

PENINGKATAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA KELAS IV MELALUI INOVASI PEMBELAJARAN STEM BERBASIS PROYEK ROKET AIR PADA MATERI GAYA DAN GERAK

Isna Amaliya
SD Negeri Mangunjiwan 1 Demak
isna.amaliya@gmail.com

ABSTRACT

This study aimed to describe the implementation of STEM learning through a water rocket project and analyze its impact on improving critical thinking skills and learning outcomes of fourth-grade students at SDN Mangunjiwan 1 Demak on the topic of force and motion. The study was designed as a best practice report based on Classroom Action Research (CAR) using a descriptive-analytical approach. The research subjects consisted of 15 fourth-grade students, including 9 boys and 6 girls. The learning process was carried out through six stages of Project Based Learning (PjBL)-STEM, namely essential questions, project planning, scheduling, project monitoring, outcome assessment, and experience evaluation. Data were collected through observation, HOTS-based formative tests, and documentation. The results showed that the implementation of the water rocket project improved students' critical thinking skills from an average of 48.33% in cycle I to 80.67% in cycle II. In addition, students' learning outcomes increased, with the class average score rising from 64.44 to 80.89 and classical mastery improving from 40% to 73.33%. STEM learning through the water rocket project proved effective in creating active, contextual, and meaningful learning experiences, thereby enhancing students' critical thinking skills and learning outcomes in force and motion material.

Keywords: STEM, Project Based Learning, critical thinking, water rocket

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan implementasi pembelajaran STEM berbasis proyek roket air serta menganalisis dampaknya terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar siswa kelas IV SDN Mangunjiwan 1 Demak pada materi gaya dan gerak. Penelitian disusun dalam bentuk best practice yang mengacu pada hasil Penelitian Tindakan Kelas (PTK) dengan pendekatan deskriptif-analitis. Subjek penelitian berjumlah 15 siswa kelas IV yang terdiri atas 9 siswa laki-laki dan 6 siswa perempuan. Pembelajaran dilaksanakan melalui enam tahapan Project Based Learning (PjBL)-STEM, yaitu pertanyaan mendasar, perencanaan proyek, penyusunan jadwal, monitoring proyek, pengujian hasil, dan evaluasi pengalaman. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, tes formatif berbasis HOTS, dan dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan proyek roket air mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dari rata-rata 48,33% pada siklus I menjadi 80,67% pada siklus II. Selain itu, hasil belajar siswa juga meningkat dengan rata-rata nilai kelas dari 64,44 menjadi 80,89 dan ketuntasan klasikal dari 40% menjadi 73,33%. Pembelajaran STEM berbasis proyek roket air terbukti efektif menciptakan pembelajaran yang aktif, kontekstual,

dan bermakna sehingga mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis serta hasil belajar siswa pada materi gaya dan gerak.

Kata Kunci: STEM, Project Based Learning, berpikir kritis, roket air

A. Pendahuluan

Implementasi Kurikulum Merdeka di tingkat sekolah dasar (Fase B) membawa pergeseran paradigma pembelajaran IPAS, dari sekadar penguasaan konten menuju penguatan literasi sains dan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills*). Salah satu kompetensi inti yang harus dimiliki siswa adalah kemampuan berpikir kritis, yang mencakup kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan menarik kesimpulan berdasarkan fenomena empiris (Rahman & Fuad, 2023). Kemampuan ini menjadi pondasi bagi siswa untuk memahami dunia secara sistematis dan objektif.

Namun, tantangan besar muncul pada pengajaran materi gaya dan gerak yang sering kali dipahami secara parsial oleh siswa. Penelitian dari Nasution, dkk (2021) menunjukkan bahwa miskonsepsi pada materi ini masih berada pada kategori sedang yaitu 54,29%, dengan angka kesalahan pemahaman pada pengaruh gaya terhadap benda

mencapai 43,53%. Tingginya angka miskonsepsi ini umumnya dipicu oleh keterbatasan media pembelajaran dan penggunaan metode ceramah yang dominan selama proses pembelajaran, sehingga siswa terjebak pada pemahaman teoretis yang keliru tanpa dukungan pengalaman langsung yang bermakna.

Kesenjangan antara konsep teoretis dengan pemahaman siswa tersebut sejalan dengan hasil penelitian Nurhadiyati, dkk (2020) yang mengungkapkan bahwa siswa sering mengalami kesulitan dalam memahami materi gaya dan gerak ketika pembelajaran tidak disertai contoh yang konkret dan kontekstual. Minimnya penggunaan media pembelajaran membuat siswa kesulitan membayangkan fenomena abstrak, seperti gaya dorong pada benda jatuh maupun perubahan bentuk benda akibat pengaruh gaya. Salah satu solusi yang dinilai efektif adalah penerapan pembelajaran berbasis aktivitas melalui *Project-Based Learning* (PjBL), yang terbukti

mampu meningkatkan keterlibatan serta pemahaman siswa hingga 92%. Hal ini terjadi karena siswa memperoleh kesempatan untuk menerapkan secara langsung konsep ilmiah dalam kehidupan sehari-hari. Temuan tersebut semakin menegaskan pentingnya penggunaan inovasi pembelajaran yang interaktif dan kontekstual untuk membantu mengatasi kesulitan belajar siswa pada materi gaya dan gerak.

Kondisi serupa juga ditemukan di SD Negeri Mangunjiwan 1 Demak. Berdasarkan hasil observasi awal, partisipasi aktif siswa dalam pembelajaran masih tergolong rendah karena siswa lebih banyak berperan sebagai penerima instruksi secara pasif dibandingkan sebagai individu yang menemukan solusi secara mandiri. Dampak dari kondisi tersebut terlihat pada hasil belajar kognitif materi gaya dan gerak yang baru mencapai rata-rata klasikal 64,67 dengan persentase ketuntasan sebesar 46,67%. Rendahnya hasil belajar tersebut dipengaruhi oleh proses pembelajaran yang belum melibatkan pengalaman langsung, sehingga siswa mengalami kesulitan dalam mengaitkan konsep gaya

dengan fenomena yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari.

Untuk mengatasi kendala tersebut, diperlukan pendekatan pedagogis yang tidak hanya menyajikan contoh nyata, tetapi juga mampu mendorong kemampuan berpikir kritis siswa melalui kegiatan pemecahan masalah. Pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) muncul sebagai solusi inovatif yang menekankan integrasi antar disiplin ilmu melalui aktivitas desain dan rekayasa (Made et al., 2024). Meskipun penelitian mengenai *Project-Based Learning* (PjBL) telah banyak dilakukan, integrasi komponen *Engineering* (rekayasa) dalam materi gaya dan gerak di tingkat sekolah dasar melalui media roket air masih memerlukan eksplorasi lebih lanjut, terutama dalam mengamati bagaimana proses modifikasi desain dapat mentransformasi cara berpikir siswa (Diana et al., 2021).

Proyek roket air dipilih sebagai bentuk inovasi pembelajaran karena memiliki karakteristik yang mendorong penerapan proses rekayasa (*engineering design process*) (Maulana, 2020). Melalui kegiatan ini, siswa tidak hanya mengamati

fenomena secara pasif, tetapi juga terlibat aktif dalam mengidentifikasi kendala, menganalisis penyebab kegagalan peluncuran, serta melakukan perbaikan desain secara mandiri. Selain itu, proyek roket air memungkinkan siswa mengamati secara langsung pengaruh berbagai gaya, seperti gaya dorong dari udara dan air, gaya gravitasi, serta gaya gesek udara terhadap gerak benda secara konkret. Proses mencoba, mengalami kegagalan, kemudian memperbaiki kembali desain roket menjadi pengalaman belajar yang penting dalam melatih kemampuan berpikir kritis siswa. Dengan demikian, pembelajaran diharapkan mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih mendalam (*deep learning*), interaktif, dan bermakna sesuai dengan prinsip Kurikulum Merdeka.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan implementasi pembelajaran STEM berbasis proyek roket air dan menganalisis dampaknya terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa kelas IV di SDN Mangunjiwan 1 Demak dalam memecahkan masalah terkait fenomena gaya dan gerak.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan laporan praktik baik (best practice) yang disusun berdasarkan hasil refleksi dan evaluasi pelaksanaan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) mengenai penerapan pembelajaran STEM berbasis proyek Roket Air pada materi gaya dan gerak di SD Negeri Mangunjiwan 1 Demak. Pendekatan penelitian menggunakan deskriptif-analitis untuk mendeskripsikan implementasi pembelajaran sekaligus menganalisis dampaknya terhadap kemampuan berpikir kritis siswa secara kualitatif dan kuantitatif. Subjek penelitian terdiri atas 15 siswa kelas IV, meliputi 9 siswa laki-laki dan 6 siswa perempuan pada semester ganjil Tahun Ajaran 2024/2025. Pemilihan subjek didasarkan pada karakteristik siswa Fase B yang membutuhkan pengalaman belajar konkret dan kontekstual melalui pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi gaya dan gerak. Prosedur pembelajaran mengacu pada sintaks Project Based Learning (PjBL)-STEM dari The George Lucas Educational Foundation yang terdiri atas enam tahapan, yaitu pertanyaan mendasar, perencanaan proyek,

penyusunan jadwal, monitoring proyek, pengujian hasil, dan evaluasi pengalaman (BSKAP, 2025). Pada tahap implementasi, siswa merancang, merakit, menguji, serta mengevaluasi roket air melalui kegiatan kolaboratif yang mengintegrasikan unsur science, technology, engineering, dan mathematics. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, tes formatif berbasis Higher Order Thinking Skills (HOTS), dan dokumentasi foto maupun video. Observasi menggunakan indikator berpikir kritis adaptasi Ennis dan Facione dalam konteks Engineering Design Process (EDP), meliputi identifikasi masalah, analisis variabel, evaluasi dan refleksi, inovasi solusi, serta pengambilan keputusan (Sapphira et al., 2023; Ure, 2012). Analisis data dilakukan secara deskriptif-analitis melalui analisis kualitatif, analisis kuantitatif terhadap rata-rata nilai dan persentase ketercapaian indikator, serta triangulasi data untuk memastikan validitas hasil penelitian. Pembelajaran diawali dengan demonstrasi sederhana mengenai gaya dorong melalui aktivitas mendorong dan menarik meja untuk

memunculkan rasa ingin tahu siswa terhadap konsep gerak benda. Selanjutnya, siswa dibagi ke dalam kelompok kecil beranggotakan tiga sampai empat orang untuk menyusun rancangan roket air, menentukan volume air, serta memprediksi pengaruh desain terhadap hasil peluncuran. Guru berperan sebagai fasilitator yang memonitor perkembangan proyek dan memberikan pertanyaan reflektif guna melatih kemampuan analisis sebab-akibat siswa. Setelah proses peluncuran selesai, siswa melakukan refleksi bersama terkait kendala, keberhasilan, dan kemungkinan perbaikan desain roket sebagai bagian dari penguatan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah kontekstual. Kegiatan tersebut mendukung terciptanya pembelajaran aktif, kolaboratif, bermakna, dan berorientasi pengalaman langsung.

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan **Hasil *Best Practice***

Berdasarkan pelaksanaan inovasi pembelajaran STEM melalui proyek roket air, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Implementasi Pembelajaran STEM Berbasis Proyek Roket Air

Implementasi pembelajaran STEM berbasis proyek roket air telah mengubah dinamika kelas IV SDN Mangunjiwan 1 menjadi laboratorium sains yang aktif. Implementasi dilaksanakan melalui 6 sintaks *Project Based Learning* (PjBL) yang diintegrasikan dengan komponen STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*).

a. Keterlaksanaan Sintaks Pembelajaran

Implementasi pembelajaran menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM terlaksana secara penuh. Keberhasilan sintaks ini terlihat dari kemampuan siswa dalam menghadapi hambatan teknis dan mengubahnya menjadi proses belajar yang bermakna. Berikut adalah uraian keterlaksanaan sintaks berdasarkan dinamika yang terjadi di lapangan.

Pada tahap *Research & Design* di siklus 1, siswa telah merancang roket lengkap dengan sayapnya. Namun, pada tahap peluncuran (*Build & Test*), muncul kendala praktis yaitu siswa kesulitan memegang tubuh roket saat akan dilepaskan secara manual (tanpa *launcher* otomatis).

Tindakan yang dilakukan oleh siswa sebagai solusi instan yaitu dengan melepas sayap roket agar tangan memiliki ruang genggam yang cukup. Hasilnya siswa memahami pengaruh gaya terhadap gerak secara sederhana, namun mendapati bahwa roket tanpa sayap terbang tidak stabil (oleng). Di sini, siswa mulai bertanya-tanya mengenai fungsi asli sayap tersebut.

Pada siklus 2 yaitu tahap *Engineering Redesign* (Rekayasa Ulang), siswa melakukan refleksi atas kegagalan stabilitas di siklus 1, tahap *Reflect & Redesign* di siklus 2 menjadi sangat bermakna. Siswa ditantang untuk tetap menggunakan sayap namun tetap nyaman saat memegang roket. Tindakan yang dilakukan oleh siswa yaitu dengan melakukan eksperimen posisi tangan dan memodifikasi letak serta bentuk sayap. Siswa berhasil menemukan posisi ergonomis (letak tangan yang pas di antara sayap dengan menggunakan 3 sayap pada roket) sehingga roket dapat dilepaskan dengan kuat tanpa terhalang sayap. Hasilnya performa roket meningkat secara luar biasa. Siswa mendapatkan pengalaman empiris mengenai perbedaan signifikan antara

roket tanpa sayap dan roket dengan sayap terhadap stabilitas dan jarak luncur.

Aktivitas siswa pada siklus 1 dan siklus 2 dalam implementasi pembelajaran STEM berbasis proyek roket air disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Perbandingan Keterlaksanaan Sintaks Proyek

No	Sintaks PjBL-STEM	Pelaksanaan pada Siklus 1	Pelaksanaan pada Siklus 2 (Perbaikan)
1	Pertanyaan Mendasar (<i>Start with the Essential Question</i>)	Guru memberikan pertanyaan pemantik tentang gaya dorong pada roket. Siswa hanya fokus pada cara agar roket bisa meluncur.	Guru memfokuskan pertanyaan pada stabilitas dan kegagalan. "Mengapa roket sebelumnya oleng dan bagaimana agar terbang lurus?"
2	Mendesain Perencanaan Produk (<i>Design a Plan for the Project</i>)	Siswa merancang roket dengan sayap standar. Fokus utama hanya pada perakitan agar roket "jadi".	<i>Engineering Redesign.</i> Siswa merancang ulang letak sayap agar ergonomis (memberi celah untuk jari) namun tetap aerodinamis.
3	Menyusun Jadwal (<i>Create a Schedule</i>)	Jadwal disusun kaku, siswa terburu-buru menyelesaikan proyek tanpa melakukan pengecekan kualitas perakitan.	Jadwal disusun dengan alokasi waktu khusus untuk uji coba dan modifikasi. Siswa lebih teliti dalam setiap langkah perakitan.
4	Memonitor Peserta Didik dan Kemajuan Proyek (<i>Monitor the Students and the Progress of the Project</i>)	Guru memantau aktivitas. Ditemukan kendala: siswa kesulitan memegang roket bersayap, sehingga siswa melepas sayap tersebut.	Guru membimbing siswa mengatasi kendala teknis. Siswa memantau kestabilan sayap dan memastikan posisi sayap simetris agar tidak menghambat tangan.
5	Menguji Hasil (<i>Assess the Outcome</i>)	Roket diluncurkan tanpa sayap. Hasilnya roket terbang tinggi namun tidak stabil (berputar/oleng) karena kehilangan penyeimbang udara.	Roket diluncurkan dengan sayap lengkap dan posisi tangan yang pas. Hasilnya lintasan roket stabil, lurus, dan jarak tempuh lebih maksimal.
6	Mengevaluasi Pengalaman (<i>Evaluate the Experience</i>)	Evaluasi bersifat teknis dasar. Siswa hanya menyimpulkan bahwa memompa udara membutuhkan tenaga yang kuat.	Evaluasi bersifat saintifik & kritis. Siswa menyimpulkan hubungan antara fungsi sayap, hambatan udara, dan pentingnya desain yang ergonomis.

Perubahan perilaku siswa dari Siklus 1 ke Siklus 2 menunjukkan peningkatan kemampuan bernalar kritis. Siswa tidak lagi hanya sekadar "membuat produk", tetapi melakukan evaluasi mendalam terhadap

kegagalan. Penemuan posisi tangan yang pas untuk memegang roket bersayap adalah bukti nyata keberhasilan indikator *Engineering dan Problem Solving* dalam pembelajaran STEM ini.

b. Integrasi Komponen STEM dalam Pembelajaran

Implementasi pembelajaran STEM berhasil mengintegrasikan empat komponen utama dalam proyek roket air untuk membantu siswa memahami konsep gaya secara konkret. Pada aspek science, siswa menganalisis gaya tekan udara, gaya dorong air, dan gaya gesek udara serta memahami pengaruh bentuk roket terhadap arah dan stabilitas gerak. Pada aspek technology, siswa memanfaatkan pompa ban dan peluncur manual sebagai teknologi sederhana untuk mengubah energi potensial udara menjadi energi kinetik. Pada aspek engineering, siswa melakukan redesign desain sayap roket untuk mengatasi kesulitan memegang roket agar tetap ergonomis dan stabil secara aerodinamis. Sementara pada aspek mathematics, siswa mengukur volume air dengan perbandingan tertentu seperti $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, dan $\frac{3}{4}$ botol untuk menentukan rasio terbaik antara massa air dan ruang udara guna menghasilkan gaya dorong maksimal serta mengukur jarak tempuh roket.

c. Analisis Keterlaksanaan Prosedur

Secara keseluruhan, prosedur implementasi telah mengubah dinamika kelas menjadi laboratorium sains yang aktif. Keberhasilan prosedur ini ditandai dengan kemampuan adaptasi siswa; siswa tidak lagi terpaku pada kegagalan teknis, melainkan melakukan *self-correction* terhadap desain produk mereka. Penemuan posisi tangan yang pas di antara sayap roket pada Siklus 2 menjadi bukti kuat bahwa prosedur pembelajaran berbasis STEM telah berhasil memfasilitasi kemampuan *problem solving* siswa kelas IV SDN Mangunjiwan 1.

2. Dampak Penerapan Model PjBL-STEM Melalui Proyek Roket Air terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

Analisis dampak penerapan STEM terhadap kemampuan berpikir kritis, didasarkan pada perbandingan data observasi aktivitas siswa selama kegiatan pembelajaran serta hasil belajar siswa pada siklus 1 dan siklus 2.

Berdasarkan data observasi yang dilakukan selama proses pembelajaran proyek roket air,

kemampuan berpikir kritis siswa mengalami peningkatan yang signifikan secara klasikal. Hal ini dibuktikan dengan kenaikan rata-rata skor dari 48,33% pada siklus 1

menjadi 80,67% pada siklus 2. Perincian perkembangan setiap indikator disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 2 Persentase Kemampuan Berpikir Kritis

No	Indikator Berpikir Kritis	Siklus 1 (%)	Siklus 2 (%)	Peningkatan (%)
1	Identifikasi Masalah (Gaya Dorong)	46,67	91,67	45,00
2	Analisis Variabel (Desain & Arah)	51,67	81,67	30,00
3	Evaluasi & Rekayasa (Analisis Kesalahan)	53,33	76,67	23,34
4	Inovasi & Solusi (Redesign)	43,33	78,33	35,00
5	Pengambilan Keputusan (Justifikasi)	46,67	75,00	28,33
Rata-rata Skor Klasikal		48,33	80,67	32,34

Analisis hasil kemampuan berpikir kritis pada masing-masing indikator sebagai berikut.

1) Identifikasi Masalah (Gaya Dorong). Indikator ini mencatat kenaikan tertinggi sebesar 45,00%. Siswa tidak lagi sekadar mengisi air ke dalam botol secara acak. Mereka mulai mampu menganalisis secara tepat bahwa volume air $\frac{1}{3}$ botol memberikan ruang udara yang cukup untuk dimampatkan, sehingga menghasilkan gaya dorong yang jauh lebih besar dibandingkan botol dengan $\frac{3}{4}$ air. Kemampuan siswa menghubungkan variabel massa air dengan kekuatan

luncuran menunjukkan kematangan berpikir kritis.

2) Analisis Variabel (Desain dan Arah). Kemampuan memprediksi dampak perubahan desain meningkat sebesar 30,00%. Pada siklus 1, siswa menganggap sirip hanyalah hiasan atau aksesoris tambahan, sehingga mereka tidak ragu untuk melepasnya saat merasa kesulitan memegang botol. Namun, pada siklus 2, siswa mulai memahami variabel sirip sebagai kendali aerodinamika yang berfungsi menjaga stabilitas arah (pusat tekanan). Hal ini dibuktikan dengan ketelitian siswa dalam memastikan posisi sirip simetris

agar hambatan udara seimbang, sehingga roket tidak oleng atau berputar saat meluncur. Peningkatan ini menunjukkan siswa mampu menganalisis hubungan desain fisik terhadap kontrol gerak benda secara saintifik.

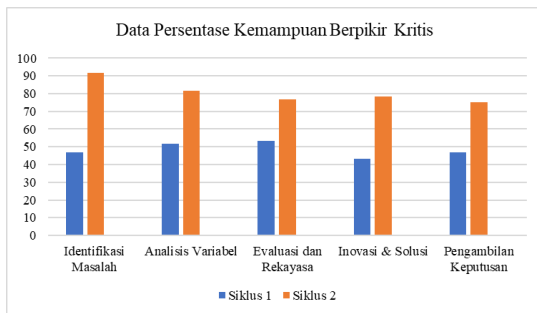
3) Evaluasi & Rekayasa (Analisis Kesalahan). Indikator ini meningkat sebesar 23,34%. Pada siklus 1, siswa cenderung bingung saat roket gagal terbang stabil, namun di siklus 2 mereka mampu memberikan penjelasan ilmiah bahwa kegagalan tersebut disebabkan oleh ketiadaan sirip sebagai penyeimbang gaya gesek udara. Siswa menunjukkan kemampuan evaluasi tinggi dengan tidak lagi membuang sirip, melainkan merancang solusi kreatif melalui penyesuaian posisi tangan agar tetap mampu memegang roket tanpa mengganggu fungsi desain. Kemampuan ini membuktikan siswa telah mampu melakukan refleksi kritis berbasis data kegagalan untuk menciptakan perbaikan yang solutif.

4) Inovasi & Solusi (Redesign): Terjadi peningkatan sebesar

35,00% pada kemampuan inovasi. Pada Siklus 2, siswa berhasil merancang ulang (*redesign*) letak sayap dan menemukan posisi ergonomis bagi tangan mereka. Skor 78,33% pada indikator ini membuktikan bahwa pendekatan STEM efektif memicu siswa untuk melahirkan solusi kreatif atas kendala teknis yang dihadapi di lapangan.

5) Pengambilan Keputusan (Justifikasi): Kemampuan siswa dalam memberikan alasan yang logis atas pilihannya meningkat menjadi 75,00%. Siswa tidak lagi sekadar menebak, tetapi mampu memberikan penjelasan mengapa penggunaan tiga sayap dan volume air sepertiga botol merupakan keputusan terbaik untuk mencapai jarak luncur maksimal.

Peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran STEM berbasis proyek roket air, dapat terlihat dalam diagram batang berikut:



Secara umum, peningkatan rata-rata kemampuan berpikir kritis sebesar 32,34% menunjukkan bahwa pembelajaran STEM berbasis proyek roket air memberikan pengaruh positif terhadap proses pembelajaran. Dampak utama yang diperoleh tidak hanya terlihat pada hasil produk berupa roket yang lebih stabil, tetapi juga pada perubahan pola pikir siswa. Siswa mengalami perkembangan dari kemampuan berpikir yang bersifat rutin menuju kemampuan berpikir kritis dan berorientasi pada pemecahan masalah, sehingga mereka mampu mengintegrasikan konsep sains dengan rekayasa teknologi dalam menyelesaikan permasalahan secara kontekstual.

3. Dampak Penerapan Model PjBL-STEM Melalui Proyek Roket Air terhadap Peningkatan Hasil Belajar Siswa

Penerapan pembelajaran STEM berbasis proyek roket air memberikan dampak positif secara langsung terhadap peningkatan hasil belajar

kognitif siswa pada materi Gaya dan Gerak. Perbandingan hasil tes formatif pada siklus I dan siklus II dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3 Perbandingan Hasil Belajar Siklus 1 dan Siklus 2

Variabel Penilaian	Siklus 1	Siklus 2
Nilai Rata-rata Kelas	64,44	80,89
Nilai Terendah	40	60
Nilai Tertinggi	93,33	96,67
Persentase Ketuntasan	40%	73,33%

Analisis terhadap hasil belajar menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran STEM melalui proyek roket air memberikan dampak positif yang signifikan terhadap capaian kognitif siswa kelas IV di SDN Mangunjiwan 1. Pada siklus 1, pemahaman siswa masih berada pada tahap transformasi awal dengan rata-rata nilai 64,44 dan ketuntasan klasikal hanya 40%. Rendahnya capaian ini disebabkan oleh pola belajar yang masih bersifat *trial and error*, dimana siswa belum mampu mengaitkan teori dengan praktik, seperti keputusan melepas sayap roket yang justru menghambat pemahaman mereka terhadap konsep kestabilan gerak (soal HOTS). Namun, setelah dilakukan tindakan perbaikan melalui *Engineering Redesign* pada Siklus 2, nilai rata-rata

kelas melonjak menjadi 80,89 dengan tingkat ketuntasan mencapai 73,33%. Keberhasilan siswa dalam menemukan posisi ergonomis serta memahami fungsi sirip secara empiris membuktikan bahwa mereka tidak lagi sekadar menghafal definisi gaya, melainkan telah memahami mekanisme gaya tekan, gaya dorong, dan gaya gesek secara fungsional.

Secara keseluruhan, peningkatan ketuntasan klasikal sebesar 33,33% ini mempertegas adanya korelasi kuat antara peningkatan kemampuan berpikir kritis dengan terciptanya pembelajaran yang bermakna. Dampak yang paling nyata terlihat ketika siswa diberikan ruang untuk mengevaluasi kesalahan dan melakukan inovasi, seperti menambah beban pada moncong roket atau merekayasa posisi sayap. Proses inilah yang membuat pengetahuan menetap lebih kuat dalam memori jangka panjang siswa dibandingkan metode ceramah searah. Sebagai kesimpulan, implementasi PjBL-STEM melalui proyek roket air telah berhasil melampaui indikator keberhasilan yang ditetapkan. Peningkatan kemampuan berpikir kritis secara

otomatis mengangkat hasil belajar kognitif siswa, sekaligus mentransformasi dinamika kelas dari pasif menjadi lingkungan belajar yang aktif, solutif, dan berorientasi pada data lapangan.

Pembahasan

Pembahasan didasarkan pada hasil observasi dan refleksi pada setiap siklusnya.

1. Penerapan Model PjBL-STEM Melalui Proyek Roket Air

Implementasi pembelajaran berbasis STEM melalui proyek roket air pada siswa kelas IV SDN Mangunjiwan 1 Demak dilaksanakan melalui enam tahapan *Project Based Learning* (PjBL)-STEM, yaitu penentuan pertanyaan mendasar, perencanaan proyek, penyusunan jadwal, pelaksanaan dan monitoring proyek, pengujian hasil, serta evaluasi dan *redesign* proyek. Seluruh tahapan tersebut dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang aktif, kontekstual, dan berpusat pada siswa dalam memahami materi gaya dan gerak. Pembelajaran STEM menekankan integrasi antara sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam menyelesaikan permasalahan nyata sehingga siswa dapat

membangun pemahaman konsep secara lebih bermakna (Mulvidatin et al., 2024)

Keberhasilan implementasi pembelajaran terlihat dari perubahan proses belajar yang semula bersifat tekstual menjadi pembelajaran berbasis rekayasa (*engineering*). Pada siklus I, siswa masih mengalami hambatan teknis ketika memegang roket bersayap sehingga performa roket kurang optimal. Sebagian siswa memilih solusi praktis dengan melepas sayap roket agar lebih mudah dipegang. Namun, dalam perspektif STEM, kondisi tersebut menjadi bagian penting dari proses belajar karena kegagalan dimanfaatkan sebagai sarana untuk menemukan solusi yang lebih efektif. Hal ini sejalan dengan pendapat (Ansya, 2023) bahwa model PjBL memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar melalui pengalaman langsung, investigasi, dan pemecahan masalah secara kolaboratif.

Pada tahap evaluasi dan *redesign* di siklus II, kemampuan literasi sains dan pemecahan masalah siswa mulai berkembang secara nyata. Siswa menemukan posisi tangan yang lebih ergonomis di sela-

sela sayap tanpa harus menghilangkan fungsi aerodinamika roket. Penemuan tersebut tidak terjadi secara kebetulan, melainkan melalui proses berpikir kritis, pengamatan, dan percobaan berulang. Siswa memahami bahwa teknologi yang dirancang harus mempertimbangkan kenyamanan pengguna tanpa mengurangi fungsi utama roket. Temuan ini menunjukkan bahwa materi gaya dan gerak lebih efektif dipahami ketika siswa terlibat secara langsung dalam memecahkan masalah nyata melalui kegiatan praktik dan eksperimen.

2. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa dari 48,33% pada siklus I menjadi 80,67% pada siklus II. Peningkatan tersebut membuktikan bahwa pembelajaran STEM berbasis proyek roket air mampu menstimulasi kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*). Peningkatan tertinggi terjadi pada indikator identifikasi masalah dengan persentase sebesar 45%, yang menunjukkan bahwa siswa mulai

memiliki kepekaan dalam mengenali variabel-variabel sains yang memengaruhi keberhasilan peluncuran roket.

Melalui kegiatan proyek, siswa tidak lagi memandang kegagalan sebagai hasil akhir, melainkan sebagai sumber informasi untuk melakukan perbaikan. Kemampuan siswa dalam menambahkan beban pada bagian *nose cone* serta mengatur kemiringan sayap roket menunjukkan bahwa mereka telah mampu melakukan inovasi sederhana berdasarkan hasil pengamatan dan analisis. Kondisi tersebut sejalan dengan penelitian (Topsakal et al., 2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran STEM berbasis proyek efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah siswa.

Selain itu, proses pembelajaran yang menuntut siswa untuk mencari penyebab roket oleng dan menemukan solusi yang tepat telah mendorong siswa melakukan analisis mendalam terhadap suatu permasalahan. Hal ini sesuai dengan indikator berpikir kritis menurut Facione dalam Pujiastuti et al., (2025), yaitu kemampuan mengidentifikasi

masalah, menganalisis informasi, mengevaluasi solusi, dan menarik kesimpulan secara logis. Dengan demikian, proyek roket air tidak hanya melatih kemampuan berpikir kritis siswa, tetapi juga membangun keterampilan abad ke-21 yang meliputi *Critical Thinking*, *Collaboration*, *Communication*, dan *Creativity* (4C).

3. Peningkatan Hasil Belajar Siswa

Penerapan pembelajaran STEM berbasis proyek roket air juga memberikan dampak positif terhadap hasil belajar kognitif siswa pada materi gaya dan gerak. Hal ini terlihat dari peningkatan ketuntasan klasikal sebesar 33,33%, yang menunjukkan bahwa proses pembelajaran bermakna (*meaningful learning*) telah terjadi. Pengalaman belajar yang melibatkan praktik langsung membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak secara lebih konkret dan mudah dipahami.

Siswa yang sebelumnya mengalami kesulitan memahami konsep gaya tekan dan gaya gesek menjadi lebih memahami materi ketika mereka secara langsung merasakan tekanan dari pompa udara dan mengamati lintasan roket yang

dipengaruhi oleh bentuk serta posisi sayap. Pembelajaran tidak lagi hanya berfokus pada hafalan konsep, tetapi memberikan kesempatan kepada siswa untuk membuktikan sendiri konsep ilmiah melalui pengalaman nyata. Kondisi ini sejalan dengan teori konstruktivisme Piaget yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun melalui pengalaman belajar aktif.

Selain itu, keberhasilan 11 dari 15 siswa mencapai Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) menunjukkan bahwa pendekatan STEM mampu mengakomodasi berbagai gaya belajar siswa, baik visual, auditori, maupun kinestetik. Temuan ini didukung oleh penelitian Prajoko et al., (2023) yang menyatakan bahwa pembelajaran STEM berbasis proyek mampu meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar siswa secara signifikan. Dengan demikian, proyek roket air tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan nilai akademik siswa, tetapi juga memperkuat fondasi literasi sains serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih mendalam, aktif, dan bermakna di sekolah dasar.

D. Kesimpulan

Penerapan inovasi pembelajaran STEM berbasis proyek roket air pada materi gaya dan Gerak untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada siswa kelas IV di SDN Mangunjiwan 1, dapat ditarik simpulan sebagai berikut.

1. Implementasi pembelajaran berbasis STEM melalui proyek roket air pada siswa kelas IV SDN Mangunjiwan 1 Demak dilaksanakan melalui enam tahapan *Project Based Learning* (PjBL)-STEM, yaitu penentuan pertanyaan mendasar, perencanaan proyek, penyusunan jadwal, pelaksanaan dan monitoring proyek, pengujian hasil, serta evaluasi dan *redesign* proyek. Pembelajaran berlangsung secara aktif, kontekstual, dan berbasis rekayasa sehingga siswa terlibat langsung dalam memecahkan masalah nyata pada materi gaya dan gerak.
2. Penerapan pembelajaran STEM berbasis proyek roket air terbukti mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan rata-rata kemampuan berpikir kritis dari 48,33% pada siklus I menjadi

80,67% pada siklus II. Siswa mampu mengidentifikasi masalah, menganalisis penyebab kegagalan, mengevaluasi solusi, serta melakukan inovasi sederhana dalam memperbaiki desain roket.

3. Pembelajaran STEM berbasis proyek roket air memberikan dampak positif terhadap hasil belajar siswa pada materi gaya dan gerak. Ketuntasan klasikal meningkat sebesar 33,33%, dengan 11 dari 15 siswa berhasil mencapai KKTP. Kegiatan praktik secara langsung membantu siswa memahami konsep gaya dan gerak secara lebih konkret, mendalam, dan bermakna.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansyah, Y. A. (2023). Upaya Meningkatkan Minat dan Prestasi Belajar Siswa Kelas IV Sekolah Dasar pada Pembelajaran IPA Menggunakan Strategi PjBL (Project-Based Learning). *Jurnal Ilmu Manajemen Dan Pendidikan (JIMPIAN)*, 3(1), 43–52.
<https://doi.org/10.30872/jimpian.v3i1.2225>
- Bskap. (2025). *Panduan Pembelajaran - Stem Sains Teknologi Enjinering Matematika*.
- Diana, N., Yohannes, & Sukma, Y. (2021). The effectiveness of implementing project-based learning (PjBL) model in STEM education: A literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012146>
- Made, N., Suranti, Y., Baiq, &, & Wahyuningsih, Y. (2024). Project based Learning dengan Pendekatan STEM pada Pendidikan Sekolah Dasar. *Indonesian Journal of Elementary and Childhood Education*, 5(3), 98–104.
- Maulana. (2020). Penerapan Model Project Based Learning berbasis STEM pada Pembelajaran Fisika. *Teknodik*, 24(1), 37–48.
www.ubaya.ac.id/2014/content/articles_detail/
- Mulvidatin, O., Kurniawati, L., Artikel, S., Pedagogis, P., Stem, P., Dasar, M., Tindakan Kelas, P., & Pengajaran Korespondensi, E. (2024). Pentingnya Pengetahuan Pedagogis Umum dalam Praktik Instruksional STEM Pada Guru Matematika Dasar Agar Terciptanya Pembelajaran Bermakna Informasi Artikel A B S T R A K Kata Kunci. *EduSpirit : Jurnal Pendidikan Kolaboratif*, 1(1), 307–313.
<https://doi.org/10.57255/eduspirit.v1i1.17>
- Nasution, R. H., Wijaya, T. T., Jaya, M., Putra, A., Hermita, N., Studi, P., Guru, P., & Dasar, S. (2021). Analisis Miskonsepsi Siswa SD

- pada Materi Gaya dan Gerak. In *Journal of Natural Science and Integration* (Vol. 4, Number 1).
- Nurhadiyati, A., Rusdinal, R., & Fitria, Y. (2020). Pengaruh Model Project Based Learning (PJBL) terhadap Hasil Belajar Siswa di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(1), 327–333. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i1.684>
- Prajoko, S., Sukmawati, I., Maris, A. F., & Wulanjani, A. N. (2023). Project Based Learning (Pjbl) Model With Stem Approach On Students' Conceptual Understanding And Creativity. *Jurnal Pendidikan Ipa Indonesia*, 12(3), 401–409. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i3.42973>
- Pujiastuti, D., Dawati, A., Juandi, M., Matematika, P., Ilmu, D., & Alam, P. (n.d.). *Efektivitas Problem Based Learning terhadap Kemampuan Berpikir Kritis IPA: Meta-Analisis Studi Empiris Terbaru (2022-2025)*.
- Rahman, R., & Fuad, M. (2023). Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar Dalam Pembelajaran Ips Di Sekolah Dasar. In *Discourse: Journal Of Social Studies And Education* (Vol. 1).
- Sapphira, A. P. V., Wahyuningsih, D., & Sari, M. W. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Engineering Design Process (EDP) Berbasis Stem terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 12(3), 214. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v12i3.79316>
- Topsakal, I., Yalçın, S. A., & Çakır, Z. (2022). The Effect of Problem-based STEM Education on the Students' Critical Thinking Tendencies and Their Perceptions for Problem Solving Skills. *Science Education International*, 33(2), 136–145. <https://doi.org/10.33828/sei.v33.i2.1>
- Ure, H. (2012). *The Effect of the Engineering Design Process on the Critical Thinking Skills of High School Students*. <https://scholarsarchive.byu.edu/etd/3089>