
Transformasi Pembelajaran IPA Pesawat Sederhana Melalui Model PBL Berbasis Inkuiri Kolaboratif

Nurkhasanah^{1*}, Aris Risna Kurniawan²

¹SMP Negeri 3 Tanjung Brebes, ²SMP Negeri 3 Jabung Lampung

*Email korespondensi: Nurkhasanah73@guru.smp.belajar.id

Abstrak

Kata Kunci:

*PBL, Inkuiri Kolaboratif,
Quizizz Paper Mode.*

Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas inovasi "Mission Possible: Menjadi Engineer Cilik" yang mengintegrasikan model Problem-Based Learning (PBL) dan kerangka Inkuiri Kolaboratif berbantuan Quizizz Paper Mode pada materi Pesawat Sederhana. Metode penelitian menggunakan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) dua siklus di kelas 8E SMP Negeri 3 Tanjung dengan subjek 31 siswa. Data dikumpulkan melalui kuesioner, lembar observasi aktivitas, catatan lapangan, dan tes formatif kognitif. Hasil penelitian menunjukkan transformasi signifikan pada aktivitas dan capaian belajar siswa. Melalui studi kasus otentik, siswa berhasil mendekonstruksi miskonsepsi pada fungsi mekanis katrol tetap secara logis. Evaluasi formatif Quizizz Paper Mode mengonfirmasi peningkatan pemahaman konsep dari kondisi awal prasiklus sebesar 45%, menjadi 47% pada siklus 1, dan melonjak hingga 78% pada siklus 2. Simpulan penelitian menegaskan bahwa integrasi PBL dan inkuiri kolaboratif efektif membangun nalar kritis serta pemahaman kontekstual fisis siswa.

Abstract

Key Word:

*PBL, Collaborative Inquiry,
Quizizz Paper Mode.*

This study aims to evaluate the effectiveness of the "Mission Possible: Junior Engineer" instructional innovation, which integrates Problem-Based Learning (PBL) and a Collaborative Inquiry framework mediated by Quizizz Paper Mode. This Classroom Action Research (CAR) was conducted in two cycles in class 8E at SMP Negeri 3 Tanjung, involving 31 students as subjects. Data were collected via questionnaires, observation sheets, field notes, and cognitive formative tests. The results indicate a significant transformation in students' participation and learning outcomes. Through an authentic case study, students successfully deconstructed a common misconception regarding fixed pulleys. Furthermore, the use of Quizizz Paper Mode for formative assessment confirmed an improvement in conceptual mastery, increasing from an initial 45% to 47% in Cycle 1, and rising sharply to 78% in Cycle 2. In conclusion, the integration of PBL and collaborative inquiry effectively fosters students' critical reasoning and contextual understanding.

PENDAHULUAN

Pembelajaran Sains (IPA) pada hakikatnya merupakan proses konstruksi pemahaman melalui eksplorasi fenomena alam secara empiris. Namun, realitas pedagogis di lapangan sering kali menunjukkan dominasi pendekatan berpusat pada guru (*teacher-centered*), yang menempatkan peserta didik sebagai penerima informasi pasif dalam ruang kelas. Fenomena ini menyebabkan iklim belajar menjadi kaku dan searah. Pembelajaran IPA pada materi pesawat sederhana kerap kali terjebak pada hafalan rumus-rumus mekanis tanpa pemaknaan fisis yang mendalam. Dampaknya, esensi konsep fisika dalam kehidupan sehari-hari gagal dipahami oleh siswa secara utuh, sehingga ilmu yang didapatkan hanya bersifat sementara dan berorientasi pada nilai ujian kognitif semata.

Kondisi empiris ini diperkuat oleh data kuesioner awal yang disebarkan kepada peserta didik di kelas VIII E SMP Negeri 3 Tanjung. Berdasarkan hasil penjangkaran data tersebut, ditemukan fakta bahwa mayoritas siswa (63,3%) merasa materi IPA yang diajarkan selama ini tidak berkaitan erat dengan kehidupan nyata mereka sehari-hari. Selain itu, sekitar 67,3% siswa cenderung belajar dengan menghafal rumus secara mekanistik tanpa memahami maknanya secara filosofis dan aplikatif. Permasalahan ini diperparah dengan suasana pembelajaran yang kurang interaktif, di mana 49% siswa secara terbuka mengekspresikan rasa bosan dan jenuh karena interaksi satu arah yang didominasi oleh metode ceramah guru. Gejala-gejala kejenuhan akademis tersebut menjadi indikator kuat perlunya reformasi metodologi pembelajaran di kelas.

Penelitian terdahulu yang relevan mengonfirmasi bahwa rendahnya pemahaman konsep pesawat sederhana bersumber dari metode mengajar yang monoton dan kurangnya ruang bagi siswa untuk mengeksplorasi masalah

nyata yang ada di lingkungan sekitar mereka. Beberapa kajian ilmiah menunjukkan bahwa untuk mengatasi kejenuhan ini diperlukan transformasi ke arah pembelajaran mendalam (*deep learning*) yang mencakup aspek kebermaknaan (*meaningful*), kesadaran (*mindful*), dan kegembiraan (*joyful learning*). Siswa tidak boleh lagi diperlakukan sebagai wadah kosong yang siap diisi, melainkan harus diposisikan sebagai subjek aktif yang mampu mengonstruksi pengetahuannya sendiri melalui tantangan nyata.

Model *Problem-Based Learning* (PBL) yang diintegrasikan dengan kerangka inkuiri kolaboratif menawarkan alternatif solusi yang sangat menjanjikan untuk memecahkan kebuntuan tersebut. Melalui kolaborasi dalam tim kecil, siswa didorong untuk memecahkan masalah otentik dunia nyata, berdiskusi, mengumpulkan data empiris, serta merancang proyek teknis bersama yang membutuhkan penalaran fisis. Integrasi ini diharapkan mampu menghidupkan kembali gairah belajar siswa sekaligus memberikan pengalaman konkret dalam mengaplikasikan rumus fisika ke dalam bentuk desain teknologi sederhana. Berdasarkan urgensi permasalahan di atas, penelitian tindakan kelas ini bertujuan untuk mentransformasi dan meningkatkan pemahaman konsep pesawat sederhana melalui model PBL berorientasi inkuiri kolaboratif dalam kerangka misi "Engineer Cilik" pada peserta didik kelas VIII E SMP Negeri 3 Tanjung.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain Penelitian Tindakan Kelas (PTK) yang dirancang secara sistematis untuk mengatasi budaya hafalan rumus dan meningkatkan pemahaman konsep fisis pada materi pesawat sederhana. Penelitian dilaksanakan di SMP Negeri 3 Tanjung pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026. Subjek penelitian ini adalah

siswa kelas VIII E dengan jumlah total 36 siswa, namun data yang diolah secara tuntas dan konsisten berasal dari 31 siswa yang mengikuti seluruh rangkaian kegiatan dari awal hingga akhir secara lengkap tanpa kendala kehadiran. Penelitian tindakan ini diintegrasikan secara penuh dalam program Pembelajaran Mendalam (*Deep Learning*) yang diinisiasi oleh BBGTK Jawa Tengah pada tahun 2025.

Prosedur pelaksanaan penelitian ini mengikuti model siklus berulang yang terdiri dari dua siklus tindakan utama. Siklus I dilaksanakan bertepatan dengan On the Job Training (OJT) 2 (*Open Class 1*) pada tanggal 15 September 2025. Sementara itu, Siklus II diselenggarakan pada tahapan OJT 3 (*Open Class 2*) tanggal 6 Oktober 2025 sebagai bentuk perbaikan dari hasil refleksi siklus sebelumnya. Masing-masing siklus terdiri atas empat tahapan prosedural baku yang saling berkesinambungan, yaitu: 1) Perencanaan (*planning*), mencakup penyusunan modul ajar berbasis PBL, LKPD inkuiri kolaboratif, dan persiapan instrumen evaluasi; 2) Pelaksanaan (*acting*), berupa penerapan skenario pembelajaran misi "Engineer Cilik"; 3) Pengamatan (*observing*), dilakukan oleh peneliti bersama mitra kolaborator untuk merekam segala aktivitas kelas; dan 4) Refleksi (*reflecting*), sebagai ruang evaluasi kritis untuk menemukan kelemahan tindakan guna perbaikan pada siklus berikutnya.

Teknik pengumpulan data dilakukan secara komprehensif menggunakan kombinasi metode non-tes dan tes untuk menjamin validitas hasil penelitian. Instrumen non-tes meliputi kuesioner pra-tindakan menggunakan *Google Form* untuk memotret persepsi dan motivasi awal siswa, lembar observasi aktivitas belajar untuk menilai aspek afektif-sosial siswa, serta catatan lapangan (*field notes*) untuk merekam dinamika kelompok selama proses inkuiri. Sementara itu, instrumen tes menggunakan evaluasi formatif berbasis teknologi *Quizizz Paper Mode* yang diaplikasikan di setiap akhir siklus untuk mengukur capaian

kognitif individual siswa tanpa terkendala kepemilikan gawai atau koneksi internet pribadi di dalam kelas.

Analisis data dilakukan menggunakan dua pendekatan utama. Data kualitatif yang diperoleh dari lembar observasi, kuesioner persepsi, dan catatan refleksi dianalisis secara deskriptif kualitatif melalui tahapan reduksi data, paparan data, dan penarikan kesimpulan. Di sisi lain, data kuantitatif yang bersumber dari nilai post-test *Quizizz Paper Mode* dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk menghitung persentase ketuntasan dan rata-rata nilai hasil belajar kelas. Indikator keberhasilan dalam penelitian tindakan kelas ini ditetapkan berdasarkan dua parameter utama yang ketat. Pertama, parameter kognitif yang menargetkan pencapaian rata-rata nilai kelas minimal sebesar 75 secara klasikal. Kedua, parameter proses yang ditandai dengan peningkatan antusiasme afektif siswa selama pembelajaran serta keberhasilan 100% kelompok dalam merancang sketsa pemecahan masalah fungsional dalam misi 'Engineer Cilik'.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pembelajaran pada Siklus I yang dilaksanakan pada tanggal 15 September 2025 mengusung skenario "Misi Bantuan Pak Budi". Masalah otentik yang disajikan berkisar pada kesulitan tokoh lokal (Pak Budi) dalam memindahkan material bangunan seberat 100 kg ke lantai dua rumahnya. Guru membagi siswa ke dalam enam kelompok heterogen untuk merancang solusi mekanis yang paling efektif menggunakan kombinasi prinsip pesawat sederhana. Selama proses tindakan berlangsung pada siklus pertama ini, mitra kolaborator dan peneliti mencatat adanya beberapa kendala mendasar. Terjadi ketimpangan partisipasi yang cukup mencolok di dalam kelompok; siswa yang memiliki kemampuan akademis tinggi cenderung mendominasi jalannya diskusi, sementara siswa yang berkemampuan rendah atau sedang cenderung pasif dan hanya menjadi penonton.

Kendala lain muncul pada sesi presentasi hasil karya. Siswa tampak masih ragu-ragu, malu, dan kurang percaya diri dalam mempertahankan argumen desain sketsa teknologi yang mereka buat. Ketidakpercayaan diri ini berakar dari kurangnya pemahaman konsep yang kokoh. Berdasarkan hasil evaluasi formatif menggunakan *Quizizz Paper Mode* pada Siklus I, rata-rata nilai kognitif klasikal siswa hanya mencapai 47%. Nilai ini tidak mengalami pergeseran yang berarti jika dibandingkan dengan kondisi awal prasiklus yang berada di angka 45%.

Setelah dilakukan analisis mendalam, kegagalan pencapaian target kognitif pada Siklus I ini diidentifikasi bersumber dari desain Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang terlalu abstrak dan belum memandu siswa secara runtut untuk melakukan verifikasi matematis melalui perhitungan Keuntungan Mekanis (KM). Akibatnya, produk sketsa yang dibuat oleh siswa hanya didasarkan pada intuisi tanpa dasar ilmiah fisika yang kuat. Selain itu, refleksi bersama kolaborator juga menyimpulkan bahwa guru masih bertindak terlalu kaku dalam membatasi bentuk produk akhir solusi fungsional, sehingga otonomi dan kreativitas belajar kelompok menjadi terhambat.

Berdasarkan kelemahan-kelemahan yang teridentifikasi pada siklus pertama, dilakukan rekonstruksi dan perbaikan desain tindakan pada Siklus II yang diselenggarakan pada tanggal 6 Oktober 2025. Guru melakukan optimalisasi pada struktur LKPD dengan menambahkan kolom analisis eksperimen dan kalkulasi perhitungan Keuntungan Mekanis (KM) secara eksplisit. Untuk mengatasi ketimpangan interaksi, guru menerapkan strategi pembagian peran (*job desk*) yang tegas di dalam setiap kelompok, seperti penanggung jawab alat, pencatat data, desainer sketsa, dan juru bicara presentasi.

Implementasi perbaikan desain tindakan pada siklus kedua ini memicu perubahan suasana kelas secara radikal. Kelas menjadi jauh lebih hidup, dinamis, dan berorientasi pada siswa. Siswa tidak lagi pasif, melainkan tampak berani berdebat sehat antar-kelompok mengenai efektivitas penggunaan katrol tetap dibandingkan pengungkit jenis pertama untuk memecahkan kasus pemindahan material Pak Budi. Pada sesi presentasi, kepercayaan diri siswa meningkat tajam karena sketsa solusi teknik yang mereka tawarkan telah didukung oleh data kalkulasi fisik yang kuat dari hasil perhitungan KM di LKPD mereka. Kondisi ini berdampak langsung pada lompatan hasil belajar kognitif secara klasikal pada Siklus II yang sukses menyentuh angka rata-rata kelas sebesar 78%, melampaui indikator keberhasilan yang ditetapkan. Kenaikan hasil belajar kognitif siswa secara berkala dari kondisi awal hingga Siklus II disajikan secara ringkas pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Capaian Hasil Belajar Kognitif Siswa Klasikal

Tahapan Penelitian	Rata-rata Nilai Kelas	Kategori
Kondisi Awal (Prasiklus)	45%	Perlu Bimbingan
Siklus I	47%	Perlu Bimbingan
Siklus II	78%	Baik
Peningkatan Total	+33%	-

Selain peningkatan pada capaian angka akademis kognitif, kualitas proses pembelajaran dari segi afektif dan psikomotorik juga mengalami perbaikan mutu yang sangat mendasar. Pada Siklus II, seluruh kelompok (100%) berhasil menuntaskan misi pembuatan sketsa solusi teknik secara logis, aplikatif, dan mandiri tanpa mengalami kendala kebingungan seperti pada siklus sebelumnya. Dinamika perubahan aktivitas dan kualitas proses belajar siswa antar-siklus dirangkum secara detail dalam Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Aktivitas dan Kualitas Proses Belajar Siswa Antarsiklus

Aspek Pengamatan	Kondisi Siklus I	Kondisi Siklus II
Pembuatan Sketsa	Beberapa kelompok mengalami kebingungan arah pengerjaan dan tugas tidak tuntas.	100% kelompok berhasil membuat sketsa solusi teknik secara komprehensif dan fungsional.
Kepercayaan Diri	Siswa tampak malu, ragu-ragu, dan pasif saat melakukan sesi presentasi kelas.	Siswa sangat percaya diri dalam mengonstruksi dan mempertahankan desain berdasarkan data.
Analisis Konsep	Terjebak miskonsepsi akut pada prinsip mekanis materi katrol tetap.	Memahami pola instruksional ini ternyata berdampak signifikan pada persepsi dan kegunaan alat katrol tetap.
Otonomi Belajar	Terbatas karena guru mendikte bentuk produk akhir yang harus dibuat siswa.	Bebas dan mandiri karena kelompok diberikan hak menentukan bahan dan variasi produk.

Analisis Konseptual dan Interpretasi Empiris terhadap Hasil Penelitian

Keberhasilan peningkatan hasil belajar dari kondisi prasiklus (45%) menuju Siklus II (78%)

Tabel 3. Data Perubahan Persepsi Siswa Terhadap Pembelajaran IPA

Indikator Persepsi Siswa	Sebelum PBL (Prasiklus)	Sesudah PBL (Siklus II)
Merasa Senang dan Semangat Mengikuti Belajar	—	96,8%
Paham Konsep Mendalam (Bukan Hafalan Rumus)	32,7%	96,8%
Merasa Bosan dengan Metode Ceramah Monoton Guru	49,0%	—
Menganggap IPA Relevan dengan Kehidupan Sehari-hari	36,7%	96,8%

Pemicu utama transformasi kognitif dan afektif yang luar biasa ini adalah adanya aktivitas pembuatan sketsa proyek "Engineer Cilik" yang dikombinasikan dengan pembuktian kuantitatif langsung di lembar kerja siswa. Rumus-rumus fisika mengenai mekanika pesawat sederhana tidak lagi dipandang oleh peserta didik sebagai tumpukan teks mati yang wajib dihafal demi menembus nilai ujian, melainkan beralih fungsi sebagai alat bantu kognitif (*cognitive tools*) yang sangat berharga untuk memvalidasi dan merealisasikan solusi nyata atas masalah kemanusiaan yang dihadapi oleh Pak Budi. Siswa merasakan kegunaan praktis dari ilmu fisika yang mereka pelajari, yang memicu munculnya motivasi intrinsik tinggi.

memberikan bukti empiris yang kuat bahwa integrasi model PBL dan inkuiri kolaboratif mampu menggeser paradigma belajar mekanistik hafalan menjadi pengalaman belajar yang bermakna. Hasil ini sejalan dengan arah kebijakan Pembelajaran Mendalam (*Deep Learning*) yang menekankan pentingnya keterampilan penerapan, komunikasi, dan berkolaborasi. Siswa aktif mengonstruksi pengetahuan kritis melalui penyelesaian tantangan riil. Perubahan pola instruksional ini ternyata berdampak signifikan pada persepsi dan emosi psikologis siswa terhadap mata pelajaran. Bebas dan mandiri karena kelompok diberikan hak memilih bahan dan variasi produk. Melalui analisis data kuesioner pasca-tindakan pada akhir siklus kedua, diperoleh bukti nyata mengenai transisi persepsi positif siswa yang disajikan pada Tabel 3.

Fenomena pedagogis paling krusial dalam penelitian tindakan kelas ini ditemukan pada saat diskusi kelompok berjalan di Siklus II, di mana terjadi rekonstruksi pengetahuan yang radikal atau yang diistilahkan dalam dunia psikologi kognitif sebagai *aha moment*. Siswa berhasil memecahkan miskonsepsi umum yang selama bertahun-tahun sering menjebak pemahaman anak pada materi mekanika, yaitu mengenai fungsi dari katrol tetap.

Melalui penyelidikan mandiri menggunakan alat peraga sederhana dan pencatatan gaya secara kolaboratif, siswa menyadari secara logis dan empiris bahwa nilai Keuntungan Mekanis (KM) katrol tetap yang bernilai 1 berarti alat tersebut memang tidak

mengurangi besar gaya beban secara matematis (gaya yang dikeluarkan tetap sama dengan berat benda), namun alat tersebut sangat membantu dan meringankan beban kerja manusia karena mampu mengubah arah gaya dorong/tarik dari yang semula harus menarik ke atas (melawan gravitasi bumi) menjadi menarik ke arah bawah (searah dengan gravitasi bumi) memanfaatkan berat badan pekerja itu sendiri. Pengalaman intelektual menemukan sendiri hakikat konsep mendalam ini membuat struktur kognitif siswa terbentuk dengan kokoh dan tersimpan dengan baik dalam memori jangka panjang (*long-term memory*), yang berimplikasi pada ketahanan pemahaman konsep saat dievaluasi (Suparno, 2018; Nadiadi & Lestari, 2023).

Dari dimensi afektif dan pengelolaan kelas, pemanfaatan inovasi teknologi berupa *Quizizz Paper Mode* memberikan dampak gamifikasi yang masif dalam menciptakan ekosistem pembelajaran yang menggembirakan (*joyful learning*). Penggunaan kartu kode respons berbentuk barcode kertas (*paper mode*) oleh siswa terbukti ampuh mengeliminasi hambatan psikologis, kecemasan, dan ketegangan (*test anxiety*) yang biasanya menghinggapi mental siswa saat dihadapkan pada tes formatif berbasis lembaran kertas konvensional. Ketidadaan keharusan bagi siswa untuk membawa atau mengoperasikan gawai/smartphone individu di dalam kelas membuat fokus perhatian siswa sepenuhnya tercurah pada substansi esensi pertanyaan interaktif yang ditampilkan secara dinamis di layar proyektor depan kelas (Handayani & Purnomo, 2023) serta Pratiwi, 2024).

Atmosfer kompetisi yang sehat, menantang, dan menyenangkan berbasis permainan digital interaktif ini sukses mendongkrak motivasi dan antusiasme belajar siswa hingga menyentuh angka 96,8%. Aspek gamifikasi ini berhasil mengubah momok penilaian fisika yang awalnya menakutkan

menjadi sebuah aktivitas permainan tebak kode yang ditunggu-tunggu oleh siswa di akhir sesi pembelajaran. Dengan demikian, kombinasi desain masalah kontekstual model PBL yang menantang dan teknik asesmen formatif interaktif Quizizz terbukti secara ilmiah mampu mengonstruksi pemahaman konsep fisika yang komprehensif, utuh, menyenangkan, serta berpusat sepenuhnya pada kebutuhan perkembangan peserta didik abad ke-21

SIMPULAN

Inovasi pembelajaran bertajuk "Misi Engineer Cilik" melalui penerapan model pembelajaran *Problem-Based Learning* (PBL) berbasis inkuiri kolaboratif terbukti secara empiris efektif mentransformasi kualitas, aktivitas, dan hasil pembelajaran IPA pada materi pokok pesawat sederhana di kelas VIII E SMP Negeri 3 Tanjung. Pola pembelajaran konvensional yang awalnya bersifat pasif dan berpusat pada guru (*teacher-centered*) berhasil diubah secara total menjadi sebuah pengalaman pembelajaran mendalam (*deep learning*) yang bernuansa aktif, interaktif, bermakna, serta kontekstual. Perbaikan proses tindakan intervensi dari Siklus I ke Siklus II yang memadukan aktivitas pembuatan sketsa teknik fungsional dengan pembuktian kalkulasi matematis terbukti sukses memicu lahirnya *aha moment* kognitif sekaligus membedah miskonsepsi mendasar yang selama ini dialami oleh siswa pada konsep mekanika katrol tetap.

Selain keberhasilan pada aspek konstruksi konsep, implementasi evaluasi formatif menggunakan teknologi *Quizizz Paper Mode* memberikan kontribusi yang sangat signifikan dalam menciptakan iklim belajar kelas yang kompetitif namun tetap menggembirakan bagi psikologis anak. Media evaluasi ini terbukti praktis dan inklusif karena mampu menghadirkan keunggulan asesmen digital digital tanpa harus membebani siswa

dengan kepemilikan gawai pribadi. Efektivitas menyeluruh dari integrasi model dan media pembelajaran ini dibuktikan secara kuantitatif melalui adanya lonjakan rata-rata hasil belajar kognitif siswa secara klasikal yang sangat signifikan, bergerak naik dari kondisi awal prasiklus sebesar 45%, mengalami fluktuasi transisional di Siklus I sebesar 47%, dan akhirnya melonjak tajam hingga mencapai angka 78% pada akhir pelaksanaan Siklus II.

Berdasarkan temuan-temuan krusial yang diperoleh sepanjang penelitian tindakan kelas ini, beberapa saran strategis diajukan oleh peneliti demi peningkatan mutu pedagogis secara berkelanjutan. Bagi rekan sejawat sesama pendidik IPA, diharapkan dapat menerapkan model PBL berbasis masalah kontekstual lokal secara konsisten dalam mentransfer ilmu fisika, agar peserta didik mampu menangkap relevansi fungsional sains dalam kehidupan praktis mereka sehari-hari dan tidak lagi terjebak pada budaya hafalan rumus matematis tanpa makna. Bagi pihak manajemen sekolah SMP Negeri 3 Tanjung, disarankan untuk dapat mendukung ketersediaan media pembelajaran, kit sains, serta alat peraga mekanika pesawat sederhana yang lebih bervariasi dan modern guna mengoptimalkan ruang inkuiri kelompok siswa di laboratorium maupun kelas. Sementara itu, bagi peneliti selanjutnya yang tertarik pada bidang pengembangan pembelajaran sains, disarankan untuk menguji cobakan efektivitas integrasi model inkuiri kolaboratif ini pada materi-materi fisis lain yang memiliki tingkat keabstrakan tinggi bagi siswa (seperti listrik statis atau gelombang elektromagnetik) dengan mengintegrasikan teknologi evaluasi interaktif yang lebih adaptif dan personal.

DAFTAR PUSTAKA

Darmayanti, S. (2021). *Joyful Learning: Strategi Menciptakan Pembelajaran yang*

Menyenangkan. Jurnal Pendidikan Dasar, 9(2), 115-124.

Ditjen GTK Kemendikbudristek. (2024). *Modul Pembelajaran Mendalam (Deep Learning): Bermakna, Berkesadaran, dan Menggembirakan*. Jakarta: Kemendikbudristek.

Fauzia, H. A. (2020). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 4(1), 130-141.

Handayani, S., & Purnomo, A. (2023). Pemanfaatan Fitur Quizizz Paper Mode sebagai Instrumen Evaluasi Formatif Inklusif tanpa Ketergantungan Gawai. *Jurnal Teknologi Pendidikan Digital*, 2(3), 145-154.

Hidayah, N., dkk. (2020). Analisis Kesulitan Belajar Siswa pada Materi Pesawat Sederhana. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(1), 45-53.

Khasanah, U., & Wardani, S. (2022). Model Inkuiri Kolaboratif untuk Meningkatkan Keterampilan Sosial dan Hasil Belajar Kognitif Siswa SMP pada Materi Fisika. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 8(2), 210-221.

Nadiadi, N., & Lestari, P. (2023). Rekonstruksi Miskonsepsi Konsep Pesawat Sederhana Menggunakan Alat Peraga Mekanika dan Eksperimen Terbimbing. *Jurnal Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 11(1), 56-67.

- Nugraha, A. (2019). Model Inkuiri Kolaboratif dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Inovasi Pendidikan, 11*(3), 201-212.
- Pratiwi, I. A., & Kusuma, W. (2024). Implementasi Gamifikasi Pembelajaran melalui Media Digital untuk Mengurangi Kecemasan Tes (Test Anxiety) pada Peserta Didik. *Jurnal Psikologi dan Pendidikan, 15*(2), 112-125.
- Sanjaya, W. (2020). *Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Jakarta: Kencana.
- Sudarman, S. (2019). Problem Based Learning: Suatu Model Pembelajaran untuk Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis. *Jurnal Pendidikan Inovatif, 14*(1), 22-31.
- Suparno, P. (2018). *Miskonsepsi dan Perubahan Konsep dalam Pendidikan Fisika*. Yogyakarta: Grasindo.
- Utami, R. D., & Setiawan, B. (2025). Transformasi Pembelajaran Mendalam (Deep Learning) dalam Sains Abad 21: Kajian Kebermaknaan dan Aktivitas Siswa. *Jurnal Pedagogi IPA, 6*(1), 74-85.
- Wulandari, T., & Kurniawati, D. (2022). Penerapan PjBL untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Riset Pendidikan IPA, 8*(2), 89-98.