

Identifikasi penggunaan EDP (*Engineering Design Process*) dalam berpikir engineer siswa SMA melalui Lembar Kerja Siswa (LKS)

Moch. Bachrul Ulum

Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Jember, Indonesia
Surat-e: bachrulum45@gmail.com

Pramudya Dwi Aristya Putra

Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Jember, Indonesia
Surat-e: pramudya.fkip@unej.ac.id

Lailatul Nuraini

Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Jember, Indonesia
Surat-e: lailatul.fkip@unej.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimanakah peran *EDP* dalam proses berpikir *engineer* siswa melalui LKS sebagai bahan ajar. Jenis penelitian ini adalah kualitatif dengan menggunakan metode studi kasus tunggal. Data dikumpulkan dengan observasi, wawancara, dan dokumentasi. Uji kredibilitas menggunakan triangulasi teknik dan *member check*. Hasil penelitian ini menunjukkan profil berpikir *engineer* masing-masing siswa berbeda-beda. Data yang diperoleh menunjukkan siswa dapat memberikan pemecahan masalah hingga memberikan desain solusi pada sintaks *EDP*. Siswa memberikan pemecahan masalah terjadi dalam sintaks *EDP* pada ruang lingkup masalah yaitu tahap *define*, dan *learn*. Sedangkan pada tahap *plan*, *try*, *test*, dan *decide* siswa dapat menghasilkan ide yang digunakan sebagai solusi pemecahan masalah berupa desain rekayasa dengan memberikan penjelasan yang jelas bagaimana solusi tersebut dapat bekerja optimal untuk digunakan.

Kata kunci: LKS, *EDP*, berpikir *engineer*

Abstract. This study aims to determine how the role of *EDP* in the thinking process student's engineers through student worksheets as teaching materials. This type of research is qualitative using a single case study method. Data were collected by observation, interviews, and documentation. Test using triangulation technique and member check. The results of this study show that each student's engineering thinking profile is different. The data obtained shows that students can solve problems to provide design solutions to the *EDP* syntax. Students provide solutions to problems that occur in the *EDP* syntax in the scope of the problem, namely the definition and learn stages. While at the stage of the plan, try, test, and decide students can generate ideas that are used as problem-solving solutions in the form of engineering designs by providing a clear explanation of how the solution can work optimally for use.

Keywords: LKS, *EDP*, think engineer

I. Pendahuluan

Lembar Kerja Siswa (LKS) adalah salah satu bahan ajar yang berupa lembaran berisi materi, ringkasan, dan petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran yang harus dikerjakan oleh peserta didik, baik bersifat teoritis/praktis, dan mengacu pada kompetensi dasar yang harus dicapai [1]. LKS merupakan bahan ajar yang sering digunakan oleh guru dalam proses pembelajaran. Oleh karena itu, LKS digunakan untuk menunjang kemampuan berpikir siswa dalam menemukan hasil pemikirannya sendiri dimana hal tersebut merupakan salah satu ciri keterampilan berpikir kritis [2], [3]. Penggunaan LKS dalam pembelajaran memiliki landasan filosofis sebagai pengetahuan yang tidak menggambarkan kenyataan dunia belaka, tetapi selalu merupakan

kontruksi kenyataan melalui subjek. Subjek membentuk skema kognitif, konsep, kategori, dan struktur dalam pengetahuan. Pengetahuan berasal dari struktur konsep seseorang yang kemudian dibangun (kontruksi) bukan dipersepsi secara langsung oleh indera. Semua pengetahuan adalah hasil konstruksi dari kegiatan yang dilakukan oleh seseorang [4].

Kurikulum 2013 menekankan proses pembelajaran berdasarkan pendekatan ilmiah. Sebagai fasilitator, guru bertugas membimbing proses sebagai orang yang menunjukkan dan mengenalkan kepada peserta didik tentang materi yang dibawakan dalam kegiatan belajar mengajar. Pemahaman materi akan lebih mudah diterima apabila guru menggunakan sumber belajar dan bahan ajar yang baik dan tepat. Oleh karena itu, bahan ajar LKS yang dikembangkan dengan pendekatan STEM dapat mempengaruhi aspek kognitif dan afektif siswa [5]. Sehingga, implementasi dari tujuan kurikulum 2013 dalam proses mengamati, menanya, mengolah, menyajikan, menyimpulkan, dan mencipta bisa terpenuhi.

Pembelajaran STEM melibatkan peserta didik dalam proses desain [6]. Desain adalah bagian integral dari pemikiran siswa di dunia STEM. STEM memiliki salah satu karakteristik yang harus terlihat dalam proses pembelajaran yaitu proses desain rekayasa atau *Engineering Design Process (EDP)*. Dalam pendapat ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*) menjelaskan *EDP* adalah proses merancang suatu sistem, komponen, atau proses untuk memenuhi kebutuhan yang diinginkan. *EDP* merupakan proses pengambilan keputusan, yang biasanya berulang dimana konsep sains, matematika, dan rekayasa dasar diterapkan dikembangkan untuk mencari solusi optimal dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan [7]. *EDP* merupakan model pembelajaran yang dapat digunakan guru untuk meningkatkan kemampuan memecahkan masalah pada pembelajaran dan mengenalkan disiplin rekayasa pada siswa [8].

Van Meeteren [9], menjelaskan *EDP* merupakan salah satu pendekatan model pembelajaran yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan memecahkan masalah dengan karakteristik sebagai berikut:

- a. Iteratif, artinya terdapat proses perulangan terhadap sekelompok intruksi.
- b. Terbuka, artinya terdapat banyak kemungkinan solusi yang ditemukan.
- c. Konteks, artinya digunakan dalam pembelajaran ilmiah yang meliputi matematika, dan konsep teknologi
- d. Stimulus terhadap sistem berpikir, pemodelan, dan analisis.

Pengajaran dan pembelajaran sains berdasarkan *Engineering Design Process* adalah pendekatan yang bisa melatih dengan lebih baik proses berpikir [10]. Dengan mengikuti kegiatan pembelajaran berdasarkan desain teknik, siswa akan belajar bagaimana menganalisis situasi dan mengumpulkan informasi yang relevan, mendefinisikan masalah, mengevaluasi dan menghasilkan ide secara kreatif, mengembangkan ide untuk menyelesaikan masalah secara efektif, serta menilai dan melakukan perbaikan pada solusi. Ini masuk sejalan dengan fungsi dan tujuan pembelajaran sains itu sendiri, yaitu mengembangkan sikap ilmiah melalui kegiatan praktis dan ilmiah di antara siswa [11].

Penelitian mengenai penggunaan *EDP* dalam proses pembelajaran pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Penelitian Berland [12], dilakukan kepada siswa SMA di Amerika Serikat dengan melibatkan penerapan konten matematika dan sains menghasilkan bahwa *EDP* mampu mengembangkan siswa dalam memecahkan suatu permasalahan dan memberikan solusi, dimana hal tersebut merupakan hasil dari kemampuan proses berpikir siswa sendiri. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Mifa [13], menghasilkan bahwa pembelajaran *EDP* dapat memunculkan kemampuan siswa dalam proses identifikasi masalah, menentukan solusi permasalahan, mendesain prototype, membuat model prototype alat pemecahan masalah dalam kategori baik. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Syukri [10], menghasilkan bahwa dampak proses *EDP* dalam pembelajaran dan pengajaran dapat meningkatkan keterampilan siswa dalam pemecahan masalah sains.

EDP memiliki dasar struktur analisis, sintesis, dan evaluasi. Struktur tersebut membuat siswa berperan sebagai *designer* atau perancang melalui analisis masalah, mensintesis sumber dan informasi ke dalam solusi, dan mengevaluasi solusi [14]. Berdasarkan pendapat tersebut, maka tahapan *EDP* yang dikembangkan oleh University of Minnesota & Purdue University Research Foundation [15], digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui peran peserta didik sebagai *engineer*.

Berdasarkan uraian pembelajaran *EDP* yang diintegrasikan pada LKS mampu membantu siswa dalam implementasi tujuan pembelajaran kurikulum 2013 dan perkembangan abad 21. Hasil akhir penelitian diharapkan menjadi landasan mengenai peran *EDP* dalam proses berpikir engineer siswa dengan menggunakan LKS sebagai bahan ajar. Selain itu juga sebagai referensi dan inovasi pengembangan bahan ajar LKS untuk pembelajaran di kelas.

II. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kualitatif dengan menggunakan metode study kasus tunggal (*single case study*). Kasus yang difokuskan dalam penelitian ini adalah implementasi pembelajaran STEM dengan penerapan *Engineering Design Process (EDP)* di SMAN Arjasa, Kabupaten Jember. Peneliti terlibat secara langsung dan menangani masalah tertentu yang dihadapi siswa. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari tahun ajaran 2020/2021. Partisipan pada penelitian ini terdiri dari 6 orang siswa yang terdiri dari 4 orang perempuan dan 2 orang laki-laki dalam satu kelas. Partisipan tersebut dipilih berdasarkan *purposive sampling* (pertimbangan tertentu) dan dibagi menjadi 2 kelompok yang berisikan 3 orang masing-masing kelompok.

Metode yang digunakan untuk pengambilan data pada penelitian ini yaitu observasi, wawancara, dan dokumentasi. Observasi dilakukan dengan mengamati proses pengerjaan LKS berbasis *Engineering Design Proses* yang dilakukan oleh masing-masing kelompok. Kemudian peneliti melakukan pencatatan dan pendokumentasian objek yang diamati secara sistematis berupa transkrip data verbal diskusi kelompok untuk memperoleh data yang diperlukan. Wawancara dilakukan kepada partisipan setelah mengerjakan LKS yang bertujuan untuk mengetahui informasi siswa setelah mengikuti pembelajaran *EDP*. Dokumentasi bertujuan untuk mengumpulkan berbagai bentuk data primer maupun sekunder baik berupa tulisan ataupun tidak tertulis yang akan membantu peneliti mendapatkan informasi lebih jelas terkait penelitiannya.

Uji kredibilitas data pada penelitian ini diperlukan sebagai pengecekan data untuk dilaporkan dengan data yang ditemukan di lapangan. Data yang dilaporkan tidak berbeda dengan data yang ditemukan. Data yang kredibilitas merupakan data yang konsisten dan cenderung valid. Memvalidasi data berarti peneliti menentukan kredibilitas dan keakuratan data melalui strategi triangulasi dan *member check* [16]. Oleh karena itu, uji kredibilitas yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Triangulasi Data

Triangulasi yang digunakan peneliti pada penelitian ini adalah triangulasi teknik atau metode. Peneliti menggunakan triangulasi teknik untuk menguji kredibilitas data dengan cara mengecek data kepada sumber yang sama dengan teknik yang berbeda. Data diperoleh peneliti dari observasi, wawancara, atau dokumentasi [17].

2. Member Check

Member check adalah proses peneliti meminta satu atau lebih peserta dalam penelitian untuk memeriksa keakuratan dari laporan yang didapatkan [16]. Tujuan *member check* adalah untuk mengetahui seberapa jauh data yang diperoleh sesuai dengan apa yang diberikan oleh pemberi data. Apabila data yang ditemukan disepakati oleh pemberi data berarti data yang didapatkan tersebut valid, sehingga semakin dapat dipercaya.

III. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Tahap *EDP* pada LKS terdiri dari enam tahap yang diadopsi dari desain yang telah dikembangkan STEM Center of Minnesota of University dan Purdue University [15]. Adapun tahapan tersebut dijelaskan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tahapan *Engineering Design Process*

| | |
|--|--|
| <i>Define the problem</i> | Ruang lingkup masalah: Siapa yang butuh apa karena mengapa? |
| <i>Learn about the problem</i> | Pengetahuan latar belakang yang dibutuhkan seperti apa: a. Pengetahuan sains atau matematika apa yang dibutuhkan? b. Bahan apa yang dibutuhkan? c. Apa yang telah dilakukan untuk menyelesaikan masalah? |
| <i>Plan a solution</i> | a. Menghasilkan ide solusi yang mungkin. b. Mengembangkan berbagai jalur solusi. c. Pilih solusi untuk dicoba. d. Mengembangkan rencana. |
| <i>Try a solution</i> | a. Masukkan rencana itu ke dalam tindakan. b. Pertimbangkan risiko dan cara mengoptimalkan kerja. c. Gunakan kriteria rencana untuk membangun <i>prototype</i> . |
| <i>Test a solution</i> | a. Pertimbangkan pertanyaan atau hipotesis yang dapat diuji. b. Kembangkan eksperimen atau rubrik untuk menentukan apakah solusi memenuhi kriteria, kendala, dan kebutuhan yang dinyatakan. c. Mengumpulkan dan menganalisis data. |
| <i>Decide whether solution is good enough</i> | a. Apakah pengguna dapat menggunakan desain untuk membantu mengatasi masalah? b. Apakah desain memenuhi kriteria dan batasan? c. Bagaimana desain dapat ditingkatkan berdasarkan hasil pengujian dan umpan balik dari klien? |

Pada tahap *define*, *learn*, dan *plan* siswa mengerjakan LKS secara individu. Tahap *define* dan *learn* merupakan langkah awal siswa dalam mengenal masalah yang diberikan oleh klien. Sedangkan pada tahap *plan* siswa sudah mulai berpikir mengenai rencana yang akan dikembangkan untuk menghasilkan solusi permasalahan. Adapun penjelasannya sebagai berikut:

a. Tahap *Define*

Tahap ini mengarahkan siswa untuk mendefinisikan fenomena (masalah) yang terjadi. Siswa mengetahui klien (orang yang membutuhkan), permasalahan yang dihadapi dan meminta bantuan agar permasalahan tersebut dapat terselesaikan. Dari hasil yang didapatkan terdapat kesesuaian dari hasil pengerjaan dan wawancara. Pada pengerjaan siswa paling banyak menjawab dengan baik memahami dari persoalan yang diberikan oleh [S₁], [U₁], [A₁], dan [C₂] sesuai dengan kriteria jawaban LKS yang diharapkan. Sedangkan siswa yang menjawab kurang memahami persoalan yang diberikan oleh [D₂], dan [W₂]. Artinya masing-masing partisipan memiliki perbedaan penerimaan informasi yang didapat dalam pendefinisian masalah.

b. Tahap *Learn*

Tahap ini mengarahkan siswa untuk memberikan pemecahan masalah melalui penggunaan konsep sains. Siswa juga memberikan alasan mengapa konsep tersebut digunakan sebagai bahan pertimbangan solusi yang akan dibuat. Dari hasil yang didapatkan terdapat kesesuaian dari hasil pengerjaan dan wawancara. Pada pengerjaan siswa paling banyak menjawab dengan baik memahami dari persoalan yang diberikan oleh [A₁], dan [C₂] sesuai dengan kriteria jawaban LKS yang diharapkan. Sedangkan siswa yang menjawab kurang memahami dari persoalan yang diberikan oleh [S₁], [U₁], [D₂], dan [W₂]. Artinya masing-masing partisipan juga memiliki perbedaan dalam pengetahuan yang diperoleh sebelumnya untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang dihadapi.

c. Tahap *Plan*

Tahap ini mengarahkan siswa untuk membuat rencana solusi (bendungan) yang sesuai dengan kriteria yang diberikan oleh klien. Siswa memperoleh informasi dari tahap sebelumnya, sehingga siswa sudah mulai memikirkan bagaimana solusi tersebut dapat memberikan jawaban dari permasalahan yang dihadapi oleh klien. Beberapa jawaban dari partisipan sebagai berikut:

- [A₁], “dalam membuat bendungan bahan atau material yang digunakan kuat dan tahan lama. Untuk membangun pondasinya diperlukan **konsep fisika menggunakan Tekanan Hidrostatik. Pondasi paling bawah dibangun dengan tebal dan lebar sedangkan semakin ke atas dapat dibuat seperti membentuk kerucut**”.
- [C₂], “pembuatan bendungan membutuhkan **pemahaman kontruksi, material dan bahan baku, perhitungan ukuran dan bentuk bendungan, pemaduan konsep fisika tekanan Hidrostatik dengan pondasi tebal di dasar sungai dalam pembuatan bendungan**, serta menambah kedalaman sungai untuk kebutuhan bendungan”.
- [S₁], “bendungan dengan pondasi yang kuat agar bertahan lama dan bisa terus mengairi persawahan Desa Kemantren. Hal-hal yang dibutuhkan yaitu bahan berkualitas, menggunakan konsep fisika Hukum Pascal, anggaran harus ditingkatkan, serta tenaga kerja yang berkualitas”.
- [U₁], “dengan menggunakan konsep fisika Tekanan Hidrostatik. Hal-hal yang dibutuhkan ialah dana sebesar Rp 30.000.000 untuk membeli bahan-bahan yang dibutuhkan untuk membuat bendungan yang kokoh dan tahan lama”.
- [D₁], “membuat bendungan yang besar dan panjang dengan alur mengikuti arah sawah. Bendungan dibuat bertingkat dan bersekat agar saat hujan air tetap mengalir dan saat kemarau air masih dapat mengalir karena masih dalam penampungan. Butuh pondasi yang kokoh agar saat arus air deras mengalir secara berkala selama beberapa tahun tidak merusak bendungan”.
- [W₂], “menggunakan bahan yang baik untuk alas bendungan agar mengurangi serapan air, seperti batu, tanah lempung, serta menggunakan pondasi yang pas agar bendungan bisa bertahan lama. Konsep fisika Tekanan Hidrostatik sangat diperlukan agar dapat meminimalisir adanya serapan”.

[A₁] dan [C₂] mengaitkan konsep fisika dengan memberikan alasan yang jelas dan mempertimbangkan informasi yang diinginkan oleh klien dalam membuat solusi dari rancangan bendungan yang akan dibuat. Sedangkan [S₁], [U₁], [D₂], dan [W₂] memberikan jawaban yang kurang mulai dari penggunaan konsep fisika dan memberikan alasan, serta pertimbangan informasi yang diinginkan oleh klien.

d. Tahap *Try*

Tahap ini mengarahkan siswa membuat desain atau rancangan solusi (bendungan) yang diinginkan oleh klien. Temuan yang didapatkan yaitu siswa mengalami kesulitan dalam memilih bahan-bahan yang digunakan untuk membangun bangunan bendungan dan kesalahan memberikan fungsi di setiap bahan yang akan digunakan. Hal tersebut dapat diatasi dari masing-masing kelompok dengan memberikan jawaban umum sesuai pengetahuan yang didapatkan dari proses diskusi ketika mengamati tukang bangunan membuat bangunan semestinya dengan bahan-bahan yang digunakan. Sedangkan kesalahan terjadi akibat tidak memberikan fungsi bahan sebagaimana mestinya. Adapun diskusi kelompok 1 sebagai berikut:

- [A₁] : Menurutku bahan dan material yang digunakan itu **harus kuat dan tahan lama**, terus buat bangun pondasinya juga perlu konsep fisika menggunakan **Tekanan Hidrostatik**. Pondasi yang paling bawah itu dibangun **dengan lebar dan tebal**, sedangkan **semakin ke atas kayak bentuk kerucut** itu tapi begini [sambil memperagakan menggunakan tangan].
- [S₁] : Kemudian Hukum Pascal juga ya sebagai daya tampung air. Jadi ketika musim hujan air tidak mengalir keluar, atau dengan kata lain dapat tertampung dan pada saat musim kemarau air dapat mengairi persawahan.
- [U₁] : Iya saya setuju, jadi ketambahan Hukum Pascal juga ya karena itu kita juga memperhatikan daya tampung pada musim hujan agar airnya tidak *mbleber* [Bahasa Jawa, mbleber = tumpah].

Sedangkan diskusi kelompok 2 sebagai berikut:

- [D₂] : Kalau mauku itu gini ya kita tetap memperhatikan konsep Hukum Pascal, bendungannya itu panjang, besar, dan air yang ditampung semakin banyak dan mampu tahan hingga musim kemarau.
- [W₂] : Kalau aku begini, kita juga harus memperhatikan penggunaan bahan pada alas bendungan seperti batu, tanah lempung, serta menggunakan pondasi yang pas agar bendungan bertahan lama.
- [C₂] : Kalau dari aku sepakat saja dengan pendapat kalian, tapi kita harus memperhatikan **kondisi sungai jadi untuk ukuran bendungannya disesuaikan bukan berarti sama dengan ukuran kondisi sungainya**. Yang penting **pondasi paling bawah bendungan harus**

tebal agar kuat akibat tekanan fluida. Untuk selainya sih tergantung kesepakatan bersama ya kita pilih mana yang cocok untuk desain ini.

Diskusi tersebut menghasilkan perencanaan daftar harga dan penggunaan bahan-bahan pembuat bendungan. Kedua kelompok memberikan desain penawaran bendungan serta harga pembuatan yang berbeda. Adapun rincian perbedaan kedua kelompok tersebut dijelaskan pada Gambar 1. Sebagai berikut.

| No | Alat dan Bahan | Fungsi | Jumlah Item | Harga |
|----|------------------|---------------------------------|-------------|---------------|
| 1 | Semen | Merekatkan | 100 bal | RP 6.000.000 |
| 2 | Batu besar | Sebagai pondasi | 4 rakup | RP 4.000.000 |
| 3 | Pasir | Campuran adonan perkuat | 3 rakup | RP 1.600.000 |
| 4 | Api | Campuran adonan perkuat | 100 bal | RP 2.000.000 |
| 5 | Gergaji | Mengotong kayu | 3 buah | RP 150.000 |
| 6 | Lem kayu | Perkuat kayu | 5 buah | RP 50.000 |
| 7 | Paku kecil | Pengikat kayu | 1 kg | RP 5.000 |
| 9 | Cangkul | Membuatkan adonan perkuat | 3 buah | RP 300.000 |
| 10 | Sekop | Pengambil adonan perkuat | 3 buah | RP 300.000 |
| 11 | Mesin malar | Sebagai pengaduk adonan perkuat | 2 buah | RP 2.000.000 |
| 11 | Tali kawat besar | Untuk mengukur | 50 meter | RP 200.000 |
| 12 | Batu besar | Penghubung kayu | 1 kg | RP 8.000 |
| 12 | Paku | Menutupi paku | 3 buah | RP 90.000 |
| 14 | Dranj kecil | Sebagai tambahan pondasi | 2 pickup | RP 1.800.000 |
| 15 | Asaman | Mengayak pasir | 3 buah | RP 225.000 |
| 16 | Timba | Mengambil adonan perkuat | 3 buah | RP 15.000 |
| 17 | Cerek | Mencampur adonan perkuat | 3 buah | RP 30.000 |
| 18 | Ampelas | Untuk mengampelas | 3 buah | RP 30.000 |
| 19 | Kerangka besi | Sebagai penyangga | 5 buah | RP 250.000 |
| 20 | Kerangka baja | Sebagai penyangga | 5 buah | RP 250.000 |
| 21 | Cat | Untuk mengikat | 4 kaleng | RP 240.000 |
| 21 | Dambu | Sebagai penyangga | 5 buah | RP 50.000 |
| 23 | Karang saku | Mengedahi batu kecil | 5 buah | RP 10.000 |
| 24 | Linggis | Mengotong kayu | 3 buah | RP 300.000 |
| 25 | Gerbak roda 1 | Mengangkut batu | 3 buah | RP 1.500.000 |
| 26 | Tali ukur | Untuk mengukur | 50 meter | RP 50.000 |
| 27 | Papan kayu | Sebagai penyangga | 5 buah | RP 250.000 |
| 28 | Karang goni | Mengedahi batu | 5 buah | RP 50.000 |
| 29 | Pompa diesel | Untuk menampi air | 3 buah | RP 3.000.000 |
| 30 | Kayu penyangga | Sebagai penyangga | 5 buah | RP 100.000 |
| | | | | RP 25.700.000 |

(a) Kelompok 1

| No | Alat dan Bahan | Fungsi | Jumlah Item | Harga |
|-------------|--------------------|----------------------|-------------|------------------|
| 1 | Semen | bahan dasar pondasi | 5 | RP 200.000,00 |
| 2 | Batu besar | alat bendungan | 3 | RP 2000.000,00 |
| 3 | Pasir | campuran semen | 5 | RP 4000.000,00 |
| 4 | Cangkul | mengali bendungan | 2 | RP 200.000,00 |
| 5 | Sekop | menyampur bahan | 3 | RP 1500.000,00 |
| 6 | Batu kerikil | alat bendungan | 3 | RP 2700.000,00 |
| 7 | Kapur | campuran pasir | 5 | RP 100.000,00 |
| 8 | Cetak | menatakan pinggiran | 5 | RP 50.000,00 |
| 9 | Timba/ember | wadah | 10 | RP 50.000,00 |
| 10 | kerangka besi | pondasi | 12 | RP 600.000,00 |
| 11 | cat ukuran 5 liter | melindungi bendungan | 10 | RP 120.000,00 |
| 12 | linggis | alat menggali | 3 | RP 300.000,00 |
| 13 | Gerbak roda 1 | memindah bahan | 2 | RP 1000.000,00 |
| 14 | Tali ukur | mengukur bendungan | 6 | RP 600,00 |
| 15 | Papan kayu | celakan pondasi | 20 | RP 1000.000,00 |
| 16 | Pasir sirtu | menahan bendungan | 10 | RP 3.000.000 |
| 17 | Batu besar | menutupi kayu | 3 | RP 24.000,00 |
| 18 | Paku | menutupi paku | 3 | RP 30.000,00 |
| 19 | Linggis | alat menggali | 2 | RP 200.000,00 |
| 20 | Sak | wadah pasir | 50 | RP 100.000,00 |
| 21 | Ayakan | menyaring pasir | 2 | RP 150.000,00 |
| 22 | Mesin Molen | mengaduk semen | 1 | RP 1000.000,00 |
| 23 | Paku tampar | mengukur | 10 | RP 50.000 |
| 24 | Skaf besi | pembatas | 4 | RP 1000.000,00 |
| 25 | Bor | Memasuki mur | 3 | RP 600.000,00 |
| 26 | Mur | menyatukani sekat | 5 | RP 40.000,00 |
| Total Harga | | | | RP 26.210.000,00 |

(b) Kelompok 2

Gambar 1. Perbedaan rincian dana dan pemilihan bahan-bahan pembuatan bendungan

Kelompok 1 sudah memberikan jawaban sesuai hasil diskusinya dengan memilih bahan-bahan yang sudah dipertimbangkan dan yakin serta memberikan fungsi bahan sebagaimana mestinya. Sedangkan kelompok 2 memberikan jawaban sesuai dengan hasil diskusinya dengan memilih bahan-bahan yang sudah dipertimbangkan dan yakin, namun terdapat kesalahan dalam memberikan fungsi bahan tidak sebagaimana mestinya.

e. Tahap Test

Tahap ini mengarahkan siswa untuk menggambar desain solusi yang disepakati kelompok. Pada saat mendesain siswa dapat memberikan rancangan bendungan sesuai ide bersama dan seolah-olah siswa dapat merancang bendungan yang selama ini mereka lihat. Kedua kelompok juga mengaitkan konsep fisika, dan perhitungan ukuran bendungan yang dipakai nantinya. Adapun kelompok 1 sebagai berikut:

Vignette 1

Menuliskan kriteria yang diminta oleh klien.

- [U₁] : Emm bendungan mempunyai lebar 3 meter tadi, kan hampir sama dengan batasan.
- [S₁] : Iya ditambahi 2,5 meter ketika musim hujan dan ½ meter ketika musim kemarau.
- [A₁] : Bendungan harus bertahan lama dengan anggaran biaya sebesar Rp 30.000.000
- [S₁] : Oke berarti gini ya, kriteria yang diminta oleh klien adalah bendungan yang mempunyai lebar 3 meter dan kedalaman 2,5 meter ketika musim hujan, dan ½ meter ketika musim kemarau serta bendungan harus bertahan lama dengan anggaran biaya sebesar Rp 30.000.000.

Vignette 2

Menuliskan batasan-batasan yang diinginkan klien.

- [U₁] : Ya sama seperti kriteria.
- [A₁] : Iya tulis sama seperti kriterianya.
- [S₁] : Oke setuju.

Vignette 3

Menuliskan data sains atau konsep yang dipelajari untuk mendukung ide desain.

- [S₁] : Menggunakan dua konsep tadi ya Tekanan Hidrostatik dan Hukum Pascal.
- [A₁] : Iya, **pondasi paling bawah dibangun tebal dan lebar sedangkan semakin ke atas semakin dibuat membentuk seperti kerucut.**
- [U₁] : Iya, seperti yang awal tadi Tekanan Hidrostatik dan Hukum Pascal.

Vignette 4

Memberikan alasan desain dapat bekerja dengan baik sesuai kriteria dan batasan-batasan yang ada.

- [A₁] : Ya tadi sesuai hitungan, kalau anggaran kita tidak lebih dari Rp 30.000.000 dan lebih efisien.
- [U₁] : Sama kuat dan kokoh.
- [S₁] : Setuju.

Sedangkan kelompok 2 sebagai berikut:

Vignette 1

Menuliskan kriteria yang diminta oleh klien.

- [C₂] : Dari aku bendungan harus kuat.
- [W₂] : Iya, tahan lama.
- [D₂] : Bendungan mampu menampung banyak air.

Vignette 2

Menuliskan batasan-batasan yang diinginkan klien.

- [W₂] : Kepala desa ingin membuat bendungan dengan ukuran 3 m dan kedalaman 2,5 m dengan dana Rp 30.000.000.
- [D₂] : Iya sip.
- [C₂] : Oke.

Vignette 3

Menuliskan data sains atau konsep yang dipelajari untuk mendukung ide desain.

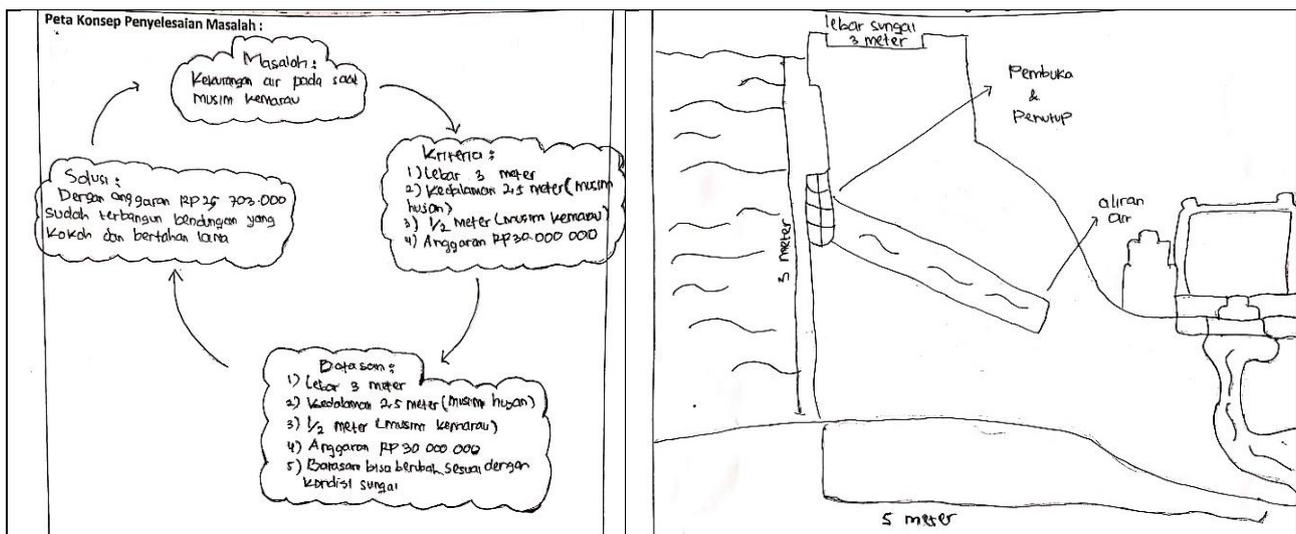
- [D₂] : Ya itu ya konsep Tekanan Hidrostatik.
- [C₂] : Iya, kalau aku **Tekanan Hidrostatik dengan bagian bawah bendungan dibikin tebal karena semakin ke dalam tekanan air semakin besar.**
- [W₂] : Menggunakan konsep fisika Tekanan Hidrostatik agar bertahan lama dengan penambahan tanah lempung.
- [D₂] : Iya, menggunakan konsep fisika Tekanan Hidrostatik karena alas dari bendungan ini menggunakan tanah lempung, batu, serta pasir untuk menahan tekanan dan mengurangi serapan air.

Vignette 5

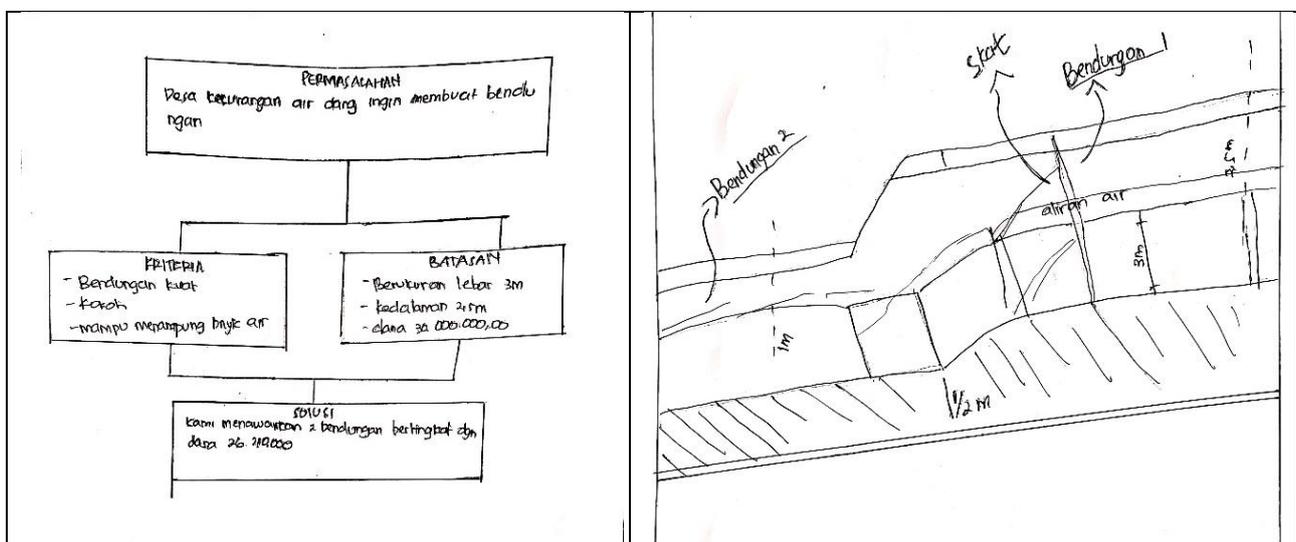
Memberikan alasan desain dapat bekerja dengan baik sesuai kriteria dan batasan-batasan yang ada.

- [D₂] : Ya tadi desain bendungan kita ini menggunakan dua bendungan agar menampung lebih banyak air dan memiliki sekat yang bisa dibuka ditutup untuk mengantisipasi banjir dan kekeringan.
- [C₂] : Terus sama tanah lempung tadi ya untuk memperkuat.
- [W₂] : Iya betul.

Hasil diskusi kedua kelompok tersebut menghasilkan peta konsep penyelesaian masalah dan desain rekayasa yang dibuat masing-masing kelompok yang ditunjukkan ditunjukkan pada Gambar 2. dan Gambar 3. sebagai berikut.



Gambar 2. Peta konsep dan desain rekayasa kelompok 1



Gambar 3. Peta konsep dan desain rekayasa kelompok 2

Temuan yang didapatkan dari kedua kelompok, pemahaman penggunaan konsep fisika untuk rancangan bendungan dengan alasan paling baik disampaikan oleh [A₁], dan [C₂]. Namun hasil akhir menjadi keputusan bersama masing-masing kelompok karena masing-masing desain bendungan berbeda. Sehingga didapatkan pada kelompok 1 sesuai dengan penggunaan konsep fisika dengan alasan yang relevan. Alasan tersebut digunakan sebagai acuan untuk menjawab permasalahan yang diberikan. Sedangkan pada kelompok 2 terdapat kesalahpahaman dalam penggunaan konsep fisika dengan alasan yang kurang relevan .

f. Tahap *decide*

Tahap ini mengarahkan siswa untuk memberikan kelebihan dan kekurangan masing-masing kelompok. Temuan yang didapatkan pada hasil penelitian, semua jawaban yang dikemukakan oleh siswa berasal dari pemahaman baru dan dari jawaban persoalan permasalahan sebelumnya. Di tahap ini masing-masing kelompok mempresentasikan hasil yang sudah dibuat. Adapun kelebihan dari kelompok 1 sesuai dengan solusi yang diharapkan oleh klien, namun kekurangannya ukuran bendungan tidak relevan dan tidak sesuai dengan informasi yang dijabarkan oleh klien yaitu mengenai kondisi sungai. Kondisi sungai sendiri sudah dijabarkan oleh klien kepada *engineer* agar memberikan solusi permasalahan. Sedangkan kelebihan yang diberikan kelompok 2 sesuai dengan harapan klien tidak melebihi anggaran dana yang ditetapkan, namun kekurangannya

yaitu pemahaman penggunaan konsep fisika dan memberikan alasan yang tidak relevan dari konsep fisika yang digunakan berasal dari pendapat [W2] yaitu:

[W2] : “menggunakan konsep fisika Tekanan Hidrostatik agar bertahan lama dengan penambahan tanah lempung”.

sedangkan kekurangan dari kelompok 2 sesuai dengan harapan klien namun biaya sedikit mahal dibandingkan kelompok 1. Adapun perbedaan pendapat mengenai kelebihan dan kekurangan desain masing-masing kelompok disajikan pada Tabel 2. sebagai berikut.

Tabel 2. Kelebihan dan Kekurangan Desain

| Nama Kelompok | Kelebihan Desain | Kekurangan Desain |
|---------------|---|---|
| Kelompok 1 | <ul style="list-style-type: none"> - Anggaran tidak melebihi dari Rp 30.000.000. - Kokoh dan tahan lama. | Masih memperhitungkan batasan-batasan sesuai dengan kondisi sungai. |
| Kelompok 2 | <ul style="list-style-type: none"> - Memiliki dua bendungan yang mampu menampung lebih banyak air. - Memiliki sekat yang bisa dibuka dan tutup untuk mengantisipasi peluapan air di bendungan 1. - Alas bendungan lebih kuat karena menggunakan tanah lempung. | Bendungan yang kita buat memiliki dana lebih besar. |

Analisis pada tahap *define* dan *learn* pada pengerjaan individu memberikan informasi bahwa siswa dapat mendefinisikan ruang lingkup permasalahan yang diberikan dan mempelajari pengetahuan latar belakang yang dibutuhkan yang ditemukan. Dari analisis yang diperoleh, terdapat kesesuaian jawaban antara hasil pengerjaan individu dan wawancara. Hasil wawancara juga memberikan kesesuaian informasi yang didapatkan sesuai dengan hasil pengerjaan diskusi kelompok. Tanggapan partisipan setelah diwawancarai memberikan kesan yang baik setelah mengikuti pembelajaran *EDP*. Adapun tanggapan tersebut yaitu “apakah anda merasa mempelajari konsep fisika, matematika, teknik, dan teknologi?” Kelima partisipan merasa mendapatkannya, tetapi [U₁] belum memberikan kesan mengenai konsep yang dipelajari. Adapun dokumentasi berupa data nilai hasil belajar fisika pada pembelajaran sebelumnya. Dari hasil analisis didapatkan nilai hasil belajar tidak mempengaruhi proses berpikir *engineer* masing-masing siswa. Seluruh partisipan memberikan solusi permasalahan sesuai dengan informasi yang didapat dan dari apa yang sudah dipelajari sebelumnya. Hasil penelitian ini mendapatkan gambaran proses berpikir *engineer* siswa. Hal ini dikarenakan siswa sudah mulai terarah, karena sudah melalui tahap di sintaks *EDP* sebelumnya yaitu *define*, dan *learn*. Pada tahap *define* siswa memperoleh informasi mengenai “siapa yang butuh apa karena mengapa” yaitu klien dengan permasalahan yang dihadapi meminta bantuan agar masalah tersebut cepat terselesaikan. Pada *learn* siswa memperoleh pemahaman dan mencari informasi mengenai pengetahuan latar belakang seperti apa yang akan dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Sehingga siswa dapat memunculkan solusi ditahap *plan* sebagai langkah awal untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi klien. Adapun solusi tersebut sebagai berikut:

- [A₁], “dalam membuat bendungan bahan atau material yang digunakan kuat dan tahan lama. Untuk membangun pondasinya diperlukan konsep fisika menggunakan **Tekanan Hidrostatik. Pondasi paling bawah dibangun dengan tebal dan lebar sedangkan semakin ke atas dapat dibuat seperti membentuk kerucut**”.
- [C₂], “pembuatan bendungan **membutuhkan pemahaman kontruksi, material dan bahan baku, perhitungan ukuran dan bentuk bendungan, pemaduan konsep fisika Tekanan Hidrostatik dengan pondasi tebal di dasar sungai dalam pembuatan bendungan**, serta menambah kedalaman sungai untuk kebutuhan bendungan”
- [S₁], “bendungan dengan pondasi yang kuat agar bertahan lama dan bisa terus mengairi persawahan Desa Kemantren. Hal-hal yang dibutuhkan yaitu bahan berkualitas, menggunakan konsep fisika Hukum Pascal, anggaran harus dilebihkan, serta tenaga kerja yang berkualitas”.
- [U₁], “dengan menggunakan konsep fisika Tekanan Hidrostatik. Hal-hal yang dibutuhkan ialah dana sebesar Rp 30.000.000 untuk membeli bahan-bahan yang dibutuhkan untuk membuat bendungan yang kokoh dan tahan lama”.

- [D₁], “membuat bendungan yang besar dan panjang dengan alur mengikuti arah sawah. Bendungan dibuat bertingkat dan bersekat agar saat hujan air tetap mengalir dan saat kemarau air masih dapat mengalir karena masih dalam penampungan. Butuh pondasi yang kokoh agar saat arus air deras mengalir secara berkala selama beberapa tahun tidak merusak bendungan”.
- [W₂], “menggunakan bahan yang baik untuk alas bendungan agar mengurangi serapan air, seperti batu, tanah lempung, serta menggunakan pondasi yang pas agar bendungan bisa bertahan lama. Konsep fisika Tekanan Hidrostatik sangat diperlukan agar dapat meminimalisir adanya serapan”.

Dari pendapat tersebut profil berpikir *engineer* masing-masing siswa berbeda-beda. Namun siswa sudah bisa memberikan pemecahan masalah dan pengambilan keputusan yang biasanya berulang pada konsep sains, matematika, dan rekayasa dasar untuk diterapkan dan dikembangkan dalam mencari solusi optimal agar tujuan yang telah ditetapkan tercapai [7] dan sesuai dengan harapan klien. Hal tersebut memberikan dampak positif dalam pembelajaran, karena dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah sains siswa dengan baik [10].

IV. Kesimpulan

Penggunaan *EDP* pada LKS dapat melatih siswa dalam proses berpikir *engineer*. Kemampuan siswa dalam memecahkan masalah berbeda-beda setiap pendapatnya dan sudah mulai terbentuk pada tahap sintaks *EDP define* dan *learn* dan memberikan solusi berupa desain rekayasa muncul dan mendapatkan dukungan pada tahap sintaks *EDP plan, try, test, dan decide*. Siswa dituntut bagaimana menyelesaikan masalah dengan memberikan solusi sesuai dengan kriteria yang diberikan oleh klien dan memberikan penjelasan penggunaan solusi yang dibuat dapat bekerja dengan optimal berupa desain rekayasa.

Kepustakaan

- [1] A. Prastowo, *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*, Yogyakarta: Diva Press, 2016.
- [2] S. H. Santoso and M. Mosik, Kefektifan LKS Berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematic*) untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran Fisika SMA, *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, vol. 8, no. 3, 2019.
- [3] J. Afriana, A. Permanasari and A. Fitriani, Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau dari Gender, *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, vol. 2, no. 2, pp. 202-212, 2016.
- [4] M. Mustika, E. Septaningrum and S. Susilawati, Pengaruh Penggunaan LKS dengan Pendekatan Saintifik pada Materi Objek IPA dan Pengamatannya terhadap Hasil Belajar IPA Kelas VII MTs Negeri 1 Semarang, *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, vol. 7, no. 1, pp. 63-71, 2016.
- [5] D. A. B. Lestari, B. Astuti and T. Darsono, Implementasi LKS dengan Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa, *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, vol. 4, no. 2, 2018.
- [6] J. Krajcik and I. Delen, Engaging learners in STEM education Engaging learners in STEM education, *Eesti Haridusteaduste Ajakiri*, vol. 5, no. 1, pp. 35-58, 2017.
- [7] T. F. Schubert Jr., F. G. Jacobitz and E. M. Kim, Student perceptions and learning of the engineering design process: an assessment at the freshmen level, *Research in Engineering Design*, vol. 23, pp. 177-190, 2012.
- [8] J. Mangold and S. Robinson, The engineering design process as a problem solving and learning tool in K12 classrooms, *ASEE Annual Conference & Exposition*, Atlanta, Georgia, 2013.
- [9] B. V. Meeteren and B. Zan, Revealing the Work of Young Engineers in Early Childhood Education, *SEED: Collected Papers from the SEED (STEM in Early Education and Development) Conference*, 2010.
- [10] M. Syukri, S. Soewarno, L. Halim and L. E. Mohtar, The Impact of Engineering Design Process in Teaching and Learning to Enhance Students' Science Problem-Solving Skills, *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, vol. 7, no. 1, pp. 66-75, 2018.

-
- [11] A. Widowati, S. Nurohman and P. Anjarsari, Developing Science Learning Material with Authentic Inquiry Learning Approach to Improve Problem Solving and Scientific Attitude, *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, vol. 6, no. 1, pp. 32-40, 2017.
- [12] L. Berland, R. R. Steingut and P. Ko, High School Student Perceptions of the Utility of the Engineering Design Process: Creating Opportunities to Engage in Engineering Practices and Apply Math and Science Content, *Journal of Science Education and Technology*, vol. 23, no. 6, pp. 705-720, 2014.
- [13] M. Mifa, Kemampuan Siswa Dalam Merancang Pemecahan Masalah Pencemaran Lingkungan Melalui Engineering Design Process (EDP). Skripsi. Bandung: Fakultas Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Bandung, 2017.
- [14] M. H. Hynes, Middle-school teachers' understanding and teaching of the engineering design process: a look at subject matter and pedagogical content knowledge, vol. 22, pp. 345-360, 2012.
- [15] EngrTEAMS, EngrTEAMS: Engineering to Transform the Education of Analysis, Measurement, and Science in a Team-Based Targeted Mathematics-Science Partnership, University of Minnesota & Purdue University Research Foundation, 2017.
- [16] J. W. Cresswell, Educational Research 4th Edition: Planning, Conducting and Evaluating Quantitative and Qualitative Research, PEARSON, 2012.
- [17] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Bandung: Alfabeta, 2016.