

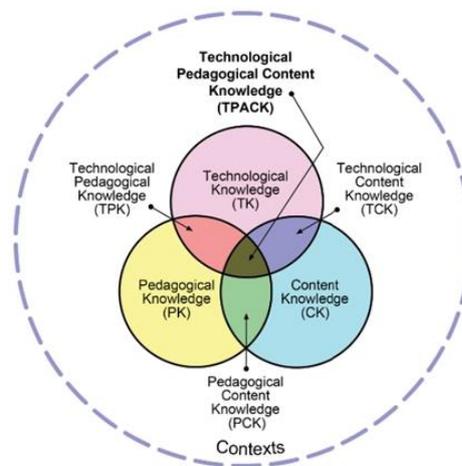
BAB 2 LANDASAN TEORI DAN DESAIN PRODUK

2.1 Kajian Teori

2.1.1 *Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)*

Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) adalah sebuah kerangka untuk menggabungkan teknologi dalam mengajar (Koehler et al., 2014). TPACK merupakan kerangka kerja bagi guru agar memahami jenis pengetahuan yang dibutuhkan oleh peserta didik untuk memaksimalkan kegiatan mengajar dan model dengan menggabungkan teknologi dalam pembelajaran.

Menurut Koehler et al. (2014) *Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)* memiliki tiga komponen utama, yakni *technological knowledge*, *content knowledge*, dan *pedagogical knowledge*. Adapun kerangka teori dari TPACK disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kerangka Teori TPACK

(Sumber: Koehler et al., 2014)

1. *Technological Knowledge (TK)*, meliputi pemahaman mengenai penggunaan *software* dan *hardware* komputer, peralatan presentasi contohnya dokumen presentasi dan teknologi lainnya yang digunakan dalam pendidikan. Selain itu, *technological knowledge* meliputi kemampuan untuk mempelajari teknologi baru. Mengingat akan perkembangan dan perubahan teknologi yang terus berjalan kemampuan ini perlu dimiliki bagi seorang guru.

2. *Content Knowledge (CK)*, berorientasi pada pengetahuan atau bidang disiplin ilmu atau materi pelajaran. Pada tingkatannya *Content Knowledge* ini memiliki perbedaan (contohnya perbedaan di sekolah dasar dan sekolah menengah). guru diharapkan menguasai kemampuan ini untuk mengajar. *Content Knowledge* berperan penting dalam menentukan karakteristik berpikir dari sebuah disiplin ilmu dalam setiap kajiannya.
3. *Pedagogical Knowledge (PK)*, mendefinisikan tujuan umum karakteristik pengetahuan untuk mengajar. Hal ini merupakan gabungan keterampilan guru yang harus dikembangkan agar mampu mengelola dan mengorganisasikan pengajaran dan kegiatan pembelajaran untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditentukan. Pengetahuan ini meliputi pemahaman aktivitas pengelolaan kelas, peran motivasi siswa, rencana pembelajaran, dan penilaian pembelajaran. Selain itu, *pedagogical knowledge* juga mendefinisikan pengetahuan dari metode mengajar yang berbeda-beda mencakup pengetahuan untuk mengetahui cara mengorganisasikan kegiatan di kelas supaya konstruksi pengetahuan peserta didik atau kegiatan pembelajaran berjalan kondusif.

Fungsi kerangka TPACK ini adalah sebagai teori atau konsep bagi guru mengenai kesiapan mengajar dengan efektif menggunakan teknologi. TPACK ini berfokus pada cara pengemasan teknologi yang dibentuk secara khas digunakan dalam kebutuhan pedagogis untuk mengajar konten yang tepat dalam konteks tertentu. Konsep dasar TPACK lebih menekankan pada hubungan antara konten (materi pembelajaran), teknologi dan pedagogi. Interaksi antara ketiga komponen tersebut memiliki kekuatan dan daya tarik untuk menumbuhkan pembelajaran aktif yang terfokus pada peserta didik. Penerapan pendekatan TPACK sangat cocok diterapkan pada pendidikan saat ini, namun untuk dapat mengimplementasikan TPACK dalam pembelajaran perlu adanya bahan ajar yang mendukung pada penerapannya (Setyawati et al., 2022).

2.1.2 Bahan Ajar

Bahan ajar merupakan segala jenis bahan baik yang tertulis maupun bahan tidak tertulis yang digunakan guru untuk membantu pelaksanaan kegiatan belajar mengajar (Depdiknas, 2008). Sementara itu menurut Magdalena et al. (2020) bahan ajar adalah materi yang disusun secara sistematis dan terencana oleh guru dari segi konten dan pedagogi dalam penerapan kegiatan pembelajaran di kelas, bahan ajar yang disusun harus memuat kegiatan evaluasi bagi peserta didik yang jelas, memudahkan guru dalam kegiatan mengajar serta dapat menunjang kegiatan belajar peserta didik. Berdasarkan beberapa pendapat yang telah dipaparkan dapat disimpulkan bahwa bahan ajar merupakan seperangkat bahan atau materi pembelajaran yang disusun secara sistematis baik tertulis maupun tidak yang digunakan sebagai alat bantu guru dan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran.

Berdasarkan panduan pengembangan bahan ajar Depdiknas (2008) salah satu kategori bahan ajar berdasarkan teknologi yang digunakan adalah bahan cetak yakni bahan yang pembuatannya melalui proses percetakan dimana penyajian informasinya melalui huruf dan gambar-gambar yang diilustrasikan. Adapun salah satu jenis bahan cetak yaitu lembar kerja peserta didik (LKPD). Hal ini sejalan dengan pendapat Nuzula & Putranto (2023) bahwa lembar kerja peserta didik (LKPD) merupakan bahan ajar sebagai bahan ajar berbentuk cetak meliputi halaman-halaman sebagai alat bantu dalam kegiatan pembelajaran.

2.1.3 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

Berdasarkan Panduan Pengembangan Bahan Ajar yang disusun oleh Depdiknas lembar kerja peserta didik merupakan lembaran-lembaran tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik, umumnya berupa petunjuk atau langkah-langkah untuk menyelesaikan sebuah tugas, dimana tugas tersebut telah disesuaikan dengan kompetensi dasar yang akan dicapai (Miqro et al., 2021). Sementara itu, menurut Prastowo (2015) Lembar Kerja Peserta Didik yaitu lembaran-lembaran berisi tugas, petunjuk pelaksanaan tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah disesuaikan dengan kompetensi dasar. Dari beberapa pendapat yang telah disebutkan diatas, dapat disimpulkan

bahwa LKPD adalah bahan ajar yang berisi petunjuk kegiatan belajar dan langkah kerja pengerjaan tugas pada materi tertentu atau aktivitas-aktivitas yang harus dikerjakan oleh peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran.

Menurut Prastowo (2015) terdapat lima jenis LKPD yang umum digunakan oleh peserta didik diantaranya.

- 1) LKPD penemuan, berisi tahapan-tahapan kegiatan yang harus dilakukan peserta didik. Tujuan dari LKPD ini yaitu untuk mengarahkan peserta didik dalam pelaksanaan kegiatan penemuan atau penyelidikan.
- 2) LKPD aplikasi integratif, tujuannya yaitu untuk melatih dan membiasakan peserta didik menerapkan konsep yang telah dipelajari di sekolah dalam kehidupan sehari-hari.
- 3) LKPD penuntun, berisi soal latihan yang jawabannya terdapat pada buku teks untuk membantu peserta didik menghafal dan memahami materi pembelajaran.
- 4) LKPD penguatan, diberikan kepada peserta didik setelah selesai mempelajari materi atau topik tertentu. LKPD ini bertujuan untuk penguatan, pendalaman, pengayaan dan penerapan dari materi pembelajaran yang sudah dipelajari.
- 5) LKPD praktikum, berisi prosedur atau langkah-langkah melakukan praktikum. LKPD ini digunakan untuk membantu peserta didik dalam melakukan sebuah praktikum untuk membuktikan sebuah konsep atau teori.

Terdapat enam unsur utama dalam LKPD menurut Prastowo (2015). Berikut adalah unsur-unsur yang terdapat dalam LKPD.

- 1) Judul
- 2) Petunjuk belajar
- 3) Kompetensi dasar atau materi pokok
- 4) Informasi pendukung atau dasar teori
- 5) Tugas atau langkah kerja
- 6) Penilaian

Menurut Prastowo (dalam Miqro et al., 2021) fungsi dari LKPD adalah sebagai berikut.

- 1) Sebagai bahan ajar yang lebih mengaktifkan peran peserta didik sehingga meminimalkan peran guru dalam kegiatan pembelajaran.
- 2) Sebagai bahan ajar yang memudahkan peserta didik untuk memahami materi yang diberikan.
- 3) Sebagai bahan ajar yang ringkas dan memuat tugas-tugas untuk berlatih.
- 4) Mempermudah guru dalam pelaksanaan kegiatan pembelajaran.

2.1.4 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD)

Pada umumnya, E-LKPD memiliki definisi, tujuan, dan fungsi yang sama dengan LKPD. Namun, E-LKPD berbentuk elektronik yang dalam penyajiannya menggunakan perangkat komputer, *smartphone*, laptop, atau semacamnya. Menurut Nianti et al. (2022) E-LKPD adalah bahan ajar berbentuk elektronik bertujuan untuk memudahkan peserta didik dan guru dalam kegiatan pembelajaran dengan bantuan *smartphone*, laptop dan komputer dengan tampilan yang lebih menarik karena dilengkapi dengan gambar, animasi, video dan audio. E-LKPD ialah salah satu bahan ajar berupa lembaran-lembaran berisi materi meliputi petunjuk kegiatan pembelajaran yang disusun secara sistematis bertujuan untuk membantu peserta didik belajar dengan baik (Palang et al., 2021). E-LKPD merupakan bahan ajar yang disusun secara sistematis sehingga menyajikan kegiatan pembelajaran dalam bentuk elektronik yang didalamnya terdapat gambar, audio, animasi, video, *game*, *virtual lab*, dengan tujuan peserta didik dapat memahami materi yang disampaikan (Novriani, Hakim, & Lefudin, 2021).

Dari beberapa pendapat yang telah disebutkan di atas dapat disimpulkan bahwa E-LKPD ialah lembar kerja peserta didik yang disajikan dalam bentuk elektronik menggunakan media digital yang dilengkapi dengan gambar, video, animasi, *virtual lab*, didalamnya terdapat petunjuk dan aktivitas-aktivitas yang harus dikerjakan oleh peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran yang akan dicapai.

Penyusunan E-LKPD harus memenuhi syarat-syarat tertentu agar dapat dinyatakan sebagai media penunjang kegiatan pembelajaran yang baik. Menurut

Murti & Puspitawati (2023) syarat-syarat penyusunan E-LKPD yang baik diantaranya:

- a. Syarat didaktik, E-LKPD memperhatikan perbedaan individu peserta didik dari segi pemahaman terhadap materi sehingga dapat digunakan secara umum oleh peserta didik.
- b. Syarat konstruksi, memuat penggunaan bahasa yang komunikatif, struktur kalimat jelas dan mudah dipahami oleh peserta didik sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai dengan baik.
- c. Syarat teknis, E-LKPD disajikan dengan jenis huruf, gambar dan tampilan yang menarik perhatian peserta didik dalam kegiatan pembelajaran.

Keuntungan menggunakan E-LKPD menurut Agustin et al. (2023) yakni (1) penggunaan E-LKPD dapat menghemat tempat dan waktu; (2) ramah lingkungan, karena tidak menggunakan kertas dan tinta; (3) tersedia sepanjang waktu, karena disajikan dalam bentuk digital; (4) dapat menghemat biaya.

2.1.5 Model Pembelajaran PODE

“Model pembelajaran *Predict-Observe-Discuss-Explain* (PODE) merupakan pengembangan model pembelajaran yang pertama kali diperkenalkan oleh White dan Gunston yaitu model pembelajaran POE (*Predict-Observe-Explain*)” (Wulandari et al., 2019). Tahapan diskusi merupakan kebaruan dari model PODE, dimana peserta didik diarahkan untuk berdiskusi sebelum menarik kesimpulan dari suatu fenomena yang nantinya akan dijelaskan oleh peserta didik (Cesariyanti et al., 2022). Model POE merupakan model pembelajaran yang menggunakan metode eksperimen dimulai dengan penyajian masalah. Peserta didik diarahkan untuk memberikan hipotesis terhadap kemungkinan yang terjadi, dilanjutkan dengan observasi atau pengamatan langsung terhadap suatu masalah dan kemudian melakukan percobaan untuk dapat menemukan kebenaran dari hipotesis awal dalam bentuk penjelasan.

Model PODE merupakan model pembelajaran yang efisien untuk menciptakan kegiatan eksplorasi bagi peserta didik mengenai konsep ilmu pengetahuan. Model ini melibatkan peserta didik dalam merumuskan suatu

hipotesis dari sebuah fenomena, melakukan observasi melalui demonstrasi atau eksperimen, melakukan diskusi dalam rangka meningkatkan keterampilan sosial, dan akhirnya menjelaskan hasil demonstrasi dan hipotesis mereka sebelumnya (Wulandari et al., 2019). Tujuan dari model PODE yakni untuk mengeksplorasi pengetahuan awal peserta didik dan memberikan kesempatan kepada setiap peserta didik untuk berperan secara aktif dalam proses pembelajaran (Irfan & Syahrani, 2018)

Dari beberapa pendapat yang telah disebutkan di atas dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *Predict-Observe-Discuss-Explain* (PODE) merupakan model pembelajaran yang dapat mengarahkan peserta didik dalam melakukan kegiatan eksplorasi mengenai konsep fisika yang dipelajari serta menjadikan peserta didik menjadi berperan aktif dalam kegiatan pembelajaran.

Langkah-langkah (sintaks) dalam model pembelajaran PODE menurut Irfan & Syamsuardi (2017) antara lain:

1. *Predict*, pada sintaks ini, peserta didik diminta untuk mengamati apa yang akan didemonstrasikan, kemudian diarahkan untuk berhipotesis (membuat dugaan awal) terhadap fenomena yang diamati.
2. *Observe*, dalam sintaks ini peserta didik diarahkan untuk melakukan sebuah percobaan atau guru melakukan sebuah demonstrasi dan meminta peserta didik untuk mencatat apa yang terjadi.
3. *Discuss*, pada sintaks ini peserta didik diarahkan untuk melakukan diskusi mengenai fakta-fakta yang telah diamati dari percobaan yang telah dilakukan.
4. *Explain*, pada tahap ini peserta didik diminta untuk menjelaskan hasil pengamatan yang telah dilakukan mengenai mengapa hal tersebut terjadi serta menjelaskan perbedaan antara hipotesis yang dibuat dengan hasil observasi.

Dengan langkah-langkah PODE (*Predict-Observe-Discuss-Explain*) yang diterapkan dalam proses pembelajaran, peserta didik akan lebih mudah untuk menghubungkan pengetahuannya dengan konteks yang nyata, menemukan konsep

fisika berdasarkan penemuannya sendiri, sehingga peserta didik mampu memecahkan berbagai permasalahan dalam konsep fisika (Cesariyanti et al., 2022).

Menurut Irfan & Syahrani (2018) terdapat alasan-alasan mengapa menggunakan model pembelajaran PODE dalam pembelajaran:

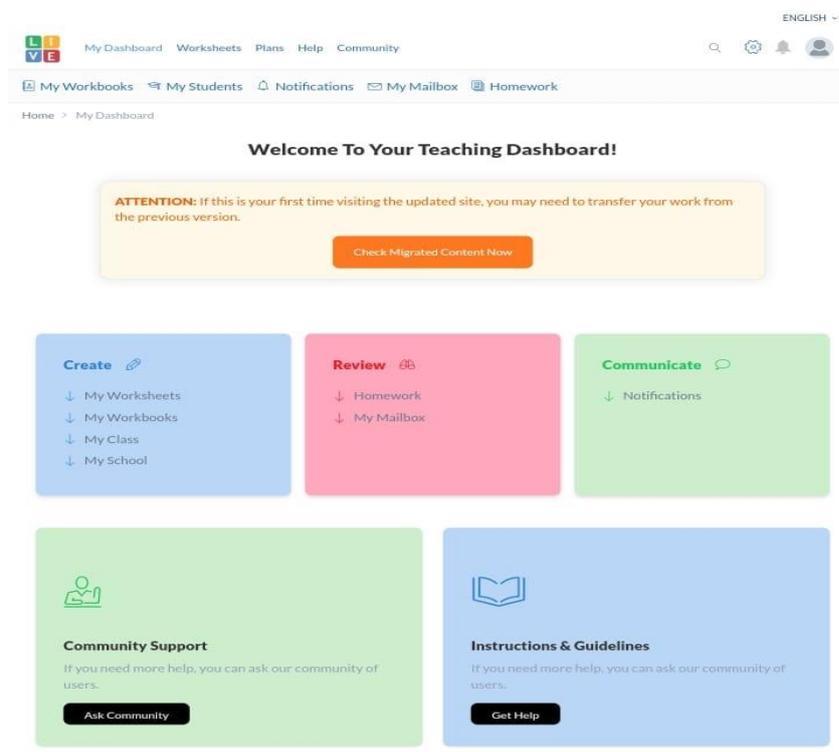
1. Peserta didik menyukai pelaksanaan pembelajaran menggunakan model PODE, dikarenakan peserta didik tidak hanya terbatas mendengarkan apa yang disampaikan oleh guru dalam proses pembelajaran, namun peserta didik turut aktif dalam kegiatan pembelajaran seperti melakukan sebuah demonstrasi mengenai materi yang dipelajari.
2. Kemampuan peserta didik akan berkembang dalam mengaitkan materi yang dipelajari dengan dunia nyata, dimana peserta didik dapat memberikan contoh dari sebuah konsep abstrak yang diberikan.
3. Dengan diterapkannya model ini dapat menarik perhatian peserta didik untuk mengikuti pembelajaran, dikarenakan pembelajaran yang dialami oleh peserta didik akan dirasa lebih menarik dan bervariasi.

2.1.6 Liveworksheet

Liveworksheet adalah sebuah *platform* yang tersedia bagi para guru untuk menggunakan E-LKPD yang telah tersedia maupun menyusun sendiri E-LKPD secara *online* dan interaktif (Fauziyah & Mulyani, 2023). Sementara itu, menurut Andriyani et al., (2020) *liveworksheet* merupakan *platform* gratis yang tersedia dalam mesin pencarian Google. *Platform* ini dapat memfasilitasi guru untuk mengubah lembar kerja peserta didik dalam bentuk dokumen, pdf, jpg atau PNG menjadi E-LKPD yang lebih interaktif sekaligus dapat mengoreksi jawaban-jawaban peserta didik secara otomatis. Situs *liveworksheet* ini dapat diakses di <http://www.liveworksheets.com/> secara gratis, akan tetapi pengguna harus mendaftarkan diri untuk mendapatkan sebuah akun. Pada *liveworksheet*, guru dapat memvariasikan bentuk soal yang akan digunakan dalam E-LKPD sesuai dengan kreativitas dan kebutuhan materi. Jenis soal yang terdapat dalam *liveworksheet* ini antara lain *single choice* (pilihan tunggal), *essay*, *checkboxes* (mencentang), *join*

with arrows (menghubungkan), *drag-drop* (tarik dan letakkan) maupun *listening-speaking* (mendengarkan-berbicara) (Hazlita, 2021).

Menurut Andriyani et al. (2020) keunggulan dari *liveworksheet* ialah mudah untuk digunakan, memudahkan akses pembelajaran bagi peserta didik dan guru, tampilan visual lebih menarik sehingga dapat memotivasi dan membuat peserta didik semangat dalam kegiatan pembelajaran. Selain itu, menurut Fauziyah & Mulyani (2023) kelebihan lain dari *liveworksheet* ini adalah ketika peserta didik telah menyelesaikan soal-soal yang terdapat dalam LKPD, sistem akan menampilkan skor peserta didik secara otomatis. Hal ini jelas memudahkan guru dalam proses penilaian LKPD.



Gambar 2.2 Halaman Awal *Liveworksheet*

Fitur yang tersedia dalam *liveworksheet* mudah dikenali sehingga mudah digunakan oleh pengguna baru. Berikut beberapa fitur yang tersedia pada *liveworksheet*.

1) *My Dashboard*

Pada fitur *my dashboard* terdapat fitur *my workbooks*, *my students*, *notification*, *my mail box* dan *homework*. Fitur *my workbooks* berfungsi untuk guru

menyimpan LKPD yang telah tersedia di *platform*. Pada fitur *my students* guru dapat memasukkan nama-nama siswa secara manual. Sebenarnya guru dapat menautkan menu ini kepada *link* sekolah, namun fitur hanya dapat digunakan jika sekolah sudah berlangganan dengan *platform* ini atau dengan kata lain sekolah harus berlangganan secara tahunan. Fitur *notification* berfungsi untuk mengetahui hasil pekerjaan peserta didik setelah menyelesaikan lembar kerja yang ditugaskan. Kemudian, fitur *my mail box* berisi lembar aktivitas yang telah dikerjakan peserta didik. Dan fitur *homework* berfungsi untuk menugaskan LKPD dengan waktu pengerjaan yang telah ditentukan.

2) *Worksheet*

Fitur *worksheet* berfungsi untuk mencari lembar kerja (*worksheet*) yang telah dibuat oleh guru lain. Dengan fitur ini guru dapat mencari tugas yang telah dibuat oleh guru lain dari seluruh dunia dengan mengetik kata kunci yang mereka inginkan atau dengan memilih bahasa dan juga tahun pembuatan tugas tersebut. Selain itu, fitur ini juga berfungsi untuk melihat lembar kerja yang telah dibuat oleh pengguna itu sendiri yaitu terdapat pada bagian *my worksheet*.

2.1.7 Momentum dan Impuls

Momentum adalah besaran yang menunjukkan ukuran kesukaran untuk memberhentikan gerak suatu benda. Momentum memiliki satuan kg m/s dan simbol \vec{p} . Secara matematis besaran momentum dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1)$$

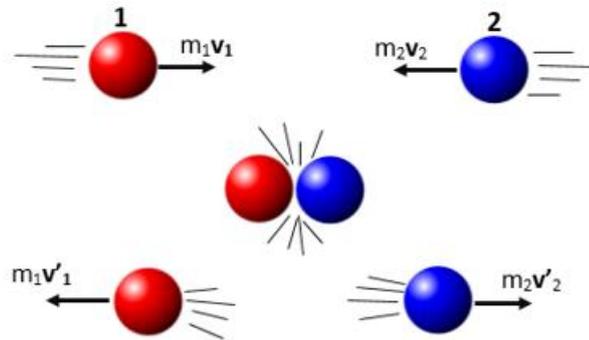
Perubahan momentum terhadap waktu dari suatu benda akan menghasilkan perubahan kecepatan benda terhadap waktu yang senilai dengan gaya luar yang dialami benda. Hubungan ini bisa dituliskan dalam bentuk persamaan:

$$\begin{aligned} \Delta\vec{p} &= m\Delta\vec{v} \\ \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} &= m \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \sum \vec{F} \end{aligned} \quad (2)$$

Perubahan kecepatan terhadap waktu akan sama dengan percepatan. Jadi perubahan momentum terhadap waktu adalah bentuk lain dari Hukum II Newton. Perubahan momentum $\Delta\vec{p}$ disebut dengan impuls (I).

1. Hukum Kekekalan Momentum

Apabila dua objek saling berinteraksi, setiap objek akan mengalami gaya aksi dan reaksi yang sama besar, seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tumbukan antara dua benda

(Sumber: Radjawane et al., 2022)

Dengan menggunakan definisi impuls dari penjelasan sebelumnya, maka keadaan ini secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \vec{F}_{aksi} &= -\vec{F}_{reaksi} \\ \frac{m_1(\vec{v}'_1 - \vec{v}_1)}{t} &= \frac{-m_2(\vec{v}'_2 - \vec{v}_2)}{t} \\ m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 &= m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Persamaan 3 dikenal dengan hukum kekekalan momentum, yang secara sederhana menyatakan bahwa, momentum total sebelum dan sesudah tumbukan adalah sama bila tidak ada gaya luar yang bekerja pada benda yang bertumbukan. Hukum ini akan berlaku pada keadaan apapun selama terjadi interaksi antara dua benda.

2. Jenis-Jenis Tumbukan

Saat dua benda bertumbukan, akan ada energi yang diubah menjadi energi lain dan akan berdampak pada perbedaan kecepatan relatif sebelum dan sesudah tumbukan. Rasio perubahan kecepatan relatif sesudah dan sebelum tumbukan

disebut dengan koefisien restitusi (e). Jenis tumbukan berdasarkan rasio tersebut dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

a. Tumbukan Lenting Sempurna ($e = 1$)

Tumbukan lenting sempurna terjadi ketika tidak ada energi sistem yang hilang saat bertumbukan. Dalam hal ini berlaku hukum kekekalan energi kinetik dan hukum kekekalan momentum. Tinjau tumbukan dari Gambar 1, dimana jumlah energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan adalah sama.

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 \quad (4)$$

Jika dihubungkan dengan hukum kekekalan momentum pada persamaan 3, maka diperoleh hubungan sebagai berikut.

$$\frac{-(\vec{v}'_2 - \vec{v}'_1)}{(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)} = \frac{-(\Delta \vec{v}')}{(\Delta \vec{v})} = 1 \quad (5)$$

Dari persamaan 5 dapat disimpulkan bahwa perubahan kecepatan relatif sebelum dan sesudah tumbukan adalah sama besar tapi berlawanan arah. Jenis tumbukan ini jarang terjadi di alam, tetapi untuk tingkat molekuler, tumbukan ini sering dijadikan sebagai asumsi.

b. Tumbukan Lenting Sebagian ($0 < e < 1$)

Pada tumbukan lenting sebagian, hukum kekekalan energi kinetik tidak berlaku karena adanya energi yang hilang saat terjadi tumbukan. Energi ini umumnya diubah menjadi panas atau bunyi. Pada tumbukan lenting sebagian hanya berlaku hukum kekekalan momentum saja dan koefisien restitusi tumbukan lenting sebagian mempunyai nilai di antara nol dan satu ($0 < e < 1$).

$$e = \frac{-(\vec{v}'_2 - \vec{v}'_1)}{(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)} \quad (6)$$

Tumbukan lenting sebagian sering terjadi dalam kehidupan sehari-hari.

c. Tumbukan Tidak Lenting Sama Sekali ($e = 0$)

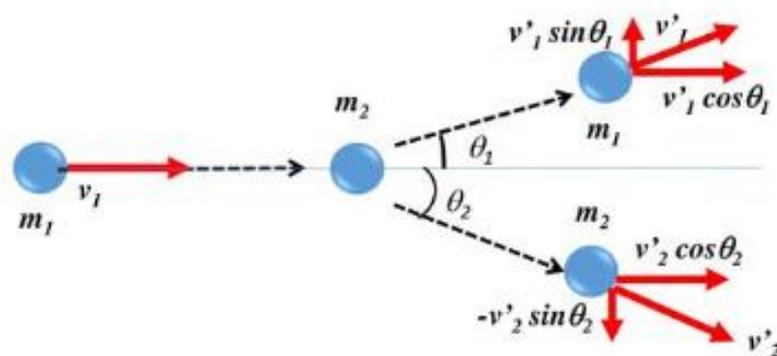
Pada tumbukan tidak lenting sama sekali, dua benda yang bertumbukan akan menyatu dan bergerak bersama-sama setelah bertumbukan. Sama halnya dengan tumbukan lenting sebagian, energi sebelum tumbukan akan lebih besar daripada energi setelah tumbukan. Karena kedua benda bergerak bersama, maka nilai koefisien restitusi pada tumbukan tidak lenting sama sekali adalah nol. Hal ini mengakibatkan kecepatan kedua benda akan sama setelah bertumbukan.

$$\frac{-(\vec{v}'_2 - \vec{v}'_1)}{(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)} = \frac{-(\Delta\vec{v}')}{(\Delta\vec{v})} = 0$$

$$\vec{v}'_2 = \vec{v}'_1 \quad (7)$$

d. Tumbukan 2 dimensi dan 3 dimensi

Pada umumnya, benda-benda yang bertumbukan akan bergerak di dalam suatu bidang (2 dimensi) ataupun dalam ruang (3 dimensi). Sebagai contoh, jika sebuah petasan meledak, maka serpihan-serpihannya akan menyebar ke berbagai arah. Untuk memecahkan persoalan gerak dalam ruang, bisa menggunakan metode penguraian vektor dengan hukum kekekalan momentum. Gambar 2.4 memperlihatkan bagaimana menguraikan komponen momentum dalam gerak 2 dimensi.



Gambar 2.4 Diagram tumbukan pada bidang

(Sumber: Radjawane et al., 2022)

Berdasarkan hukum kekekalan momentum linier, maka untuk komponen sepanjang sumbu x

$$m_1 v_1 = m_1 v'_1 \cos \theta_1 + m_2 v'_2 \cos \theta_2$$

Dan untuk komponen sepanjang sumbu y yaitu:

$$0 = m_1 v'_1 \sin \theta_1 - m_2 v'_2 \sin \theta_2$$

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Bagian ini memuat penelitian-penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan dan dianggap relevan/ mempunyai keterkaitan dengan topik yang akan diteliti. Hal ini diperlukan untuk menghindari terjadinya pengulangan penelitian dengan pokok permasalahan yang sama. Penelitian yang relevan dalam penelitian ini juga bermakna sebagai referensi yang mutakhir berhubungan dengan penelitian yang akan dibahas. Terdapat beberapa penelitian yang relevan, diantaranya sebagai berikut.

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan oleh Kajian et al. (2023) menghasilkan E-Modul berbasis *problem based learning* berbantuan *Liveworksheet*. Hal yang relevan dengan penelitian penulis yakni sama-sama menggunakan *Liveworksheet* sebagai *platform* yang pembantu dalam menyajikan produk. Perbedaannya dengan penelitian penulis yaitu penulis mengembangkan E-LKPD berbasis model pembelajaran PODE dengan model penelitian ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Fauziyah & Mulyani (2023) menghasilkan E-LKPD berbantuan *Liveworksheet* pada materi organ gerak manusia. Persamaan dengan penelitian penulis adalah sama-sama mengembangkan sebuah E-LKPD berbantuan *Liveworksheet* dengan metode penelitian dan pengembangan (R&D) model ADDIE. Perbedaannya yaitu terletak pada pokok materi dan produk pengembangannya dimana penulis mengembangkan E-LKPD berbasis model pembelajaran PODE dengan pokok materi momentum dan impuls.

Hasil penelitian Novriani, Hakim, & Lefudin (2021) menghasilkan sebuah E-LKPD materi momentum dan impuls berbasis android. Hal yang relevan dengan penelitian penulis yakni sama-sama mengembangkan sebuah E-LKPD pada materi momentum dan impuls menggunakan metode penelitian dan pengembangan (R&D)

model ADDIE. Perbedaannya yaitu penulis mengembangkan E-LKPD berbasis model pembelajaran PODE berbantuan *Liveworksheet*.

Penelitian yang telah dilakukan Nianti et al. (2022) menghasilkan E-LKPD berbasis *connecting, organizing, reflecting, extending* berbantuan *Liveworksheet* pada pokok bahasan asam basa. Hal yang relevan dengan penelitian penulis yaitu sama-sama mengembangkan sebuah E-LKPD berbantuan *platform Liveworksheet*. Adapun perbedaannya terletak pada model pembelajaran, pokok bahasan materi dan model metode penelitian, dimana penulis mengembangkan sebuah E-LKPD berbasis model pembelajaran PODE pada materi momentum dan impuls dengan menggunakan metode penelitian penelitian dan pengembangan model ADDIE.

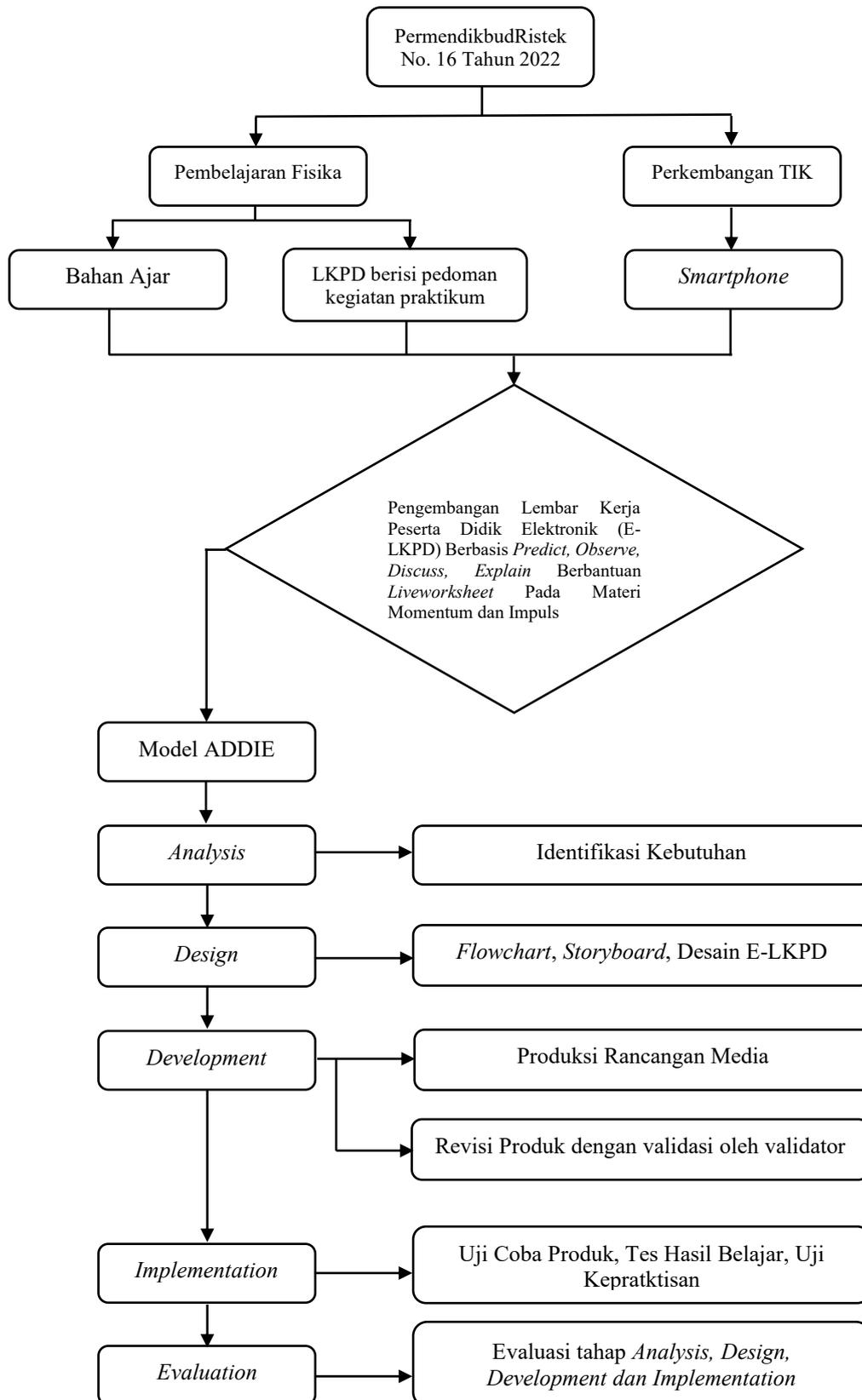
Penelitian yang telah dilakukan Cesariyanti et al., (2022) memperoleh hasil bahwa strategi pembelajaran PODE berbasis Vlab berpengaruh positif terhadap mahasiswa ketika melakukan kegiatan praktikum fisika medan magnet. Persamaannya dengan penelitian penulis yakni sama-sama menggunakan model pembelajaran PODE. Adapun perbedaannya terletak pada pokok materi dan metode penelitiannya, dimana penulis menggunakan metode R&D model ADDIE yang akan menghasilkan E-LKPD berbasis PODE berbantuan *Liveworksheet* pada pokok materi momentum dan impuls.

2.3 Kerangka Konseptual

Perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) akan berimbas pada berbagai sektor kehidupan, termasuk sektor pendidikan di Indonesia. Pemanfaatan teknologi dalam bidang pendidikan telah banyak direalisasikan di sekolah, salah satunya yaitu penggunaan bahan ajar yang dapat diakses melalui *smartphone*. Hal ini sejalan dengan PermendikbudRistek Nomor 16 Tahun 2022 tentang standar proses pendidikan anak usia dini, jenjang pendidikan dasar, dan jenjang pendidikan menengah. Yakni penggunaan perangkat teknologi informasi dan komunikasi untuk mencapai tujuan pembelajaran serta dapat memberikan pengalaman belajar yang berkualitas. Namun, penggunaan teknologi dalam pembelajaran ini kenyataannya belum optimal.

Studi pendahuluan merupakan langkah utama yang dilakukan oleh peneliti, yaitu menganalisis kondisi dan kebutuhan proses pembelajaran. Hasil studi pendahuluan diperoleh kebutuhan akan bahan ajar berupa LKPD yang dapat memotivasi peserta didik dalam belajar, memfasilitasi kegiatan observasi dan mengembangkan keterampilan proses serta dapat membantu peserta didik dalam memahami pembelajaran fisika yang kompleks seperti momentum dan impuls, sehingga E-LKPD menggunakan model PODE dengan *platform Liveworksheet* potensial untuk dijadikan bahan sebuah bahan ajar yang dibutuhkan. Karena model PODE merupakan model pembelajaran yang efisien untuk menciptakan kegiatan observasi bagi peserta didik mengenai konsep ilmu pengetahuan. Dan *liveworksheet* merupakan sebuah *platform* gratis yang dapat membantu **guru** dalam menyusun sebuah LKPD elektronik menjadi lebih interaktif.

Berdasarkan analisis tersebut peneliti berupaya untuk mengembangkan bahan ajar berupa E-LKPD berbasis model PODE dengan *platform Liveworksheet* pada momentum dan impuls. Penggunaan bahan ajar dimaksudkan untuk mengoptimalkan penggunaan *smartphone* dalam pembelajaran dan memfasilitasi kegiatan observasi sehingga dapat membantu peserta didik dalam memahami materi yang kompleks seperti momentum dan impuls. Adapun kerangka konseptual penelitian ini disajikan dalam Gambar 2.5.

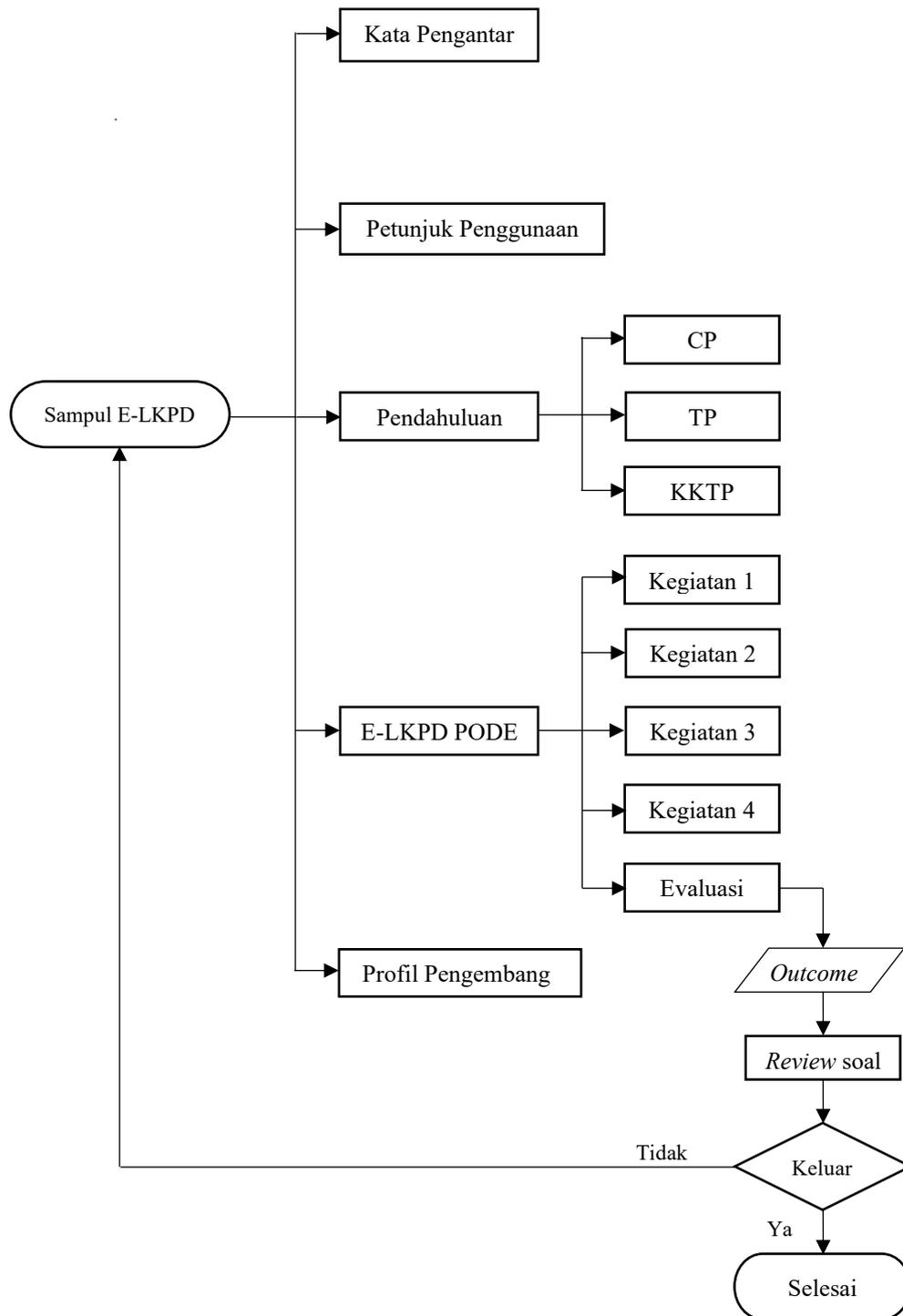


Gambar 2.5 Kerangka Konseptual

2.4 Desain Produk

Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini yaitu E-LKPD berbasis model pembelajaran PODE berbantuan *liveworksheet* pada materi momentum dan impuls. Desain awal produk dirancang dalam sebuah *flowchart*. *Flowchart* merupakan penggambaran dengan grafik dari tahapan-tahapan serta urutan prosedur dari sebuah program (Zalukhu et al., 2023). Perancangan E-LKPD ini memperhatikan unsur-unsur LKPD menurut Prastowo (2015) terdiri dari (1) judul; (2) petunjuk belajar; (3) kompetensi dasar atau materi pokok; (4) informasi pendukung atau dasar teori; (5) tugas atau langkah kerja; dan (6) penilaian.

Perancangan produk berupa *flowchart* (diagram alir) berguna untuk menggambarkan alur kerja E-LKPD berbasis model PODE berbantuan *platform liveworksheet* pada materi momentum dan impuls yang dapat digunakan oleh pengguna atau peserta didik. Pada *flowchart* menyajikan berbagai menu yaitu *cover* E-LKPD, kata pengantar, petunjuk penggunaan, pendahuluan, E-LKPD berbasis model PODE, dan profil pengembang. Perencanaan produk berupa *flowchart* disajikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Flowchart E-LKPD