



**ANALISIS KETERAMPILAN *ENGINEERING DESIGN PROCESS* (EDP)
MELALUI PENERAPAN LKPD BERBASIS STEM-PjBL SISWA SMA
PADA MATERI HUKUM ARCHIMEDES**

SKRIPSI

Oleh

**Naili Afkarina
210210102048**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JEMBER
2025**



**ANALISIS KETERAMPILAN *ENGINEERING DESIGN PROCESS* (EDP)
MELALUI PENERAPAN LKPD BERBASIS STEM-PjBL SISWA SMA
PADA MATERI HUKUM ARCHIMEDES**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
program studi Pendidikan Fisika*

SKRIPSI

Oleh

**Naili Afkarina
210210102048**

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Albertus Djoko Lesmono, M.Si.
Dosen Pembimbing Anggota : Lailatul Nuraini, S.Pd., M.Pd.

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JEMBER
2025**

PERSEMBAHAN

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua, Bapak Abdul Wajid dan Ibu Masturah terima kasih banyak atas untaian doa, nasihat, dukungan, motivasi, dan kasih sayang yang telah diberikan sampai detik ini;
2. Bapak/Ibu guru dan Ustad/Ustadzah mulai sejak tingkat taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi, yang telah mendidik, dan mengajarkan ilmu dengan penuh kesabaran;
3. Almamater, Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

MOTTO

“Tidak akan pulang dengan keranjang kosong, orang yang membawa keranjang harapannya kepada Allah SWT. Tetaplah istiqamah dalam kebaikan dan teruslah memperbaiki diri *cause nothing impossible for God* “
-If you help Allah, Allah will be help you-¹

¹ Kementerian Agama Republik Indonesia. (2019). Al-Qur'an dan Terjemahannya. Jakarta: Kementerian Agama RI.

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Naili Afkarina

NIM : 210210102048

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Analisis Keterampilan Engineering Design (EDP) melalui Penerapan LKPD Berbasis STEM-PjBL Siswa SMA pada Materi Hukum Archimedes*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 04 Juni 2025
Yang menyatakan,

Naili Afkarina
NIM. 210210102048

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “*Analisis Keterampilan Engineering Design (EDP) melalui Penerapan LKPD Berbasis STEM-PjBL Siswa SMA pada Materi Hukum Archimedes*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

Hari : Senin

Tanggal : 16 Juni 2025

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Drs. Albertus Djoko Lesmono, M. Si. (.....)

NIP : 196412301993021001

2. Pembimbing Anggota

Nama : Lailatul Nuraini, S. Pd., M. Pd. (.....)

NIP : 198912252023212057

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Dr. Rif’ati Dina Handayani, S. Pd., M. Si. (.....)

NIP : 198102052006042001

2. Penguji Anggota

Nama : Nila Mutia Dewi, S. Pd., M. Pfis. (.....)

NIP : 199306182022032008

ABSTRACT

Engineering Design Process (EDP) skills are one of the skills that must be possessed by students in the 21st century. Engineering is one of the components that has an important role in training students related to the skills of designing solutions to life's problems. However, the facts show that there is still minimal learning in schools that train and teach Engineering Design Process (EDP) skills that should be part of the physics learning process. The purpose of this research is to analyze Engineering Design Process (EDP) skills through the application of STEM-PjBL-based LKPD to Archimedes Law material. The research design used is a case study research design with research stages consisting of problem identification, literature search, determining research objectives, data collection, data analysis and interpretation, and finally reporting. Based on the description of the research results, it was concluded that the application of STEM-PjBL-based LKPD can be used to analyze Engineering Design Process (EDP) skills. As evidenced by the indicators of define the problem, gather pertinent information, generate multiple solution, analyze and select a solution, and test and implement the solution, the majority meet the category of good and excellent.

Keywords : Archimedes' Law, EDP, STEM-PjBL

RINGKASAN

Analisis Keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) Melalui Penerapan LKPD Berbasis STEM-PjBL Siswa SMA pada Materi Hukum Archimedes; Naili Afkarina; 210210102048; 2025; 40 halaman; Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Abad ke-21 menuntut peserta didik untuk beradaptasi dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih. Keterampilan abad ke-21 yang harus dimiliki oleh siswa di antaranya seperti berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, komunikatif, kemampuan pemecahan masalah, dan kemampuan berinovasi, serta keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) menjadi salah satu keterampilan yang harus dimiliki oleh peserta didik pada abad ke-21. Keterampilan-keterampilan tersebut di atas dapat dilatih dan diajarkan dalam proses pembelajaran di sekolah. Pembelajaran fisika merupakan salah satu disiplin ilmu yang memiliki peran penting dalam kemajuan perkembangan zaman. Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) menjadi sangat penting dalam proses pembelajaran fisika, hal ini bertujuan untuk mengembangkan keterampilan peserta didik secara lebih menyeluruh. *Engineering* menjadi salah satu komponen yang memiliki peran penting untuk melatih peserta didik terkait keterampilan merancang solusi terhadap permasalahan kehidupan. Namun, fakta menunjukkan pembelajaran di sekolah masih minim yang melatih dan mengajarkan keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) yang seharusnya menjadi bagian dalam proses pembelajaran fisika. Pembelajaran STEM yang dikombinasikan dengan model pembelajaran *Project Base Learning* (PjBL) menjadi sangat penting dalam penerapan pembelajaran fisika, khususnya dalam memahami konsep-konsep fisika seperti Hukum Archimedes. Pembelajaran STEM-PjBL menjadikan siswa tidak hanya memahami teori namun mampu mengaplikasikannya melalui proses rekayasa yang sistematis. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) melalui penerapan LKPD berbasis STEM-PjBL pada materi Hukum Archimedes.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif kualitatif. Desain penelitian yang digunakan adalah desain penelitian studi kasus dengan tahapan penelitian yang terdiri dari identifikasi masalah, penelusuran pustaka, menentukan tujuan penelitian, pengumpulan data, analisis dan interpretasi data, dan terakhir pelaporan. Penelitian ini berfokus pada keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) yang dimiliki oleh siswa. Data yang dikumpulkan dari penelitian berupa data dokumentasi, wawancara, dan observasi. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis secara interaktif dengan empat tahapan yaitu pengumpulan data, reduksi data, penyajian data dan penarikan kesimpulan. Data yang telah dianalisis kemudian diuji kredibilitasnya menggunakan triangulasi teknik.

Hasil penelitian menunjukkan keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) mayoritas memenuhi kategori baik dan sangat baik. Indikator keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) terdiri dari lima indikator yaitu: *define the*

problem, gather pertinent information, generate multiple solutions, analyze and select a solution, dan test and implement the solution. Indikator *define the problem* siswa mampu mengetahui informasi penting dalam permasalahan, mendefinisikan masalah dan menemukan solusi untuk mengatasi permasalahan. *Gather pertinent information* siswa mampu mencari sumber referensi di berbagai sumber pustaka baik media digital maupun dari pengalamannya sendiri meskipun informasi yang diperoleh belum menyeluruh. Indikator *generate multiple solution* siswa sangat mampu memberikan ide dan gagasannya dalam mengatasi permasalahan, dimulai dari usulan produk, mempertimbangkan alat dan bahan yang efektif, langkah pembuatan produk, sampai pada ukuran produk. Indikator *analyze and select a solution* siswa sudah mampu memilih solusi yang paling efektif dalam mengatasi permasalahan, mampu memilih alat dan bahan yang efisien dan praktis dengan mempertimbangkan minimnya terjadinya kecelakaan serta pertimbangan biaya juga menjadi perhatian dari siswa selama proses pembuatan produk. Indikator terakhir yaitu *test and implement the solution* siswa sudah mampu membuat *prototype* dengan ide dan gagasannya. Siswa juga mampu melakukan uji coba terhadap produk yang telah dibuat. *Prototype* yang telah dibuat oleh siswa rata-rata menunjukkan kesulitan untuk terbang dikarenakan beban balon yang terlalu berat dan pemilihan bahan bakar yang kurang tepat, sehingga dilakukan perbaikan terhadap produk dengan mengurangi beban balon dan memilih pembakar yang efisien dan efektif dengan beban yang minim. Setelah proses uji coba selesai, siswa melakukan presentasi produk di depan kelas, siswa sudah mampu mengkomunikasikan karyanya dengan baik dan benar, menggunakan bahasa Indonesia yang benar, serta melakukan tanya jawab antar kelompok.

Berdasarkan uraian hasil penelitian, didapatkan kesimpulan yaitu penerapan LKPD berbasis STEM-PjBL dapat digunakan untuk menganalisis keterampilan *Engineering Design Process* (EDP). Dibuktikan dengan indikator *define the problem, gather pertinent information, generate multiple solution, analyze and select a solution, dan test and implement the solution* mayoritas memenuhi kategori baik dan sangat baik. Kategori sangat kurang pada lima indikator EDP menunjukkan persentase rendah, hal ini menunjukkan sebagian besar keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) yang dimiliki siswa sudah baik. Penelitian ini dapat dikembangkan pada materi fisika yang berbeda dengan merencanakan pembelajaran yang lebih panjang dan bersungguh-sungguh terutama dalam tahapan pembuatan produk.

PRAKATA

Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas nikmat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Analisis Keterampilan Engineering Design Process melalui Penerapan LKDP Berbasis STEM-PjBL Siswa SMA pada Materi Hukum Archimedes*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan Pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Mohamad Na'im, M. Pd. selaku Dekan FKIP Universitas Jember yang menerbitkan surat penelitian dan mengesahkan skripsi ini;
2. Dr. Erfan Yudianto, S. Pd., M. Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA dan Dr. Rif'ati Dina Handayani, S. Pd., M. Si. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika, serta Dr. Singgih Bektiarso, M. Pd. selaku Pembimbing Akademik yang memfasilitasi penyelesaian skripsi ini;
3. Drs. Albertus Djoko Lesmono, M. Si. selaku Pembimbing Utama dan Lailatul Nuraini, S. Pd., M. Pd. selaku Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatiannya guna memberikan bimbingan skripsi ini;
4. Dr. Rif'ati Dina Handayani, S. Pd., M. Si. selaku Penguji Utama dan Nila Mutia Dewi, S.Pd., M. PFis selaku Penguji Anggota yang bersedia meluangkan waktu, serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Heri Setyohadi, S. Pd., M. Pd. selaku kepala sekolah serta Ratna Agustini, S. Pd. selaku guru Fisika SMAN Tamanan yang memberikan izin dan fasilitas untuk melaksanakan kegiatan penelitian;
6. Semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi.

Penulis juga menerima kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRACT	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembelajaran Fisika	5
2.2 Kemampuan <i>Engineering Design Process</i> (EDP)	5
2.3 Pembelajaran STEM	6
2.4 Pembelajaran PjBL.....	7
2.5 Pembelajaran STEM-PjBL.....	8
2.6 Materi Hukum Archimedes	10
2.7 Penelitian Relevan.....	11
2.8 Kerangka Berpikir.....	12
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	13
3.2 Subjek Penelitian.....	13
3.3 Desain Penelitian.....	13
3.4 Prosedur Penelitian.....	13

3.5 Pengumpulan Data Penelitian	14
3.6 Metode Analisis Data	15
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Hasil Penelitian	17
4.2 Pembahasan.....	27
BAB 5. PENUTUP.....	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN-LAMPIRAN	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Indikator <i>Engineering Design Process</i> (EDP)	6
Tabel 2. 2 Tahapan Pembelajaran STEM-PjBL	8
Tabel 2. 3 Tahapan STEM-PjBL dengan Indikator EDP	9
Tabel 4. 1 Data Hasil Observasi Keterampilan <i>Engineering Design Process</i> (EDP)	17
Tabel 4. 2 Data Hasil Penilaian LKPD Siswa Perkelompok.....	18

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kerangka Berpikir	12
Gambar 3. 1 Prosedur Penelitian.....	14
Gambar 3. 2 Komponen dalam analisis data (interactive model)	16
Gambar 4. 1 Contoh Define the Problem dalam Tahap <i>Reflection</i>	20
Gambar 4. 2 Contoh Jawaban LKPD pada Indikator <i>Gather Pertinent Information</i>	21
Gambar 4. 3 Contoh Alat dan Bahan serta Langkah Pembuatan Balon Udara.....	22
Gambar 4. 4 Contoh Pengerjaan LKPD pada Tahap <i>Discovery</i>	24
Gambar 4. 5 Contoh Pengerjaan LKPD pada Tahap <i>Application</i>	25
Gambar 4. 6 Contoh Pengerjaan LKPD pada Tahap <i>Application</i>	26
Gambar 4. 7 Contoh Pengerjaan LKPD pada Tahap <i>Application</i>	26
Gambar 4. 8 Contoh Pengerjaan LKPD pada Tahapan Menjawab Soal <i>Communication</i>	26
Gambar 4. 9 Contoh Dokumentasi Presentasi Siswa.....	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Matriks Penelitian.....	43
Lampiran 2 Lembar Pernyataan Expert Judgement.....	44
Lampiran 3 Pedoman Wawancara.....	48
Lampiran 4 Pedoman Observasi Keterampilan Engineering Design Process (EDP)	50
Lampiran 5 Lembar Observasi Keterampilan Engineering Design Process (EDP)	52
Lampiran 6 Kriteria Jawaban LKPD	54
Lampiran 7 Rubrik Penilaian LKPD.....	60
Lampiran 8 Modul Ajar Berbasis STEM-PjBL	63
Lampiran 9 LKPD Berbasis STEM-PjBL	66
Lampiran 10 Hasil Observasi Keterampilan Engineering Design Process (EDP).....	72
Lampiran 11 Contoh Hasil Pengerjaan LKPD Siswa	84
Lampiran 12 Data Frekuensi Hasil Observasi Keterampilan Engineering Design Process (EDP) dan Penilaian LKPD Siswa Perkelompok	88
Lampiran 13 Transkrip Wawancara	90
Lampiran 14 Hasil Teknik Triangulasi.....	94
Lampiran 15 Dokumentasi Kegiatan Penelitian	114
Lampiran 16 Contoh Produk dari Kegiatan Proyek.....	115
Lampiran 17 Surat Permohonan Izin Penelitian	116
Lampiran 18 Surat Keterangan Penelitian	117

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Abad 21 adalah abad dengan perkembangan teknologi yang sangat maju. Proses adaptasi pada abad 21 dapat dibekali dengan beberapa keterampilan yang sangat berguna pada abad 21 yaitu di antaranya: kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah, kemampuan berkomunikasi, berkolaborasi, kreativitas, serta kemampuan berinovasi. Semua keterampilan tersebut dapat diperoleh salah satunya adalah dengan proses pembelajaran (Aslamiah et al., 2021). Menurut Hasibuan & Prastowo (2019), pada abad 21 ini manusia dituntut untuk mengembangkan potensinya menjadi sumber daya manusia (SDM) yang berkualitas. Salah satu keterampilan yang harus dimiliki pada abad 21 adalah keterampilan *Engineering Design Process* (EDP), keterampilan proses desain rekayasa atau EDP merupakan suatu proses yang melibatkan pengambilan keputusan, dilakukan secara berulang dengan menerapkan konsep sains, matematika, dan rekayasa desain untuk mencari alternatif pemecahan masalah berupa solusi untuk mencapai tujuan tertentu (Ulum et al., 2021). *Engineering Design Process* merupakan suatu proses yang di dalamnya terdapat kegiatan untuk merancang suatu konsep, komponen, atau sebuah proses yang ditujukan untuk mencapai suatu tujuan tertentu (Nuhgraha et al., 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Winarno et al. (2020) menyatakan bahwa pengintegrasian EDP dalam pendidikan sains merupakan hal yang baru. Beberapa negara masih sedikit yang menggunakan pembelajaran yang berbasis EDP, penerapan EDP pada saat ini banyak dilakukan di Amerika Serikat dibandingkan negara-negara lain seperti Australia, Denmark, Malaysia, Cina, Turki, termasuk juga Indonesia. Itulah sebabnya Amerika Serikat menjadi pelopor dalam pengintegrasian EDP dalam pembelajaran. Ulum et al. (2021) menyatakan bahwa keterampilan EDP dalam pendidikan sejalan dengan fungsi dan tujuan pembelajaran sains yaitu mampu meningkatkan sikap ilmiah siswa melalui proses pembelajaran yang praktis

dan ilmiah. Oleh sebab itu, keterampilan EDP dapat dilatih melalui pembelajaran sains, negara-negara berkembang diharapkan bisa menerapkan pembelajaran sains yang di dalamnya mendukung keterampilan EDP (Winarno et al., 2020).

Keterampilan EDP dianggap sebagai strategi pembelajaran yang menghubungkan antara sains dan matematika selain itu mampu mengatasi permasalahan, menumbuhkan kemampuan berpikir kreatif, merumuskan solusi dan mengambil keputusan dengan mempertimbangkan solusi alternatif untuk memenuhi kendala dan batasan yang dihadapi (Xue et al., 2023). Keterampilan EDP memberikan dampak yang positif bagi siswa, siswa menjadi lebih termotivasi untuk belajar, dan terlibat langsung dalam perspektif desain (Dila et al., 2024). Menurut Ulum et al. (2021) keterampilan EDP mampu melatih siswa untuk menjadi seorang *engineer* yang mampu memecahkan masalah dengan mengusulkan solusi sesuai dengan syarat, batasan dan kriteria dari klien. Namun, penelitian yang dilakukan oleh Winarno et al. (2020) menyatakan bahwa keterampilan EDP masih minim diterapkan di sekolah menengah.

Khamhaengpol et al. (2021) menganalisis keterampilan EDP berdasarkan nilai rata-rata siswanya, analisis ini dilakukan di empat sekolah menengah. Hasilnya menunjukkan nilai rata-rata EDP yang dimiliki oleh siswa dari empat sekolah tersebut masih di bawah batas maksimum, siswa mendapat rata-rata nilai sebesar satu poin, dua poin, keseluruhan siswa dari empat sekolah menengah tersebut tidak ada yang mendapat nilai maksimum yaitu empat poin. Hasil observasi yang dilakukan pada salah satu sekolah di Kab. Bondowoso menunjukkan bahwa keterampilan EDP di SMA tersebut belum diterapkan secara maksimal, hal ini dikarenakan selama pembuatan proyek yang dinilai hanya video pembuatan produk dan hasil akhir produk saja tanpa meninjau proses penyusunan proyek dari awal yaitu tahap pendefinisian masalah serta usulan solusi-solusi untuk mengatasi permasalahan. Oleh karena itu, pentingnya menerapkan pembelajaran yang dapat melatih keterampilan EDP yang dimiliki oleh siswa.

Keterampilan yang dimiliki oleh siswa dipengaruhi oleh proses pendekatan pembelajaran, hal ini dikarenakan keterampilan siswa dapat dilatih dan diajarkan dalam proses pembelajaran di sekolah (Franestian et al., 2020). Keterampilan EDP dapat dilatih menggunakan pembelajaran berbasis STEM-PjBL. STEM terdiri dari empat disiplin ilmu yaitu *Science*, *Technology*, *Engineering* serta *Math*. Pembelajaran yang terintegrasi dengan STEM mampu melatih peserta didik dalam menyelesaikan masalah dengan lebih menyeluruh dan lengkap (Mulyani, 2019). Pembelajaran STEM dapat disajikan dalam beberapa model pembelajaran salah satunya adalah PjBL. Model pembelajaran PjBL merupakan salah satu model yang memfasilitasi siswa untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah berupa pengerjaan proyek sebagai solusi dari suatu permasalahan (Kristiani et al., 2017). Pembelajaran PjBL terintegrasi STEM menyebabkan siswa lebih aktif dalam proses pembelajaran, sehingga siswa mampu mengenali lebih dalam terkait pengetahuannya (Erlinawati et al., 2019). Oleh karena itu, penerapan pembelajaran berbasis STEM-PjBL dianggap cocok untuk menganalisis keterampilan EDP karena dalam pembelajaran STEM-PjBL orientasi akhirnya berupa proyek/rekayasa desain.

Penelitian yang dilakukan oleh Kurniahtunnisa et al. (2023) menunjukkan bahwa model pembelajaran STEM-PjBL sangat efektif untuk meningkatkan kemampuan abad 21. Hal ini juga dijelaskan oleh Aziz (2023) menyatakan bahwa keterampilan proses *engineering* dapat dikembangkan menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM dengan kategori keterampilan *engineering* yang dimiliki siswa yaitu pada kategori sudah baik. Penelitian yang dilakukan Fitri (2021) menyatakan ada beberapa faktor yang menyebabkan rendahnya kualitas pendidikan di Indonesia salah satu di antaranya yaitu disebabkan oleh pendekatan pembelajaran yang dilakukan di kelas.

Hasil observasi menunjukkan bahwa siswa belum pernah melakukan praktikum atau pembuatan alat peraga yang menerapkan konsep hukum Archimedes yang disebabkan oleh keterbatasan sarana di sekolah. Hal ini

dapat menyebabkan siswa mengalami miskonsepsi dalam materi hukum Archimedes. Berdasarkan uraian di atas serta dengan mempertimbangkan pentingnya keterampilan EDP dalam dunia pendidikan abad ke-21 maka perlu dilakukan penerapan STEM-PjBL dalam pembelajaran untuk melatih keterampilan EDP. Oleh sebab itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Keterampilan *Engineering Design Process* melalui Penerapan LKDP Berbasis STEM-PjBL Siswa SMA pada Materi Hukum Archimedes”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana keterampilan *Engineering Design Process* melalui penerapan LKPD berbasis STEM-PjBL siswa SMA pada materi Hukum Archimedes.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah menganalisis keterampilan *Engineering Design Process* melalui penerapan LKPD berbasis STEM-PjBL siswa SMA pada materi Hukum Archimedes.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagi siswa, penelitian ini diharapkan dapat memberikan suasana baru dalam proses pembelajaran serta dapat melatih keterampilan *Engineering Design Process*.
2. Bagi guru, penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi pembelajaran fisika untuk mengajarkan keterampilan *Engineering Design Process* kepada siswa melalui pembelajaran STEM-PjBL.
3. Bagi peneliti lain, penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya terkait keterampilan *Engineering Design Process* (EDP).

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembelajaran Fisika

Pembelajaran adalah semua usaha yang dilakukan oleh guru baik dalam penyampaian ilmu, mengorganisasi dan memberikan lingkungan belajar menggunakan berbagai macam metode. Pembelajaran fisika adalah pembelajaran yang dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, karena fisika merupakan ilmu pengetahuan yang dianggap sebagai ilmu yang dapat membantu perkembangan teknologi, penemuan, dan ilmu lainnya (Astuti et al., 2021). Pembelajaran fisika mengkaji benda tidak hidup (abiotik) dan fenomena alam atau peristiwa yang memiliki keterkaitan dengan peristiwa lainnya (Rizaldi et al., 2020). Menurut Permata & Bhakti (2020), Fisika adalah ilmu yang membahas tentang alam, pembelajaran fisika dikaitkan pada dua hal yaitu ilmu fisis dan ilmu biologi, sehingga kemampuan berpikir peserta didik dapat dikaji dalam pembelajaran fisika yaitu dapat dilakukan dengan eksperimen.

2.2 Kemampuan *Engineering Design Process* (EDP)

Engineering Design Process adalah upaya untuk meningkatkan prestasi dalam kegiatan belajar mengajar ilmu pengetahuan seperti pada penguasaan materi sains (Syukri et al., 2018). Keterampilan *Engineering Design Process* melibatkan peserta didik dalam memahami ilmu sains dan matematika. *Engineering Design Process* terdiri dari proses mengidentifikasi dan memecahkan masalah, selain itu proses menyelidiki akan berdampak terhadap peserta didik dalam proses pemecahan masalahnya (Uzel & Bilici, 2022). Uzel & Bilici (2022) juga menyebutkan bahwa dalam pembelajaran, *Engineering Design Process* tidak hanya berfokus pada cara proses berpikir dan mengerjakan dalam dunia nyata. Namun, *Engineering Design Process* bertujuan untuk memastikan peserta didik dapat memanfaatkan sains dan matematika dalam memperkirakan, menganalisis, serta pemecahan masalah. Berdasarkan rumusan para ahli di atas, maka dapat disimpulkan bahwa

Engineering Design Process adalah sebuah cara yang dilakukan oleh para *engineer* untuk menemukan cara terbaik dalam memecahkan masalah dan untuk mencapai tujuan tertentu.

Penelitian ini menggunakan indikator *Engineering Design Process* (Khandani, 2005) indikator *Engineering Design Process* yang terdiri dari lima indikator yang dijelaskan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Indikator Engineering Design Process (EDP)

Indikator	Deskripsi
<i>Define the problem</i>	Siswa diarahkan untuk mendefinisikan permasalahan serta dapat merumuskan masalah dengan jelas dan benar
<i>Gather pertinent information</i>	Pada tahap ini siswa mencari informasi sebanyak-banyaknya dari berbagai sumber baik buku, media massa, media sosial dan lain-lain dan referensi dari penelitian sebelumnya terkait permasalahan yang serupa
<i>Generate multiple solutions</i>	Tahapan ini merupakan tahapan berimajinasi untuk menghasilkan ide-ide yang merupakan solusi dari permasalahan berdasarkan informasi yang telah di dapat
<i>Analyze and select a solution</i>	Setelah ide-ide terkumpul, pada tahap ini siswa menganalisis dan memilih solusi yang lebih efektif dan relevan untuk digunakan dalam mengatasi permasalahan yang ada
<i>Test and implement the solution</i>	Tahapan ini dimulai dengan pembuatan <i>prototype</i> untuk menguji keberhasilan desain jika ditemukan kesalahan pada alat yang telah dirancang maka dilakukan perbaikan sampai <i>prototype</i> bekerja sesuai dengan teori yang ada. Kemudian melakukan dokumentasi atau publikasi karya.

2.3 Pembelajaran STEM

STEM (*Science, Tecnology, Engineering and Matematic*) adalah sebuah kerangka pembelajaran yang di dalamnya terdiri dari beberapa disiplin ilmu, baik ilmu pengetahuan, teknologi, serta teknik yang mengarah pada permasalahan kontekstual. Selain itu, pembelajaran ini juga mengacu pada kemampuan peserta didik seperti berpikir kritis, bernalar, berpikir logis (Anita et al., 2021). Pembelajaran STEM membantu siswa terlibat secara aktif dalam pembelajaran, sehingga siswa mampu memiliki kemampuan *problem solving* yang baik (Santosa et al., 2021). Menurut Bybee (2013), tujuan dari pembelajaran STEM adalah menjadikan siswa memiliki pengetahuan, perspektif dan keterampilan yang digunakan untuk menyelesaikan persoalan-persoalan dalam kehidupan, serta mampu menjelaskan fenomena alam,

merekayasa serta dapat membuat kesimpulan berdasarkan bukti-bukti (Mulyani, 2019).

Berdasarkan penjabaran pengertian STEM di atas dapat disimpulkan bahwa STEM merupakan kumpulan dari berbagai disiplin ilmu yaitu *Science, Technology, Engineering, and Math*. Pembelajaran STEM dapat membantu siswa memiliki pengetahuan konseptual, perspektif dan penyelesaian masalah, mendesain, serta menjelaskan fenomena alam berdasarkan data. Penerapan STEM dalam pembelajaran mampu meningkatkan keterampilan abad ke-21.

2.4 Pembelajaran PjBL

Model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) adalah model pembelajaran yang dalam proses pembelajarannya melibatkan peserta didik untuk membuat suatu proyek/karya. Model pembelajaran ini lebih menekankan pada keterampilan peserta didik dalam pemecahan masalah (Sari & Angreni, 2018). Pembelajaran dengan PjBL memberikan stimulus kepada peserta didik dalam penyelesaian masalah, sehingga pendidik perlu memberikan dorongan kepada peserta didik untuk memberi kesempatan belajar secara mandiri, memahami pengetahuan dirinya sendiri, dan membantu mengembangkan kreativitas peserta didik secara bersama-sama (Elisabet et al., 2019). Model PjBL berfokus pada pembuatan produk, pengorganisasian kelompok belajar, penelitian, pemecahan masalah, dan presentasi hasil karya. Pembelajaran PjBL menjadikan peserta didik tidak hanya memperoleh kemampuan kognitif namun dapat mendapatkan pengalaman belajar, sehingga dapat meningkatkan motivasi peserta didik dalam penyelesaian masalah kehidupan (Elisabet et al., 2019).

Berdasarkan pendapat di atas maka dapat disimpulkan, *Project Based Learning* (PjBL) merupakan sebuah model pembelajaran yang siswanya terlibat aktif dalam membuat proyek dengan berfokus pada keterampilan pemecahan masalah siswa. Penerapan PjBL dalam pembelajaran dapat dilakukan pada proses pembuatan produk, organisasi kelompok, pemecahan masalah, dan presentasi hasil proyek. Oleh karena itu, model PjBL adalah solusi alternatif yang dapat digunakan dalam pembelajaran karena dapat

memberikan rangsangan bagi siswa, siswa mampu memahami pengetahuan yang dimilikinya, serta mampu membantu siswa untuk mengembangkan kreativitasnya.

2.5 Pembelajaran STEM-PjBL

Pembelajaran berbasis STEM-PjBL merupakan model pembelajaran yang melibatkan peserta didik dalam suatu proyek kemudian peserta didik dapat menghasilkan sebuah karya. Pembelajaran STEM yang dikombinasikan dengan model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) akan menjadi pembelajaran yang akan memberikan pengalaman belajar yang otentik dan kontekstual, sehingga menjadi motivasi untuk melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi. Pembelajaran STEM-PjBL dapat melatih keterampilan abad 21 seperti kemampuan pemecahan masalah dengan proses berpikir tingkat tinggi. (Muttaqiin, 2023).

Indikator pembelajaran STEM-PjBL dalam penelitian ini menggunakan indikator yang kemukakan oleh Laboy-Rush (2011) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Tahapan Pembelajaran STEM-PjBL

Tahapan STEM-PjBL	Deskripsi
<i>Reflection</i>	Tahapan yang bertujuan untuk mengarahkan siswa ke dalam konteks masalah dan memberi motivasi untuk melakukan penyelidikan awal dengan segera. Tahapan ini juga digunakan untuk menghubungkan apa yang sudah diketahui dengan apa yang perlu dipelajari yaitu berupa kegiatan siswa melakukan observasi pada suatu masalah yang diberikan.
<i>Research</i>	Tahapan ini seorang guru memberikan pembelajaran sains, memilih bacaan atau sumber informasi lain yang dapat digunakan siswa untuk mengumpulkan informasi terkait permasalahan.
<i>Discovery</i>	Tahap ini menghubungkan antara <i>research</i> dan informasi yang diketahui, tahap ini terjadi ketika siswa mulai belajar secara mandiri untuk menemukan hal-hal yang belum diketahui.
<i>Application</i>	Tahapan ini bertujuan untuk menguji produk atau solusi yang digunakan untuk penyelesaian masalah kemudian siswa melakukan perbaikan berdasarkan temuan yang diperoleh.
<i>Communication</i>	Tahapan ini bertujuan untuk mengkomunikasikan hasil

Tahapan STEM-PjBL	Deskripsi
	produk atau solusi di depan kelas. Kegiatan ini membantu siswa untuk berkomunikasi, bekerja sama, serta menerima kritik dan memberikan pendapat yang konstruktif terhadap produk atau solusi kelompok lain

Keterkaitan antara tahapan STEM-PjBL dengan indikator *Engineering Design Process* (EDP) dijelaskan dalam Tabel 2.3.

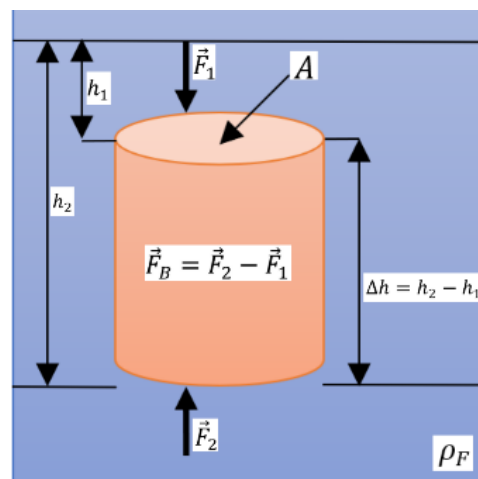
Tabel 2. 3 Tahapan STEM-PjBL dengan Indikator EDP

Tahapan STEM-PjBL	Deskripsi	Indikator EDP
<i>Reflection</i>	Tahapan yang bertujuan untuk mengarahkan siswa ke dalam konteks masalah dan memberi motivasi untuk melakukan penyelidikan awal dengan segera. Tahapan ini juga digunakan untuk menghubungkan apa yang sudah diketahui dengan apa yang perlu dipelajari yaitu berupa kegiatan siswa melakukan observasi pada suatu masalah yang diberikan.	<i>Define the problem</i>
<i>Research</i>	Tahapan ini seorang guru memberikan pembelajaran sains, memilih bacaan atau sumber informasi lain yang dapat digunakan siswa untuk mengumpulkan informasi terkait permasalahan.	<i>Gather pertinent information</i> <i>Generate multiple solutions</i>
<i>Discovery</i>	Tahap ini menghubungkan antara <i>research</i> dan informasi yang diketahui, tahap ini terjadi ketika siswa mulai belajar secara mandiri untuk menemukan hal-hal yang belum diketahui.	<i>Generate multiple solutions</i> <i>Analyze and select a solution</i> <i>Test and implement the solution</i>
<i>Application</i>	Tahapan ini bertujuan untuk menguji produk atau solusi yang digunakan untuk penyelesaian masalah kemudian siswa melakukan perbaikan berdasarkan temuan yang diperoleh.	<i>Test and implement the solution</i>
<i>Communication</i>	Tahapan ini bertujuan untuk mengkomunikasikan hasil produk atau solusi di depan kelas. Kegiatan ini membantu siswa untuk berkomunikasi, bekerja sama, serta menerima kritik dan memberikan pendapat yang konstruktif terhadap produk atau solusi kelompok lain.	<i>Test and implement the solution</i>

2.6 Materi Hukum Archimedes

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah materi Hukum Archimedes. Hukum Archimedes merupakan suatu hukum fisika yang membahas tentang konsep benda terapung, melayang, dan tenggelam (Soeharto et al., 2019; Adam et al., 2019). Konsep Archimedes menjelaskan keterkaitan antara benda yang tercelup dalam fluida dan gaya angkat/apung fluida, jika berat benda yang terendam sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida lebih besar daripada berat fluida maka benda akan tenggelam begitu pula sebaliknya, benda-benda tersebut di atas memiliki nilai massa jenis (Akdag, 2022). Gaya angkat/apung dipengaruhi oleh massa jenis benda, volume zat cair yang dipindahkan memiliki besaran yang sama dengan volume benda yang terendam fluida, dan percepatan gravitasi (Kurniawan, 2023).

Gaya apung timbul karena adanya tekanan di dalam fluida bertambah besar seiring penambahan kedalaman fluida. Ilustrasi gaya apung dijelaskan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Gaya Apung
(Sumber : Giancoli, 2014)

Berdasarkan Gambar 2.1 dapat dijelaskan bahwa selisih antara gaya yang bekerja pada benda merupakan gaya apung. Gaya yang ditimbulkan oleh tekanan pada bidang atas benda yang arahnya ke bawah dijelaskan dalam persamaan (2.1) berikut.

$$\vec{F}_1 = P_1 \cdot A = \rho_F g h_1 \cdot A \quad 2.1$$

P_1 adalah tekanan pada bidang atas benda, g adalah percepatan gravitasi, h_1 adalah jarak antara bidang atas benda dengan permukaan fluida, dan A adalah luas penampang bidang atas benda. Fluida juga memberikan gaya ke atas pada bidang dasar benda yang dijelaskan dalam persamaan (2.2)

$$\vec{F}_2 = P_2 \cdot A = \rho_2 g h_2 \cdot A \quad 2.2$$

P_2 adalah tekanan pada bidang dasar benda, h_2 adalah jarak antara bidang dasar benda dengan permukaan fluida, dan A adalah luas penampang bidang dasar benda. Gaya total yang bekerja pada benda akibat tekanan fluida adalah gaya apung \vec{F}_B dan mengarah ke atas yang dijabarkan dalam persamaan (2.3)

$$\vec{F}_B = \vec{F}_2 - \vec{F}_1 = \rho_F g A (h_2 - h_1) = \rho_F g A \Delta h = \rho_F V g = m_F g \quad 2.3$$

V dalam persamaan ini adalah hasil kali antara A dan Δh yang menunjukkan volume benda, kemudian m_F adalah hasil kali antara ρ_F dan V , dan $m_F g$ merupakan berat fluida yang mengisi volume yang sama dengan volume benda. Gaya apung yang bekerja pada benda adalah sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda (Giancoli, 2014).

Hukum Archimedes memiliki banyak sekali manfaat dalam kehidupan sehari-hari, seperti perahu, kapal, jaket pelampung, dan balon udara (Pisano, 2017). Balon udara diterbangkan pertama kali oleh Montgolfire di Prancis pada akhir abad ke-18. Udara di dalam balon dipanaskan dengan dibakar memiliki kepadatan yang lebih rendah dibandingkan dengan udara di sekitar, sehingga menyebabkan balon memiliki daya apung atau daya angkat ke atas (De Bruijn et al., 2020).

2.7 Penelitian Relevan

Berikut beberapa penelitian yang relevan dengan penerapan STEM-PjBL untuk menganalisis kemampuan EDP pada topik bahasan yang diteliti:

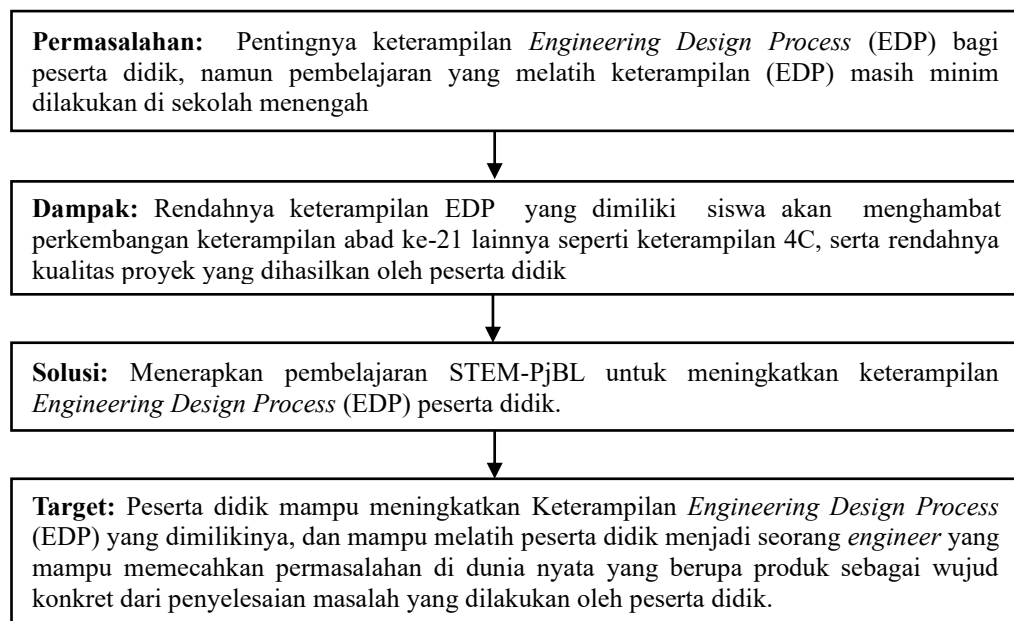
1. Muttaqiin (2023) menyatakan bahwa pembelajaran STEM-PjBL dapat melatih keterampilan abad 21 seperti kemampuan penyelesaian masalah dengan proses berpikir tingkat tinggi.
2. Erlinawati et al. (2019) menjelaskan bahwa pembelajaran PjBL terintegrasi STEM menyebabkan siswa lebih aktif dalam proses

pembelajaran, sehingga siswa mampu mengenali lebih dalam terkait pengetahuannya.

3. Aziz (2023) menyatakan bahwa keterampilan proses *engineering* dapat dikembangkan menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM.
4. Sen et al. (2020) menyatakan bahwa siswa menggunakan keterampilan akademis dan *engineering* secara efektif melalui pembelajaran STEM serta kegiatan STEM mampu meningkatkan keterampilan *engineering* siswa.
5. Dila et al. (2024) berpendapat bahwa keterampilan EDP memberikan dampak yang positif bagi siswa, siswa menjadi lebih termotivasi untuk belajar, dan terlibat langsung dalam perspektif desain.
6. Ulum et al. (2021) menyatakan bahwa keterampilan EDP mampu melatih siswa untuk menjadi seorang *engineer* yang mampu memecahkan masalah dengan mengusulkan solusi sesuai dengan syarat, batasan dan kriteria dari klien.

2.8 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir dalam penelitian ini dijabarkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2. 2 Kerangka Berpikir

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini di salah satu SMA yang ada di Kab. Bondowoso yaitu SMAN Tamanan dan dilakukan pada semester genap 2024/2025.

3.2 Subjek Penelitian

Penelitian ini menggunakan salah satu kelas XI SMAN Tamanan, yang dipilih menggunakan teknik *Purposive Sampling*, yaitu kelas XI C. Sampel penelitian ini dipilih berdasarkan pertimbangan guru fisika SMAN Tamanan yaitu sesuai dengan capaian pembelajaran Fase F bahwa materi Hukum Archimedes merupakan materi yang ditempuh di kelas XI sehingga, kelas tersebut relevan untuk menerapkan pembelajaran STEM-PjBL. Selain itu, keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) belum pernah dilatih kepada siswa, sehingga urgensi tersebut menjadi fokus dan tujuan dari penelitian ini.

3.3 Desain Penelitian

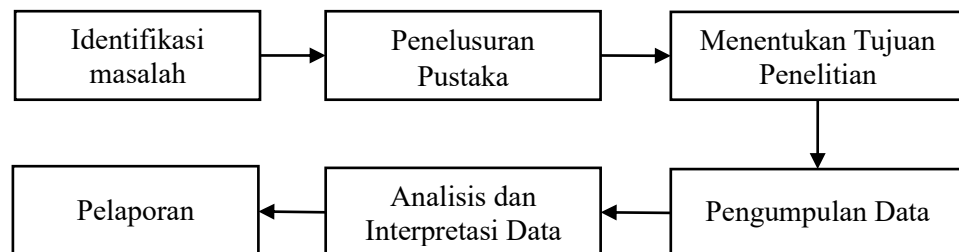
Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif kualitatif. Penelitian deskriptif kualitatif bertujuan untuk menggambarkan keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) secara lebih detail dan mendalam. Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu desain penelitian studi kasus (Creswell & Creswell, 2018). Studi kasus dalam penelitian ini yaitu minimnya keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) yang dimiliki oleh siswa, sehingga dengan menggunakan desain studi kasus memungkinkan peneliti untuk melakukan eksplorasi proses, aktivitas siswa, dan peristiwa di dalam kelas secara lebih mendalam namun tetap bersifat spesifik.

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan langkah-langkah penelitian menurut (Creswell & Creswell, 2018) yaitu terdapat enam tahapan penelitian kualitatif sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah, permasalahan dalam penelitian ini yaitu minimnya keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) yang dimiliki oleh siswa.

2. Penelusuran pustaka, peneliti melakukan studi pustaka yang relevan dengan permasalahan yaitu terkait keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) sebagai sumber referensi.
3. Menentukan tujuan penelitian, setelah melakukan studi pustaka peneliti menentukan tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui bagaimana keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) yang dimiliki oleh siswa.
4. Pengumpulan data, peneliti mengumpulkan data yang berupa dokumentasi, wawancara, dan observasi. Data dokumentasi berisi LKPD, video, dan foto kegiatan.
5. Analisis dan interpretasi data, semua data yang berupa data dokumentasi, wawancara, dan observasi dari lapangan kemudian di analisis menggunakan metode analisis data, kemudian dirangkum, dan membandingkan data tersebut dengan literatur.
6. Pelaporan, peneliti membuat laporan penelitian secara deskriptif berdasarkan hasil analisis dan interpretasi data. Laporan ditulis dalam bentuk deskripsi dengan detail dan mendalam. Alur penelitian di atas dijelaskan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Prosedur Penelitian

3.5 Pengumpulan Data Penelitian

Data dalam penelitian ini merupakan data primer yang terdiri dari hasil karya dan hasil wawancara bersama siswa. Teknik pengambilan data menurut (Sugiyono, 2017) adalah sebagai berikut.

1. Dokumentasi, berupa foto dan video pada saat pembelajaran berlangsung, karya siswa berupa LKPD, dan rubrik penilaian.
2. Wawancara, jenis wawancara yang digunakan adalah wawancara terstruktur yaitu menggunakan pedoman wawancara yang berisi daftar

pertanyaan kepada narasumber. Wawancara dalam penelitian ini dilakukan kepada siswa dan guru. Wawancara awal dilakukan kepada Guru Fisika untuk mengetahui pengetahuan awal tentang *Engineering Design Process* (EDP) yang dimiliki oleh siswa. Wawancara akhir dilakukan kepada siswa untuk mengetahui keterampilan EDP setelah mengikuti kegiatan pembelajaran.

3. Observasi, kegiatan observasi yang dilakukan yaitu pengamatan terhadap kegiatan siswa untuk mengetahui keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) berdasarkan indikator EDP. Kegiatan observasi melibatkan lima orang observer dan masing-masing observer memegang rubrik observasi untuk mengukur dan mengamati setiap indikator EDP. Lembar observasi dalam bentuk data centang dan uraian singkat.

3.6 Metode Analisis Data

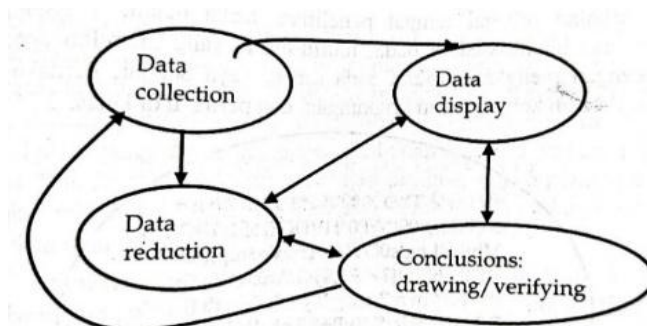
Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis data menurut Mile dan Huberman yaitu, proses analisis data dilakukan secara interaktif dan terus-menerus sampai data yang dianalisis tersebut jenuh (Sugiyono, 2017). Langkah-langkah analisis data sebagai berikut.

1. Pengumpulan data dilakukan dengan dokumentasi, wawancara, dan observasi.
2. Reduksi data dibutuhkan karena data yang dihasilkan dari lapangan jumlahnya cukup banyak, sehingga perlu diperinci, dikategorikan dan data yang tidak penting akan dibuang. Reduksi data pada penelitian ini dilakukan pada semua sumber data yang dijelaskan sebagai berikut.
 - a. Data dokumentasi, LKPD akan dinilai menggunakan rubrik penilaian LKPD, dokumentasi foto yang digunakan adalah foto yang berfokus pada aktivitas peserta didik selama proses pembelajaran, dan dokumentasi video akan di transkrip ke dalam bentuk teks.
 - b. Data wawancara yang berupa audio akan di transkrip ke dalam bentuk teks.

- c. Data observasi, lembar observasi berisi penilaian observer mengenai ketercapaian masing-masing indikator EDP yang dimiliki siswa. Penilaian terhadap lima indikator EDP akan dijumlah dan dirata-rata untuk mengetahui keterampilan EDP yang dimiliki setiap siswa.

Hasil temuan yang sama pada ketiga data tersebut akan diklasifikasikan/dikategorikan ke dalam bentuk pola-pola. Semua sumber data yang telah diperinci kemudian akan dipilih dan diseleksi, hal ini bertujuan agar data menjadi jernih dan selama proses seleksi, data yang tidak berfokus pada keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) akan dianulir.

3. Penyajian data digunakan agar data terorganisir, tersusun secara sistematis, sehingga data lebih mudah dipahami. Hasil reduksi data dokumentasi, wawancara, dan observasi disajikan dalam bentuk teks narasi dan tabel serta dijelaskan secara lebih luas dan mendalam yang didukung dengan literatur-literatur yang relevan dengan keterampilan *Engineering Design Process* (EDP).
4. Penarikan kesimpulan dan verifikasi dilakukan di akhir, dapat berupa deskripsi atau gambaran permasalahan terkait keterampilan EDP siswa yang sebelumnya masih belum tampak. Keempat langkah analisis di atas saling berhubungan serta memiliki keterikatan yang berlangsung secara terus-menerus sampai data yang diperoleh jernih. Sebagaimana disajikan dalam Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Komponen dalam analisis data (*interactive model*)
(Sumber : Sugiyono, 2017)

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) melalui penerapan LKPD berbasis STEM-PjBL pada materi Hukum Archimedes. Penerapan LKPD berbasis STEM-PjBL telah terlaksana dalam proses pembelajaran. Hal ini dinyatakan dalam proses pembelajaran yang mencakup lima tahapan pembelajaran STEM-PjBL yaitu *reflection*, *research*, *discovery*, *application*, dan *communication*. Data penelitian ini adalah hasil observasi keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) yang berupa lembar observasi dan lembar kerja peserta didik (LKPD). Keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) terdiri dari lima indikator yaitu: *define the problem*, *gather pertinent information*, *generate multiple solutions*, *analyze and select a solution*, dan *test and implement the solution*. Data hasil observasi penelitian yang dilakukan terhadap 32 peserta didik disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data Hasil Observasi Keterampilan *Engineering Design Process* (EDP)

Indikator Keterampilan <i>Engineering Design Process</i> (EDP)	Jumlah Siswa			
	Sangat Kurang	Kurang	Baik	Sangat Baik
<i>Define the problem</i>	1	4	14	13
<i>Gather pertinent information</i>	0	5	14	13
<i>Generate multiple solutions</i>	0	4	17	11
<i>Analyze and select a solution</i>	0	5	14	13
<i>Test and implement the solution</i>	0	3	15	14

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan sebagian besar siswa memiliki keterampilan EDP yang baik dan sangat baik. Keterampilan EDP pada setiap indikator memenuhi kategori baik dan sangat baik secara konsisten. Pada indikator *generate multiple solutions* memiliki jumlah siswa terbanyak dalam kategori baik yaitu 17 siswa dan indikator *test and implement the solution* memiliki distribusi paling merata pada kategori baik dan sangat baik. Keterampilan EDP siswa yang menunjukkan kategori sangat kurang hanya 1 siswa pada indikator *define the problem*. Hal ini menunjukkan mayoritas siswa telah mampu menguasai keterampilan EDP dengan cukup baik.

Tabel 4. 2 Data Hasil Penilaian LKPD Siswa Per Kelompok

Indikator Keterampilan Engineering Design Process (EDP)	Sintak Pembelajaran STEM-PjBL	Aktivitas Siswa	Jumlah Kelompok				
			SK	K	B	SB	
<i>Define the problem</i>	<i>Reflection</i>	Siswa menyebutkan beberapa informasi penting dalam studi kasus	0	0	1	5	
		Siswa menyebutkan permasalahan di dalam studi kasus dan menyebutkan solusinya	0	0	4	2	
<i>Gather pertinent information</i>	<i>Research</i>	Siswa mencari sumber pustaka dari beberapa referensi	0	0	5	1	
<i>Generate multiple solutions</i>		Siswa mencari sumber pustaka dari beberapa referensi	0	0	5	1	
	Siswa membuat rancangan desain balon udara	0	0	3	3		
	Siswa menentukan alat dan bahan yang digunakan untuk membuat balon udara	0	0	0	6		
	Siswa menuliskan langkah kerja pembuatan balon udara	1	1	2	2		
	<i>Analyze and select a solution</i>	<i>Discovery</i>	Siswa membuat rancangan desain balon udara	0	0	3	3
Siswa menentukan alat dan bahan yang digunakan untuk membuat balon udara			0	0	0	6	
Siswa menuliskan langkah kerja pembuatan balon udara			1	1	2	2	
<i>Test and implement the solution</i>			<i>Application</i>	Siswa membuat rancangan desain balon udara	0	0	3
	Siswa menentukan alat dan bahan yang digunakan untuk membuat balon udara	0		0	0	6	
	Siswa menuliskan langkah kerja pembuatan balon udara	1		1	2	2	
	Siswa mencatat kegiatan uji coba dan perbaikan dalam tabel pengamatan serta melakukan menghitung gaya angkat balon udara	0	0	2	4		
	<i>Communication</i>		Siswa menjawab pertanyaan terkait konsep hukum archimedes dalam balon udara	0	1	0	5
			Siswa menjawab pertanyaan terkait konsep hukum archimedes dalam balon udara	0	2	1	3
			Siswa menjawab pertanyaan terkait konsep hukum archimedes dalam balon udara	1	0	4	1
			Siswa menyebutkan kendala yang dialami selama pembuatan proyek	0	0	1	5

Tabel 4.2 menunjukkan keterampilan EDP ditinjau dari pengerjaan LKPD memenuhi kategori baik dan sangat baik hampir semua indikator.. Namun, pada indikator *generate multiple solutions, analyze and select a solution*, dan *test and implement the solutio* masih menunjukkan adanya kelompok yang berkategori kurang dan sangat kurang, hal ini perlu adanya pembinaan lebih lanjut terkait mengevaluasi, mengembangkan dan menerapkan solusi. Keterampilan EDP yang dimiliki siswa sudah cukup baik meskipun perlu adanya peningkatan di beberapa indikator.

4.1.1 *Define the problem*

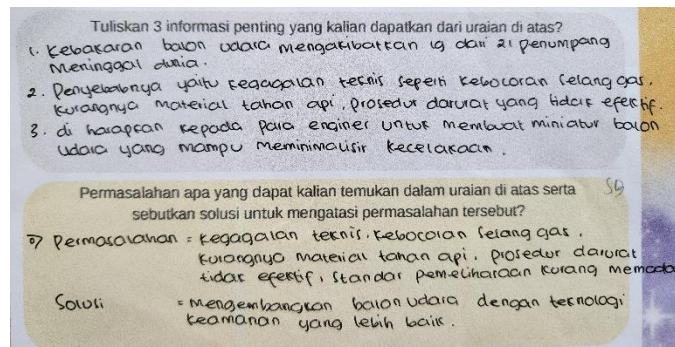
Define the problem atau mendefinisikan masalah adalah tahapan awal dari indikator keterampilan *Engineering Design Process (EDP)*, siswa diarahkan untuk mendefinisikan permasalahan pada studi kasus dan mengidentifikasi solusi untuk mengatasi permasalahan yang ada. Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dipahami bahwa mayoritas keterampilan EDP pada indikator *define the problem* sebanyak 14 siswa dan Tabel 4.2 menunjukkan aktivitas 1 sebanyak 5 kelompok terkategori baik dan aktivitas 2 sebanyak 4 kelompok terkategori baik. Hal ini dikarenakan siswa sudah mampu menyebutkan informasi penting, mampu mendefinisikan masalah dan mampu mengidentifikasi solusi yang sesuai untuk mengatasi permasalahan dalam studi kasus. Berikut contoh kutipan diskusi dan wawancara siswa:

“Permasalahannya kegagalan teknis, kebocoran selang gas, kurangnya material tahan api, prosedur darurat tidak efektif, standar pemeliharaan kurang memadai.” (Diskusi_KB.R)

“Meletusnya balon udara terbesar di dunia.” (Diskusi_KC. SA)

“Masalahnya yaitu kebocoran pada gas itu, jadi itu yang membuat balon udaranya jatuh ke bawah lalu terbakar“ (W.KA)

“Pengembangan balon udara itu penting untuk masa depan lebih baik karena itu kebutuhan mendesak” (Diskusi_KA.CA)



Gambar 4. 1 Contoh *Define the Problem* dalam Tahap *Reflection*

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa jawaban terkategori sangat baik karena mampu menjawab tiga informasi penting. Mampu mendefinisikan masalah yaitu insiden kecelakaan balon udara yang disebabkan oleh kegagalan teknis, kebocoran selang gas, dan prosedur darurat yang kurang efektif. Serta mampu menuliskan solusi untuk mengatasi permasalahan yaitu mengembangkan balon udara yang memiliki teknologi keamanan yang lebih baik. Hal tersebut di atas juga diperkuat dengan hasil wawancara, yaitu siswa menyatakan penyebab kecelakaan balon udara disebabkan oleh kebocoran selang gas kemudian terbakar.

4.1.2 *Gather pertinent information*

Gather pertinent information atau mengumpulkan beberapa informasi terkait, pada indikator ini siswa diarahkan untuk mencari informasi terkait permasalahan dari berbagai sumber pustaka baik dari media digital maupun media cetak. Berdasarkan Tabel 4.1 indikator *gather pertinent information* sebanyak 14 memenuhi kategori baik karena siswa sudah mampu mencari informasi terkait permasalahan yang ada. Siswa mencari informasi-informasi tersebut melalui video Youtube, Google, dan Instagram. Berikut contoh kutipan diskusi dan wawancara siswa:

“Bagian2 balon udara, envelope, burner, ya edutainmenttrans7, si unyil” (Diskusi_KB. SFO)

“Langkah kerja balon udara, Sumber pustakanya ini edutainment trans7” (Diskusi_KE. DMCL)

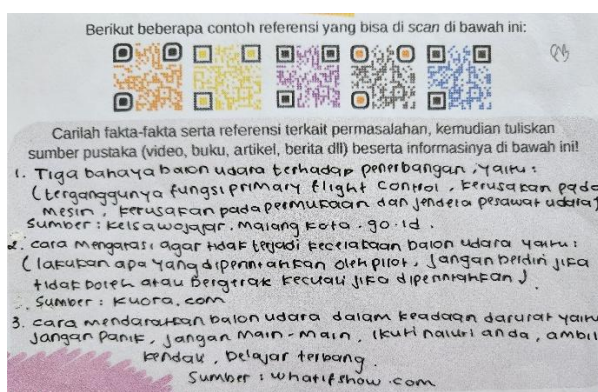
“Ya cara mengatasi agar tidak terjadi kecelakaan balon udara, Lakukan apa yang diperintahkan pilot, jangan berdiri jika tidak boleh

atau bergerak kecuali jika diperintahkan. Sumber quora.com”
(Diskusi_KD. NKH)

“Dari youtube, terus di IG“ (Wawancara_KC)

“Saya mendapatkan informasi dari kelompok saya, yaitu youtube, dan google“ (Wawancara_KE)

Berdasarkan Tabel 4.2 bahwa sebagian besar siswa pada indikator ini sebanyak 5 kelompok dikategorikan baik. Hasil diskusi menunjukkan siswa sudah mampu mencari beberapa informasi dari sumber pustaka yang beragam yang berasal dari media digital. Selain itu, hasil wawancara menunjukkan bahwa siswa sudah mampu mencari sumber informasi dari beberapa sumber. Siswa sudah mampu mencari sumber informasi terkait permasalahan dan menuliskannya dalam LKPD sebagaimana disajikan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Contoh Jawaban LKPD pada Indikator *Gather Pertinent Information*

4.1.3 *Generate multiple solutions*

Generate multiple solutions atau membuat beberapa solusi, pada indikator ini siswa diarahkan untuk membuat beberapa solusi, berimajinasi dan menghasilkan ide-ide dalam mengatasi permasalahan. Ide dan gagasan tersebut dituangkan dalam beberapa tahapan yaitu perancangan desain, menentukan alat dan bahan, dan langkah-langkah pembuatan proyek. Berdasarkan Tabel 4.1 bahwa keterampilan EDP siswa pada indikator *generate multiple solutions* sebanyak 17 siswa terkategori baik karena siswa sudah mampu berimajinasi serta menghasilkan ide-ide untuk mengatasi permasalahan yaitu membuat balon udara. Berikut contoh kutipan diskusi dan wawancara siswa:

“Terus pakai kawat dibuat melingkar di bagian bawah untuk tempat apinya, pakai bambu gapapa” (Diskusi_KC.SA)

“Pembakarnya yang pakek tutup kaleng itu” (Diskusi_KA.MRS)

“Pakai kertas layangan itu pakai lilin untuk menampung nanti bisa terbakar kayak buat lentera itu, menurutku butuh aluminium foil terus spiritus bensin solar, Kayaknya bisa pakek kresek. Bagus dari kresek, kalau pakek kain kan masih ada serat2 itu jadi ga bisa terbang, Kresek terus pakai aluminium foil untuk menampung api, tapi kalo bagusan pakai lilin ya” (Diskusi_KE.MIU)

“Kita menggunakan bahan bakar parafin biar apinya terkontrol” (Wawancara_KE)

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa mayoritas kelompok terkategori baik dan sangat baik karena siswa sudah mampu memberikan ide-ide dalam mengatasi permasalahan yaitu pembuatan balon udara. Sebanyak 2 kelompok terkategori baik, dan 2 kelompok terkategori sangat baik pada aktivitas 4, dan sebanyak 6 kelompok terkategori sangat baik pada aktivitas 3. Hasil pengerjaan LKPD siswa pada indikator *generate multiple solutions* disajikan dalam Gambar 4.3.

No.	Alat dan Bahan	Biaya
1	Kresek	10000
2	Min. Parafin	20000
3	Kresek Api	10000
4	Sawat	10000
5	Pisau	3000
6	Kawat	5000
7	Lilin	10000
8	Gunting	9000
9	Vertas	3000
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
	Total	Rp 84000
		25000

(i)

Berdasarkan hasil diskusi, sertakan langkah-langkah dalam pembuatan balon udara!

Langkah - langkah pembuatan balon udara

1. Pembuatan balon
 1. Siapkan kresek merah 2 lembar
 2. ukur dan gunting kresek
 3. Sambungkan antar kedua kresek menggunakan lem.
2. Pembuatan tempat pembakaran
 1. Siapkan kaleng minuman besar.
 2. potong kaleng sesuai kebutuhan
 3. Lubangi pada samping kaleng
 4. lalu kaitan kawat pada lubang kaleng.
3. Pembuatan tempat pummping
 1. Siapkan botol plastik besar
 2. Ambil dan potong bagian bawah botol menggunakan gunting (ukuran menyesuaikan)
 3. Beri lubang pada samping botol
 4. Kaitkan benang pada lubang.

(ii)

Gambar 4. 3 Contoh Alat dan Bahan serta Langkah Pembuatan Balon Udara
(i) Alat dan bahan, (ii) Langkah-Langkah Pembuatan Balon Udara

Gambar 4.3 menunjukkan siswa sudah mampu menuliskan alat dan bahan yang beragam dalam pembuatan balon udara, menuliskan langkah pembuatan balon udara, serta mampu membuat rancangan balon udara sesuai imajinasinya.

4.1.4 *Analyze and select a solution*

Analyze and select a solution atau menganalisis dan memilih solusi, setelah siswa membuat beberapa ide solusi untuk mengatasi permasalahan, siswa kemudian diarahkan untuk menganalisis dan memilih solusi yang paling tepat untuk mengatasi permasalahan. Siswa akan memilih solusi dengan mempertimbangkan segi kualitas bahan, biaya produksi, prosedur pembuatan, dan desain rancangan serta alat dan bahan yang terjangkau menjadi pertimbangan untuk keberhasilan produk. Tabel 4.1 menunjukkan mayoritas siswa pada indikator ini sebanyak 14 siswa dikategorikan baik. Hal ini dikarenakan siswa sudah mampu memperkirakan serta mempertimbangkan solusi yang paling tepat dari semua ide-ide yang sudah diusulkan dalam kegiatan diskusi. Berikut contoh kutipan diskusi dan wawancara siswa:

“Kalau plastik itu lumayan mudah sih, kalau kertas itu kaku berat lagi” (Diskusi_KA.CA)

“Plastik lah, kalau kresek terlalu kecil” (Diskusi_KB.MPI)

“Berat kalau pakai dus (keranjangnya)” (Diskusi_KC.IEAR)

“Bagusan dari kresek, kalau pakek kain kan masih ada serat2 itu jadi ga bisa terbang, Kresek terus pakai aluminium foil untuk menampung api, tapi kalo bagus pakai lilin ya” (Diskusi_KE.MIU)

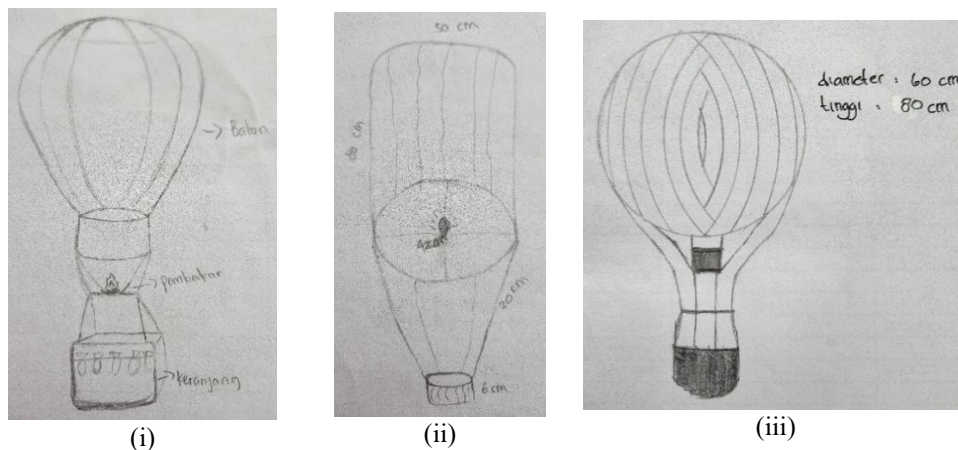
“Kok pakai kawat? Jangan pakai kawat, kawat itu berat” (Diskusi_KE.MS)

“....mungkin ada yang diganti dengan bahan-bahannya yang lebih mudah di dapatkan.” (Wawancara_KD)

“....menggunakan bahan-bahan yang tidak ada, kita skip dulu dan diganti bahan yang lain, itu yang kita bisa dapatkan“ (Wawancara_KB)

Berdasarkan Tabel 4.2 bahwa keterampilan siswa dalam menganalisis dan memilih solusi sebanyak 3 kelompok terkategori sangat baik dan 3 kelompok terkategori baik karena siswa sudah sangat mampu memilih serta menganalisis solusi yang paling tepat dengan mempertimbangkan berbagai aspek untuk keberhasilan produk dalam mengatasi permasalahan.

Berikut contoh pengerjaan LKPD pada tahap pembuatan desain rancangan yang merupakan hasil analisis solusi disajikan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Contoh Pengerjaan LKPD pada Tahap *Discovery*

(i) Rancangan Desain Kel. 1, (ii) Rancangan Desain Kel. 2, (iii) Rancangan Desain Kel. 4

4.1.5 *Test and implement the solution*

Test and implement the solution atau tahap uji coba dan menerapkan solusi merupakan indikator terakhir dari keterampilan *Engineering Design Process* (EDP). Indikator ini mengarahkan siswa untuk membuat *prototype*, melakukan uji coba *prototype* serta mampu mengkomunikasikan hasil produknya. Tabel 4.1 menunjukkan sebanyak 15 siswa terkategori baik karena siswa sudah mampu membuat *prototype* balon udara, melakukan uji coba balon udara, dan melakukan perbaikan jika kemudian ditemukan komponen balon udara kurang sesuai yang menyebabkan balon udara gagal terbang. Serta siswa sudah mampu mengkomunikasikan produk dengan melakukan presentasi di depan kelas. Berikut contoh kutipan diskusi dan wawancara siswa:

“Kalau kita ganti pakek sedotan, aku yakin pasti terbang, tapi bagaimana caranya kita api yang di bawah itu besar, kalau kecil ga ngangkat, kalau posisinya digantung terus apinya besar pasti meleleh” (Diskusi_KA.TAW)

“Apinya terlalu besar, terus berat, aku barusan pakai kawat tidak bisa terbang, sudah nempel tapi tidak bisa terbang” (Diskusi_KB.ARF)

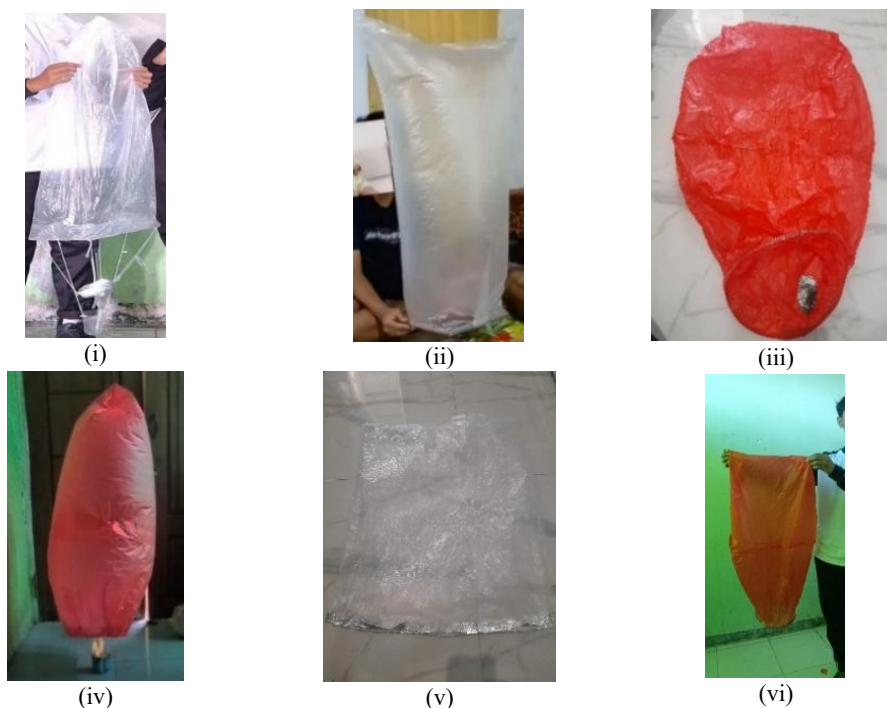
“Mengkerut, terlalu kecil cekungannya, terus apinya terlalu besar” (Diskusi_KE.MS)

“...balonnya gak mudah terbakar, gimana caranya biar balonnya tidak mudah terbakar, salah satu solusinya yaitu menjauhkan atau menjaga jarak api dari api...” (Wawancara_KA)

“Kalau dari kelompok 2 itu belajar dari pas percobaan pertama, kak. Misalnya ini kan terlalu berat, dan percobaan kedua itu diperbaiki lagi, sampai berhasil terbang.” (Wawancara_KB)

“...Percobaan pertama itu mudah terbakar karena jarak antar api dengan balon-balon itu terlalu dekat” (Wawancara_KD)

Berdasarkan Tabel 4.2 bahwa siswa pada indikator *Test and implement the solution* sebanyak 4 kelompok terkategori sangat baik dalam tahapan *application* dan tahapan *communication* mayoritas kelompok terkategori sangat baik karena dalam pengerjaan LKPD, siswa sudah mampu membuat *prototype*, melakukan uji coba dan pengambilan data selama uji coba berlangsung, serta mampu mengkomunikasikan/mempresentasikan karyanya di depan kelas. Siswa juga mampu mengaitkan konsep Hukum Archimedes dengan prinsip kerja balon udara. Rancangan *prototype* masing-masing kelompok sebagaimana disajikan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Contoh Pengerjaan LKPD pada Tahap *Application*

(i) *Prototype* Kel. 1, (ii) *Prototype* Kel. 2, (iii) *Prototype* Kel. 3, (iv) *Prototype* Kel. 4, (v) *Prototype* Kel. 5, dan (vi) *Prototype* Kel. 6

Proses pengambilan data dalam proses uji coba dilakukan dengan melakukan perbaikan dari kesalahan sebelumnya, yaitu siswa menuliskan bahan yang berbeda pada proses uji coba, siswa mempertimbangkan kekuatan bahan dengan bahan yang ringan. Pengambilan data dan uji coba sampai balon udara berhasil terbang disajikan dalam Gambar 4.6.

Percobaan ke-	Bahan Utama (Envelop/Burner)	Kondisi Balon	Keterangan
1	kawat + lilin	tidak terbang	tidak terbang karena kawat yang digunakan terlalu berat
2	Sedotan + lilin	tidak terbang	tidak terbang karena api nyala terlalu kecil dan menggunakan lilin
3	Sedotan + parafin	Terbang	Berhasil terbang karena ketika menggunakan Parafin untuk api yang menimbulkan
4	kawat kabel, aluminium foil & Parafin	Terbang sebentar	Bahan terlalu berat dan kurang besar
5	kawat kabel, aluminium foil, parafin, gelas arak	terbang ± 3 m	tidak ada beban yang dibawa api stabil dan tidak ada gangguan angin

Gambar 4. 6 Contoh Pengerjaan LKPD pada Tahap *Application*

Siswa melakukan pembuatan proyek dengan antusias dan mampu bekerja sama dengan kelompoknya sebagaimana disajikan dalam Gambar 4.7.



(i)

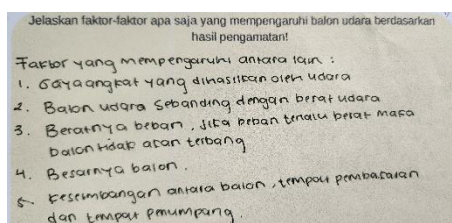


(ii)

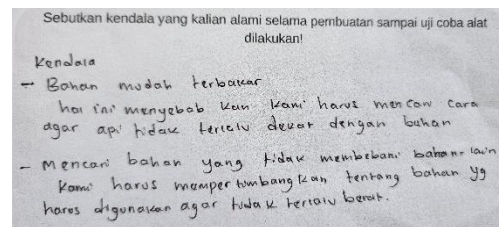
Gambar 4. 7 Contoh Pengerjaan LKPD pada Tahap *Application*

(i) Pembuatan Proyek Kel. 2, (ii) Pembuatan Proyek Kel. 5

Selain itu, siswa juga sudah mampu menuliskan faktor yang mempengaruhi kerja balon udara dan kendala yang dialami serta upaya perbaikan produk disajikan dalam Gambar 4.7.



(i)



(ii)

Gambar 4. 8 Contoh Pengerjaan LKPD pada Tahapan Menjawab Soal *Communication*

(i) Faktor yang mempengaruhi balon udara, (ii) Kendala selama pembuatan balon udara

Serta siswa mampu mempresentasikan hasil karyanya di depan kelas sebagaimana disajikan dalam Gambar 4.8.



(i)

(ii)

Gambar 4. 9 Contoh Dokumentasi Presentasi Siswa

(i) Presentasi Kel. 1, (ii) Presentasi Kel 4

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, LKPD berbasis STEM-PjBL sebagai perangkat pembelajaran dapat digunakan untuk mengetahui keterampilan *Engineering Design Process* (EDP). Hal ini dibuktikan melalui penerapan LKPD siswa menunjukkan aktivitas-aktivitas yang selaras dengan indikator-indikator keterampilan EDP. Siswa mampu memahami dan mengidentifikasi permasalahan yang sedang terjadi, sehingga siswa mampu menemukan solusi untuk menangani permasalahan tersebut. Siswa mampu mencari referensi terkait permasalahan yang mendukung usulan solusi. Siswa mampu mengeluarkan ide-ide dan imajinasinya untuk mengatasi permasalahan. Siswa mampu bekerja sama, berdiskusi untuk menganalisis dan memilih solusi yang paling tepat. Selain itu, siswa sudah mampu membuat rancangan desain solusi, membuat *prototype* dan bersemangat dalam melakukan uji coba dan melakukan perbaikan pada produk sampai produk berhasil bekerja dengan baik. Serta, siswa mampu mengkomunikasikan karyanya yaitu dengan melakukan presentasi dengan baik di depan kelas. Penelitian oleh Syukri et al. (2023) menyatakan bahwa *Engineering Design Process* (EDP) menekankan kepada pemecahan masalah yang dilakukan dengan beberapa prosedur untuk mengatasi permasalahan di dunia nyata. Serta penelitian yang dilakukan oleh Muttaqin (2023) menyatakan bahwa pembelajaran STEM-PjBL dapat melatih keterampilan abad 21 seperti keterampilan pemecahan masalah dan proses berpikir tingkat tinggi.

Engineering Design Process (EDP) adalah sebuah pendekatan sistematis yang digunakan oleh Insinyur untuk menemukan solusi dalam menyelesaikan masalah teknik. Proses EDP mencakup : *define the problem, gather pertinent information, generate multiple solutions, analyze and select a solution, and test and implement the solution*. Masing-masing indikator tersebut saling terkait dan dilakukan secara berulang untuk memastikan solusi yang efektif dan efisien, secara mendetail setiap indikator dijelaskan dalam pembahasan berikut:

4.2.1 *Define the problem*

Keterampilan EDP siswa pada indikator *define the problem* muncul dalam LKPD berbasis STEM-PjBL pada tahapan *reflection*. Pada tahapan ini disajikan studi kasus, dalam studi kasus siswa diarahkan untuk mengumpulkan informasi-informasi penting dalam studi kasus. Setelah menyebutkan informasi penting siswa kemudian diarahkan untuk memecahkan permasalahan apa yang terjadi dalam studi kasus dan solusi untuk mengatasinya. Tahapan *reflection*, siswa diarahkan ke dalam konteks masalah yang diawali dengan menyebutkan beberapa informasi penting dari sebuah studi kasus, menyebutkan informasi penting ini memudahkan siswa untuk mengidentifikasi permasalahan yang sedang terjadi. Penelitian yang dilakukan oleh Yuntawati et al. (2021) menunjukkan bahwa menyebutkan informasi dapat mengubah masalah menjadi lebih sederhana sehingga mempermudah dalam penyelesaian masalah. Namun, pada penelitian ini terdapat 5 kelompok terkategori sangat baik dalam menyebutkan informasi penting dalam studi kasus. Sedangkan data hasil LKPD menunjukkan hanya 2 kelompok yang terkategori sangat baik dalam mendefinisikan permasalahan setelah menyebutkan beberapa informasi penting. Hal ini dikarenakan dalam LKPD siswa hanya menuliskan solusinya saja tanpa menuliskan permasalahan apa yang sedang terjadi dalam studi kasus.

Berdasarkan informasi penting yang di dapat pada studi kasus, siswa mampu mendefinisikan masalah dan mampu mengidentifikasi solusi yang

sesuai untuk mengatasi permasalahan dalam studi kasus. Siswa mendefinisikan permasalahan yang terjadi yaitu terjadinya kecelakaan balon udara terparah di dunia yang disebabkan oleh kegagalan teknis, seperti kebocoran selang gas, kurangnya material bahan api dan lain-lain. Berdasarkan permasalahan tersebut siswa mampu mengusulkan solusi yang memungkinkan untuk menangani permasalahan kecelakaan balon udara. Siswa menuliskan solusi untuk mengatasi kecelakaan balon udara yaitu mengembangkan balon udara dengan teknologi keamanan yang lebih baik. Zulqarnain & Fatmahanik (2022) menyatakan bahwa *define the problem* atau mendefinisikan masalah merupakan salah satu langkah dalam memecahkan masalah. Mengajarkan keterampilan penyelesaian masalah kepada siswa dapat mendorong siswa untuk menjadi pengambil keputusan yang lebih kritis dalam kehidupan. Tahap ini mampu mengajak siswa untuk berpikir lebih peka, teliti, dan kritis terhadap suatu permasalahan. Oleh sebab itu, tahap *define the problem* merupakan tahapan krusial yang mempengaruhi tahapan EDP selanjutnya.

4.2.2 *Gather pertinent information*

Gather pertinent information atau mengumpulkan beberapa informasi terkait, pada indikator ini siswa diarahkan untuk mencari informasi terkait permasalahan dari berbagai sumber pustaka baik dari media digital maupun media cetak. Indikator *gather pertinent information* terdapat di LKPD berbasis STEM-PjBL pada tahapan *research* yang menyajikan beberapa *qr code* sumber referensi. Siswa dapat menjadikan sumber referensi tersebut untuk menemukan solusi dalam mengatasi permasalahan, namun hal tersebut tidak membatasi kebebasan siswa untuk mencari referensi dari sumber pustaka lain. Indikator *gather pertinent information* menurut data hasil observasi sebanyak 14 siswa dikategorikan baik dan sebanyak 5 kelompok terkategori baik berdasarkan data hasil LKPD. Siswa sudah mampu mencari informasi terkait permasalahan kecelakaan balon udara. Informasi yang didapatkan oleh siswa sebagian besar mengarah kepada prinsip kerja balon udara, alat dan bahan yang efektif untuk membuat balon udara dan faktor

keselamatan balon udara. Siswa mencari informasi-informasi tersebut melalui video Youtube, Google, dan Instagram. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sukarno (2019) bahwa penggunaan literasi digital di kelas membantu proses pemecahan masalah berjalan lebih lancar karena siswa memperoleh berbagai solusi untuk mengatasi permasalahan. Proses mengumpulkan informasi-informasi terkait memudahkan siswa dalam menginisiasi solusi yang efektif dan efisien untuk mengatasi permasalahan. Serta membuat permasalahan menjadi lebih sederhana sehingga lebih mudah untuk memecahkan permasalahan (Yuntawati et al., 2021).

4.2.3 *Generate multiple solutions*

Generate multiple solutions atau membuat beberapa solusi, pada indikator ini siswa diarahkan untuk membuat beberapa solusi, berimajinasi dan menghasilkan ide-ide dalam mengatasi permasalahan. Keterampilan EDP siswa pada indikator *generate multiple solutions* sebanyak 17 siswa terkategori baik berdasarkan data hasil observasi dan data hasil LKPD mayoritas terkategori sangat baik dari 4 aktivitas siswa pada indikator ini. Aktivitas siswa tersebut disajikan dalam LKPD berbasis STEM-PjBL yaitu pada tahapan *discovery*, pada tahapan ini siswa diarahkan untuk membuat rancangan desain balon udara, alat dan bahan, rincian biaya, serta langkah-langkah pembuatan balon udara. Siswa sudah mampu berimajinasi serta menghasilkan ide-ide untuk mengatasi permasalahan yaitu membuat balon udara. Siswa belajar mandiri dan menemukan hal baru yang belum diketahui berdasarkan pengetahuan awal siswa dan beberapa kutipan referensi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Schweder & Raufelder (2022) menyatakan bahwa memberikan kebebasan kepada siswa untuk belajar mandiri memberikan dampak perilaku belajar yang lebih adaptif. Siswa diberikan kebebasan dalam membuat rancangan desain balon udara, menentukan alat dan bahan, rincian biaya serta langkah pembuatannya. Siswa bekerja sama dan berimajinasi menghasilkan ide-ide untuk menemukan solusi permasalahan. Aktivitas menemukan/menghasilkan ide, merancang ide untuk menghasilkan produk dapat membantu siswa mengembangkan kemampuan

keaktivitasnya (Simanjuntak, 2019). Simanjuntak (2019) menyebutkan bahwa kemampuan kreativitas siswa dapat mempermudah memecahkan dan menjawab permasalahan.

Ide yang diusulkan oleh siswa memperhatikan prinsip kerja balon udara hingga keselamatan kerja balon udara. Ide yang diusulkan oleh siswa yaitu menentukan alat dan bahan yang efektif, siswa membandingkan beberapa alat dan bahan yang akan digunakan untuk membuat balon udara. Menurut Amelia & Nugrahanta (2024), proses pemilihan alat dan bahan dalam perancangan produk dan kemampuan kerja sama dengan temannya dapat meningkatkan kecerdasan sosial yang dimiliki oleh siswa. Siswa memikirkan beberapa desain balon udara dengan mempertimbangkan keberhasilan terbang dari balon udara tersebut. Siswa juga mempertimbangkan biaya dalam pemilihan alat dan bahan dengan harga yang terjangkau serta penulisan langkah pembuatan udara dilakukan dengan berdiskusi antar siswa dalam satu kelompok. Siswa menyumbangkan idenya untuk kemudian saling berkomunikasi dan berkolaborasi, bertukar pikiran, bekerja sama, berdiskusi, menilai alat, bahan, serta bentuk balon udara yang efektif dan efisien

4.2.4 *Analyze and select a solution*

Analyze and select a solution atau menganalisis dan memilih solusi, setelah siswa membuat beberapa ide solusi untuk mengatasi permasalahan, siswa kemudian diarahkan untuk menganalisis dan memilih solusi yang paling tepat untuk mengatasi permasalahan. Indikator *analyze and select a solution* ini muncul pada tahapan *discovery* di LKPD berbasis STEM-PjBL yang mengarahkan siswa untuk menemukan hal baru berdasarkan imajinasi dan gagasannya. Siswa diarahkan untuk menuliskan solusi yang dipilih setelah mempertimbangkan segi kualitas bahan, biaya produksi, prosedur pembuatan, dan desain rancangan serta alat dan bahan yang mudah di dapat juga dipertimbangkan untuk keberhasilan produk. Berdasarkan data hasil observasi indikator *analyze and select a solution* sebanyak 14 siswa memenuhi kategori baik dan mayoritas kelompok terkategori sangat baik dari 3 aktivitas siswa menurut data hasil LKPD yaitu dimulai dari pemilihan kualitas bahan, biaya

produksi, prosedur pembuatan, dan desain rancangan serta penentuan alat dan bahan. Pada LKPD dalam tahapan *discovery*, siswa menuliskan solusi yang dipilih yaitu rancangan desain balon udara. Siswa sudah mampu memperkirakan serta mempertimbangkan solusi yang paling tepat dari semua ide-ide yang sudah diusulkan dalam kegiatan solusi.

Berdasarkan pengalaman dan pengetahuannya, siswa melakukan pertimbangan pemilihan bahan yang akan digunakan, pertimbangan ini meliputi kekuatan bahan, kemampuan tahan api, hingga dari segi ukurannya. Terdapat 6 kelompok yang terkategori sangat baik dalam pemilihan alat dan bahan. Mayoritas siswa memilih bahan kresek dan plastik mulsa untuk bahan balon udara. Bagian bahan bakar siswa mayoritas siswa memilih menggunakan parafin dan kapas daripada kain yang cenderung berat. Menghubungkan pengetahuan awal dan pengalaman siswa dengan konteks permasalahan dapat membantu siswa untuk menemukan solusi (Zulqarnain & Fatmahanik, 2022). Siswa juga mempertimbangkan harga bahan yang akan digunakan, siswa memilih bahan yang mudah di dapat dan harga yang terjangkau. Selain kualitas dan harga bahan, siswa mempertimbangkan prosedur pembuatan balon udara, siswa mencari beberapa informasi terkait pembuatan balon udara. Mempertimbangkan dari berbagai aspek merupakan langkah yang sangat tepat dalam menganalisis dan memudahkan untuk menemukan solusi yang tepat. Kemampuan tersebut berkaitan dengan metakognisi, yaitu sebuah proses yang dapat membantu siswa untuk mengevaluasi, memantau, dan memperbaiki strategi pemecahan masalah dengan lebih reflektif (Vo et al., 2025)

Siswa memilih dan mempertimbangkan rancangan desain balon udara, dari ukuran panjang, lebar, dan diameter balon udara. Serta ukuran keranjang api yang akan digunakan. Terdapat 3 kelompok terkategori sangat baik dan 3 kelompok lainnya terkategori baik dalam membuat rancangan balon udara. Siswa mempertimbangkan ukuran balon udara dan keranjang api karena hal tersebut mempengaruhi tingkat keberhasilan balon udara. Ukuran balon udara yang dirancang oleh siswa rata-rata memiliki tinggi balon udara

sekitar 60 cm hingga 100 cm. Kebebasan yang diberikan kepada siswa dalam menentukan serta mempertimbangkan solusi, mendorong siswa untuk menganalisis alternatif solusi dengan lebih teliti dan komprehensif. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Schweder & Raufelder (2022) menyatakan bahwa memberikan kebebasan kepada siswa untuk belajar mandiri memberikan dampak perilaku belajar yang lebih adaptif.

4.2.5 *Test and implement the solution*

Test and implement the solution atau tahap uji coba dan menerapkan solusi merupakan indikator terakhir dari keterampilan *Engineering Design Process* (EDP). Indikator *Test and implement the solution* sebanyak 15 siswa terkategori baik berdasarkan data hasil observasi dan mayoritas kelompok terkategori sangat baik menurut data hasil LKPD dalam tahapan *application* dan *communication* karena siswa sudah mampu membuat *prototype* balon udara, melakukan uji coba balon udara, dan melakukan perbaikan serta mengkomunikasikan karya. Pada tahapan *application* yang terdapat dalam LKPD berbasis STEM-PjBL disajikan tabel pengamatan yang dirancang untuk mengarahkan siswa untuk mencatat kegiatan uji coba dan tahapan-tahapan perbaikan terhadap produk yang dikembangkan. Pada tahapan *application* ini, 4 kelompok terkategori sangat baik dan 2 kelompok terkategori baik. Hal tersebut karena siswa membuat *prototype* dengan berbagai macam bentuk sesuai dengan gagasan dan imajinasi masing-masing kelompok. Setelah *prototype* balon udara selesai dibuat, siswa melakukan uji coba, yaitu uji coba menerbangkan balon udara.

Proses uji coba dilakukan dengan beberapa prosedur, yaitu siswa melakukan analisis pada cara kerja balon udara apakah sudah sesuai dengan prinsip hukum Archimedes. Namun, jika kemudian ditemukan kekurangan pada balon udara sehingga menyebabkan balon udara gagal terbang maka, siswa melakukan perbaikan ulang terhadap produk balon udara. Penelitian yang dilakukan oleh Maulida (2022) menyatakan bahwa *prototype* yang dibuat perlu dilakukan evaluasi dan modifikasi hal ini karena *prototype* merupakan produk awal yang masih belum lengkap sehingga perlu adanya perbaikan.

Kegiatan uji coba dan perbaikan produk tersebut dicatat dalam tabel pengamatan pada LKPD. Mayoritas balon udara yang dibuat oleh siswa adalah bobot pembakar yang terlalu berat sehingga mengalami kesulitan untuk terbang. Siswa melakukan kegiatan uji coba dan perbaikan dilakukan secara berulang sampai balon udara berhasil terbang. Pembuatan *prototype* merupakan tahapan yang berkelanjutan sampai memperoleh hasil produk yang sesuai dengan keinginan pengguna (Maulida, 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Hare et al. (2024) menunjukkan bahwa kegiatan iterasi *prototype* yang melibatkan pengujian dan umpan balik secara bertahap mampu meningkatkan kualitas pengalaman belajar. Sehingga, kemampuan siswa dapat meningkat seiring dengan peningkatan kegiatan iterasi *prototype*. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Jensen et al. (2024) berfokus pada *co-design* dan prototyping bertahap menghasilkan produk yang lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna. Mayoritas siswa menemukan bahwa beban yang semakin ringan akan memudahkan balon udara untuk terbang. Selama tahapan *application* yaitu proses uji coba terdapat satu kelompok yang berhasil terbang membawa beban, yaitu balon udara kelompok dua berhasil terbang dengan beban maksimal yang bisa dibawa ± 2 gram. Hal ini dikarenakan ukuran balon udara yang dibuat oleh siswa cenderung kecil yaitu berkisar antara 60-100 cm.

Tahapan *communication* merupakan tahapan terakhir dalam LKPD berbasis STEM-PjBL, tahapan ini disajikan beberapa pertanyaan yang berfokus pada penerapan Hukum Archimedes pada balon udara dan kendala yang dihadapi selama kegiatan pembuatan proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas siswa sudah bisa menjelaskan penerapan Hukum Archimedes dalam prinsip kerja balon udara. Pendekatan STEM-PjBL yang diimplementasikan pada materi Hukum Archimedes dibuktikan oleh Lestari (2023) dan Parno et al. (2022) menunjukkan bahwa dengan melibatkan siswa dalam kegiatan iterasi proyek nyata, siswa dapat memahami konsep Archimedes melalui fenomena kehidupan sehari-hari dan mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah serta literasi fisika siswa.

Setelah itu, siswa mengkomunikasikan produknya dengan melakukan presentasi di depan kelas. Selain melakukan presentasi, siswa juga dituntut untuk memberikan dan menerima kritik dan saran dari siswa lain. Dalam hal ini, siswa sudah mampu melakukan presentasi, menerima pendapat dan memberi tanggapan antar kelompok. Hal ini membuktikan bahwa komunikasi yang efektif terjadi ketika pembicara dan pendengar memiliki hubungan timbal balik satu sama lain (Simanjuntak, 2019). Serta dalam tahapan *communication* siswa sudah mampu menggunakan bahasa Indonesia yang baik dan benar.

Penelitian ini memiliki keterbatasan, keterbatasan pertama yaitu waktu pembelajaran yang singkat menyebabkan proses pembuatan *prototype*, uji coba, dan pengambilan data dilakukan di rumah, sehingga keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) belum bisa teranalisis dengan baik. Keterbatasan selanjutnya, pada indikator *generate multiple solutions* mencantumkan beberapa alat dan bahan yang bisa digunakan dalam pembuatan produk. Sehingga, siswa bisa memilih alat dan bahan yang paling efektif menurut pertimbangan per kelompok. Hal ini menyebabkan siswa belum sepenuhnya menghasilkan ide pembuatan produk, disebabkan oleh alat dan bahan yang sudah tersedia. Selain itu, proses uji coba masih belum dilakukan secara maksimal

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil penelitian, didapatkan kesimpulan yaitu penerapan LKPD berbasis STEM-PjBL dapat digunakan untuk menganalisis keterampilan *Engineering Design Process* (EDP). Dibuktikan dengan indikator *define the problem, gather pertinent information, generate multiple solution, analyze and select a solution, dan test and implement the solution* mayoritas memenuhi kategori baik dan sangat baik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, berikut beberapa saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Proses desain dan pengujian prototipe balon udara terhambat karena keterbatasan waktu, sehingga durasi pengerjaan proyek perlu diperpanjang agar siswa dapat menyelesaikan seluruh tahapan *Engineering Design Process* (EDP) dan memahami serta mengatasi masalah teknis secara lebih mendalam. Selain itu, siswa dapat melakukan uji coba produk dengan lebih maksimal dan teliti, untuk memberikan pemahaman sains yang lebih luas.
2. Memberikan kebebasan yang lebih besar kepada siswa untuk menentukan sendiri alat dan bahan yang digunakan. Guru dapat memfasilitasi dengan memberikan batasan seperti fungsi dan karakteristik bahan dengan tetap mendorong siswa melakukan eksplorasi dan riset mandiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, A. S., Suprpto, N., Kholiq, A., & Mubarak, H. (2019). Students' responds in using Beboo to learn Static Fluid concept. *Journal of Physics: Conference Series*, 1171(1), 1–7.
- Akdag, O. (2022). A improved archimedes optimization algorithm for multi/single-objective optimal power flow. *Electric Power Systems Research*, 206(1), 107–116.
- Amelia, S., & Nugrahanta, G. A. (2024). Pengembangan buku teks tentang peradaban transportasi udara berbasis project based learning untuk menumbuhkan karakter kecerdasan sosial anak. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 4, 1663–1677.
- Anita, Y., Thahir, A., Komarudin, Suherman, & Dwi Rahmawati, N. (2021). Buku saku digital berbasis STEM: pengembangan media pembelajaran terhadap kemampuan pemecahan masalah. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(3), 401–412.
- Aslamiah, Abbas, E. W., & Mutiani. (2021). 21st-Century skills and social studies education. *The Innovation of Social Studies Journal*, 2(2), 82–92.
- Astuti, I. A. D., Bhakti, Y. B., & Sumarni, R. A. (2021). Identifikasi budaya menjemur padi “MOE” di Lebak sebagai sumber belajar berbasis etnofisika. *NUCLEUS*, 2(1), 33–38.
- Aziz, K. R. (2023). *Implementasi project base learning terintegrasi STEM melalui simulasi kincir angin untuk melatih keterampilan proses engineering*. Jember: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Fifth Edit). Sage Publication.
- De Bruijn, E. I. F., Bosveld, F. C., de Haan, S., & Heusinkveld, B. G. (2020). Measuring low-altitude winds with a hot-air balloon and their validation with Cabauw tower observations. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 37(2), 263–277.
- Dila, A. R., Putra, P. D. A., & Ahmad, N. (2024). Pengembangan LKPD berbasis engineering design process (EDP) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa SMP. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(1), 93–98.
- Elisabet, Relmasira, S. C., & Hardini, A. T. A. (2019). Meningkatkan motivasi dan hasil belajar IPA dengan menggunakan model pembelajaran project based learning (PjBL). *Journal of Education Action Research*, 3(3), 285–291.
- Erlinawati, C. E., Bektiarso, S., & Maryani, M. (2019). Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis STEM Pada Pembelajaran Fisika. *Prosiding*

Seminar Nasional Pendidikan Fisika, 4(1), 2527–5917.

- Fitri, S. F. N. (2021). Problematika kualitas pendidikan di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 5(1), 1617–1620.
- Franestian, I. D., Suyanta, & Wiyono, A. (2020). Analysis problem solving skills of student in Junior High School. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1), 1–5.
- Giancoli, D. C. (2014). *PHYSICS: Principles and Application* (7th ed.). USA: Pearson Education.
- Hare, R., Ferguson, S., & Tang, Y. (2024). Enhancing student experience and learning with iterative design in an intelligent educational game. *British Journal of Educational Technology*, 56, 551–568.
- Hasibuan, A. T., & Prastowo, A. (2019). Konsep pendidikan abad 21: kepemimpinan dan pengembangan sumber daya manusia SD/MI. *MAGISTRA*, 10(1), 26–50.
- Jensen, M. W., Nissen, R. N., Moreno, I. M., Bondah, F. E., Smalley, P. P., Pilcher, T. E., Jackson, K. M., Alba, A., & Kimmons, R. (2024). Platform development as an iterative process: an oer design case of edtech books. *International Journal of Designs for Learning*, 15(3), 45–62.
- Khamhaengpol, A., Sriprom, M., & Chuamchaitrakool, P. (2021). Development of STEAM activity on nanotechnology to determine basic science process skills and engineering design process for high school students. *Thinking Skills and Creativity*, 39, 1–7.
- Khandani, S. (2005). *Engineering Design Process*. Pleasant Hill: Saylor Press.
- Kristiani, K. D., Mayasari, T., & Kurniadi, E. (2017). Pengaruh pembelajaran STEM-PjBL terhadap keterampilan berpikir kreatif. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika III*, 266–274.
- Kurniahtunnisa, Anggraito, Y. U., Ridlo, S., & Harahap, F. (2023). STEM-PjBL learning: the impacts on students' critical thinking, creative thinking, communication, and collaboration skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(7), 5007–5015.
- Kurniawan, R. V. (2023). Analisis pemahaman konsep siswa pada topik fluida statis. *TEACHING: Jurnal Inovasi Keguruan Dan Ilmu Pendidikan*, 3(1), 67–73.
- Laboy-Rush, D. (2011). Integrated STEM education through project-based learning. *Learning.Com*, 12(4), 1–12.
- Lestari, I. F. (2023). Kemampuan pemecahan masalah siswa pada topik hukum archimedes menggunakan pendekatan STEM. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains (JPFS)*, 6(1), 8–13.

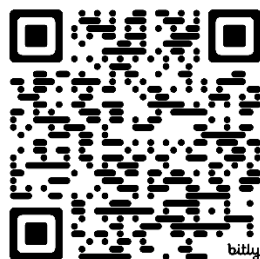
- Maulida, N. H. (2022). Studi literatur penerapan metoda prototype dan waterfall dalam pembuatan sebuah aplikasi atau website. *Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik*, 5(April), 4–6.
- Mulyani, T. (2019). Pendekatan pembelajaran STEM untuk menghadapi revolusi industry 4.0. *Seminar Nasional Pascasarjana 2019*, 453–460.
- Muttaqiin, A. (2023). Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) pada pembelajaran IPA untuk melatih keterampilan abad 21. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(1), 34–45.
- Nuhgraha, Y. A., Faujiyah, F., & Adhiharto, R. (2018). Review retooling dosen vokasi 2017 bidang design engineering & reverse engineering. *TEDC*, 12(1), 63–69.
- Parno, Nur'aini, D. A., Kusairi, S., & Ali, M. (2022). Impact of The STEM approach with formative assessment in PjBL on students' critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 2165(1), 1–10.
- Permata, A., & Bhakti, Y. B. (2020). Keefektifan virtual class dengan google classroom dalam pembelajaran fisika dimasa pandemi covid-19. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika Dan Riset Ilmiah)*, 4(1), 27–33.
- Pisano, A. (2017). *Physics for Anesthesiologists*. Naples: Springer International Publishing.
- Rizaldi, D. R., Jufri, A. W., & Jamaluddin, J. (2020). PhET: simulasi interaktif dalam proses pembelajaran fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(1), 10–14.
- Santosa, T. A., Razak, A., Lufri, L., Zulyusri, Z., Fradila, E., & Arsih, F. (2021). Meta-analisis: pengaruh bahan ajar berbasis pendekatan STEM Pada pembelajaran ekologi. *Journal of Digital Learning and Education*, 1(01), 1–9.
- Sari, R. T., & Angreni, S. (2018). Penerapan model pembelajaran project based learning (PjBL) upaya peningkatan kreativitas mahasiswa. *Jurnal VARIDIKA*, 30(1), 79–83.
- Schweder, S., & Raufelder, D. (2022). Examining positive emotions, autonomy support and learning strategies: Self-directed versus teacher-directed learning environments. *Learning Environments Research*, 25(2), 507–522.
- Sen, C., Ay, Z. S., & Kiray, S. A. (2020). A design-oriented STEM activity for students' using and improving their engineering skills: the balance model with 3D printer. *Science Activities-Projects And Curriculum Ideas In STEM Classrooms*, 57(2), 88–101.
- Simanjuntak, M. (2019). Membangun Ketrampilan 4 C Siswa Dalam Menghadapi Revolusi Industri 4.0. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Medan*, 3, 921–929.

- Soeharto, Csapo, B., Sarimanah, E., Dewi, F. I., & Sabri, T. (2019). A review of students common misconceptions in science and their diagnostic assessment tools. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 247–266.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (26th ed.). Alfabeta.
- Sukarno, F. M. (2019). Penggunaan model 5E berbasis STEAM untuk meningkatkan kreativitas dan hasil belajar siswa. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 3(2), 477–498.
- Syukri, M., Herliana, F., Maryono, M., Ngadimin, N., & Artika, W. (2023). Development of physics worksheet based on STEM integrating engineering design process (EDP) through guided inquiry model to improve students' critical thinking. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 9(2), 225–236.
- Syukri, M., Soewarno, S., Halim, L., & Mohtar, L. E. (2018). The impact of engineering design process in teaching and learning to enhance students' science problem-solving skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 66–75.
- Ulum, M. B., Putra, P. D. A., & Nuraini, L. (2021). Identifikasi penggunaan EDP (Engineering Design Process) dalam berpikir engineer siswa SMA melalui Lembar Kerja Siswa (LKS). *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 8(2), 53–63.
- Uzel, L., & Bilici, S. C. (2022). Engineering design-based activities: investigation of middle school students' problem-solving and design skills. *Journal of Turkish Science Education*, 19(1), 163–179.
- Vo, K., Sarkar, M., White, P. J., & Yuriev, E. (2025). Metacognitive problem solving: exploration of students' perspectives through the lens of multi-dimensional engagement. *Chemistry Education Research and Practice*, 26(1), 141–157.
- Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N. J., & Afifah, R. M. A. (2020). The steps of the Engineering Design Process (EDP) in science education: A systematic literature review. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(4), 1345–1360.
- Xue, X., Ahmad, N. J., & Liu, X. (2023). The development and validation of an EDP-STEM module-taking heat transfer, mechanics, and buoyancy as examples. *Journal of Turkish Science Education*, 20(4), 649–668.
- Yuntawati, Y., Sanapiah, S., & Aziz, L. A. (2021). Analisis kemampuan computational thinking mahasiswa dalam menyelesaikan masalah matematika. *Media Pendidikan Matematika*, 9(1), 34–42.
- Zulqarnain, M., & Fatmahanik, U. (2022). Identifikasi kemampuan pemecahan masalah kontekstual ditinjau dari gaya belajar siswa. *Jurnal Tadris IPA*

Indonesia, 2(3), 293–304.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

- Lampiran 1. Matriks Penelitian
- Lampiran 2. Lembar Pernyataan *Expert Judgement*
- Lampiran 3. Pedoman Wawancara
- Lampiran 4. Pedoman Observasi Keterampilan *Engineering Design Process* (EDP)
- Lampiran 5. Lembar Observasi Keterampilan *Engineering Design Process* (EDP)
- Lampiran 6. Kriteria Jawaban LKPD
- Lampiran 7. Rubrik Penilaian LKPD
- Lampiran 8. Modul Ajar Berbasis STEM-PjBL
- Lampiran 9. LKPD Berbasis STEM-PjBL
- Lampiran 10. Hasil Observasi Keterampilan *Engineering Design Process* (EDP)
- Lampiran 11. Contoh Hasil Pengerjaan LKPD Siswa
- Lampiran 12. Data Frekuensi Hasil Observasi Keterampilan *Engineering Design Process* (EDP) dan Penilaian LKPD Siswa Perkelompok
- Lampiran 13. Transkrip Wawancara
- Lampiran 14. Hasil Teknik Triangulasi
- Lampiran 15. Dokumentasi Kegiatan Penelitian
- Lampiran 16. Contoh Produk dari Kegiatan Proyek
- Lampiran 17. Surat Permohonan Izin Penelitian
- Lampiran 18. Surat Keterangan Penelitian



<https://bit.ly/lampiranskripsinailiafk>