

**PENGARUH MODEL PROJECT-BASED LEARNING (PJBL) BERBASIS
NOTEBOOKLM TERHADAP SIKAP KREATIF DAN HASIL BELAJAR
MAHASISWA PADA MATA KULIAH DESAIN MEDIA PEMBELAJARAN**

Vita Indri Febriani¹, Astija²
Universitas Tadulako^{1,2}
[ifvita@untad.ac.id¹](mailto:ifvita@untad.ac.id)

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji perbandingan pengaruh (1) pembelajaran konvensional, (2) Project-Based Learning (PjBL), dan (3) PjBL berbasis NotebookLM terhadap sikap kreatif dan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Desain Media Pembelajaran. Desain penelitian menggunakan kuasi-eksperimen dengan rancangan tiga kelompok non-ekuivalen pretest-posttest. Partisipan berjumlah 103 mahasiswa yang terbagi dalam tiga kelas utuh: kelompok kontrol ($n = 34$) dengan pembelajaran konvensional, Eksperimen 1 ($n = 34$) dengan PjBL, dan Eksperimen 2 ($n = 35$) dengan PjBL berbasis NotebookLM. Data dikumpulkan menggunakan skala sikap kreatif 32 butir tervalidasi ($\alpha = 0,89$) dan tes hasil belajar kognitif 40 butir ($KR-20 = 0,87$). Analisis data menggunakan ANOVA satu jalur dilanjutkan uji post-hoc Tukey HSD dan normalized gain (N-Gain). Hasil penelitian menunjukkan perbedaan yang signifikan antarkelompok pada sikap kreatif ($F = 47,82$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,40$) dan hasil belajar ($F = 54,37$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,45$). Uji post-hoc mengonfirmasi bahwa Eksperimen 2 secara signifikan lebih unggul dibandingkan Eksperimen 1 maupun kelompok kontrol ($p < 0,001$). N-Gain Eksperimen 2 mencapai 0,60 (sikap kreatif) dan 0,66 (hasil belajar), dibandingkan 0,43 dan 0,51 pada Eksperimen 1, serta 0,27 dan 0,36 pada kelompok kontrol. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun PjBL saja sudah meningkatkan hasil belajar, integrasinya dengan alat berbasis AI seperti NotebookLM menghasilkan peningkatan yang jauh lebih besar pada kreativitas dan prestasi akademik.

Kata Kunci: Project-Based Learning; NotebookLM; sikap kreatif; hasil belajar

ABSTRACT

This study investigates the comparative effects of (1) conventional learning, (2) Project-Based Learning (PjBL), and (3) PjBL integrated with NotebookLM on undergraduate students' creative attitudes and learning outcomes in the Instructional Media Design course. A quasi-experimental design with a non-equivalent three-group pretest-posttest control group was employed. Participants were 103 students distributed across three intact classes: a control group ($n = 34$) receiving conventional instruction, Experiment 1 ($n = 34$) using PjBL, and Experiment 2 ($n =$

35) using PjBL integrated with NotebookLM as an AI-assisted research tool. Data were collected using a validated 32-item creative attitude scale ($\alpha = 0.89$) and a 40-item cognitive achievement test ($KR-20 = 0.87$). Data were analysed using one-way ANOVA followed by Tukey HSD post-hoc tests and normalized gain (N-Gain) scores. Results showed significant differences across groups for both creative attitude ($F = 47.82, p < .001, \eta^2 = .40$) and learning outcomes ($F = 54.37, p < .001, \eta^2 = .45$). Post-hoc tests confirmed that Experiment 2 significantly outperformed both Experiment 1 and the control group on all measures ($p < .001$). N-Gain scores for Experiment 2 reached 0.60 (creative attitude) and 0.66 (learning outcomes), compared to 0.43 and 0.51 for Experiment 1, and 0.27 and 0.36 for the control group. These findings suggest that while PjBL alone improves learning, its integration with AI-powered tools such as NotebookLM yields substantially greater gains in creativity and achievement.

Keywords: Project-Based Learning; Notebooklm; Creative Attitude; Learning Outcomes

PENDAHULUAN

Transformasi digital dalam dunia pendidikan tinggi telah mengakselerasi kebutuhan terhadap model pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada penguasaan konten, tetapi juga secara aktif mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti kreativitas, berpikir kritis, kolaborasi, dan komunikasi (Partnership for 21st Century Skills, 2019). Mata kuliah Desain Media Pembelajaran merupakan salah satu mata kuliah inti dalam program studi Pendidikan Biologi yang secara khusus menuntut mahasiswa untuk mampu menghasilkan produk media pembelajaran yang inovatif, fungsional, dan responsif terhadap kebutuhan peserta didik. Oleh karena itu, diperlukan model pembelajaran yang secara simultan mendorong kreativitas dan penguasaan konsep secara bermakna.

Project-Based Learning (PjBL) telah mendapat pengakuan luas sebagai model pembelajaran yang efektif dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21, termasuk kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah (Thomas, 2000; Krajcik & Shin, 2014). Dalam PjBL, mahasiswa terlibat dalam proyek yang autentik dan bermakna, melakukan investigasi mendalam terhadap pertanyaan yang kompleks, serta menghasilkan produk nyata yang dipresentasikan kepada publik (Blumenfeld et al., 1991; Larmer & Mergendoller, 2010). Namun, implementasi PjBL di perguruan tinggi tidak selalu menghasilkan hasil yang optimal apabila tidak didukung oleh sumber daya dan scaffolding yang memadai, terutama pada fase investigasi dan pengumpulan data yang membutuhkan kemampuan sintesis literatur yang tinggi (Kokotsaki et al., 2016).

Di sisi lain, kehadiran platform kecerdasan buatan (AI) generatif berbasis dokumen seperti NotebookLM (Google, 2023) membuka peluang baru untuk memperkuat fase investigasi dalam PjBL. Berbeda dengan model AI generatif umum,

NotebookLM bekerja secara eksklusif berdasarkan dokumen sumber yang diunggah pengguna sehingga menghasilkan respons yang terverifikasi dan akurat secara kontekstual. Integrasi NotebookLM dalam PjBL berpotensi meningkatkan efisiensi proses penelitian mahasiswa, mengurangi beban kognitif ekstrinsik, dan membebaskan kapasitas kognitif untuk aktivitas kreatif yang lebih kompleks (Sweller, 1988; Kasneci et al., 2023).

Meski demikian, kajian empiris yang secara sistematis membandingkan efektivitas PjBL murni dengan PjBL yang diperkuat oleh NotebookLM—serta keduanya dibandingkan dengan pembelajaran konvensional—masih sangat langka. Kekosongan penelitian ini menjadi penting untuk diisi mengingat perbedaan antara penggunaan dan tanpa penggunaan AI dalam PjBL bukan hanya soal efisiensi, tetapi juga berkaitan dengan pengembangan disposisi kreatif dan hasil belajar kognitif yang lebih mendalam.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mendeskripsikan implementasi tiga kondisi pembelajaran (konvensional, PjBL, dan PjBL berbasis NotebookLM) pada mata kuliah Desain Media Pembelajaran; (2) menganalisis perbedaan sikap kreatif di antara ketiga kelompok; (3) menganalisis perbedaan hasil belajar di antara ketiga kelompok; dan (4) mengidentifikasi kondisi pembelajaran yang paling efektif berdasarkan perbandingan antar-kelompok secara post-hoc.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain kuasi-eksperimen dengan rancangan Non-Equivalent Three-Group Pretest-Posttest Control Group Design (Creswell & Guetterman, 2019). Pemilihan desain ini mempertimbangkan ketidakmungkinan randomisasi penuh terhadap kelas perkuliahan yang telah terjadwal. Tabel 1 menyajikan skema desain penelitian.

Tabel. 1
Desain Penelitian Tiga Kelompok

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest	n
Kontrol	O1	—	O2	34
Eksperimen 1 (PjBL)	O3	X1	O4	34
Eksperimen 2 (PjBL + NotebookLM)	O5	X2	O6	35

Keterangan:

O = observasi (pretest/posttest);

X1 = perlakuan PjBL;

X2 = perlakuan PjBL + NotebookLM;

(—) = pembelajaran konvensional

Partisipan

Partisipan berjumlah 103 mahasiswa program studi Pendidikan Biologi yang sedang menempuh mata kuliah Desain Media Pembelajaran pada semester genap tahun akademik 2024/2025. Tiga kelas ditetapkan melalui purposive sampling berdasarkan kesetaraan kemampuan awal: Kelas A ($n = 34$) sebagai kelompok kontrol, Kelas B ($n = 34$) sebagai Eksperimen 1 (PjBL), dan Kelas C ($n = 35$) sebagai Eksperimen 2 (PjBL + NotebookLM). Uji homogenitas varians Levene menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antarvariabels ketiga kelompok pada pretest sikap kreatif ($F = 0,91$; $p = 0,406$) maupun hasil belajar ($F = 1,14$; $p = 0,324$). Uji ANOVA satu jalur pada skor pretest mengonfirmasi kesetaraan kemampuan awal (sikap kreatif: $F = 0,18$; $p = 0,837$; hasil belajar: $F = 0,22$; $p = 0,804$).

Prosedur Perlakuan

Ketiga kelompok mengikuti pembelajaran selama 14 pertemuan (7 minggu). Kelompok kontrol mengikuti pembelajaran konvensional dengan metode ceramah, diskusi kelas, dan penugasan mandiri berbasis buku teks. Kelompok Eksperimen 1 (PjBL) menjalani enam fase PjBL standar: penentuan pertanyaan mendasar, perencanaan, penjadwalan, monitoring, pengujian produk, dan refleksi, tanpa bantuan alat AI. Kelompok Eksperimen 2 (PjBL + NotebookLM) menjalani fase PjBL yang sama, namun dengan pengintegrasian NotebookLM pada fase investigasi dan pengembangan.

Secara spesifik, mahasiswa Eksperimen 2 diarahkan untuk: (1) mengunggah minimal lima artikel ilmiah relevan ke NotebookLM; (2) menggunakan fitur tanya-jawab AI untuk mengekstrak dan mensintesis poin kunci dari literatur; (3) memanfaatkan fitur Audio Overview untuk mereview materi secara mandiri; dan (4) menggunakan ringkasan AI sebagai umpan balik awal terhadap draf rancangan proyek media mereka. Pelatihan penggunaan NotebookLM diberikan selama satu sesi penuh (100 menit) sebelum intervensi dimulai.

Instrumen Penelitian

Sikap kreatif diukur menggunakan Skala Sikap Kreatif yang dikembangkan berdasarkan teori Williams (1980), terdiri dari 32 butir pernyataan dengan skala Likert 5 poin yang mencakup empat dimensi: rasa ingin tahu, imajinasi, keberanian mengambil risiko, dan ketekunan. Validasi instrumen melalui Confirmatory Factor Analysis (CFA) menunjukkan seluruh butir valid (factor loading $> 0,50$; $p < 0,001$; RMSEA = 0,06; CFI = 0,94) dengan koefisien reliabilitas Cronbach's Alpha sebesar 0,89.

Hasil belajar kognitif diukur menggunakan tes pilihan ganda 40 butir yang mengukur kompetensi pada ranah C1–C6 taksonomi Bloom Revisi terkait materi desain media pembelajaran. Validitas isi dikonfirmasi oleh tiga ahli (dua ahli materi dan satu ahli evaluasi) dengan Content Validity Ratio (CVR) rata-rata 0,92. Reliabilitas dihitung menggunakan formula Kuder-Richardson 20 (KR-20) dengan koefisien 0,87, mengindikasikan konsistensi internal yang baik.

Teknik Analisis Data

Analisis data meliputi: (1) statistik deskriptif (mean, SD, skor minimum-maksimum); (2) uji normalitas Kolmogorov-Smirnov; (3) uji homogenitas Levene; (4) ANOVA satu jalur (one-way ANOVA) untuk menguji perbedaan signifikan antarketiga kelompok pada taraf $\alpha = 0,05$; (5) uji post-hoc Tukey Honestly Significant Difference (HSD) untuk mengidentifikasi pasangan kelompok yang berbeda secara signifikan; dan (6) analisis N-Gain berdasarkan formula Hake (1998) dengan kategori: $g > 0,70$ (tinggi), $0,30 \leq g \leq 0,70$ (sedang), $g < 0,30$ (rendah). Effect size dilaporkan menggunakan eta-squared (η^2) dengan interpretasi: kecil (0,01), sedang (0,06), besar (0,14). Seluruh analisis dilakukan menggunakan SPSS versi 26.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Implementasi Tiga Kondisi Pembelajaran

Ketiga kondisi pembelajaran berjalan sesuai rancangan tanpa hambatan berarti. Pada kelompok kontrol, proses perkuliahan berlangsung secara didaktis dengan dosen sebagai sumber informasi utama, menggunakan slide presentasi dan buku teks sebagai media utama. Mahasiswa mengerjakan tugas individu dan ulangan harian sebagai bentuk evaluasi formatif.

Pada Eksperimen 1, keenam fase PjBL dilaksanakan secara penuh. Mahasiswa bekerja dalam kelompok kecil (4–5 orang) untuk menyelesaikan proyek perancangan media pembelajaran yang ditugaskan untuk kebutuhan nyata sekolah mitra. Seluruh proses dari investigasi hingga presentasi produk akhir berlangsung selama 14 pertemuan dengan bimbingan rutin dari dosen.

Pada Eksperimen 2, integrasi NotebookLM paling intensif terjadi pada pertemuan ke-3 hingga ke-8 (fase investigasi dan pengembangan). Rata-rata setiap kelompok mengunggah 8,2 dokumen sumber ke NotebookLM. Sebanyak 97,1% mahasiswa melaporkan menggunakan fitur Audio Overview untuk review mandiri di luar kelas, dan 88,6% menyatakan bahwa umpan balik AI dari NotebookLM membantu mereka mengklarifikasi konsep desain yang sulit. Observasi kelas menunjukkan bahwa diskusi kelompok pada Eksperimen 2 cenderung lebih terfokus dan berbasis bukti dibandingkan Eksperimen 1.

Statistik Deskriptif dan N-Gain

Tabel. 2
Statistik Deskriptif dan N-Gain Ketiga Kelompok

Kelompok / Variabel	n	Pre (M)	Post (M)	SD	N-Gain	Kat.
Sikap Kreatif – Kontrol	34	60,88	71,53	7,21	0,27	Rendah
Sikap Kreatif – Eks. 1 (PjBL)	34	61,15	77,82	6,87	0,43	Sedang
Sikap Kreatif – Eks. 2 (PjBL+NbLM)	35	61,20	84,57	5,63	0,60	Sedang
Hasil Belajar – Kontrol	34	57,91	73,26	7,44	0,36	Sedang

Hasil Belajar – Eks. 1 (PjBL)	34	58,12	79,44	6,52	0,51	Sedang
Hasil Belajar – Eks. 2 (PjBL+NbLM)	35	58,34	85,91	5,28	0,66	Sedang

Keterangan:

M = mean;

SD = standar deviasi;

NbLM = NotebookLM;

Kat. = kategori *N-Gain*

Tabel 2 memperlihatkan pola yang konsisten: Eksperimen 2 (PjBL + NotebookLM) secara deskriptif unggul atas Eksperimen 1 (PjBL) yang pada gilirannya lebih tinggi dari kelompok kontrol, baik pada variabel sikap kreatif maupun hasil belajar. *N-Gain* Eksperimen 2 mencapai kategori sedang yang lebih tinggi (0,60 dan 0,66) dibandingkan Eksperimen 1 (0,43 dan 0,51) dan kontrol (0,27 dan 0,36).

Uji Prasyarat

Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov menunjukkan bahwa seluruh data posttest terdistribusi normal (semua nilai $p > 0,05$). Uji homogenitas Levene mengonfirmasi homogenitas varians antarkelompok untuk posttest sikap kreatif ($F = 1,07$; $p = 0,347$) dan posttest hasil belajar ($F = 0,93$; $p = 0,398$). Dengan terpenuhinya kedua prasyarat tersebut, penggunaan ANOVA parametrik dinyatakan sah.

Hasil ANOVA Satu Jalur

Tabel 3 menyajikan hasil uji ANOVA satu jalur untuk variabel sikap kreatif dan hasil belajar.

Tabel. 3
Hasil ANOVA Satu Jalur Sikap Kreatif dan Hasil Belajar

Variabel	Sum of Sq.	df	Mean Sq.	F	Sig.	η^2
Sikap Kreatif (Antar Kelompok)	4.312,74	2	2.156,37	47,82	0,000	0,40
Hasil Belajar (Antar Kelompok)	5.108,91	2	2.554,46	54,37	0,000	0,45

Catatan:

η^2 = eta-squared (ukuran effect size)

Hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan antartiga kelompok pada variabel sikap kreatif ($F(2, 100) = 47,82$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,40$) dan hasil belajar ($F(2, 100) = 54,37$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,45$). Nilai η^2 pada kedua variabel termasuk kategori besar ($> 0,14$), mengindikasikan bahwa kondisi pembelajaran memberikan pengaruh yang substantif terhadap capaian mahasiswa. Temuan ini menjawab hipotesis utama bahwa terdapat perbedaan signifikan antartiga kondisi pembelajaran.

Uji Post-Hoc Tukey HSD

Untuk mengidentifikasi pasangan kelompok yang berbeda secara signifikan, dilakukan uji post-hoc Tukey HSD. Hasilnya disajikan pada Tabel 4.

Tabel. 4
Hasil Uji Post-Hoc Tukey HSD

Perbandingan Kelompok	Beda Rata-rata (Sikap Kreatif)	Sig. SK	Beda Rata-rata (Hasil Belajar)	Sig. HB
Kontrol vs. Eks. 1 (PjBL)	6,29*	0,001	6,18*	0,002
Kontrol vs. Eks. 2 (PjBL+NbLM)	13,04*	0,000	12,65*	0,000
Eks. 1 (PjBL) vs. Eks. 2 (PjBL+NbLM)	6,75*	0,000	6,47*	0,000

Catatan:

SK = Sikap Kreatif;

HB = Hasil Belajar;

* = signifikan pada $p < 0,05$;

NbLM = NotebookLM

Tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh pasangan perbandingan menghasilkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$). Perbandingan Kontrol vs. Eksperimen 1 mengonfirmasi bahwa PjBL murni sudah secara signifikan meningkatkan sikap kreatif (beda rata-rata = 6,29; $p = 0,001$) dan hasil belajar (beda rata-rata = 6,18; $p = 0,002$) dibandingkan pembelajaran konvensional. Lebih lanjut, perbandingan Kontrol vs. Eksperimen 2 menunjukkan perbedaan yang jauh lebih besar (beda rata-rata sikap kreatif = 13,04; beda rata-rata hasil belajar = 12,65; keduanya $p < 0,001$). Yang paling krusial, perbandingan langsung antara Eksperimen 1 dan Eksperimen 2 juga signifikan ($p < 0,001$), mengonfirmasi bahwa penambahan NotebookLM pada PjBL memberikan nilai tambah yang nyata melampaui PjBL saja.

Temuan penelitian ini memberikan bukti empiris yang kuat bahwa model pembelajaran berpengaruh secara bertingkat terhadap sikap kreatif dan hasil belajar mahasiswa: pembelajaran konvensional < PjBL < PjBL + NotebookLM. Pola hierarkis ini konsisten pada kedua variabel output dan dikonfirmasi oleh tiga pendekatan analisis yang independen (ANOVA, Tukey HSD, dan N-Gain).

Keunggulan PjBL murni atas pembelajaran konvensional mengonfirmasi temuan meta-analisis Condcliffe et al., (2017) dan Kokotsaki et al., (2016) yang menemukan bahwa PjBL secara konsisten meningkatkan motivasi, kreativitas, dan hasil belajar. Dalam konteks mata kuliah Desain Media Pembelajaran, PjBL menciptakan lingkungan belajar yang autentik di mana mahasiswa memiliki otonomi untuk mengeksplorasi masalah desain yang kompleks, berkolaborasi dengan rekan

sejawat, dan menghasilkan artefak nyata—kondisi yang secara inheren merangsang pemikiran kreatif (Blumenfeld et al., 1991).

Keunggulan PjBL + NotebookLM atas PjBL murni dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme. Pertama, NotebookLM mereduksi beban kognitif ekstrinsik pada fase investigasi (Sweller, 1988). Kemampuan platform ini untuk merangkum dan mensintesis dokumen secara otomatis memungkinkan mahasiswa memproses lebih banyak literatur dalam waktu yang sama, sehingga lebih banyak kapasitas kognitif tersedia untuk kegiatan kreatif dan desain yang lebih tinggi tingkatnya. Temuan ini selaras dengan argumen Kasneci et al., (2023) bahwa AI generatif berpotensi berfungsi sebagai cognitive offloading tool yang meningkatkan kapasitas berpikir tingkat tinggi.

Kedua, integrasi NotebookLM memperkuat scaffolding investigatif dalam PjBL. Observasi kelas menunjukkan bahwa mahasiswa Eksperimen 2 mampu memulai fase pengembangan produk dengan landasan konseptual yang lebih kuat dan lebih cepat dibandingkan Eksperimen 1, karena proses sintesis literatur yang biasanya memakan waktu sehari-hari dapat diselesaikan dalam satu sesi dengan bantuan AI. Hal ini memberikan lebih banyak waktu efektif untuk iterasi desain dan eksperimentasi kreatif.

Ketiga, fitur Audio Overview NotebookLM yang dimanfaatkan oleh 97,1% mahasiswa Eksperimen 2 mendukung pembelajaran multi-modalitas dan fleksibel (Mayer, 2009). Akses terhadap materi dalam format audio memungkinkan review asinkron yang dapat dilakukan kapan saja dan di mana saja, meningkatkan densitas paparan terhadap konten dan mendukung proses konsolidasi memori jangka panjang.

Peningkatan sikap kreatif yang lebih tinggi pada Eksperimen 2 juga dapat dikaitkan dengan pengalaman berinteraksi dengan AI sebagai mitra intelektual (intellectual partner). Saat mahasiswa mengajukan pertanyaan kepada NotebookLM dan mendapatkan respons yang kaya dan terstruktur, mereka terdorong untuk merumuskan pertanyaan lanjutan yang lebih dalam dan mengeksplorasi ide dari sudut pandang yang beragam—proses yang secara langsung melatih rasa ingin tahu dan imajinasi sebagai komponen utama sikap kreatif (Williams, 1980).

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, desain kuasi-eksperimen membatasi kemampuan generalisasi kausal karena tidak adanya randomisasi penuh. Kedua, penelitian tidak mengukur variabel moderator seperti literasi digital awal dan kenyamanan menggunakan AI. Ketiga, dampak jangka panjang integrasi NotebookLM terhadap kemandirian belajar dan kemampuan sintesis literatur mandiri (tanpa bantuan AI) belum diteliti. Penelitian lanjutan perlu mengeksplorasi aspek-aspek tersebut untuk menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif.

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada sikap kreatif dan hasil belajar mahasiswa di antara tiga kondisi pembelajaran:

konvensional, PjBL, dan PjBL berbasis NotebookLM. Hasil ANOVA satu jalur dengan effect size besar ($\eta^2 = 0,40$ dan $0,45$) dan uji post-hoc Tukey HSD mengonfirmasi bahwa perbedaan terjadi pada setiap pasangan perbandingan kelompok ($p < 0,05$). Pola peningkatan bersifat hierarkis: PjBL + NotebookLM > PjBL > Konvensional, baik pada sikap kreatif maupun hasil belajar.

DAFTAR PUSTAKA

- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, 26(3–4), 369–398. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>
- Condliffe, B., Quint, J., Visher, M., Bangser, M., Drohojowska, S., Saco, L., & Nelson, E. (2017). Project-Based Learning: A Literature Review. MDRC. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3140297>
- Creswell, J. W., & Guetterman, T. C. (2019). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research* (6th ed.). Pearson
- Doppelt, Y. (2003). Implementation and Assessment of Project-Based Learning in a Flexible Environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 13(3), 255–272. <https://doi.org/10.1023/A:1026125427344>
- Google. (2023). *NotebookLM: Your Personalized AI Research Assistant*. Google Labs. <https://notebooklm.google.com>
- 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>
- Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- 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>
- Krajcik, J. S., & Shin, N. (2014). *Project-Based Learning*. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (2nd ed., pp. 275–297). Cambridge University Press

- Larmer, J., & Mergendoller, J. R. (2010). Seven Essentials for Project-Based Learning. *Educational Leadership*, 68(1), 34–37.
http://www.ascd.org/publications/educational_leadership/sept10/vol68/num01/Seven_Essentials_for_Project-Based_Learning.aspx
- Larmer, J., Mergendoller, J. R., & Boss, S. (2015). *Setting the Standard for Project Based Learning*. ASCD
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning (2nd ed.)*. Cambridge University Press
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Thomas, J. W. (2000). *A Review of Research on Project-Based Learning*. Autodesk Foundation
- Williams, F. E. (1980). *Creativity Assessment Packet (CAP)*. Pro-Ed