



Perbandingan Rasa Ingin Tahu Siswa antara Model *Brain Based Learning* dengan Strategi *Role Playing* dan *Problem Based Learning* pada Materi Usaha dan Energi

S. Yakobus Eko Setiawan^{1*}, Nancy Susianna², Nerru Pranuta Murnaka³

¹⁻²Program Studi Magister Pendidikan IPA, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Indonesia

³Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Indonesia

Email: yakobusekosetiawan@gmail.com¹, nancy.susianna@unpar.ac.id², nerru.murnaka@unpar.ac.id³

*Penulis Korespondensi: yakobusekosetiawan@gmail.com

Abstract. *Curiosity is a fundamental character that drives student engagement in abstract physics learning. This study aims to compare students' curiosity between classes implementing Brain Based Learning with Role Playing strategy (BBL-RP) and Problem Based Learning (PBL) on Work and Energy topic. The study employed a quasi-experimental design with Nonequivalent Control Group Design. The sample consisted of 53 tenth-grade students at SMA Trinitas Bandung, with 26 students in the experimental class and 27 students in the control class. The instrument was an 8-item curiosity questionnaire adapted from the Curiosity and Exploration Inventory-II with two dimensions: Stretching and Embracing. Data were analyzed using Independent t-test and Cohen's d effect size. The results showed significant differences in total curiosity ($t(51) = 2.066, p = 0.044$) and Embracing dimension ($t(51) = 2.335, p = 0.024$) with moderate effect sizes ($d = 0.57$ and $d = 0.64$). However, the Stretching dimension showed no significant difference ($t(51) = 1.179, p = 0.244$) with a small effect size ($d = 0.32$). These findings indicate that BBL-RP is more effective in enhancing students' curiosity, particularly in the aspect of embracing challenges and uncertainty. Practically, physics teachers are advised to integrate role playing strategies in learning to optimize students' emotional and cognitive engagement.*

Keywords: *Brain Based Learning; Curiosity; Problem Based Learning; Role Playing; Work And Energy.*

Abstrak. Rasa ingin tahu merupakan karakter fundamental yang mendorong keterlibatan siswa dalam pembelajaran fisika yang abstrak. Penelitian ini bertujuan membandingkan rasa ingin tahu siswa antara kelas yang menerapkan model *Brain Based Learning* dengan strategi *Role Playing* (BBL-RP) dan *Problem Based Learning* (PBL) pada materi Usaha dan Energi. Penelitian menggunakan desain kuasi-eksperimen dengan *Nonequivalent Control Group Design*. Sampel terdiri dari 53 siswa kelas X SMA Trinitas Bandung, dengan 26 siswa pada kelas eksperimen dan 27 siswa pada kelas kontrol. Instrumen berupa angket rasa ingin tahu 8 item yang diadaptasi dari *Curiosity and Exploration Inventory-II* dengan dua dimensi: *Stretching* dan *Embracing*. Data dianalisis menggunakan uji *Independent t-test* dan *effect size* Cohen's *d*. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan signifikan pada total rasa ingin tahu ($t(51) = 2,066, p = 0,044$) dan dimensi *Embracing* ($t(51) = 2,335, p = 0,024$) dengan *effect size* sedang ($d = 0,57$ dan $d = 0,64$). Namun, dimensi *Stretching* tidak menunjukkan perbedaan signifikan ($t(51) = 1,179, p = 0,244$) dengan *effect size* kecil ($d = 0,32$). Temuan ini mengindikasikan BBL-RP lebih efektif dalam meningkatkan rasa ingin tahu siswa, khususnya pada aspek penerimaan terhadap tantangan dan ketidakpastian. Implikasi praktisnya, guru fisika disarankan mengintegrasikan strategi *role playing* dalam pembelajaran untuk mengoptimalkan keterlibatan emosional dan kognitif siswa.

Kata Kunci: *Brain Based Learning; Problem Based Learning; Rasa Ingin Tahu; Role Playing; Usaha Dan Energi.*

1. LATAR BELAKANG

Rasa ingin tahu (*curiosity*) merupakan salah satu karakteristik fundamental yang mendorong individu untuk terus belajar, mengeksplorasi pengetahuan baru, dan membangun pemahaman yang lebih mendalam terhadap fenomena di sekitarnya. Dalam konteks pendidikan sains, rasa ingin tahu menjadi pendorong utama keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Rasa ingin tahu didefinisikan sebagai kecenderungan individu untuk mencari pengalaman baru, memperoleh informasi, dan menerima ketidakpastian sebagai peluang belajar. Rasa ingin tahu terdiri atas dua dimensi utama, yaitu *Stretching*, yaitu kecenderungan aktif untuk mencari

informasi dan pengalaman baru, serta *Embracing*, yaitu kemampuan menerima tantangan dan ketidakpastian sebagai bagian dari proses belajar (Kashdan et al., 2009). Dari perspektif psikologi kognitif, *curiosity* (rasa ingin tahu) dipandang sebagai dorongan motivasional internal untuk memperoleh pengetahuan. Rasa ingin tahu adalah fondasi dari proses berpikir, pencarian makna, dan pemecahan masalah, yang mendorong manusia untuk secara aktif mengeksplorasi lingkungan dan mengubah informasi (Solso et al., 2008).

Dalam pembelajaran fisika, rasa ingin tahu memiliki peran yang sangat penting karena sebagian besar konsep fisika bersifat abstrak dan memerlukan penalaran ilmiah yang tinggi. Salah satu materi yang sering menimbulkan kesulitan bagi siswa adalah Usaha dan Energi. Materi ini tidak hanya menuntut penguasaan persamaan matematis, tetapi juga pemahaman konseptual mengenai hubungan antara usaha, energi kinetik, energi potensial, serta penerapannya dalam berbagai fenomena kehidupan sehari-hari. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa siswa masih mengalami miskonsepsi pada materi usaha dan energi karena pembelajaran lebih banyak menekankan penggunaan rumus daripada pemaknaan konsep secara mendalam (Hake, 1998)(Syarifuddin et al., 2020). Kondisi tersebut menyebabkan siswa cenderung menghafal prosedur penyelesaian soal tanpa memahami konsep fisika yang mendasarinya.

Berbagai penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran inovatif mampu meningkatkan kualitas pembelajaran fisika. Penerapan *Brain Based Learning* (BBL) efektif memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar kognitif dan motivasi belajar siswa (Wulandari & Perdana, 2023). BBL menekankan pada penciptaan lingkungan belajar yang memperhatikan cara kerja otak, sehingga mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna (Given, 2007)(Jensen, 2011)(Jensen, 2008)(Sousa, 2012)(Sousa, 2017). Strategi *Role Playing* dalam BBL memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengalami langsung situasi pembelajaran melalui peran tertentu, sehingga dapat meningkatkan keterlibatan emosional dan kognitif yang pada gilirannya memicu rasa ingin tahu (Immordino-Yang, 2015).

Di sisi lain, *Problem Based Learning* (PBL) merupakan model pembelajaran yang menggunakan masalah autentik sebagai stimulus untuk belajar (Arends, 2008). Dalam PBL, siswa bekerja dalam kelompok untuk mengidentifikasi masalah, merumuskan pertanyaan, mencari informasi, dan mengembangkan solusi. Penelitian oleh Wardani menunjukkan bahwa penggunaan PBL berbasis pendekatan berdiferensiasi pada materi Usaha dan Energi mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik secara signifikan dibandingkan pembelajaran konvensional (Wardani et al., 2026). PBL telah terbukti efektif dalam mengembangkan

keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Namun, efektivitas PBL dalam mengembangkan rasa ingin tahu masih menjadi perdebatan karena pendekatannya yang lebih terstruktur dibandingkan BBL yang lebih memberikan ruang eksplorasi bebas.

Gambaran umum penelitian pembelajaran pada materi Usaha dan Energi di Indonesia ditunjukkan oleh hasil meta-analisis oleh penelitian Niyanti yang mengkaji 36 publikasi tersebut mengungkapkan bahwa metode pembelajaran yang paling dominan diterapkan adalah Inkuiri, diikuti oleh STEM, *Problem Based Learning* (PBL), serta berbagai model berbasis pemecahan masalah lainnya (Niyanti et al., 2022). Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan yang berpusat pada siswa (*student-centered*) telah banyak diadopsi dalam pembelajaran fisika. Sebaliknya, penelitian yang mengimplementasikan *Brain Based Learning* (BBL) pada materi Usaha dan Energi masih sangat terbatas jumlahnya. Meskipun berbagai penelitian menunjukkan efektivitas BBL maupun PBL, penelitian yang secara khusus mengkaji rasa ingin tahu sebagai hasil belajar afektif masih relatif sedikit.

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat kesenjangan penelitian yang menjadi dasar penelitian ini, yaitu belum adanya studi komparatif yang membandingkan secara langsung BBL dengan strategi *Role Playing* dan PBL terhadap rasa ingin tahu siswa menggunakan instrumen yang terstandarisasi pada pembelajaran fisika materi Usaha dan Energi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan membandingkan rasa ingin tahu siswa antara kelas yang menerapkan BBL-RP dan PBL pada materi Usaha dan Energi.

2. KAJIAN TEORI

Rasa Ingin Tahu

Rasa ingin tahu (*curiosity*) merupakan konstruk psikologis fundamental yang mendorong individu untuk mencari informasi baru, menghilangkan ketidakpastian, dan memahami lingkungan di sekitarnya (Kashdan et al., 2009). Dalam perspektif psikologi kognitif, rasa ingin tahu dipandang sebagai motivasi internal yang menggerakkan perilaku eksplorasi dan pembelajaran. Kashdan dan rekan-rekannya mengembangkan model rasa ingin tahu yang lebih komprehensif melalui *Curiosity and Exploration Inventory-II (CEI-II)*. Model ini mengidentifikasi dua dimensi utama rasa ingin tahu yang saling melengkapi:

Dimensi *Stretching* (Memperluas): Merujuk pada kecenderungan individu untuk secara aktif mencari informasi, mengeksplorasi ide-ide baru, dan memperluas pengetahuan. Individu dengan skor tinggi pada dimensi ini menunjukkan perilaku proaktif dalam eksplorasi. Dimensi *Embracing* (Menerima): Merujuk pada kecenderungan individu untuk menerima tantangan, ketidakpastian, dan situasi kompleks sebagai peluang untuk belajar. Individu dengan skor

tinggi pada dimensi ini mampu bertahan dalam situasi ambigu dan melihat tantangan sebagai pengalaman berharga.

Brain Based Learning (BBL) dan Role Playing

Brain Based Learning (BBL) adalah pendekatan pembelajaran yang didasarkan pada prinsip-prinsip neurobiologi tentang bagaimana otak belajar (Jensen, 2008)(Jensen, 2011)(Sousa, 2012)(Sousa, 2017). Pembelajaran berbasis otak harus melibatkan otak emosional, sosial, kognitif, kinestetis, dan reflektif secara simultan (Given, 2007).

Jensen menguraikan tujuh langkah pembelajaran berbasis otak, yaitu: (1) *Pra-pemaparan (pre-exposure)*, untuk membangun rasa ingin tahu awal; (2) *Persiapan (preparation)*, untuk menciptakan lingkungan belajar yang positif; (3) *Inisiasi dan Akuisisi (initiation and acquisition)*, untuk memperkenalkan materi baru; (4) *Elaborasi (elaboration)*, untuk memperdalam pemahaman melalui pemrosesan informasi; (5) *Inkubasi (incubation)*, waktu bagi otak untuk memproses informasi secara bawah sadar; (6) *Verifikasi (verification)*, untuk mengecek pemahaman dan kepercayaan diri siswa; serta (7) *Perayaan dan Integrasi (celebration and integration)*, untuk merayakan keberhasilan dan menghubungkan pengetahuan baru dengan kehidupan nyata.

Strategi *Role Playing* dalam BBL memanfaatkan prinsip ini dengan menciptakan situasi simulasi yang kaya stimulus. Pembelajaran yang melibatkan emosi melalui permainan peran akan memperkuat pembentukan memori dan pemahaman konsep yang mendalam, karena dalam belajar emosi dan kognisi tidak dapat dipisahkan (Immordino-Yang & Damasio, 2007). Melalui *role playing*, siswa dapat mengalami konsep secara langsung, sehingga proses elaborasi dan integrasi menjadi lebih bermakna.

Problem Based Learning (PBL)

Problem Based Learning (PBL) adalah model pembelajaran yang menggunakan masalah autentik sebagai titik awal pembelajaran (Arends, 2008). Arends juga mengidentifikasi lima tahapan utama dalam sintaks PBL, yaitu: (1) orientasi siswa pada masalah, di mana guru menjelaskan tujuan pembelajaran dan mengajukan masalah; (2) mengorganisasi siswa untuk belajar, membantu siswa mendefinisikan dan mengorganisasikan tugas belajar yang berhubungan dengan masalah; (3) membimbing penyelidikan individu maupun kelompok, mendorong siswa untuk mengumpulkan informasi yang sesuai dan melaksanakan eksperimen untuk mendapatkan penjelasan dan pemecahan masalah; (4) mengembangkan dan menyajikan hasil karya, membantu siswa merencanakan dan menyiapkan karya yang sesuai seperti laporan, video, atau model; serta (5) menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah, membantu siswa melakukan refleksi atau evaluasi.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain kuasi-eksperimen dengan *Nonequivalent Control Group Design*. Desain ini dipilih karena penelitian dilakukan dalam setting kelas yang sudah terbentuk dan tidak memungkinkan untuk melakukan randomisasi secara penuh (Creswell & Creswell, 2018)(Sugiyono, 2017). Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X SMA Trinitas Bandung. Sampel diambil menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu dua kelas yang memiliki karakteristik yang relatif sama. Sampel terdiri dari 53 siswa dengan rincian 26 siswa pada kelas eksperimen (BBL-RP) dan 27 siswa pada kelas kontrol (PBL).

Instrumen penelitian berupa angket rasa ingin tahu yang diadaptasi dari *Curiosity and Exploration Inventory-II* (CEI-II) karya (Kashdan et al., 2009). Angket terdiri dari 8 item pernyataan dengan dua dimensi: *Stretching* (4 item) dan *Embracing* (4 item) menggunakan skala Likert 4 poin. Sebelum digunakan, instrumen diuji validitas dan reliabilitasnya. Hasil uji validitas menunjukkan seluruh item valid dengan *corrected item-total correlation* $> 0,270$. Uji reliabilitas menghasilkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,781 yang menunjukkan tingkat reliabelitas yang tinggi (Sugiyono, 2017).

Prosedur penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap: persiapan, pelaksanaan perlakuan selama 4 pertemuan pada materi Usaha dan Energi, dan pengumpulan data. Data dianalisis menggunakan uji statistik parametrik. Uji prasyarat meliputi uji normalitas *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas *Levene's Test*. Uji hipotesis menggunakan *Independent t-test* dengan taraf signifikansi 0,05, dilanjutkan dengan perhitungan *effect size* Cohen's *d*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Instrumen angket rasa ingin tahu telah melalui uji validitas dan reliabilitas. Uji validitas menggunakan *corrected item-total correlation* menunjukkan seluruh 8 item pernyataan valid ($r > 0,270$). Uji reliabilitas menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,781 (reliabel tinggi). Dengan demikian, instrumen dinyatakan layak digunakan.

Statistik Deskriptif dan Hasil Uji Hipotesis

Data statistik deskriptif rasa ingin tahu siswa disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Statistik Deskriptif Rasa Ingin Tahu Siswa

Dimensi	Kelas	N	Mean	Std. Deviation
Total Rasa Ingin Tahu	BBL-RP	26	22,12	4,31
	PBL	27	19,67	4,31
Dimensi Stretching	BBL-RP	26	10,85	2,11
	PBL	27	10,15	2,2
Dimensi Embracing	BBL-RP	26	11,27	2,82

PBL	27	9,52	2,64
-----	----	------	------

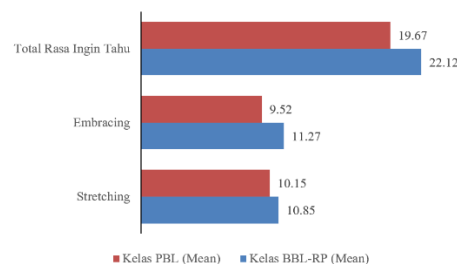
Berdasarkan Tabel 1, rata-rata total rasa ingin tahu siswa pada kelas BBL-RP ($M = 22,12$) lebih tinggi dibandingkan kelas PBL ($M = 19,67$). Selisih terbesar terlihat pada dimensi *Embracing*. Sebelum uji hipotesis, uji prasyarat normalitas (*Shapiro-Wilk*) dan homogenitas (*Levene's Test*) menunjukkan data berdistribusi normal dan varians homogen ($p > 0,05$).

Analisis kemudian dilanjutkan dengan uji *Independent t-test* yang hasilnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Independent t-test Rasa Ingin Tahu Siswa

Dimensi	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Kesimpulan
Total	2,066	51	0,044	2,449	Signifikan
Stretching	1,179	51	0,244	0,698	Tidak Signifikan
Embracing	2,335	51	0,024	1,751	Signifikan

Hasil uji menunjukkan perbedaan signifikan pada total rasa ingin tahu ($p = 0,044$) dan dimensi *Embracing* ($p = 0,024$). Dimensi *Stretching* tidak menunjukkan perbedaan signifikan ($p = 0,244$). *Effect size* Cohen's *d* untuk total adalah 0,57 (sedang), *Stretching* 0,32 (kecil), dan *Embracing* 0,64 (sedang).



Gambar 1. Perbandingan Rata-rata Rasa Ingin Tahu antara Kelas BBL-RP dan PBL

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa kelas BBL-RP memiliki skor rata-rata yang lebih tinggi pada seluruh dimensi dibandingkan kelas PBL. Perbedaan yang paling mencolok terlihat pada dimensi *Embracing*, di mana diagram batang menunjukkan bahwa BBL-RP ($M = 11,27$) jauh lebih tinggi daripada PBL ($M = 9,52$). Hal ini mengkonfirmasi hasil uji statistik sebelumnya bahwa strategi *role-playing* dalam BBL secara efektif meningkatkan keterbukaan siswa terhadap tantangan. Sementara itu, pada dimensi *Stretching*, meskipun kelas BBL-RP ($M = 10,85$) menunjukkan skor lebih tinggi dibanding PBL ($M = 10,15$), selisihnya terlihat lebih tipis dibandingkan dimensi lainnya.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Brain Based Learning* dengan strategi *Role Playing* (BBL-RP) lebih efektif dibandingkan *Problem Based Learning* (PBL) dalam meningkatkan rasa ingin tahu siswa, khususnya pada dimensi *Embracing*. Temuan ini sejalan

dengan prinsip neurosains pendidikan yang menyatakan bahwa BBL dapat meningkatkan keterlibatan siswa melalui penciptaan lingkungan belajar yang kaya, aman, dan bermakna (Given, 2007)(Immordino-Yang, 2015)(Jensen, 2011)(Sousa, 2017)

Keunggulan BBL-RP dapat dijelaskan melalui mekanisme neurobiologis. *Pertama*, strategi *Role Playing* melibatkan emosi dan kognisi secara simultan. Penelitian menunjukkan bahwa emosi dan kognisi tidak dapat dipisahkan dalam proses belajar (Damasio, 2009)(Immordino-Yang & Damasio, 2007). Ketika siswa memerankan peran, mereka merasakan secara emosional, yang memicu aktivasi sistem limbik dan memperkuat motivasi eksplorasi. *Kedua*, BBL-RP menciptakan lingkungan belajar yang aman secara emosional. Dalam *Role Playing*, siswa bebas mengeksplorasi tanpa takut salah, yang mengurangi stres dan mengoptimalkan fungsi korteks prefrontal (Sousa, 2012)(Sousa, 2017). Keamanan emosional ini memungkinkan siswa lebih terbuka terhadap ketidakpastian, yang merupakan esensi dari dimensi *Embracing* (Kashdan et al., 2009).

Sementara itu, tidak adanya perbedaan signifikan pada dimensi *Stretching* kemungkinan disebabkan oleh durasi penelitian yang singkat (4 pertemuan). Dimensi *Stretching* berkaitan dengan kebiasaan aktif mencari informasi yang membutuhkan waktu lebih lama untuk terbentuk dibandingkan perubahan sikap emosional sesaat (Kashdan et al., 2009). Selain itu, PBL juga menuntut pencarian informasi, sehingga potensi peningkatan *Stretching* terjadi pada kedua kelompok.

Effect size sedang pada total dan *Embracing* menunjukkan dampak praktis yang bermakna. Ini mengindikasikan bahwa BBL-RP adalah pilihan yang lebih baik untuk mengembangkan aspek afektif siswa dalam pembelajaran fisika yang abstrak. Implikasinya, guru fisika disarankan mengintegrasikan strategi *role playing* untuk mengoptimalkan keterlibatan emosional siswa.

Keterbatasan penelitian ini adalah durasi yang pendek dan sampel yang terbatas pada satu sekolah. Penelitian selanjutnya disarankan memperpanjang durasi intervensi dan memperluas sampel untuk generalisasi yang lebih baik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa: Terdapat perbedaan yang signifikan pada total rasa ingin tahu siswa antara kelas BBL-RP dan PBL ($t(51) = 2,066$, $p = 0,044$) dengan *effect size* sedang ($d = 0,57$). Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada dimensi *Stretching* antara kelas BBL-RP dan PBL ($t(51) = 1,179$, $p = 0,244$). Terdapat perbedaan yang signifikan pada dimensi *Embracing* antara kelas BBL-RP dan PBL

($t(51) = 2,335$, $p = 0,024$) dengan *effect size* sedang ($d = 0,64$). Model *Brain Based Learning* dengan strategi *Role Playing* terbukti lebih efektif dalam meningkatkan rasa ingin tahu siswa, khususnya pada dimensi *Embracing*, dibandingkan dengan *Problem Based Learning* pada materi Usaha dan Energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arends, R. I. (2008). *Learning to teach: Belajar untuk mengajar* (7th ed.). Pustaka Pelajar.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Damasio, A. (2009). *Memahami kerja otak: Mengendalikan emosi & mencerdaskan nalar*. Baca.
- Given, B. K. (2007). *Brain-based teaching: Merancang kegiatan belajar mengajar yang melibatkan otak, emosional, sosial, kognitif, dan reflektif*. Kaifa.
- 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>
- Immordino-Yang, M. H. (2015). *Emotions, learning, and the brain: Exploring the educational implications of affective neuroscience*. W. W. Norton & Company.
- Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 3–10. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x>
- Jensen, E. (2008). *Memperkaya otak: Cara memaksimalkan potensi setiap pembelajar*. INDEKS.
- Jensen, E. (2011). *Pembelajaran berbasis otak*. INDEKS.
- Kashdan, T. B., Gallagher, M. W., Silvia, P. J., Winterstein, B. P., Breen, W. E., Terhar, D., & Steger, M. F. (2009). The curiosity and exploration inventory-II: Development, factor structure. *Journal of Research in Personality*, 43(6), 987–998. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2009.04.011>
- Niyanti, E., P. Setyaningru, P., F. Putri, F., Rachman, G. W., & Wandita, F. (2022). Implementasi pembelajaran fisika topik usaha dan energi berdasarkan publikasi ilmiah. *Mitra Pilar: Jurnal Pendidikan, Inovasi, dan Terapan Teknologi*, 1(2), 99–118. <https://doi.org/10.58797/pilar.0102.05>
- Solso, R. L., MacLin, O. H., & MacLin, M. K. (2008). *Psikologi kognitif* (Ed. 8). Erlangga.
- Sousa, D. A. (2012). *Bagaimana otak yang berbakat belajar*. INDEKS.
- Sousa, D. A. (2017). *How the brain learns* (5th ed.). Corwin Press.
- Sugiyono. (2017). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Syarifuddin, S., Nusantara, T., Qohar, A., & Muksar, M. (2020). Students' thinking processes connecting quantities in solving covariation mathematical problems in high school students of Indonesia. *Participatory Educational Research*, 7(3), 59–78. <https://doi.org/10.17275/per.20.35.7.3>

- Wardani, S., Ikbal, S., & Dani, A. U. (2026). Pengaruh model pembelajaran PBL berbasis pendekatan berdiferensiasi terhadap hasil belajar peserta didik materi usaha dan energi. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains (JPFS)*, 4(1), 17–23.
- Wulandari, N., & Perdana, R. (2023). Keefektifan model brain-based learning terintegrasi kearifan lokal untuk meningkatkan hasil belajar kognitif dan motivasi peserta didik pada topik usaha energi. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 11(2), 1–9. <https://doi.org/10.21831/jpms.v11i2.67902>