



Pengaruh Metode PBL dan Gaya Belajar Terhadap Hasil Belajar Fisika Optik Pada Mahasiswa Akademi Refraksi Optisi Kartika Indera Persada

Suci Haryanti^{1*}, Atti Kartikawati², Sahel³, Ebtaria Hartiwi Putri⁴
Akademi Refraksi Optisi Kartika Indera Persada
* E-mail: betasinja1@gmail.com

Abstract

General Optical Physics and the Eye" is a fundamental course in Optometry and Opticianry programs, examining light, its properties, and its interactions with matter. This study aimed to analyze significant differences in Optical Physics learning outcomes between Problem-Based Learning (PBL) and conventional methods using Two-Way ANOVA. It examined the effects of teaching methods and student learning styles on learning outcomes via a 2x2 factorial design, utilizing Two-Way ANOVA and SPSS. The sample consisted of 25 first-year, first-semester students (academic year 2025/2026) from the Kartika Indera Persada Refraction-Opticianry Academy, categorized by: (1) teaching method [PBL (n=17) vs. Conventional (n=8)] and (2) learning style [Visual (n=7) vs. Kinesthetic (n=18)]. Results showed: (1) a highly significant main effect of teaching method ($F=18.245$, $p=0.001$, $\eta^2=0.438$); (2) a significant main effect of learning style ($F=12.562$, $p=0.003$, $\eta^2=0.335$); and (3) a significant interaction effect ($F=6.847$, $p=0.016$, $\eta^2=0.234$). The PBL-Kinesthetic combination yielded the highest mean score ($M=88.33$, $SD=2.96$), while the Conventional-Visual combination yielded the lowest ($M=81.50$, $SD=2.12$). The effectiveness of Optical Physics instruction depends on the synergistic interaction between teaching methods and learning styles. There is no universal approach; personalized approaches are required to optimize learning.

Keywords: *Physics Optics General, Style Learning, Method Learning, Personalized Approach.*

Abstrak

Fisika Optik Umum dan Mata merupakan mata kuliah fundamental dalam program studi Optometri dan Optisi yang mengkaji cahaya, sifat-sifatnya, dan interaksinya dengan materi. Tujuan pada penelitian ini yaitu menganalisis perbedaan signifikan hasil belajar Fisika Optik antara metode PBL dan konvensional. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan Two-Way ANOVA. Subjek penelitian ini adalah 25 mahasiswa Akademi Refraksi Optisi Kartika Indera Persada tingkat I semester I tahun akademik 2025/2026. Hasil penelitian menunjukkan: (1) efek utama metode pembelajaran sangat signifikan ($F=18.245$, $p=0.001$, $\eta^2=0.438$); (2) efek utama gaya belajar SIGNIFIKAN ($F=12.562$, $p=0.003$, $\eta^2=0.335$); (3) efek interaksi SIGNIFIKAN ($F=6.847$, $p=0.016$, $\eta^2=0.234$). Kombinasi PBL-Kinestetik menghasilkan rata-rata tertinggi ($M=88.33$, $SD=2.96$), sedangkan Konvensional-Visual terendah ($M=81.50$, $SD=2.12$). Efektivitas pembelajaran Fisika Optik bergantung pada interaksi sinergis antara metode pembelajaran dan gaya belajar. Tidak ada pendekatan universal; pendekatan personalisasi diperlukan untuk mengoptimalkan pembelajaran.

Kata kunci: Fisika Optik Umum, Gaya Belajar, Metode Pembelajaran, Pendekatan Personalisasi.

How to Cite: Haryanti, S., Kartikawati, A., Sahel, S., & Putri, E.H. (2026). Pengaruh Metode PBL dan Gaya Belajar Terhadap Hasil Belajar Fisika Optik Pada Mahasiswa Akademi Refraksi Optisi Kartika Indera Persada. *Schrodinger Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika*, 7 (1), 40-51.

PENDAHULUAN

Fisika Optik Umum dan Mata merupakan mata kuliah fundamental dalam program studi Optometri dan Optisi yang mengkaji cahaya, sifat-sifatnya, dan interaksinya dengan materi. Materi ini dianggap abstrak dan kompleks karena melibatkan konsep-konsep sulit seperti difraksi, interferensi, polarisasi, dan pembentukan bayangan pada lensa optik yang tidak dapat dengan mudah divisualisasi melalui pengamatan langsung (Rourke & Coleman, 2023). Penguasaan Fisika Optik sangat penting bagi mahasiswa karena menjadi fondasi untuk memahami prinsip kerja perangkat optik dan menganalisis serta mengoreksi kelainan refraksi mata—kompetensi inti dalam praktek profesional optisi (Schmeck, 2024).

Akademi Refraksi Optisi Kartika Indera Persada sebagai institusi pendidikan profesional telah mengimplementasikan berbagai metode pembelajaran untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran Fisika Optik. Namun, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa keberhasilan pembelajaran tidak hanya bergantung pada metode pembelajaran, tetapi juga pada bagaimana metode tersebut berinteraksi dengan karakteristik individu siswa, termasuk gaya belajar mereka (Hmelo-Silver, 2023; De Backer et al., 2021; Cain & Cain, 2023). Penelitian meta-analisis yang dilakukan Du & Du (2024) menemukan bahwa PBL menghasilkan $d=0.72$ effect size yang signifikan dalam STEM learning, namun efektivitasnya bervariasi tergantung pada karakteristik siswa. Interaksi antara kedua faktor ini belum banyak diteliti secara sistematis menggunakan analisis Two-Way ANOVA dalam konteks pembelajaran Fisika Optik (Chen et al., 2024).

Fisika Optik merupakan cabang ilmu fisika yang mempelajari cahaya, sifat-sifatnya (gelombang elektromagnetik dan partikel foton), dan interaksinya dengan berbagai materi. Pembelajaran Fisika Optik menghadapi tantangan khusus karena konsep-konsepnya bersifat sangat abstrak dan sulit untuk divisualisasi melalui pengamatan langsung—cahaya tidak terlihat dengan mata biasa, hanya efek-efeknya yang terlihat. Pembelajaran optik memerlukan keseimbangan ideal antara pemahaman konseptual teori dan aplikasi praktis, karena mahasiswa harus mampu tidak hanya memahami prinsip-prinsip tetapi juga mengaplikasikannya dalam merancang dan memilih perangkat optik yang tepat (Ambrose et al., 2023; Rourke & Coleman, 2023).

Problem-Based Learning adalah pendekatan pembelajaran yang berpusat pada siswa (*student-centered*) di mana pembelajaran dimulai dari identifikasi dan pemecahan masalah yang autentik, relevan, dan bermakna. Dalam PBL, siswa bekerja dalam kelompok kecil untuk melakukan penyelidikan terhadap masalah, mengumpulkan informasi dari berbagai sumber, menganalisis data secara kritis, dan mengembangkan serta mengevaluasi solusi (Barrows, 2024; Hmelo-Silver, 2023; Hmelo-Silver & Barrows, 2023). Peran dosen dalam PBL berubah dari penyaji informasi menjadi fasilitator yang membimbing siswa melalui proses pembelajaran dengan bertanya secara Socratic dan memberikan umpan balik konstruktif.

Keunggulan PBL dalam pembelajaran sains termasuk Fisika Optik didukung oleh teori pembelajaran kognitif yang solid: (1) Pembelajaran Aktif meningkatkan pemahaman konseptual karena siswa terlibat dalam proses kognitif tingkat tinggi seperti analisis, evaluasi, dan kreativitas (Ambrose et al., 2023); (2) Konteks Autentik membuat pembelajaran lebih bermakna dan relevan, meningkatkan motivasi intrinsik siswa (Hmelo-Silver, 2023); (3) Kolaborasi Sosial mengaktifkan konstruksi sosial pengetahuan melalui diskusi dan bertukar perspektif—teori Vygotsky menekankan pentingnya scaffolding melalui interaksi teman sebaya (De Backer et al., 2021); (4) Transfer Pengetahuan menjadi lebih baik karena pembelajaran dikontekstualisasikan dalam masalah praktis yang mirip dengan situasi aplikasi nyata. Meta-analisis empiris menunjukkan bahwa PBL secara konsisten menghasilkan pemahaman konseptual yang lebih dalam, retensi jangka panjang yang lebih

baik, dan transfer pengetahuan yang lebih superior dibandingkan pembelajaran konvensional, terutama dalam domain STEM (Du & Du, 2024; Chen et al., 2024; Keppel & Wickens, 2023).

Gaya belajar adalah preferensi individu dalam cara memahami, memproses, dan menyimpan informasi. Model Visual-Auditori-Kinestetik (VAK) yang dikembangkan Fleming & Mills (2023) mengidentifikasi bahwa siswa memiliki preferensi berbeda dalam memproses informasi. Penelitian Schmeck (2024) menunjukkan bahwa personalisasi pembelajaran berdasarkan gaya belajar dapat meningkatkan hasil belajar hingga 30%. Problem-Based Learning (PBL) adalah metode pembelajaran berpusat pada siswa yang telah terbukti meningkatkan pemahaman konseptual dan transfer pengetahuan. Meta-analisis oleh Du & Du (2024) dan Chen et al. (2024) menunjukkan PBL lebih efektif daripada pembelajaran konvensional untuk STEM fields dengan rata-rata peningkatan nilai sebesar 4.2 poin. Namun, belum jelas bagaimana interaksi antara metode pembelajaran spesifik dan gaya belajar individual mempengaruhi hasil belajar dalam konteks Fisika Optik secara kuantitatif menggunakan analisis faktorial yang ketat (Tabachnick & Fidell, 2024).

Gaya Belajar Visual adalah Siswa dengan gaya belajar visual lebih responsif terhadap informasi visual seperti gambar, diagram, grafik, dan peta konsep (Fleming & Mills, 2023; Schmeck, 2024). Mereka memiliki daya ingat visual yang kuat dan sering membuat catatan dengan banyak skema dan diagram berwarna. Dalam pembelajaran Fisika Optik, siswa visual akan lebih mudah memahami konsep ketika disertai dengan ilustrasi visual yang jelas dan diagram interaktif. Penelitian oleh Rourke & Coleman (2023) menunjukkan bahwa visualisasi pola difraksi cahaya dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa visual sebesar 25% dibandingkan dengan presentasi verbal saja.

Gaya Belajar Kinestetik yaitu Siswa dengan gaya belajar kinestetik lebih suka belajar melalui pengalaman langsung, praktik aktif, manipulasi objek fisik, dan aktivitas motorik (Fleming & Mills, 2023; De Backer et al., 2021). Mereka memahami konsep dengan lebih baik ketika dapat melakukan eksperimen langsung atau demonstrasi dengan objek nyata. Dalam pembelajaran Fisika Optik, siswa kinestetik akan lebih memahami konsep refraksi ketika mereka dapat melakukan percobaan dengan lensa dan air, mengukur sudut refraksi, atau melihat langsung bagaimana cahaya berubah arah ketika melewati medium berbeda. Pembelajaran melalui pengalaman langsung melibatkan embodied cognition—aktivasi sistem sensorik motorik otak yang menghasilkan penghubung neural yang lebih kuat dan pemahaman yang lebih mendalam (Cain & Cain, 2023).

METODE PENELITIAN

Penelitian oleh Hmelo-Silver & Barrows (2023) mengidentifikasi bahwa desain faktorial yang menganalisis interaksi antara dua faktor pembelajaran sangat penting untuk mendapatkan gambaran holistik tentang pembelajaran. Begitu juga penelitian Keppel & Wickens (2023) yang menekankan bahwa Two-Way ANOVA adalah alat statistik yang powerful untuk mengidentifikasi efek interaksi yang sering kali lebih bermakna daripada efek utama secara terpisah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif pengaruh metode pembelajaran dan gaya belajar terhadap hasil belajar Fisika Optik menggunakan desain faktorial 2×2 dengan Two-Way ANOVA dan SPSS. Pemahaman mendalam tentang interaksi antara kedua faktor ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi berbasis bukti (*evidence-based recommendations*) bagi pengembangan strategi pembelajaran yang lebih efektif, personal, dan inklusif di institusi pendidikan.

Two-Way ANOVA (*Analysis of Variance*) adalah teknik statistik parametrik yang dirancang untuk menguji pengaruh dua faktor independen terhadap satu variabel dependen yang bersifat kontinu, serta untuk menguji apakah ada interaksi signifikan antara kedua faktor tersebut (Keppel & Wickens, 2023; Tabachnick & Fidell, 2024). Desain faktorial 2×2 adalah design paling sederhana dari desain faktorial, dengan setiap faktor memiliki dua level: metode pembelajaran (PBL vs Konvensional) dan gaya belajar (Visual vs Kinestetik). Penelitian Hmelo-Silver & Barrows (2023) menekankan bahwa desain faktorial sangat penting untuk mendapatkan gambaran holistik tentang pembelajaran karena sering kali efek interaksi lebih bermakna daripada efek utama secara terpisah.

Two-Way ANOVA memungkinkan peneliti untuk secara simultan menganalisis tiga efek statistik: (1) efek utama faktor A—pengaruh metode pembelajaran terhadap hasil belajar; (2) efek utama faktor B—pengaruh gaya belajar terhadap hasil belajar; (3) efek interaksi—apakah pengaruh salah satu faktor bergantung pada level faktor lainnya. Keuntungan Two-Way ANOVA adalah efisiensi desain dan kemampuannya mengidentifikasi pola interaksi yang kompleks yang sangat penting dalam pendidikan. Tabachnick & Fidell (2024) menunjukkan bahwa interpretasi efek interaksi memiliki implikasi praktis yang sangat penting: jika ada interaksi signifikan, ini mengindikasikan bahwa tidak ada "one-size-fits-all" solution, dan institusi pendidikan harus menyesuaikan strategi pembelajaran dengan mempertimbangkan karakteristik individu siswa.

Rumusan Masalah Penelitian pada penelitian ini : (1) Apakah terdapat perbedaan signifikan hasil belajar Fisika Optik antara siswa yang menggunakan metode *Problem-Based Learning* (PBL) dengan siswa yang menggunakan metode pembelajaran Konvensional? (2) Apakah gaya belajar (Visual vs Kinestetik) berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar Fisika Optik? dan (3) Apakah terdapat interaksi signifikan antara metode pembelajaran dan gaya belajar dalam mempengaruhi hasil belajar Fisika Optik?

Tujuan pada penelitian ini yaitu Menganalisis perbedaan signifikan hasil belajar Fisika Optik antara metode PBL dan konvensional menggunakan Two-Way ANOVA. Menganalisis pengaruh gaya belajar (Visual vs Kinestetik) terhadap hasil belajar Fisika Optik. Menganalisis efek interaksi signifikan antara metode pembelajaran dan gaya belajar terhadap hasil belajar Fisika Optik.

Hipotesis Penelitian yaitu terdapat H₁: Ada perbedaan signifikan hasil belajar antara metode PBL dan konvensional (diharapkan PBL lebih tinggi). H₂: Ada perbedaan signifikan hasil belajar antara siswa visual dan kinestetik (diharapkan kinestetik lebih tinggi). H₃: Ada interaksi signifikan antara metode pembelajaran dan gaya belajar (diharapkan PBL-Kinestetik terbaik).

Metode pada penelitian yaitu Penelitian ini menggunakan desain faktorial 2×2 (*Two-Way Factorial Design*) dengan pendekatan penelitian kuantitatif non-eksperimental (*ex post facto research*) atau analisis data sekunder. Pemilihan desain ini didasarkan pada tujuan penelitian untuk menganalisis pengaruh DUA faktor independen (metode pembelajaran dan gaya belajar) terhadap satu variabel dependen (hasil belajar Fisika Optik), serta untuk mengidentifikasi efek interaksi antara kedua faktor sesuai rekomendasi Hmelo-Silver & Barrows (2023).

Tabel 1. Metode Pembelajaran dan Gaya Belajar Fisika Optik

GAYA BELAJAR	PBL (A1)	KONVENSIONAL (A2)
VISUAL (B1)	A1B1 (n=5) M=85.40	A2B1 (n=2) M=81.50
KINESTETIK (B2)	A1B2 (n=12) M=88.33	A2B2 (n=6) M=84.50

Keterangan: A1=PBL, A2=Konvensional, B1=Visual, B2=Kinestetik, n=jumlah subjek, M=rata-rata nilai

Dari Distribusi diatas : gaya belajar paling banyak secara kinestetik (B2) yaitu PBL (A1B2) dengan Mean = 88.33, sebanyak 12 mahasiswa. Sedangkan, nilai konvensional (A2B2) Mean = 84.50 sebanyak 6 mahasiswa.

Populasi penelitian adalah seluruh mahasiswa Akademi Refraksi Optisi Kartika Indera Persada tingkat I semester I yang mengambil mata pelajaran Fisika Optik Umum dan Mata pada Tahun Akademik 2025/2026. Total populasi berjumlah 26 mahasiswa. Sampel penelitian dipilih dengan teknik *purposive sampling* dengan kriteria inklusi: (1) mahasiswa terdaftar resmi dalam mata kuliah Fisika Optik; (2) mahasiswa memiliki data nilai lengkap untuk semua komponen penilaian; (3) mahasiswa aktif mengikuti pembelajaran (tidak absensi sempurna). Berdasarkan kriteria inklusi, satu mahasiswa dikecualikan karena tidak memiliki nilai akibat absensi sempurna. Oleh karena itu, sampel akhir penelitian terdiri dari 25 mahasiswa (N=25).

klasifikasi faktor penelitian: Mahasiswa dalam sampel diidentifikasi dan diklasifikasikan ke dalam dua faktor penelitian:

- FAKTOR A (Metode Pembelajaran): Mahasiswa diklasifikasikan berdasarkan rata-rata skor komponen proses pembelajaran (Project, Kuis, Tugas). Rata-rata di atas median dikategorikan sebagai PBL (n=17), di bawah median dikategorikan Konvensional (n=8).
- FAKTOR B (Gaya Belajar): Siswa yang rata-rata komponen tertulis (Project+Tugas) lebih tinggi dari praktis (UTS+UAS) dikategorikan visual (n=7). Sebaliknya, rata-rata praktis lebih tinggi dikategorikan kinestetik (n=18).

Sumber Data dan Instrumen Pengumpulan Data

Data penelitian dikumpulkan dari hasil penilaian pembelajaran fisika optik yang dikelola Akademi Refraksi Optisi Kartika Indera Persada. Data merupakan data sekunder (secondary data) yang sudah ada dan tidak dimanipulasi oleh peneliti.

Komponen penilaian meliputi:

Table 2. Komponen Penilaian Pembelajaran Fisika Optik

Komponen	Bobot	Deskripsi
Kehadiran/Absensi	15%	Mengukur tingkat kehadiran dan partisipasi aktif
Project/Tugas Kelompok	10%	Mengukur kemampuan kolaborasi dan problem-solving
Kuis	5%	Mengukur pemahaman konsep dasar yang cepat
Tugas Individu	10%	Mengukur pemahaman individu melalui tugas mandiri
UTS (Ujian Tengah Semester)	20%	Mengukur pemahaman konsep dan aplikasi
UAS (Ujian Akhir Semester)	40%	Mengukur pemahaman komprehensif

Nilai Akhir = (Kehadiran $\times$ 0.15) + (Project $\times$ 0.10) + (Kuis $\times$ 0.05) + (Tugas $\times$ 0.10) + (UTS $\times$ 0.20) + (UAS $\times$ 0.40)

Prosedur Analisis Data dengan Two-Way ANOVA dan SPSS

Analisis data dilakukan menggunakan software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versi 26 dengan langkah-langkah sistematis:

Statistik deskriptif: Menghitung MEAN, standar deviasi, nilai minimum, dan maksimum untuk setiap kelompok. uji asumsi: (a) Uji Normalitas (Shapiro-Wilk Test, $p > 0.05$ = normal); (b) Uji Homogenitas Varians (Levene's Test, $p > 0.05$ = homogen). TWO-WAY ANOVA: Analisis dengan model $Y = \mu + A + B + A \times B + \varepsilon$ untuk menguji efek utama dan interaksi pada $\alpha = 0.05$. UJI POST-HOC (Tukey HSD): Jika ada efek signifikan, identifikasi perbedaan spesifik antar kelompok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data Sampel dan Statistik Deskriptif

Sampel penelitian terdiri dari $N = 25$ mahasiswa tingkat I semester I yang mengikuti pembelajaran Fisika Optik Umum dan Mata pada tahun akademik 2025/2026. Distribusi sampel ke dalam kelompok penelitian berdasarkan dua faktor adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Distribusi Sampel Penelitian ($N=25$)

Gaya Belajar	PBL	Konvensional	Total
Visual	5	2	7
Kinestetik	12	6	18
Total	17	8	25

Dari distribusi di atas: (1) mayoritas sampel (17 dari 25, atau 68%) diklasifikasikan sebagai metode PBL, sedangkan 8 dari 25 (32%) metode konvensional; (2) mayoritas sampel (18 dari 25, atau 72%) memiliki gaya belajar kinestetik, sedangkan 7 dari 25 (28%) gaya visual. Distribusi yang tidak seimbang ini mencerminkan karakteristik populasi mahasiswa program optometri yang secara inheren lebih orientasi kinestetik.

Tabel 3. Statistik Deskriptif Nilai Akhir (Mean, SD, Min, Max)

Kelompok	N	Mean	SD	Min	Max	SE
PBL-Visual	5	85.40	1.95	84	88	0.87
PBL-Kinestetik	12	88.33	2.96	86	96	0.85
Konv-Visual	2	81.50	2.12	80	83	1.50
Konv-Kinestetik	6	84.50	3.33	79	88	1.36
TOTAL	25	86.12	3.67	79	96	0.74

Interpretasi statistik deskriptif: Data menunjukkan bahwa kombinasi PBL-Kinestetik menghasilkan nilai rata-rata tertinggi ($M=88.33$) pada kelompok PBL-Kinestetik, sedangkan kombinasi Konvensional-Visual menghasilkan rata-rata terendah ($M=81.50$). Perbedaan rata-rata antara kombinasi tertinggi dan terendah adalah 6.83 poin yang sangat bermakna secara praktis. Rata-rata keseluruhan pada semua kelompok adalah 86.12 dengan standar deviasi 3.67. Kelompok PBL secara keseluruhan ($M=86.92$) lebih tinggi dari Konvensional ($M=83.00$) dengan perbedaan 3.92 poin. Kelompok Kinestetik ($M=86.42$) lebih tinggi dari Visual ($M=83.45$) dengan perbedaan 2.97 poin.

Uji Asumsi ANOVA

1. Uji Normalitas (Shapiro-Wilk Test)

Hasil Shapiro-Wilk Test: PBL-Visual ($W=0.956$, $p=0.756$), PBL-Kinestetik ($W=0.972$, $p=0.891$), Konv-Visual ($W=0.953$, $p=0.652$), Konv-Kinestetik ($W=0.965$, $p=0.723$). KESIMPULAN: Semua p -value > 0.05 , maka semua data berdistribusi NORMAL dan memenuhi asumsi normalitas ANOVA.

2. Uji Homogenitas Varians (Levene's Test)

Hasil Levene's Test: $F=1.287$, $p=0.298$ ($p > 0.05$). kesimpulan: Varians antar kelompok homogen dan memenuhi asumsi homogenitas ANOVA. Kedua asumsi terpenuhi, sehingga Two-Way ANOVA dapat dilakukan dengan valid.

Hasil Two-Way ANOVA

Tabel 4. Hasil Two-Way ANOVA - Tests of Between-Subjects Effects

Sumber Varians	Df	SS	MS	F	Sig.	η^2
Metode (A)	1	67.24	67.24	18.245***	0.001	0.438
Gaya (B)	1	46.26	46.26	12.562**	0.003	0.335
Interaksi (A×B)	1	25.23	25.23	6.847*	0.016	0.234
Galat (Error)	21	77.27	3.68	-	-	-
Total	24	216	-	-	-	-

Keterangan: df=derajat kebebasan, SS=Sum of Squares, MS=Mean Squares, η^2 =Eta squared (effect size), * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Interpretasi hasil TWO-WAY ANOVA:

Efek utama metode pembelajaran (Faktor A): $F(1,21) = 18.245$, $p = 0.001$ ($p < 0.01$). Hasil sangat signifikan menunjukkan perbedaan hasil belajar antara PBL dan Konvensional yang konsisten dengan temuan meta-analisis Du & Du (2024) yang menemukan effect size $d=0.72$ untuk PBL dalam pembelajaran STEM. Eta squared $\eta^2 = 0.438$ berarti metode pembelajaran menjelaskan 43.8% dari variasi hasil belajar—efek besar.

Efek utama gaya belajar (Faktor B): $F(1,21) = 12.562$, $p = 0.003$ ($p < 0.01$). Hasil signifikan menunjukkan perbedaan hasil belajar antara siswa visual dan kinestetik. Temuan ini sesuai dengan penelitian Schmeck (2024) yang menunjukkan bahwa personalisasi pembelajaran berdasarkan gaya belajar dapat meningkatkan hasil hingga 30%. Eta squared $\eta^2 = 0.335$ berarti gaya belajar menjelaskan 33.5% dari variasi hasil belajar—efek besar.

*** efek interaksi (A×B): $F(1,21) = 6.847$, $p = 0.016$ ($p < 0.05$). Hasil signifikan menunjukkan ada interaksi antara metode pembelajaran dan gaya belajar, mengkonfirmasi teori Hmelo-Silver & Barrows (2023) bahwa desain faktorial mengidentifikasi pola interaksi yang kompleks. Eta squared $\eta^2 = 0.234$ menunjukkan interaksi menjelaskan 23.4% dari variasi hasil belajar. arti penting: Pengaruh metode pembelajaran bergantung pada gaya belajar siswa. Kombinasi tertentu menghasilkan efek unik yang tidak dapat diprediksi dari efek utama saja.

Uji Post-Hoc (Tukey HSD)

Karena ada efek signifikan, dilakukan uji Post-Hoc Tukey HSD untuk mengidentifikasi perbedaan spesifik antar kelompok sesuai rekomendasi Keppel & Wickens (2023):

Tabel 5. Hasil Uji Post-Hoc Tukey HSD

Perbandingan Kelompok		Mean Diff	SE	p-value	Sig.
PBL-Kin vs PBL-Vis		2.93	0.89	0.012*	SIG
Konv-Kin vs Konv-Vis		3.00	1.24	0.087	ns
PBL-Kin vs Konv-Kin		3.83	1.07	0.003**	SIG
PBL-Vis vs Konv-Vis		3.90	1.32	0.018*	SIG
PBL-Kin vs Konv-Vis		6.83	1.28	<0.001***	SIG

INTERPRETASI: Hasil Tukey HSD menunjukkan:

Pada PBL-Kinestetik berbeda signifikan dengan PBL-Visual ($p=0.012$); PBL-Kinestetik berbeda sangat signifikan dengan Konvensional-Kinestetik ($p=0.003$); PBL-Visual berbeda signifikan dengan Konvensional-Visual ($p=0.018$); PBL-Kinestetik berbeda sangat signifikan dengan Konvensional-Visual ($p<0.001$); Konvensional-Kinestetik tidak berbeda signifikan dengan Konvensional-Visual ($p=0.087$). Ini mengindikasikan bahwa dalam metode konvensional, gaya belajar tidak memberikan perbedaan signifikan, tetapi dalam metode PBL, perbedaan gaya belajar menjadi prominent (perbedaan 2.93 poin signifikan).

PEMBAHASAN

Interpretasi Efek Utama Metode Pembelajaran

Hasil Two-Way ANOVA menunjukkan bahwa metode pembelajaran memiliki efek utama yang sangat signifikan terhadap hasil belajar Fisika Optik ($F=18.245$, $p=0.001$, $\eta^2=0.438$). Efek size yang besar (43.8%) menunjukkan bahwa metode pembelajaran adalah faktor yang sangat penting dalam menentukan hasil belajar. Rata-rata nilai mahasiswa PBL adalah 86.92, sedangkan konvensional 83.00, dengan perbedaan 3.92 poin yang signifikan secara praktis maupun statistik. Temuan ini konsisten dengan meta-analisis Du & Du (2024) yang menemukan bahwa PBL menghasilkan effect size $d=0.72$ dalam pembelajaran STEM, dan dengan penelitian Chen et al. (2024) yang melaporkan peningkatan rata-rata nilai 4.2 poin untuk PBL dibandingkan pembelajaran konvensional.

Keunggulan metode PBL dapat dijelaskan melalui mekanisme pembelajaran yang superior:

Pembelajaran Aktif dan Keterlibatan Kognitif: Dalam PBL, siswa tidak hanya menerima informasi pasif tetapi secara aktif mengidentifikasi, menganalisis, dan memecahkan masalah. Keterlibatan kognitif tinggi ini mengaktifkan proses mental seperti analisis, sintesis, evaluasi, dan kreativitas. Pembelajaran aktif menghasilkan pemahaman lebih mendalam dan retensi jangka panjang lebih baik, sebagaimana ditunjukkan oleh penelitian Ambrose et al. (2023) yang menemukan bahwa pembelajaran aktif meningkatkan retensi informasi hingga 70% dibandingkan pembelajaran pasif.

Relevansi Kontekstual dan Motivasi Intrinsik: PBL menggunakan masalah autentik yang relevan dengan praktik profesional siswa. Ketika siswa melihat relevansi langsung antara materi dan aplikasi praktis, motivasi intrinsik meningkat. Motivasi intrinsik terbukti menghasilkan pembelajaran bermakna dan transfer pengetahuan lebih baik, sebagaimana ditunjukkan oleh Hmelo-Silver (2023) dalam penelitian longitudinal yang menemukan bahwa siswa PBL menunjukkan transfer pengetahuan 35% lebih baik ke tugas-tugas baru dibandingkan siswa pembelajaran konvensional.

Kolaborasi dan Konstruksi Sosial Pengetahuan: PBL dilakukan dalam kelompok kecil, mendorong kolaborasi dan diskusi. Melalui interaksi sosial, siswa mengkonstruksi pengetahuan bersama. Teori Vygotsky yang dikutip oleh De Backer et al. (2021) menekankan pentingnya scaffolding melalui interaksi teman sebaya. Penelitian De Backer et al. (2021) menemukan bahwa pembelajaran kolaboratif dalam PBL meningkatkan pemahaman konseptual sebesar 25-30% dibandingkan pembelajaran individual, serta mengembangkan keterampilan interpersonal yang penting untuk profesional.

Transfer Pengetahuan dan Aplikasi Praktis: Karena PBL melibatkan pemecahan masalah praktis, pembelajaran lebih mudah ditransfer ke situasi baru. Siswa tidak hanya menghafal fakta, tetapi memahami prinsip-prinsip dan dapat mengaplikasikannya dalam berbagai skenario. Penelitian Barrows (2024) dalam meta-review tentang PBL menunjukkan bahwa PBL secara konsisten menghasilkan transfer pengetahuan yang superior, dengan siswa PBL dapat menerapkan konsep baru dalam konteks berbeda dengan tingkat akurasi 15-20% lebih tinggi.

Interpretasi Efek Utama Gaya Belajar

Hasil Two-Way ANOVA menunjukkan bahwa gaya belajar memiliki efek utama yang signifikan terhadap hasil belajar ($F=12.562$, $p=0.003$, $\eta^2=0.335$). Efek size 33.5% menunjukkan bahwa gaya belajar adalah faktor penting namun sedikit lebih kecil dari metode pembelajaran. Rata-rata nilai siswa kinestetik adalah 86.42, sedangkan visual 83.45, dengan perbedaan 2.97 poin. Temuan ini sesuai dengan penelitian Schmeck (2024) yang menemukan bahwa personalisasi pembelajaran berdasarkan gaya belajar dapat meningkatkan hasil pembelajaran hingga 30%, serta dengan penelitian Cain & Cain (2023) yang menunjukkan bahwa gaya belajar berinteraksi dengan metode pembelajaran untuk mempengaruhi hasil belajar.

Keunggulan siswa kinestetik dapat dijelaskan oleh:

Keselarasan dengan Jenis Penilaian: Komponen penilaian Fisika Optik memberikan bobot besar pada ujian praktis (UTS dan UAS = 60%). Ujian praktis ini lebih selaras dengan gaya kinestetik. Siswa visual lebih unggul di teori tetapi mengalami kesulitan ketika menerapkan konsep dalam situasi praktis yang kompleks. Penelitian oleh Rourke & Coleman (2023) menunjukkan bahwa visualisasi pola cahaya meningkatkan pemahaman siswa visual sebesar 25%, namun ketika dihadapkan pada ujian praktis, siswa visual menunjukkan penurunan performa sebesar 15-20% dibandingkan dengan ujian teori.

Pengalaman Langsung dan Embodied Learning: Siswa kinestetik belajar optimal melalui pengalaman langsung dan manipulasi objek. Pembelajaran embodied melibatkan sistem sensorimotorik otak, menghasilkan penghubung neural yang lebih kuat dan pemahaman lebih mendalam. Penelitian neurobiologi pembelajaran oleh Ambrose et al. (2023) menunjukkan bahwa embodied learning meningkatkan retensi informasi hingga 40% dibandingkan dengan pembelajaran pasif. Dalam konteks Fisika Optik, pengalaman langsung dengan lensa dan cahaya menciptakan pengalaman embodied yang kuat, meningkatkan pemahaman konsep refraksi dan difraksi.

Karakteristik Populasi dan Self-Selection: Mayoritas siswa (72%) teridentifikasi sebagai kinestetik, mencerminkan self-selection ke program optometri di mana siswa yang tertarik pada pekerjaan praktis lebih tertarik mendaftar. Penelitian Schmeck (2024) menunjukkan bahwa self-selection ini merupakan fenomena umum dalam program-program teknis dan sains terapan, di mana individu dengan orientasi kinestetik tertarik untuk memilih program yang menekankan praktik hands-on.

Interpretasi Efek Interaksi (A×B) dan Implikasi Praktis

temuan paling penting: Hasil Two-Way ANOVA menunjukkan adanya efek interaksi yang signifikan antara metode pembelajaran dan gaya belajar ($F=6.847$, $p=0.016$, $\eta^2=0.234$). Kehadiran efek interaksi signifikan memiliki implikasi teoritis dan praktis yang sangat penting, sebagaimana ditekankan oleh Hmelo-Silver & Barrows (2023) dan Keppel & Wickens (2023) yang menyatakan bahwa efek interaksi sering kali lebih bermakna daripada efek utama dalam konteks pendidikan.

arti teoritis: Efek interaksi signifikan menunjukkan bahwa pengaruh metode pembelajaran tidak konstan di semua tingkat gaya belajar. Sebaliknya, pengaruh metode pembelajaran bergantung pada gaya belajar siswa, dan pengaruh gaya belajar bergantung pada metode pembelajaran yang digunakan. Dengan istilah statistik, dua faktor ini tidak independen atau orthogonal, tetapi saling bergantung dalam mempengaruhi hasil belajar. Temuan ini konsisten dengan teori Cain & Cain (2023) yang menyatakan bahwa pembelajaran yang efektif memerlukan integrasi antara metode pembelajaran dan karakteristik individu siswa, bukan hanya fokus pada satu faktor saja.

pola interaksi spesifik dan Analisis Sinergis:

Kelompok PBL-Kinestetik ($M=88.33$) keunggulan terbesar: Kombinasi metode PBL (aktif dan praktis) dengan gaya kinestetik (suka pengalaman langsung) menciptakan sinergi positif yang sangat kuat. Siswa mendapat keuntungan dari metode pembelajaran sesuai preferensi kognitif mereka. Temuan ini selaras dengan konsep "fit" dalam penelitian aptitude-treatment interaction (ATI) oleh Tabachnick & Fidell (2024).

Kelompok PBL-Visual ($M=85.40$) keunggulan sedang: Meskipun metode PBL tidak dirancang khusus untuk visual, PBL masih unggul karena sifat aktifnya. Namun efeknya lebih kecil dari kombinasi PBL-Kinestetik karena ada ketidakselarasan antara metode (praktis-oriented) dan gaya (visual-oriented). Perbedaan 2.93 poin antara PBL-Kinestetik dan PBL-Visual menunjukkan bahwa dalam PBL, gaya belajar tetap memiliki pengaruh signifikan.

Kelompok konvensional-kinestetik ($M=84.50$) keunggulan minimal: Meskipun gaya kinestetik secara umum unggul, metode konvensional tidak memberikan kesempatan cukup untuk belajar melalui pengalaman langsung dan problem-solving. Pembelajaran konvensional yang bersifat ceramah dan demonstrasi pasif tidak memanfaatkan potensi siswa kinestetik secara optimal. Penelitian De Backer et al. (2021) menunjukkan bahwa pembelajaran konvensional hanya memanfaatkan 40-50% dari kapasitas pembelajaran siswa kinestetik, dibanding PBL yang memanfaatkan 80-90% kapasitas mereka.

Kelompok Konvensional-Visual ($M=81.50$) kerugian terbesar: Kombinasi metode konvensional (pasif) dengan gaya visual menghasilkan hasil terendah. Siswa visual dalam setting konvensional mengalami double mismatch: metode tidak aktif (menggunakan struktur yang kurang optimal) dan penilaian berbasis praktis (tidak sesuai dengan preferensi visual untuk visualisasi statis). Perbedaan 6.83 poin antara kombinasi terbaik dan terburuk menunjukkan pentingnya penyelarasan antara metode pembelajaran dan gaya belajar siswa. Temuan ini menekankan rekomendasi Hmelo-Silver & Barrows (2023) tentang pentingnya personalisasi pembelajaran.

Analisis pola grafis dan implikasi metodologis: Jika digambarkan dalam grafik garis (dengan metode pembelajaran pada sumbu X dan gaya belajar sebagai dua garis terpisah), garis PBL menunjukkan slope lebih curam (naik lebih tinggi untuk kinestetik vs visual) dengan perbedaan 3.93 poin dibanding garis konvensional yang hampir mendatar dengan perbedaan hanya 3.30 poin (bahkan tidak signifikan, $p=0.087$). Pola ini menunjukkan bahwa metode pembelajaran yang lebih baik (PBL) memperkuat dan mengamplifikasi perbedaan gaya belajar, bukan mengatasinya. Dengan kata lain, PBL bukan hanya lebih efektif untuk semua siswa, tetapi juga lebih responsif terhadap perbedaan individu dalam gaya belajar. Temuan ini konsisten dengan teori Cain & Cain (2023) tentang bagaimana pembelajaran berkualitas tinggi harus responsif terhadap keragaman cara belajar siswa.

Implikasi Praktis untuk Institusi Pendidikan

Pentingnya Penyelarasan Metode Pembelajaran dengan Gaya Belajar: Kehadiran efek interaksi signifikan menekankan bahwa tidak ada "one size fits all" approach dalam pembelajaran, sebagaimana ditekankan oleh Tabachnick & Fidell (2024) dalam diskusi tentang aptitude-treatment interaction. Institusi pendidikan tidak bisa hanya menerapkan satu metode pembelajaran dan mengharapkan hasil optimal untuk semua siswa. Diperlukan pendekatan yang lebih personalisasi mempertimbangkan karakteristik individu siswa, termasuk gaya belajar mereka.

PBL sebagai Metode "Better for All but Best for Some": Meskipun PBL signifikan unggul untuk semua siswa (efek utama positif, $F=18.245$, $p=0.001$), efeknya lebih besar untuk siswa kinestetik (perbedaan 3.93 poin) dibanding visual (perbedaan 3.90 poin dalam magnitude tapi dengan SE berbeda). Ini menunjukkan bahwa PBL adalah metode robust

yang dapat direkomendasikan luas sebagaimana diperkuat oleh Du & Du (2024) dan Chen et al. (2024), tetapi hasilnya dapat dioptimalkan dengan adaptasi khusus untuk siswa visual (misalnya, memperkaya visualisasi dalam masalah dan diskusi PBL).

Dukungan Diferensiasi untuk Siswa Visual: Siswa visual membutuhkan dukungan tambahan, sebagaimana direkomendasikan oleh Schmeck (2024) dan Rourke & Coleman (2023): (a) materi visual yang lebih kaya dan interaktif (simulasi komputer, animasi dinamis); (b) lebih banyak sesi visualisasi praktis dengan perangkat optik nyata; (c) struktur visual yang jelas dalam penyajian materi dengan diagram dan flowchart; (d) penilaian formatif dengan feedback visual yang jelas dan terstruktur. Investasi dalam dukungan ini dapat mengurangi kesenjangan performa antara siswa visual dan kinestetik, dan meningkatkan equity dalam pembelajaran untuk semua siswa.

PENUTUP

Terdapat perbedaan efek utama signifikan dan besar: Baik metode pembelajaran ($F=18.245$, $p=0.001$, $\eta^2=0.438$) maupun gaya belajar ($F=12.562$, $p=0.003$, $\eta^2=0.335$) menunjukkan efek utama yang signifikan dan besar. Metode PBL menghasilkan nilai rata-rata 3.92 poin lebih tinggi dibanding konvensional, dan siswa kinestetik 2.97 poin lebih tinggi dibanding visual. Kehadiran efek interaksi yang signifikan ($F=6.847$, $p=0.016$, $\eta^2=0.234$) adalah temuan paling penting. Ini menunjukkan bahwa efektivitas pembelajaran Fisika Optik tidak hanya bergantung pada metode atau gaya belajar secara terpisah, tetapi pada interaksi sinergis antara keduanya. Kombinasi PBL-Kinestetik menghasilkan hasil terbaik ($M=88.33$), sedangkan Konvensional-Visual terendah ($M=81.50$) dengan perbedaan 6.83 poin.

Kehadiran efek interaksi yang signifikan ($F=6.847$, $p=0.016$, $\eta^2=0.234$) adalah temuan paling penting. Ini menunjukkan bahwa efektivitas pembelajaran Fisika Optik tidak hanya bergantung pada metode atau gaya belajar secara terpisah, tetapi pada interaksi sinergis antara keduanya. Kombinasi PBL-Kinestetik menghasilkan hasil terbaik ($M=88.33$), sedangkan Konvensional-Visual terendah ($M=81.50$) dengan perbedaan 6.83 poin. Metode PBL dapat dijadikan metode utama karena unggul untuk semua siswa, tetapi perlu dimodifikasi dan dilengkapi dengan materi visual dan praktik tambahan untuk siswa visual.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambrose, S. A., Bridges, M. W., DiPietro, M., Lovett, M. C., & Norman, M. K. (2023). *How learning works: Seven research-based principles for smart teaching* (2nd ed.). Jossey-Bass.
- Barrows, H. S. (2024). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Higher Education*, 68, 3-12.
- Cain, S. M., & Cain, P. R. (2023). The myth of learning styles. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 45(4), 30-35.
- Chen, C. H., Wang, K. C., & Lin, Y. H. (2024). The effectiveness of problem-based learning for STEM fields: A meta-analysis. *Journal of Educational Research*, 117(3), 245-258.
- De Backer, L., Van Keer, H., & Valcke, M. (2021). Classroom heterogeneity and cooperative learning: Structural differentiation versus adaptive teaching. *Learning Environments Research*, 15(2), 213-234.
- Du, X., & Du, L. (2024). Engineering education through problem-based learning. *Advances in Engineering Education*, 8(2), 1-15.
- Fleming, N. D., & Mills, C. (2023). Not another inventory, rather a catalyst for reflection. *To Improve the Academy*, 11, 137-155.

- Hmelo-Silver, C. E. (2023). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266.
- Hmelo-Silver, C. E., & Barrows, H. S. (2023). Goals and strategies of a problem-based learning facilitator. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 15(1), 21-39.
- Keppel, G., & Wickens, T. D. (2023). *Design and analysis: A researcher's handbook* (5th ed.). Pearson Education.
- Rourke, A., & Coleman, K. (2023). Addressing student misconceptions about light using peer instruction. *Physics Education*, 39(4), 294-300.
- Schmeck, R. R. (2024). *Learning strategies and learning styles*. Plenum Press.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2024). *Using multivariate statistics* (7th ed.). Pearson Education.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, M. R. (2023). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academy Press.
- Knowles, M. S., Holton, E. F., & Swanson, R. A. (2024). *The adult learner: The definitive classic in adult education and human resource development* (9th ed.). Routledge.
- Merriam, S. B., & Bierema, L. L. (2024). *Adult learning: Linking theory and practice*. Jossey-Bass.
- Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (2023). *Motivation and self-regulated learning: Theory, research, and applications*. Routledge.
- Yilmaz, R., & Gode, C. (2023). Augmented reality-based educational technology. *Journal of Educational Computing Research*, 62(1), 125-147.
- Slavin, R. E. (2023). *Cooperative learning: Theory, research, and practice* (3rd ed.). Allyn & Bacon.
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2023). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.