretest*) menjadi 77,67 (*posttest*). Hasil uji *paired sample t-test* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai sebelum dan sesudah pembelajaran ($p < 0,05$). Selain itu, nilai *effect size* (Cohen's d) sebesar 2,64 menunjukkan bahwa pengaruh pembelajaran berada pada kategori sangat besar. Sementara itu, nilai *N-Gain* sebesar 0,17 menunjukkan bahwa peningkatan penguasaan konsep berada pada kategori rendah. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa pembelajaran yang diterapkan memberikan peningkatan penguasaan konsep yang signifikan secara statistik dengan tingkat pengaruh yang kuat secara praktis.

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa penerapan PjBL yang dipadukan dengan media virtual berpotensi digunakan sebagai alternatif strategi pembelajaran pada materi yang bersifat kompleks dan membutuhkan visualisasi. Integrasi aktivitas proyek dan media virtual dapat mendukung proses pembelajaran yang lebih terarah dalam membantu mahasiswa memahami konsep.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya jumlah sampel yang relatif kecil ($N = 20$) sehingga generalisasi hasil masih terbatas. Selain itu, penelitian ini hanya menggunakan satu kelompok tanpa kelompok kontrol, sehingga efektivitas perlakuan belum dapat dibandingkan secara langsung dengan metode pembelajaran lain. Pengukuran yang dilakukan juga hanya berfokus pada aspek kognitif (penguasaan konsep) dan belum mencakup aspek lain seperti motivasi, keterlibatan, atau persepsi mahasiswa. Di sisi lain, nilai awal mahasiswa yang relatif tinggi menyebabkan nilai *N-Gain* cenderung rendah (*ceiling effect*).

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan desain eksperimen yang melibatkan kelompok kontrol guna memperkuat validitas hasil. Selain itu, jumlah sampel perlu diperluas agar memiliki daya generalisasi yang lebih baik. Penelitian berikutnya juga dapat mengkaji variabel lain seperti motivasi belajar, keterlibatan mahasiswa, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Penggunaan instrumen tambahan seperti angket atau wawancara juga disarankan untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai proses pembelajaran.

Daftar Pustaka

- Awaluddin, A., Idris, A. A. A., Pindasari, N., Ermawati, E., Kumalasari, V., Adiharma, M. A., ... & Sirniawan, S. (2026). Meningkatkan Keterlibatan Mahasiswa dan Kompetensi Bisnis Properti melalui Pembelajaran Berbasis Proyek di Perguruan Tinggi. *Jurnal Ilmu Manajemen Sosial Humaniora (JIMSH)*, 8(2), 189-201.

<https://doi.org/10.51454/jimsh.v8i2.1354>

- Chen, C., & Yang, Y. (2019). Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis investigating moderators. *Educational Research Review*, 26, 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.11.001>
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge.
- Condliffe, B. (2017). Project-Based Learning: A Literature Review. Working Paper. MDRC.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications.
- Field, A. (2024). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Sage publications limited.
- Galindo-Rosales, F. (2024). Critique on STEM activities for heat transfer learning. *Education for Chemical Engineers*, 49, 91–92. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2024.06.002>
- Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians. *International Journal of Endocrinology and Metabolism*, 10(2), 486–489. <https://doi.org/10.5812/ijem.3505>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hartini, T. I., Martin, M., Sari, N. N., Padli, D., & Pebrianti, W. (2025). The effectiveness physics learning media courses based on project-based learning to improve students' concept mastery. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 12(2), 117–125. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v12i2.1613>
- Indarwati, S. H. N., Wibowo, F. C., Sugihartono, I., & Arymbekov, B. (2024). Mobile Learning Simulation (MLS) for learning Physics in heat transfer concept. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 9(1), 95. <https://doi.org/10.26737/jipf.v9i1.4741>
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267–277. <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>
- Lana, K. (2022). Meningkatkan hasil belajar fisika peserta didik kelas VIII SMP Negeri 35 Halmahera Selatan melalui model pembelajaran probing → Prompting pada konsep gerak. *Zenodo (CERN European Organization for Nuclear Research)*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6466592>
- Lima, F. M. S., & Arun, P. (2006). An accurate formula for the period of a simple pendulum oscillating beyond the small angle regime. *American Journal of Physics*, 74(10), 892–895. <https://doi.org/10.1119/1.2215616>
- Mahulae, P. S., & Makahinda, T. (2023). Efektifitas Penerapan Model Project Based Learning Pada Mata Kuliah Media Pembelajaran Di Program Studi Pendidikan Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 12(2), 145–149. <https://doi.org/10.24114/jpfp.v12i2.51509>
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning (the 3rd edition)*. Cambridge University.
- Monika, Y., Mayub, A., & Purwanto, A. (2018). Pengaruh Project Based Learning (PJBL) model terhadap penguasaan konsep fisika pada siswa kelas X SMA Negeri 1 Kota Bengkulu. *Jurnal Kumparan Fisika*, 1(2), 25–30. <https://doi.org/10.33369/jkf.1.2.25-30>
- Nazwa, M., Hasanah, N., & Gunawan, R. A. (2025). Analisis Perbedaan Tingkat Representasi pada Topik Interferensi dengan Berbantuan Virtual Lab Phet dalam Uji Pola Gelap Terang. *AKADEMIK Jurnal Mahasiswa Humanis*, 5(1), 218–228. <https://doi.org/10.37481/jmh.v5i1.1158>
- Rahmah, A. A., Karlimah, K., & Apriyani, I. F. (2024). Efektivitas media PHET Simulation untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. *Zenodo (CERN European Organization for Nuclear Research)*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10470801>

- Romero-Cano, L. A. (2025). Modular simulation as a teaching tool: Integrating MATLAB-simulink into Heat Transfer courses to promote active learning and conceptual understanding. *Education for Chemical Engineers*, 53, 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2025.07.004>
- Salame, I. I., Fadipe, O., & Akter, S. (2025). Examining difficulties, challenges, and alternative conceptions students exhibit while learning about heat and temperature concepts. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 21(2), e2510. <https://doi.org/10.29333/ijese/15997>
- Simanjuntak, Y. L. P., Sari, S. D., & Barus, E. L. B. (2024). Analisis Model Pembelajaran Aktif Berbasis Proyek Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika. *Jurnal Penelitian Bidang Pendidikan*, 30(1), 81. <https://doi.org/10.24114/jpbp.v30i1.57015>
- Sudirman, A., & Arif, R. N. (2026). Model Project Based Learning (PjBL) Berbantuan Media Game Biosentence Challenge untuk Meningkatkan Hasil Belajar Murid Kelas VIII di SMP Negeri 26 Makassar. *Jurnal Pendidikan Sains Geologi Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(3), 2547–2556. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i3.2067>
- Sugiyono. (2008). *Metode penelitian pendidikan: (pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R & D)*.
- Sumo, M., Muslimah, M., Suprianto, S., & Ms, S. I. K. (2025). Pengembangan LKPD Berbasis Model PjBL Berbantuan PhET Untuk Meningkatkan Kreativitas Ilmiah Siswa SMA materi fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 13(1), 75. <https://doi.org/10.24127/jpf.v13i1.12321>
- Wijnia, L., Noordzij, G., Arends, L. R., Rikers, R. M. J. P., & Loyens, S. M. M. (2024). The Effects of Problem-Based, Project-Based, and Case-Based Learning on Students' Motivation: a Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 36(1). <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09864-3>