

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Keterampilan komunikasi merupakan salah satu aspek keterampilan abad 21 (Mashudi, 2021). Menurut *The Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), keterampilan komunikasi mencakup kemampuan untuk mengekspresikan diri dalam berbagai cara, baik secara lisan maupun tertulis (OECD, 2019). Keterampilan komunikasi tertulis sangat penting dalam pembelajaran biologi. Keterampilan komunikasi tertulis membantu peserta didik menyajikan informasi ilmiah secara sistematis dan terstruktur (Muamala & Wulandari, 2024).

Komunikasi spesifik pada pembelajaran biologi diantaranya komunikasi sains (Wahyudin, dkk., 2023). Komunikasi sains adalah proses menyampaikan informasi secara sistematis dan terstruktur yang melibatkan penyampaian ilmu pengetahuan dan pemanfaatan teknologi yang telah menjadi bagian integral dari kehidupan modern (*National Academies of Sciences, Engineering, & Medicine*, 2017). Komunikasi sains dalam bidang biologi telah menjadi aspek penting dalam dunia penelitian dan pendidikan, terutama di era informasi saat ini. Komunikasi yang efektif dan pemanfaatan teknologi tidak hanya membantu dalam memahami materi biologi yang kompleks, tetapi juga dalam menyebarkan pengetahuan dan meningkatkan kesadaran tentang isu-isu biologis yang penting di masyarakat (Brittney & Borowiec, 2023).

Sebuah survei, ditemukan bahwa 90% ilmuwan menyatakan bahwa salah satu tantangan utama dalam komunikasi sains adalah anggapan bahwa orang yang bukan ilmuwan atau peneliti tidak perlu memiliki keterampilan komunikasi sains (Joubert & Falade, 2019). Pandangan ini berdampak negatif terhadap penyebaran ilmu pengetahuan, terutama di negara-negara berkembang yang memiliki tingkat pendidikan yang rendah (Berlin, 2019). Rendahnya keterampilan komunikasi sains di kalangan masyarakat umum terutama di negara-negara berkembang. Akibatnya, informasi sains yang sebenarnya sangat penting untuk kemajuan masyarakat menjadi kurang diperhatikan, menghambat perkembangan pengetahuan (Heyl,

2018). Kondisi ini juga berpengaruh besar terhadap pendidikan di sekolah. Komunikasi sains tidak dianggap penting bagi orang yang bukan ilmuwan, banyak sekolah di negara berkembang tidak memberikan perhatian yang cukup pada pengembangan keterampilan abad 21. Hal ini menyebabkan peserta didik tidak terlatih untuk menyampaikan atau memahami konsep-konsep ilmiah, terutama ketika berhadapan dengan materi yang kompleks (Weingart & Joubert, 2019).

Hasil studi pendahuluan berdasarkan wawancara terbuka dengan seorang guru biologi di salah satu SMA Negeri di Kota Bandung. Berdasarkan wawancara guru biologi menunjukkan bahwa ketuntasan materi sistem saraf hanya mencapai 30%. Hasil wawancara juga menunjukkan bahwa peserta didik kurang mampu dalam membaca grafik, tabel, dan menganalisis data. Studi pendahuluan menunjukkan bahwa pembelajaran materi sistem saraf di kelas masih mengandalkan metode konvensional dan kurang memanfaatkan teknologi digital, terutama *smartphone*. Meskipun pembelajaran kelompok sudah diterapkan, kurangnya penggunaan media pembelajaran yang inovatif membuat peserta didik sulit fokus dan kurang terlibat aktif dalam proses belajar. Berdasarkan hasil wawancara tiga peserta didik menunjukkan bahwa peserta cenderung senang ketika pembelajaran menggunakan teknologi, peserta didik merasa bosan jika hanya mengandalkan diskusi dan tugas.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi melatih keterampilan komunikasi sains adalah dengan menciptakan pembelajaran yang menarik agar peserta didik antusias dalam proses pembelajaran. Salah satu cara upaya dengan memanfaatkan teknologi. Teknologi yang begitu pesat di abad ke-21 menjadikan *smartphone* menjadi perangkat yang semakin canggih dan mudah digunakan. *Smartphone* kini menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan kita sehari-hari. Meningkatnya jumlah pengguna *smartphone* pun menjadi bukti betapa pentingnya peran perangkat pintar ini dalam kehidupan modern (Tecno, 2020). *User smartphone* saat ini banyak digunakan untuk internet. Berdasarkan data Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) melaporkan bahwa pada tahun 2024, jumlah pengguna internet di Indonesia mencapai 221.563.479 orang dari total populasi sebanyak 278.696.200 jiwa pada tahun 2023. Berdasarkan survei penetrasi internet Indonesia tahun 2024 yang dirilis oleh APJII, tingkat penetrasi internet di Indonesia mencapai 79,5%.

Angka ini menunjukkan peningkatan sebesar 1,4% dibandingkan dengan periode sebelumnya (APJII).

Penggunaan *smartphone* dalam pendidikan membantu peserta didik mengembangkan keterampilan digital yang penting di era modern. Keterampilan ini mencakup kemampuan mencari informasi, menggunakan aplikasi, dan berkomunikasi secara efektif melalui teknologi (Sange, 2023). Teknologi memegang peran penting dalam pembelajaran abad 21 dengan memfasilitasi media akses dan perangkat pembelajaran yang dibutuhkan untuk mengembangkan keterampilan abad 21 (Sinaga, 2023). Implementasi *smartphone* dalam pembelajaran memberikan manfaat berupa akses ke berbagai sumber belajar dan interaksi yang lebih efektif. Namun, penggunaan *smartphone* yang tidak bijak dapat berdampak negatif, seperti kejenuhan dan penurunan konsentrasi. Oleh karena itu, penting untuk mengatur penggunaan *smartphone* agar tidak mengganggu proses belajar (Zulfa & Mujazi, 2022).

Lembar kerja peserta didik Elektronik (E-LKPD) merupakan pengembangan dari Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) konvensional. E-LKPD hadir sebagai solusi inovatif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di era digital (JK dan Yuliani, 2021). E-LKPD dianggap sebagai salah satu langkah untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran pada era abad ke-21 (Suryaningsih dan Nurlita, 2021). E-LKPD menyajikan ringkasan materi materi dan latihan soal, umumnya disajikan dalam format elektronik seperti PDF, interaktif, atau berbasis web yang dapat diakses melalui perangkat elektronik seperti komputer atau ponsel (Yulaika, 2020). E-LKPD tidak hanya menghemat waktu dan tempat, tetapi juga mampu membangkitkan minat belajar peserta didik. Fleksibilitas dan interaktivitas E-LKPD menjadikannya alat pembelajaran yang efektif (Nurafriani dan Mulyawati, 2023). E-LKPD menyajikan berbagai elemen seperti video, gambar, audio, dan grafis, permainan edukatif, simulasi, tutorial interaktif, dan kuis online (Awe & Enda, 2019).

Physics Education Technology (PhET) merupakan salah satu alternatif pembelajaran sains (Wisma, 2022). *PhET* menyediakan simulasi di berbagai bidang, termasuk fisika, kimia, dan biologi (Sarwoto, dkk., 2020). Simulasi *PhET*

dapat memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan kontekstual, sehingga peserta didik dapat lebih mudah memahami konsep-konsep abstrak. *Platform* inovatif ini menawarkan berbagai simulasi interaktif yang memungkinkan peserta didik untuk memahami konsep-konsep biologi yang abstrak dengan cara yang menarik dan mudah dipahami (Kale dan Salazar, 2021). Simulasi *PhET* disajikan dengan ilustrasi yang menarik sehingga dapat meningkatkan keterampilan sains peserta didik (Badriyah, dkk., 2023).

Flipped laboratory adalah sebuah pendekatan pembelajaran inovatif yang membalikkan peran tradisional antara kelas dan laboratorium. Pembelajaran teori secara mandiri diluar kelas atau di laboratorium, biasanya melalui video pembelajaran, bacaan teks, sumber online, dan media online lainnya. Pembelajaran di kelas atau laboratorium waktu digunakan untuk melakukan eksperimen, praktikum, atau kegiatan diskusi (Mshayisa & Basitere, 2021). Pendekatan *flipped laboratory* sering melibatkan kerja kelompok, di mana peserta didik berkolaborasi untuk merancang eksperimen, diskusi, menjawab pertanyaan-pertanyaan. Pendekatan Ini meningkatkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi dalam konteks sains, yang sangat penting dalam lingkungan kerja modern (Cadas & Altum, 2023).

Sistem saraf merupakan materi pembelajaran biologi di tingkat SMA. Sistem saraf merupakan pusat koordinasi keseimbangan fisiologi dalam tubuh (homeostasis). Sistem saraf yang terdapat pada tubuh manusia terdiri atas unit-unit terkecil yang disebut neuron (Campbell, dkk., 2010). Pembagian materi sistem saraf dapat dikelompokkan menjadi kongkrit, prosedural, dan abstrak. Material sistem saraf sering dianggap sebagai materi yang sulit karena kompleksitas struktur dan fungsinya (Firdaus, 2020). Pemilihan materi ini didasarkan karena ada beberapa pertimbangan, diantaranya materi sistem saraf merupakan materi pembelajaran biologi yang dianggap sebagai topik yang kompleks dan abstrak sehingga sulit dipahami oleh peserta didik di tingkat sekolah menengah. Terutama konsep-konsep abstrak seperti potensial aksi dan neurotransmitter, seringkali menjadi tantangan bagi peserta didik (Pakpahan, dkk., 2020). Pembelajaran sistem saraf akan lebih menarik dan efektif jika diintegrasikan dengan berbagai teknologi inovatif dan

pendekatan pembelajaran aktif (Celine, dkk., 2022). *Flipped laboratory* yang menggabungkan E-LKPD berbasis simulasi seperti *PhET* dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan mendalam. Melalui simulasi, peserta didik dapat secara visual mengamati proses-proses kompleks dalam sistem saraf dan melakukan eksperimen virtual. Diskusi kelas yang dipandu oleh guru dapat mendorong peserta didik untuk mengomunikasikan hasil eksplorasi mereka, mengajukan pertanyaan, dan bertukar ide dengan teman sebayanya.

Hasil penelitian Triasari dan Raharjo (2022) menyatakan penggunaan E-LKPD interaktif terbukti efektif dalam membantu peserta didik menguasai konsep-konsep kompleks dalam sistem saraf. Namun, kendala waktu yang terbatas dalam pembelajaran tatap muka seringkali menjadi penghalang bagi peserta didik untuk mengeksplorasi secara menyeluruh semua fitur dan konten yang disediakan dalam E-LKPD. Hasil penelitian Nurason, dkk (2022) juga menunjukkan bahwa E-LKPD dapat meningkatkan keterampilan proses sains dengan bantuan simulasi *PhE*. E-LKPD berbantu simulasi *PhET* dapat meningkatkan keterampilan proses sains (KPS) salah satunya keterampilan komunikasi. Simulasi ini membantu peserta didik memahami konsep-konsep ilmiah yang abstrak dan melatih peserta didik dalam mengomunikasikan pemahaman tersebut secara efektif. Hal ini sejalan dengan penelitian Celine, dkk (2022) menyatakan bahwa Laboratorium virtual neurofisiologi dan simulasi *PhET* keduanya dirancang untuk mudah diakses secara online. Namun, simulasi *PhET* biasanya lebih mudah diakses karena tersedia secara gratis dan dapat dijalankan langsung di browser tanpa perlu instalasi tambahan. Hasil penelitian Muzana Simulasi *PhET* tentang neuron memungkinkan peserta didik untuk mengeksplorasi struktur dan fungsi neuron, termasuk proses seperti depolarisasi, repolarisasi, dan transmisi sinyal. Simulasi *PhET* menyajikan grafik yang menggambarkan aktivitas neuron, seperti potensi aksi dan perubahan *voltase*. Penggunaan simulasi *PhET* mendorong peserta didik untuk berdiskusi dalam kelompok dan memberikan masukan selama eksplorasi (Muzana, dkk., 2021). Hasil penelitian Costello, dkk., (2022) penelitian bahwa penerapan pre-laboratory activities (PLAs), peserta didik dipersiapkan sebelum sesi praktikum, memungkinkan peserta didik lebih focus dalam kegiatan laboratorium. Persiapan

yang baik, waktu di laboratorium/kelas dapat digunakan untuk mendalami materi, melakukan simulasi, dan berdiskusi tentang hasil yang diperoleh, sehingga meningkatkan pemahaman dan keterlibatan peserta didik dalam proses belajar. Hal ini sejalan dengan penelitian Lafiani, dkk (2022) bahwa melalui diskusi, peserta didik tidak hanya mengkonfirmasi pemahaman materi, tetapi juga melatih keterampilan komunikasi sains yang esensial untuk memecahkan masalah di era modern.

Media pembelajaran yang dikembangkan sebagai sarana pendukung proses pembelajaran adalah E-LKPD berbantuan simulasi *PhET* dengan pendekatan *flipped laboratory*. E-LKPD ini mencakup pembelajaran pra-kelas, simulasi, dan praktikum. Secara khusus, E-LKPD ini menyajikan materi sistem saraf. Penggunaan E-LKPD ini diharapkan dapat meningkatkan keterampilan komunikasi sains peserta didik, karena melibatkan mereka secara aktif dalam proses pembelajaran yang menarik. Nuansa menarik ini menjadi faktor penting dalam pembelajaran, di mana E-LKPD berbantuan simulasi *PhET* dengan pendekatan *flipped laboratory* memberikan pengalaman belajar yang aktif dan memungkinkan peserta didik untuk memahami topik secara menyeluruh. Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, penelitian ini dilakukan dengan judul “Pengembangan E-LKPD Interaktif Berbasis Pendekatan Kontekstual untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta didik pada Materi Sistem Saraf.”

B. Rumusan Masalah dan Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang dibuat didapatkan rumusan masalah : “Bagaimana Desain Lembar Kerja Peserta Didik berbasis Elektronik (E-LKPD) dengan menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* berbantu simulasi *PhET* untuk meningkatkan keterampilan komunikasi *sains*”. Selanjutnya dibuat pertanyaan penelitian yang akan dikaji sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbantu simulasi *PhET* menggunakan pendekatan *Flipped* pada materi sistem saraf ?
2. Bagaimana peningkatan komunikasi sains peserta didik pada kelas yang menggunakan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbantu

simulasi *PhET* menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* dan tidak menggunakan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbantu simulasi *PhET* menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* ?

3. Bagaimana kendala peserta didik terhadap Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbantu simulasi *PhET* menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* materi sistem saraf ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, terdapat tujuan umum dan khusus. Tujuan umum penelitian yaitu untuk menghasilkan desain Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbantu simulasi *PhET* menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* yang dapat meningkatkan keterampilan komunikasi sains pada materi sel neuron. Adapun tujuan khusus dari penelitian sebagai berikut :

1. Mendeskripsikan Bagaimana karakteristik Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbantu simulasi *PhET* menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* pada *sains* materi sel neuron.
2. Menganalisis peningkatan keterampilan komunikasi sains dengan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbantu simulasi *PhET* menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* dan tidak menggunakan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbantu simulasi *PhET* menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* untuk meningkatkan keterampilan
3. Menganalisis kendala peserta didik terhadap Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) berbantu simulasi *PhET* menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* untuk meningkatkan keterampilan komunikasi *sains* materi sistem saraf.

D. Manfaat

1. Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dalam penelitian yaitu diharapkan dapat berfungsi sebagai alternatif pembelajaran dan memberikan gambaran praktis tentang penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (E-LKPD) berbantu simulasi *PhET*

menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* untuk meningkatkan keterampilan komunikasi sains materi sistem saraf..

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Guru

Penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (E-LKPD) menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* berbantu simulasi *PhET* dapat memberikan motivasi kepada Guru untuk mengembangkan media pembelajaran yang inovatif, hingga menciptakan pembelajaran lebih menarik dan bermakna

b. Bagi Peserta Didik

Penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (E-LKPD) berbantu simulasi *PhET* menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* untuk Meningkatkan keterampilan komunikasi sains komunikasi pada materi system saraf dapat memberikan pengalaman belajar yang berbeda bagi peserta didik

c. Bagi Peneliti

Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (E-LKPD) berbantuan simulasi *PhET* dengan pendekatan *Flipped laboratory* dalam meningkatkan keterampilan komunikasi sains pada materi sistem saraf diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dalam pengembangan media pembelajaran. Selain itu, dapat menjadi contoh untuk penelitian selanjutnya dalam bidang yang sama.

d. Bagi Sekolah

Media E-LKPD berbantuan simulasi *PhET* menggunakan pendekatan *flipped laboratory* pada materi sistem saraf dapat digunakan sebagai media pembelajaran pada tahun ajaran berikutnya.

E. Kerangka Berpikir

Komunikasi sains adalah proses menyampaikan informasi secara sistematis dan terstruktur yang melibatkan penyampaian ilmu pengetahuan dan pemanfaatan teknologi yang telah menjadi bagian integral dari kehidupan modern (*National Academies of Sciences, Engineering, & Medicine*, 2017). Komunikasi sains dalam bidang biologi telah menjadi aspek penting dalam dunia penelitian dan pendidikan, terutama di era informasi saat ini (Lafiani, dkk., 2022). Sebuah survei, ditemukan

bahwa 90% ilmuwan menyatakan bahwa salah satu tantangan utama dalam komunikasi sains adalah anggapan bahwa orang yang bukan ilmuwan atau peneliti tidak perlu memiliki keterampilan komunikasi sains (Joubert & Falade, 2019). Pandangan ini berdampak negatif terhadap penyebaran ilmu pengetahuan, terutama di negara-negara berkembang yang memiliki tingkat pendidikan yang rendah (Berlin, 2019). Rendahnya keterampilan komunikasi sains di kalangan masyarakat umum terutama di negara-negara berkembang (Heyl, 2018). Indikator dari komunikasi sains ini diantaranya peserta didik dapat menggambarkan sebuah data yang empiris berdasarkan hasil percobaan, menyusun dan melaporkannya secara sistematis, mampu menjelaskan hasil pengamatan atau percobaan, serta mampu membuat dan membaca grafik, tabel, diagram, gambar, atau bentuk yang sejenis dengan tepat (Rustaman, 2007; Suryani, dkk, 2022).

Upaya yang dapat dilakukan untuk melatih keterampilan komunikasi sains adalah dengan menciptakan proses pembelajaran yang menarik agar peserta didik antusias dalam mengikuti proses pembelajaran. Salah satu cara untuk menarik minat belajar peserta didik adalah dengan penggunaan bahan ajar dan media pembelajaran yang menarik seperti Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD). Media pembelajaran yang mengarah pada pembelajaran abad 21 ini mengedepankan pada pembelajaran yang berbasis teknologi dan informasi, salah satunya penggunaan E-LKPD (Suryaningsih dan Nurlita, 2021). E-LKPD umumnya disajikan dalam format elektronik seperti PDF, interaktif, atau berbasis web, dan dapat diakses melalui perangkat elektronik seperti komputer, laptop, tablet, atau *smartphone* (Trissa dan Raharjo, 2022). Lembar kerja peserta didik elektronik memiliki kelemahan dan kekurangan dalam penggunaannya. Kelebihan E-LKPD yaitu dapat digunakan secara fleksibel tanpa terikat oleh batas ruang dan waktu, tidak perlu menggunakan kertas, sehingga dan E-LKPD dapat dilengkapi dengan fitur-fitur menarik (Nurafriani & Mulyawati, 2023). Oleh karena itu, perlu dikembangkan media E-LKPD dengan tahapan pengembangan 3D yaitu: *Define* (pendefinisian) meliputi studi literatur dan wawancara pendidik. Kemudian dilanjutkan dengan tahap *Desaign* (Perencanaan) yang meliputi validasi soal, uji coba soal, validasi media dan uji coba keterbacaan, selanjutnya tahap *Development*

yaitu terdiri dari uji validitas, uji kepraktisan pendidik, uji keterbacaan (Sukmadinata, 2017).

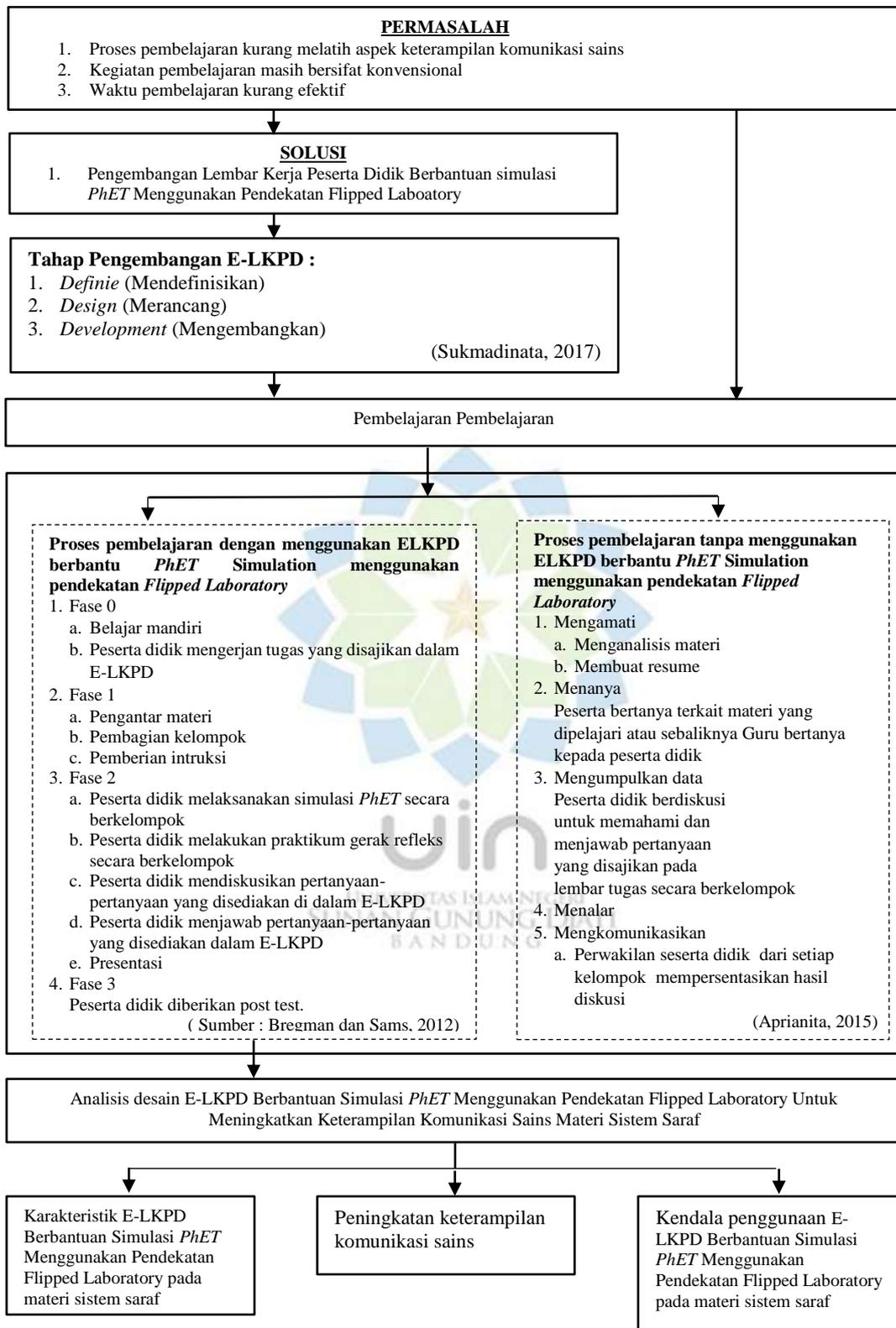
Pertimbangan penggunaan media dalam pengembangan bahan ajar E-LKPD berbantu simulasi *PhET* menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* diharapkan layak untuk digunakan sebagai media yang dapat membantu peserta didik dalam memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak. Hasil penelitian Nurason (2022) juga menunjukkan bahwa E-LKPD dapat meningkatkan keterampilan proses sains dengan bantuan simulasi *PhE*. E-LKPD berbantu simulasi *PhET* dapat meningkatkan keterampilan proses sains (KPS) salah satunya keterampilan komunikasi. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Flipped Laboratory*. Langkah-langkah pembelajaran *Flipped laboratory* menurut menurut (Bregmann & Sams , 2012), yaitu fase 0 Peserta didik belajar mandiri; fase Pembelajaran di kelas untuk melakukan kegiatan belajar mengajar dan mengerjakan tugas yang berkaitan 1; fase 2 praktikum atau simulasi, diskusi, kerja kelompok, menjawab pertanyaan; fase 3 Mengukur pemahaman peserta didik.

Materi sistem saraf merupakan salah satu materi pembelajaran biologi yang disajikan kelas XI SMA/MA pada semester genap. Adapun dalam merancang proses pembelajaran, berdasarkan kompetensi inti dan kompetensi dasar. Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) yang harus dipahami oleh peserta didik dalam kurikulum 2013 yang telah direvisi. Merujuk Permendikbud nomor 37 Pada tahun 2018 tentang KI dan KD. Kompetensi Inti (KI) adalah keterampilan dasar yang harus dimiliki oleh peserta didik, mencakup aspek spiritual atau religius (KI 1), sosial (KI 2), pengetahuan (KI 3), dan keterampilan (KI 4). Hal ini bertujuan agar peserta didik memiliki kualifikasi terhadap sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang diharapkan tercapai pada setiap tingkatan dan semester. Sedangkan KD yang menjadi acuan dalam merancang, melaksanakan dan mengevaluasi proses pembelajaran (Wahyudin, dkk., 2020). KD 3.10 Menganalisis hubungan antara struktur jaringan penyusun organ pada sistem koordinasi (saraf, hormon dan alat indera) dalam kaitannya dengan mekanisme koordinasi. Kompetensi psikomotorik diambil dari KD 4.10 Menyajikan hasil analisis pengaruh pola hidup terhadap kelainan pada struktur dan fungsi organ sistem koordinasi yang

menyebabkan gangguan sistem saraf dan hormon pada manusia dan regulasi serta gangguan fungsi yang dapat terjadi pada sistem koordinasi manusia (Permendikbud, 2018).

Pendekatan *Flipped laboratory* digunakan pada kelas eksperimen, sedangkan pada kelas reguler berdasarkan hasil wawancara kepada seorang guru biologi pembelajaran cenderung bersifat konvensional dengan pendekatan pembelajaran yang digunakan pada pembelajaran, yaitu menggunakan pembelajaran Saintifik dengan mengacu pada tahap 5M yaitu : mengamati, menanya, mencoba, menalar, dan mempresentasikan (Sciencebuddies, 2014; Widodo, 2021). Pada tahap mengamati, peserta didik mengamati dengan menggunakan panca indera fenomena yang ada di sekitar peserta didik berkaitan dengan materi. Pada tahap menanya, peserta didik mengajukan pertanyaan berkaitan hasil resume. Pada tahap mengumpulkan data, peserta didik melakukan diskusi terkait pertanyaan-pertanyaan yang disajikan dalam lembar tugas. Pada tahap menalar, peserta didik menjawab pertanyaan-pertanyaan yang terkait materi system saraf. Pada tahap mempresentasikan, peserta didik mengkomunikasikan dan menyimpulkan hasil kerjanya. Kelebihan pendekatan Saintifik yaitu: menuntut peserta didik memecahkan masalah, menuntut kebiasaan berpikir tingkat tinggi, membangun kepekaan, membangun karakter peserta didik (Aprianita, 2015). Kekurangan pendekatan Saintifik yaitu : pembelajaran menyita waktu dan membutuhkan minat belajar peserta didik yang tinggi (Aprianita, 2015).

Pada penelitian ini pembelajaran pada kelas eksperimen dan kelas reguler diarahkan pada IPK dan tujuan komunikasi sains yang telah ditentukan. E-LKPD berbantuan simulasi *PhET* menggunakan *flipped laboratory* diterapkan di kelas eksperimen, sedangkan kelas kontrol menggunakan metode, pendekatan dan kegiatan lama atau pembelajaran konvensional. Maka dari itu kelas kontrol tidak diarahkan untuk melakukan mandiri, simulasi dan praktikum di kelas. Di akhir penelitian dilakukan analisis terhadap kendala-kendala peserta didik. Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan kerangka penelitian yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Gambar Kerangka Berpikir

F. Penelitian Relevan

Beberapa penelitian relevan berhubungan dengan bahan ajar E-LKPD menggunakan pendekatan *Flipped laboratory* berbantu simulasi *PhET*, dalam rangka penyempurnaan proses penelitian ini, diantaranya:

1. Hasil penelitian mengenai penggunaan E-LKPD berbasis live worksheet menunjukkan tingkat praktikalitas yang tinggi. Konten yang disajikan telah diperiksa dan dianggap sesuai untuk membantu peserta didik memahami konsep-konsep penting dalam sistem saraf Peserta didik merasa nyaman dan terbantu dalam memahami materi sistem saraf melalui E-LKPD (Triasari, dkk., 2022).
2. Hasil penelitian selanjutnya mengenai penggunaan teknologi, seperti *Live Worksheet*, dapat meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik melalui model pembelajaran berbasis inquiry. *Live worksheet* memungkinkan interaksi yang lebih dinamis dan visual dalam pembelajaran, yang dapat membantu peserta didik memahami konsep sains dengan lebih baik. Namun model model pembelajaran berbasis inquiry mungkin memerlukan lebih banyak waktu dan sumber daya untuk persiapan dan pelaksanaan pembelajaran. (Sa'adah, dkk., 2024)
3. Hasil penelitian mengenai pengembangan E-LKPD *PhET* terintegrasi aspek-aspek keterampilan proses sains yang telah dilakukan dinilai sangat layak. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa *PhET* tidak hanya membantu dalam pemahaman konsep sains, tetapi juga berfungsi sebagai alat yang efektif untuk meningkatkan keterampilan proses sains salah satunya keterampilan komunikasi peserta didik melalui berbagai aktivitas interaktif dan kolaboratif (Nurason, dkk., 2022).
4. Penelitian relevan selanjutnya mengenai penggunaan *PhET* menunjukkan bahwa Laboratorium virtual neurofisiologi dan simulasi *PhET* keduanya dirancang untuk mudah diakses secara online. Namun, simulasi *PhET* biasanya lebih mudah diakses karena tersedia secara gratis dan dapat dijalankan langsung di browser tanpa perlu instalasi tambahan (Celine, dkk., 2022)

5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Simulasi *PhET* tentang neuron memungkinkan peserta didik untuk secara interaktif mengeksplorasi struktur dan fungsi neuron secara mendalam, termasuk memahami secara rinci proses-proses elektrofisiologis seperti depolarisasi, repolarisasi, serta mekanisme transmisi sinyal saraf yang terjadi dalam sistem saraf manusia (Muzana, dkk., 2021).
6. Hasil selanjutnya menunjukkan bahwa simulasi *PHET* sangat bermanfaat bagi peserta didik dalam memahami ide-ide ilmiah dan konsep-konsep ilmiah. Aspek mengamati dan mengonsumsi informasi menjadi aspek yang paling dominan dibandingkan dengan aspek lainnya (Najib, 2022).
7. Penelitian selanjutnya terkait pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran biologi tidak hanya membantu dalam memahami materi biologi yang kompleks, tetapi juga dalam menyebarkan pengetahuan dan mampu melatih keterampilan komunikasi sains (Brittney & Borowiec, 2023).
8. Penelitian selanjutnya mengenai penerapan pre-laboratory activities (PLAs) menunjukkan bahwa persiapan peserta didik sebelum sesi di kelas atau laboratorium memungkinkan mereka lebih fokus dalam melakukan simulasi dan lebih interaktif dalam berdiskusi tentang hasil yang diperoleh, sehingga meningkatkan pemahaman dan keterlibatan mereka dalam proses belajar (Costello, dkk., 2022).
9. Penelitian selanjutnya menunjukkan bahwa penerapan pendekatan *flipped laboratory* memiliki dampak positif terhadap pencapaian akademik peserta didik. Pendekatan ini meningkatkan motivasi peserta didik, mendorong mereka untuk bertanggung jawab atas pembelajaran mereka sendiri, dan memungkinkan pembelajaran aktif dalam pembelajaran, diantara praktikum, simulasi, diskusi, kolaborasi dan persentase (Cadas dan Altum, 2023)
10. Penelitian relevan terkait peningkatan keterampilan komunikasi sains melalui melalui diskusi, peserta didik tidak hanya mengonfirmasi pemahaman materi, tetapi juga melatih keterampilan komunikasi sains yang esensial untuk memecahkan masalah di era modern (Lafiani, dkk., 2022).