

BAB 2

TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Kompetensi Sains

2.1.1.1 Pengertian Kompetensi Sains

Kompetensi sains adalah kemampuan untuk menjelaskan dunia alam secara ilmiah dengan menggunakan pengetahuan, metodologi, dan bukti untuk mengidentifikasi pertanyaan serta menarik kesimpulan yang tepat, serta mampu menerapkan pengetahuan dan keterampilan tersebut dalam pengambilan keputusan sehari-hari (OECD, 2023a). Dalam kompetensi sains juga dikenal dengan penalaran ilmiah yang terdiri dari mengidentifikasi masalah ilmiah, mengembangkan pertanyaan dan hipotesis, mengkategorikan dan mengklasifikasikan, terlibat dalam penalaran probabilistik, menghasilkan bukti melalui eksperimen, dan mengkomunikasikan, serta mengevaluasi (Lawson, 2004).

Kompetensi sains merupakan pengembangan dari literasi sains yang diperbaiki sesuai dengan perkembangan saat ini, literasi sains sendiri merujuk pada kemampuan untuk bertindak sebagai individu yang reflektif, dapat terlibat dengan masalah yang berhubungan dengan ilmu sains dan memberikan ide-ide ilmiah untuk memecahkan masalah dalam kehidupan nyata. Hal ini menjadi beririsan dengan kompetensi sains dimana keterampilan seseorang dapat dipenuhi dengan literasi secara ilmiah untuk terlibat langsung dalam proses yang digunakan dalam menerapkana prinsip sains (OECD, 2023a).

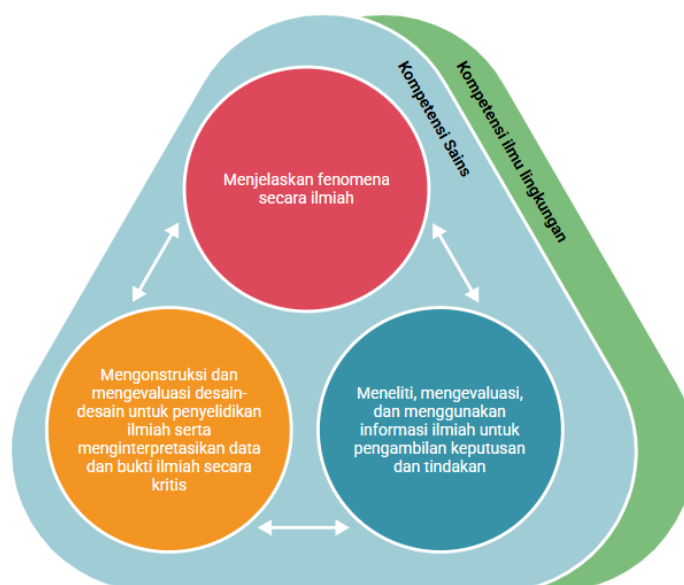
Berdasarkan penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa kompetensi sains perlu mencakup pemahaman pengetahuan ilmiah, keterampilan berpikir ilmiah, kemampuan melakukan proses ilmiah, keterampilan komunikasi, kemampuan mengevaluasi, dan penerapan pengetahuan dalam kehidupan nyata. Kompetensi sains diperlukan siswa saat ini untuk dapat mendukung pembelajaran pada era globalisasi, sehingga mampu menjelaskan, meneliti bahkan mampu mengevaluasi informasi ilmiah yang digunakan agar tidak terjadi cacat informasi.

2.1.1.2 Pengukuran Kompetensi Sains

Untuk mengukur kompetensi sains siswa dapat dilakukan dengan tes tertulis. Pada uji pokoknya kompetensi sains yang dilakukan dengan tes tulis, pengukuran kompetensi sains ini terdiri dari karakteristik umum dan karakteristik khusus (Tawil & Liliarsari, 2014). Karakteristik umum terdiri dari non konsep, hasil analisis, menguji satu aspek dan menampilkan permasalahan terkait fenomena ilmiah, selanjutnya yaitu karakteristik khusus yang dilihat dari indikator kompetensi sains yaitu menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengonstruksi dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah secara kritis, meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan tindakan.

2.1.1.3 Indikator Kompetensi Sains

Dalam mengukur sejauh mana keberhasilan dari kompetensi sains siswa maka harus mengacu pada indikator kompetensi sains yang dikeluarkan oleh OECD untuk PISA 2025. Indikator kompetensi sains menurut OECD (2023b) ialah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Kerangka Kompetensi Sains PISA

Sumber: OECD (2023b)

1) Menjelaskan fenomena secara ilmiah

Untuk memberikan penjelasan ilmiah terkait fenomena, teknologi dan lingkungan diperlukan kemampuan untuk mengingat dan menggunakan informasi dengan baik. penjelasan ilmiah diperlukan dalam pemahaman terkait dengan teknik pengumpulan data dan meningkatkan kepercayaan pada pengetahuan ilmiah (Harlen, 2001; OECD, 2023a). Maka dari itu siswa diharapkan dapat menunjukkan kemampuan untuk:

- a) Mengingat dan menerapkan pengetahuan ilmiah yang sesuai.
- b) Menggunakan berbagai bentuk representasi dan menerjemahkannya.
- c) Membuat dan membuktikan prediksi serta solusi ilmiah yang tepat.
- d) Mengidentifikasi, membangun, dan mengevaluasi model-model.
- e) Mengenali dan mengembangkan hipotesis yang jelas tentang fenomena di dunia.
- f) Menjelaskan potensi implikasi pengetahuan ilmiah bagi masyarakat.

Untuk mencapai kompetensi ini, siswa membutuhkan pengetahuan prosedur dan praktik standar yang digunakan dalam penyelidikan ilmiah agar mendapatkan data yang sesuai. Kompetensi ini menuntut siswa untuk memiliki kemampuan analitis yang kritis dalam menjelaskan fenomena ilmiah, siswa didorong sehingga dapat menerapkan pengetahuan ilmiah yang sesuai kemampuan berpikir kritis untuk melakukan pembuktian serta solusi ilmiah yang valid.

2) Mengonstruksi dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah secara kritis

Pada kompetensi pertama siswa diajak untuk memiliki kemampuan metodologis dan analitis yang kritis dalam menjelaskan fenomena ilmiah. Siswa tidak hanya dituntut untuk mengumpulkan data yang ada, tetapi juga dituntut untuk mengevaluasi validitas klaim yang ada didukung dengan bukti ilmiah.

Pengetahuan yang diperlukan dalam kompetensi ini adalah pengetahuan prosedural dan epistemik untuk mengacu pada pengetahuan konten dengan mengidentifikasi pertanyaan yang sesuai, menilai, dan

menginterpretasikan temuan, pengetahuan ini diperlukan siswa untuk mengevaluasi penyelidikan ilmiah sehingga dapat memprediksi hasil (OECD, 2023a). Siswa diharapkan dapat menyusun, menilai, dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah, menjawab pertanyaan dan menafsirkan data, dengan menunjukkan kemampuan untuk:

- a) Mengidentifikasi pertanyaan dalam studi ilmiah yang diberikan.
 - b) Mengusulkan desain eksperimen yang sesuai.
 - c) Mengevaluasi sebuah desain eksperimen yang tepat untuk menjawab pertanyaan penelitian.
 - d) Menginterpretasikan data yang disajikan dalam representasi yang berbeda, menarik kesimpulan yang tepat berdasarkan data dan mengevaluasi manfaat relatifnya.
- 3) Meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan tindakan

Selama beberapa tahun terakhir, semua orang dapat dengan mudah dan cepat mengakses informasi melalui internet. Akibatnya, aliran informasi yang keliru dan lebih buruk lagi, informasi yang benar-benar salah meningkat. Dengan menggambarkan pengetahuan konten tentang sains, kompetensi ini meningkatkan pemahaman bahwa sains adalah upaya individu atau kelompok untuk mengevaluasi hasil sains dan menginterpretasikan data berdasarkan bukti dengan pengetahuan prosedural dan epistemik (Breakstone et al., 2021). Siswa perlu meneliti dan mengevaluasi informasi ilmiah yang didapat sehingga ketika menarik kesimpulan dapat dengan tepat, siswa diajak menunjukkan kemampuan untuk:

- a) Mencari, mengevaluasi, dan mengkomunikasikan manfaat relatif dari berbagai sumber informasi (ilmiah, sosial, ekonomis dan etis) yang bermakna atau bermanfaat dalam mengambil keputusan tentang isu-isu yang berhubungan dengan sains, dan apakah mereka mendukung sebuah argumen atau solusi.
- b) Membedakan klaim berdasarkan bukti ilmiah yang kuat, ahli vs. bukan ahli, opini, serta memberikan alasan atas perbedaan tersebut.

- c) Membangun argumen untuk mendukung kesimpulan ilmiah yang tepat dari satu set data.
- d) Mengkritik kelemahan standar dalam argumen terkait sains, seperti asumsi yang buruk, sebab vs. korelasi, kesalahan penjelasan, kesimpulan dari data yang terbatas.
- e) Membenarkan keputusan dengan menggunakan argumen ilmiah, baik individu maupun kelompok, yang berkontribusi pada penyelesaian isu-isu kontemporer atau pembangunan berkelanjutan.

2.1.2. Model Pembelajaran PjBL Terintegrasi STEM EDP (*Engineering Design Process*)

2.1.2.1 Model Pembelajaran PjBL

Proses pembelajaran perlu mempertimbangkan kemampuan sains siswa sehingga dapat menjelaskan fenomena ilmiah maupun mengevaluasi informasi ilmiah, baik itu berupa gagasan maupun sebuah produk. Dalam pembelajaran biologi siswa diharapkan mampu menafsirkan fenomena ilmiah yang terjadi baik dalam bentuk tertulis maupun produk, maka diperlukan model pembelajaran yang diharapkan dapat membantu siswa dalam meningkatkan kompetensi sains, salah satu model pembelajaran yang relevan yaitu model pembelajaran *Project Based Learning* (Azzahra, Arsih, & Alberida, 2023).

Menurut Mitchell & Tilley, (2024) pembelajaran berbasis proyek dilakukan ketika pembelajaran menggunakan proyek atau kegiatan sebagai media. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *Project based learning* adalah model pembelajaran yang menggunakan proyek atau kegiatan sebagai media sehingga hasil akhir dari kerja proyek tersebut adalah suatu produk yang dapat dijelaskan di dalam kelas (Aji Saputro & Sri Rayahu, 2020). Model PjBL ini mengajak dengan aktif siswa untuk berpartisipasi langsung dalam pembelajaran, sehingga dapat meningkatkan kompetensi sains siswa dan kolaboratif dalam pembelajaran.

Dalam model pembelajaran PjBL terdapat sintaks yang relevan dengan kebutuhan siswa saat ini, sehingga pembelajaran dapat dilakukan secara

terstruktur. Sintaks PjBL menurut George Lucas Educational Foundation, (2005) dan Doppelt (2005) adalah sebagai berikut:

1) Penentuan pertanyaan mendasar (*Start with essential question*)

Pembelajaran dimulai dengan pertanyaan esensial, dimana pertanyaan tersebut dapat memberikan aktivitas untuk siswa. Pertanyaan ini disusun dengan topik yang kontekstual dimulai dengan penyelidikan mendalam, sehingga mendorong siswa untuk membuat suatu proyek. Pertanyaan yang diajukan biasanya bersifat terbuka, provokatif, menantang, dan membutuhkan *high order thinking skills*.

2) Menyusun rencana proyek (*Design project*)

Pada tahap selanjutnya dilakukan perencanaan secara kolaboratif antara guru dan siswa, dengan demikian siswa diharapkan memiliki kepercayaan atas proyek yang dibuat. Perencanaan disini berisi tentang aturan, pemilihan aktivitas yang dapat menjawab pertanyaan diawal, serta alat dan bahan yang akan digunakan dalam penyelesaian proyek.

3) Menyusun jadwal (*Create schedule*)

Dalam menyusun jadwal guru dan siswa akan bekerja sama untuk menyelesaikan proyek ini, penyusunan jadwal bisa dimulai dengan menyusun jadwal terstruktur, menentukan awal dan diakhirinya proyek, guru dapat membimbing siswa jika terjadi kesalahan, terakhir dengan meminta siswa untuk membuat penjelasan terkait penggunaan waktu dalam proyek. Jadwal yang telah disepakati bersama harus disetujui agar guru dapat melakukan monitoring ketika siswa melaksanakan proyek.

4) Monitoring pelaksanaan siswa dan kemajuan proyek (*Monitoring the students and progress of project*)

Guru bertanggung jawab untuk memonitoring kegiatan siswa selama penyelesaian proyek. Monitoring dilakukan dengan cara memfasilitasi siswa pada setiap prosesnya, dalam mempermudah proses monitoring guru dapat membuat rubrik guna merekam keseluruhan kegiatan penting yang akan dilakukan siswa.

5) Menguji dan memberikan penilaian (*Assess the outcome*)

Penilaian dilakukan untuk mengetahui ketercapaian pembelajaran, evaluasi dalam proyek, siswa juga dapat melakukan pemaparan terkait hasil proyek yang telah dibuat agar terjadi umpan balik antara guru dan siswa. Dalam pengujian dapat dilakukan rubrik ketercapaian sehingga keberhasilan proyek dapat terukur dengan jelas.

6) Evaluasi pengalaman (*Evaluation the experience*)

Pada akhir pembelajaran, guru dan siswa melakukan refleksi terhadap kegiatan pembelajaran serta proyek yang sudah dikerjakan. Proses refleksi ini dilakukan baik secara individu maupun kelompok, pada tahap ini siswa diminta untuk menyampaikan kritik dan saran terhadap penyelesaian proyeknya. Guru dan siswa dapat melakukan diskusi untuk mengevaluasi pembelajaran, agar dapat meminimalisir permasalahan pada pembelajaran berikutnya.

Pada model pembelajaran PjBL terdapat beberapa karakteristik khusus yang selalu ada dalam pembelajarannya seperti sentralis dan penyelidikan konstruktivisme, proyek pada PjBL berfokus terhadap penyelesaian masalah oleh siswa untuk menggunakan konsep-konsep yang telah dipelajari (P. Setiawan, Wahidin, & Ginanjar Arip, 2023).

Pembelajaran berbasis proyek seperti PjBL berpotensi mengembangkan keterampilan siswa karena bersifat kontekstual, menyesuaikan tantangan dan pertanyaan yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Sehingga siswa diajak untuk menerapkan pengetahuan yang dimiliki kedalam solusi yang telah direncanakan.

2.1.2.2. STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*)

Dalam mempersiapkan generasi muda yang siap menghadapi perubahan di abad 21, Indonesia menanggapi dengan baik tantangan ini dengan menyiapkan kurikulum pembelajaran mendalam. Dalam pembelajaran abad 21 mata pelajaran dapat berkolaborasi penuh untuk memenuhi kebutuhan siswa, salah satu konsep pembelajaran yang sesuai dengan ini adalah pendekatan STEM (Manalo, 2024).

STEM merupakan kepanjangan dari *Sains, Technology, Engineering, Mathematics*. STEM muncul sebagai pendekatan interdisiplin pada pembelajaran, yang didalamnya siswa menggunakan sains, teknologi, teknik dan matematika dalam konteks nyata sehingga siswa mampu bersaing dalam era global dengan pengetahuan yang dimiliki (Avery & Reeve, 2013). Pendekatan STEM akan membentuk karakter siswa yang mampu mengenali sebuah konsep atau pengetahuan (*science*) dan menerapkan pengetahuan tersebut dengan keterampilan (*technology*) yang dikuasainya untuk menciptakan atau merancang (*engineering*) dengan analisa berdasarkan perhitungan (*mathematics*).

Pendekatan STEM dalam pembelajaran mampu menghubungkan konsep pengetahuan dengan masalah dalam kehidupan sehari-hari melalui penerapan prinsip-prinsip sains, matematika, rekayasa dan teknologi sehingga siswa dapat memahami, menganalisis, dan mampu berpikir kritis dalam memecahkan masalah (Minarti, Dzakiy, & Nilautama, 2023; Parno, Nur'aini, Kusairi, & Ali, 2022). Tujuan dari pendekatan STEM sendiri mendorong siswa untuk meneliti, mengidentifikasi, mengeksplorasi, sehingga ilmu pengetahuan dan teknologi yang digunakan dapat digunakan dalam memecahkan masalah nyata dalam kehidupan.

STEM berupaya dalam menumbuhkan *soft skill* yang dimiliki siswa seperti kemampuan penyelidikan ilmiah dan kemampuan pemecahan masalah, untuk itu pendekatan STEM berusaha membangun sikap kompetensi sains siswa yang siap menghadapi perubahan. Dalam membangun karier masa depan pendekatan STEM menjadi salah satu kesempatan besar bagi siswa, dimana mereka dapat bersinggungan langsung dengan sains, pembelajaran sesuai konten, dan pemahaman tentang fenomena ilmiah (Campbell & Speldewinde, 2022; Kaggwa et al., 2023).

Project based learning berbasis STEM ini terdiri dari 5 proses sesuai dengan yang disampaikan oleh Laboy-Rush (2011) yaitu:

1) *Reflection*

Siswa akan dibawa dalam konteks masalah dan memberikan inspirasi kepada siswa untuk memulai penyelidikan ilmiah. Disini siswa dapat menghubungkan apa yang telah diketahui dan apa yang perlu dipelajari.

2) *Research*

Guru dapat mengeksplorasi pembelajaran untuk mengumpulkan sumber informasi yang relevan, selama fase *research*, guru akan membimbing diskusi untuk menentukan apakah siswa telah mengembangkan pemahaman konseptual dan relevan berdasarkan proyek.

3) *Discovery*

Tahap ini menjadi jembatan antara penelitian dan informasi yang telah didapatkan untuk penyusunan proyek. Ketika siswa dibuat menjadi kelompok-kelompok kecil mereka akan menyajikan solusi untuk masalah, dan dilakukan kolaborasi.

4) *Application*

Tahap ini digunakan dalam menguji produk/solusi dalam pemecahan masalah. Siswa dapat melakukan uji produk yang dibuat dari ketentuan yang ditetapkan sebelumnya, hasil yang diperoleh digunakan untuk memperbaiki langkah sebelumnya.

5) *Communication*

Tahap terakhir adalah mengkomunikasikan hasil yang telah dibuat dalam lingkup kelas maupun lebih luas. Siswa dapat menginterpretasikan hasilnya, sehingga menerima umpan balik dari guru maupun teman sakelas.

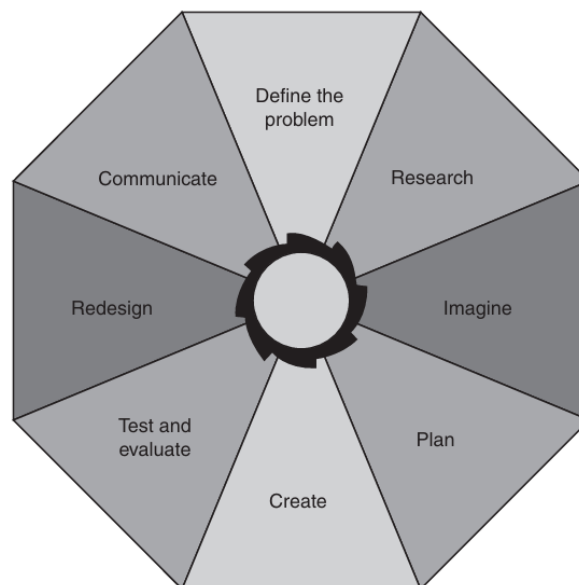
2.1.2.3. EDP (*Engineering Design Process*)

Pengembangan pemikiran desain rekayasa dapat mendorong siswa untuk mengembangkan pola pikir yang ingin tahu, melakukan pendekatan terhadap masalah dari berbagai perspektif, dan mempertanyakan kesesuaian yang ada. Menurut Arık & Topçu (2022) desain rekayasa adalah proses sistematis dan cerdas dimana desainer menghasilkan, mengevaluasi, dan menentukan konsep untuk perangkat, sistem, atau proses yang bentuk dan

fungsinya memenuhi tujuan klien atau kebutuhan pengguna sambil memenuhi seperangkat batasan yang ditentukan. Maka nantinya siswa dapat melakukan pemikiran yang sistematis sehingga menghasilkan prospek besar terhadap solusi yang disampaikan terkait masalah yang dihadapi.

Berdasarkan pada pemikiran desain rekayasa umumnya berfokus pada proses pemikiran, sehingga beberapa ahli mengusulkan terkait proses berpikir mereka untuk desain rekayasa, Jolly (2017) menyampaikan tentang proses berpikir dalam desain rekayasanya yaitu sebagai berikut:

- 1) Menentukan masalah
- 2) Meneliti
- 3) Mengimajinasikan
- 4) Merencanakan
- 5) Membuat
- 6) Uji dan evaluasi
- 7) Desain ulang
- 8) Mengkomunikasikan.



Gambar 2.2 Tahapan EDP (Engineering Design Process)
Sumber: Jolly, (2017)

Perbedaan utama antara *engineering design process* dan *problem solving process* adalah penekanan yang lebih besar pada pemodelan dan analisis kelayakan dalam prosesnya, sehingga dalam proses pemecahan masalah siswa lebih mungkin untuk tidak mengevaluasi kelayakan setiap ide dengan seksama saat memilih solusi optimal, namun dalam penggunaan pemodelan dan analisis kelayakan siswa dapat mengevaluasi ide, sehingga ini jadi poin keuntungan dalam *engineering design process* (Lin, Wu, Hsu, & Williams, 2021).

Engineering design process yang disampaikan oleh Jolly (2017) mencakup langkah komunikasi setelah melakukan analisis dan desain ulang, hal ini bertujuan untuk mengonfirmasi bahwa kebutuhan dari solusi yang telah dibuat akan terpenuhi dan semua anggota kelompok perancang dapat memahami solusi akhir tersebut, analisis tersebut juga menunjukkan bahwa ada perbedaan pada *engineering design process* dan *problem solving process*.

Meskipun model pembelajaran PjBL unggul dalam pembelajaran kontekstual, namun beberapa studi menunjukkan bahwa siswa sering kali mengalami kesulitan ketika melakukan pembelajaran yang proyek dalam tahap perancangan yang kurang terstruktur (M. R. Dewi, 2022). Maka dari itu, EDP (*Engineering Design Process*) yang sistematis dan iteratif berperan sebagai pendekatan yang memperkaya kerangka kerja sehingga dapat membimbing siswa secara eksplisit dalam mengatasi permasalahan yang ada.

2.1.2.4. PjBL terintegrasi STEM EDP (*Engineering Design Process*)

Studi mengenai desain rekayasa telah konsisten mempertimbangkan bagaimana temuan penelitian dapat diubah menjadi alat untuk pedagogi guna menyediakan pendidikan yang mengembangkan keterampilan kognitif siswa dalam kemampuan menggabungkan teori dan praktik. Dalam penelitian ini pembelajaran PjBL yang diintegrasikan dengan STEM EDP (*Engineering Design Process*) dapat digunakan sebagai alat yang menempatkan pengetahuan ilmiah dan sistematis dalam desain pembelajaran yang menciptakan lingkungan belajar berbasis kompetensi sains (Lin et al., 2021). Dimana siswa dapat mengimajinasikan solusi untuk permasalahan yang ada,

mengumpulkan informasi, dan penyelesaian masalah dengan proses desain rekayasa. Dengan adanya integrasi ini diharapkan dapat lebih memperhatikan proses belajar yang berpusat pada siswa sehingga lebih mengedepankan pembelajaran yang interaktif didalam kelas.

Dalam pembelajaran konvensional, sekolah sering mengajak siswa untuk melakukan pembelajaran dengan pemecahan masalah (Ardiansyah, Diella, & Suhendi, 2020). Namun, penerapan strategi dan analitik serta proses langkah demi langkah yang eksplisit jadi solusi yang kontekstual. Dalam penelitian ini, *engineering design process* yang disampaikan Jolly, (2017) digunakan untuk mengembangkan aktivitas pembelajaran yang berbasis proyek STEM, dengan penekanan pada langkah konstruksi produk dan pendesainan ulang (Hynes, 2012). Dengan proses belajar ini diharapkan kompetensi sains yang dicapai siswa dapat terfasilitasi pada pembelajaran yang kontekstual dan terstruktur.

Tujuan dari pengintegrasian ini untuk secara konsisten mengajarkan konsep akademis dengan memberikan peluang belajar yang kontekstual dan berbasis pada pengalaman. Oleh karena itu, PjBL terintegrasi STEM EDP (*Engineering Design Process*) dapat digunakan secara sistematis dalam mengembangkan pengetahuan ilmiah, teknologi, matematis, dan rekayasa melalui proses berpikir secara terstruktur, sehingga memperluas perpektif siswa dalam pembelajaran kontekstual.

Tabel 2.1 PjBL terintegrasi STEM EDP (Engineering Design Process)

Pembelajaran Terintegrasi		Tahapan Pembelajaran
PjBL	STEM – EDP	
Penentuan pertanyaan mendasar	<i>Reflection – Define the problem</i>	Menentukan permasalahan untuk pengerjaan proyek
	<i>Research – Research</i>	Meneliti
Mendesain perencanaan proyek	<i>Imagine</i>	Menyusun rencana proyek
Menyusun jadwal	<i>Discovery – Plan</i>	Merencanakan pengerjaan proyek

Pembelajaran Terintegrasi		Tahapan Pembelajaran
PjBL	STEM – EDP	
Memantau siswa dan kemajuan proyek	<i>Application – Create</i>	Memantau pengerjaan proyek dan proses pembuatan produk
Menguji hasil	<i>Test and evaluate</i>	Pengujian terhadap produk
	<i>Redesign</i>	Revisi
Evaluasi pengalaman	<i>Communication – Communicate</i>	Diskusi dan evaluasi

Sumber: (George Lucas Educational Foundation, 2005; Jolly, 2017; Laboy-Rush, 2011)

Pada tabel 2.1 tersebut menunjukkan sintaks PjBL akan diintegrasikan dengan STEM EDP (*Engineering Design Process*), dimana sintaks pada PjBL akan mengarahkan alur pembelajaran yang sesuai dengan proyek yang akan dibuat, alur dari STEM EDP (*Engineering Design Process*) sebagai panduan proses yang didalamnya alur kerja dan pemikiran siswa dapat diarahkan dengan jelas dan terstruktur, integrasi ini dapat dilihat ketika sintaks PjBL contohnya penentuan pertanyaan mendasar akan hubungkan dengan *reflection* dan menentukan masalah pada STEM EDP (*Engineering Design Process*) hal ini memberikan gambaran bahwa siswa akan menentukan masalah terkait keanekaragaman hayati yang dimana mereka nantinya akan merefleksi dan mencari solusi untuk permasalahan tersebut.

Dalam penelitian ini, integrasi PjBL dengan STEM EDP (*Engineering Design Process*) diposisikan sebagai model yang saling bersinergi sehingga secara konseptual tidak hanya menempelkan satu model dengan yang lainnya, melainkan meleburkannya menjadi kerangka kerja operasional yang mendukung satu sama lain. Integrasi ini menempatkan PjBL sebagai kerangka kerja utama dalam menentukan alur pembelajaran yang kuat dari awal hingga akhir, dan STEM EDP (*Engineering Design Process*) sebagai pendekatan yang memperkaya kerangka kerja sehingga dapat membimbing siswa secara eksplisit (English & King, 2015).

2.1.3. Deskripsi Materi Keanekaragaman Hayati

2.1.3.1. Pengertian Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati adalah tingkat keanekaragaman alam atau variasi jumlah dan frekuensinya dalam sistem alam, mulai dari berbagai macam tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme termasuk bagian terkecil seperti gen yang membentuk ekosistem (Rawat & Agarwal, 2015). Menurut Indrawan, Primack, & Jatna (2007) keanekaragaman hayati adalah keragaman kehidupan di bumi yang meliputi bakteri, jamur, tumbuhan dan hewan yang kemudian membentuk suatu ekosistem, keanekaragaman ini dapat dilihat dari mulai keragaman genetik, spesies, hingga ekosistem. Jadi dapat disimpulkan bahwa keanekaragaman hayati adalah keragaman semua bentuk kehidupan yang ada di bumi, mulai dari mikroorganisme, hewan dan tumbuhan dari keanekaragaman genetik, spesies, hingga ekosistem.

Keberadaan keanekaragaman hayati sangat penting bagi kelangsungan hidup seluruh makhluk hidup di bumi. Berdasarkan nilainya keanekaragaman terbagi menjadi dua yaitu nilai intrinsik dan nilai antroposentris. Nilai intrinsik disini mengacu pada nilai bawaan sumber daya hayati sejalan bersamaan dengan manusia seperti yang direncanakan pencipta, selanjutnya nilai antroposentris mengacu pada nilai ekonomi yang diperoleh manusia dari sumber daya hayati di alam yang membenarkan serta melestarikannya (Van Dyke & Lamb, 2020). Jadi secara tidak langsung sumber daya hayati dapat dimanfaatkan oleh manusia dengan batasan-batasan yang telah disepakati untuk tetap melestarikannya.

2.1.3.2. Tipe Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati mencakup semua bentuk kehidupan di bumi, mulai dari mikroorganisme hingga makhluk hidup yang mampu berpikir seperti manusia, keanekaragaman hayati digolongkan menjadi tiga tipe yaitu:

1) Keanekaragaman genetik

Keanekaragaman genetik merupakan variasi genetik dalam suatu spesies baik diantara populasi yang terpisah secara geografik maupun antara individu dalam satu populasi. Pada dasarnya individu dalam suatu populasi

memiliki perbedaan genetik antara satu dengan yang lain, variasi ini timbul karena setiap individu memiliki bentuk-bentuk gen yang khas. Variasi genetik akan terus bertambah ketika keturunan menerima kombinasi unik gen dan kromosom dari induknya melalui rekombinasi gen yang terjadi lewat reproduksi seksual, proses ini meningkatkan potensi variasi genetik sehingga timbul kombinasi yang berbeda-beda (Hoban et al., 2020).

Sumber dari keanekaragaman genetik berasal dari setiap organisme biologis baik itu tanaman, hewan, maupun mikroorganisme yang mengandung unit fungsional pewarisan sifat (hereditas) yang memiliki nilai nyata. Sumber keanekaragaman genetik ini dapat menjadi bahan dasar dalam pengembangan varietas, jenis, atau bangsa baru baik melalui pemuliaan konvensional maupun bioteknologi modern (Van Dyke & Lamb, 2020).

2) Keanekaragaman spesies

Keanekaragaman spesies adalah perbedaan yang dapat ditemukan pada komunitas atau kelompok berbagai spesies yang hidup pada suatu daerah. Keanekaragaman spesies disebut tinggi jika terdiri dari banyak spesies dengan kelimpahan sama atau hampir sama, artinya kelimpahan spesies memiliki kompleksitas yang tinggi karena terjadi interaksi tinggi seperti melibatkan kompetisi, rantai makanan, pembagian relung, serta tingkat predasi suatu spesies. Sebaliknya dikatakan rendah bila disusun oleh sedikit spesies dengan sedikit yang dominan (Asril et al., 2022).

Menurut Magurran (2003) menyatakan bahwa keanekaragaman hayati spesies terdiri dari variasi dan kelimpahan relatif spesies. Dari hal tersebut keanekaragaman spesies dibagi menjadi keanekaragaman α (alpha), β (beta), dan γ (gamma). Keanekaragaman α (alpha) adalah keanekaragaman spesies pada suatu wilayah atau lanskap tempat pengambilan sampel, kemudian keanekaragaman β (beta) yaitu keanekaragaman antar wilayah pengambilan sampel untuk melihat komposisi spesies dari suatu komunitas yang berbeda, sedangkan keanekaragaman γ (gamma) merupakan keanekaragaman suatu spesies pada kisaran wilayah yang lebih luas, atau secara sederhana merupakan hasil gabungan dari keanekaragaman α (alpha) dan β (beta).

Contoh dari keanekaragaman spesies ini seperti *kingdom plantae* (tumbuhan) dan *kingdom animalia* (hewan) yang dapat dibedakan berdasarkan ciri-ciri fisiknya seperti bentuk, ukuran, warna, dan lain-lain.

3) Keanekaragaman ekosistem

Makhluk hidup akan membentuk organisasi baik secara individu, kelompok, populasi maupun komunitas. Dimana makhluk hidup tumbuh dan berinteraksi satu sama lain, sehingga menciptakan mata rantai kehidupan sehingga dikatakan sebagai sebuah ekosistem (Van Dyke & Lamb, 2020). Keanekaragaman ekosistem terjadi karena adanya perbedaan antara komunitas biologi dengan lingkungannya, sehingga keanekaragaman menunjukkan adanya variasi atau perbedaan dalam faktor penyusunnya, baik karena faktor abiotik maupun keberagaman komposisi jenis populasi organisme.

Berdasarkan pada proses terbentuknya ekosistem sendiri terbagi menjadi ekosistem alami dan ekosistem buatan. Ekosistem alami adalah ekosistem yang terbentuk secara natural tanpa ada campur tangan manusia, contohnya seperti ekosistem hutan tropis, hutan sub tropis, ekosistem gurun, dan lain sejenisnya. Ekosistem buatan sendiri ialah ekosistem yang sengaja dibuat oleh manusia dengan tujuan tertentu, seperti ekosistem pada sawah, waduk, bendungan, dan hutan tanaman produksi (hutan jati, hutan pinus), ekosistem buatan dibentuk sesuai dengan kebutuhan manusia itu sendiri baik itu perekonomian maupun estetika untuk wisata (Aguilera & González, 2023). Namun hal tersebut perlu adanya pengawasan baik dari pihak pemerintahan maupun masyarakat agar penggunaan ekosistem buatan tidak melewati peraturan sehingga pelestarian tetap terjaga.

Berdasarkan jenisnya ekosistem sendiri terbagi menjadi ekosistem perairan dan ekosistem darat. Ekosistem perairan merupakan ekosistem dengan komponen penyusun abiotiknya terdiri dari air, baik itu air tawar maupun air asin. Ciri dari ekosistem air asin seperti memiliki variasi suhu, memiliki tingkat salinitas yang tinggi, serta tidak terlalu dipengaruhi oleh iklim maupun cuaca (Danovaro et al., 2021). Ekosistem air tawar menempati luas area yang relatif kecil dibandingkan lautan, seperti contohnya ekosistem

sungai, ekosistem danau, ekosistem waduk (Van Dyke & Lamb, 2020). Selanjutnya ialah ekosistem darat dengan sistem ekologi yang sebagian besar lingkungannya berupa daratan dipermukaan bumi, serta memiliki kontur yang beragam dari mulai tinggi hingga rendah, perbedaan letak topografi serta geografis sangat mempengaruhi keanekaragaman biota yang hidup di didalamnya (Terrestrial Production Processes, 2002).

2.1.3.3. Ancaman keanekaragaman hayati

Menurut *National Geographic Indonesia (2019)*, peringkat keanekaragaman hayati daratan Indonesia berada pada urutan kedua setelah Brazil. Namun Indonesia juga dinilai sebagai negara dengan penurunan keanekaragaman yang tinggi dengan 583 spesies terancam punah (A. Setiawan, 2022). Beberapa ancaman terhadap keanekaragaman hayati yaitu:

1) Kerusakan dan hilangnya habitat alami

Kehilangan keanekaragaman hayati salah satunya disebabkan oleh deforestasi yang terus berlangsung dan tidak terkendali. Deforestasi adalah proses perubahan lahan dari kategori alam seperti hutan menjadi kategori bukan hutan seperti pemukiman, perkebunan atau lahan lainnya. Deforestasi ini telah menyebabkan pengurangan vegetasi di bumi secara signifikan, hal ini memberikan dampak serius bagi alam seperti akibat dari penebangan pohon secara masif mengakibatkan erosi tanah dan hilangnya kesuburan alami (R. Kumar, Kumar, & Saikia, 2022).

Beberapa penyebab utama dari terjadinya deforestasi yang masif dari tahun ke tahun ialah alih fungsi lahan hutan untuk tujuan pembangunan sektor lain misalnya untuk perkebunan dan transmigrasi, *illegal logging* atau penebangan liar, perubahan peruntukan kawasan hutan dan areal, okupasi lahan, pertambangan serta bencana alam (Brown & Pearce, 2023). Disisi lain, belum optimalnya kegiatan penghijauan dan reboisasi mengakibatkan makin luasnya lahan kritis. Deforestasi terbesar ini disebabkan oleh tuntutan ekonomi untuk pembukaan lahan budidaya tanaman perkebunan, menurut BPS Indonesia (2023) pada tahun 2022 melaporkan bahwa luas perkebunan kelapa sawit Indonesia mencapai 16,38 juta hektar, luas ini meningkat dari tahun

tahun sebelumnya seperti yang ditampilkan pada gambar 2.3, begitu juga dengan perkebunan karet yang meningkat hingga 3.7 juta hektar pada tahun 2021.



Gambar 2.3 Perkembangan Luas Area Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia, 2017-2022
Sumber: Adisty (2022)

2) Munculnya spesies invasif

Spesies invasif merupakan spesies yang memiliki kecenderungan mengancam spesies asli di suatu wilayah tertentu, kehadiran spesies invasif disebabkan kemampuan spesies untuk dapat beradaptasi dengan baik dan cepat terhadap kondisi habitat yang berbeda-beda. Karakteristik dari spesies invasif ini seperti tumbuh cepat, reproduksi cepat, kemampuan penyebaran tinggi, toleransi yang kuat terhadap kondisi lingkungan dan lainnya, spesies invasif ini disadari sebagai salah satu ancaman keanekaragaman hayati pada wilayah asli, bahkan dalam skala besar spesies invasif ini mampu merusak ekosistem alami (Blegur & Binsasi, 2022).

3) *Over*-eksploitasi

Aktivitas manusia, terutama perburuan dan eksploitasi berlebihan yang tidak terkendali sangat mempengaruhi hilangnya keanekaragaman hayati. Eksploitasi ini biasanya dilakukan dengan dalih hobi atau sebagai produk jual yang memiliki nilai ekonomi tinggi, akibatnya banyak spesies terus berkurang hingga terancam punah. Contohnya badak jawa, badak sumatera, orang utan,

harimau sumatera, anoa, jalak bali adalah beberapa jenis fauna yang tergolong mendekati kepunahan, flora yang terancam punah seperti *Rafflesia arnoldii*, kantong semar, kayu ulin terus mengalami penurunan populasi bahkan statusnya *critically endangered* menurut data dari IUCN (2025).

4) Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan jadi salah satu penyebab ancaman keanekaragaman hayati, hal ini dikarenakan dampak besar dari pencemaran. Menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, pencemaran lingkungan adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, baik berupa zat, energi, atau komponen lain kedalam lingkungan hidup oleh kegiatan yang dilakukan manusia sehingga melampaui standar mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

Pencemaran ini dilakukan baik secara sengaja maupun tidak sengaja, ketidaktahuan seseorang terkait pencemaran ini berakibat dengan kegiatan menghasilkan produk sampingan yang merugikan dalam bentuk dan jumlah yang tidak dapat lagi diurai oleh lingkungan alami. Misalnya pembakaran lahan terbuka, penggunaan bahan kimia dalam menangkap ikan, pembuangan limbah pertanian dan rumah tangga ke aliran air, semua itu berkontribusi secara langsung pada pencemaran udara, tanah dan air (Ukaogo, Ewuzie, & Onwuka, 2020).

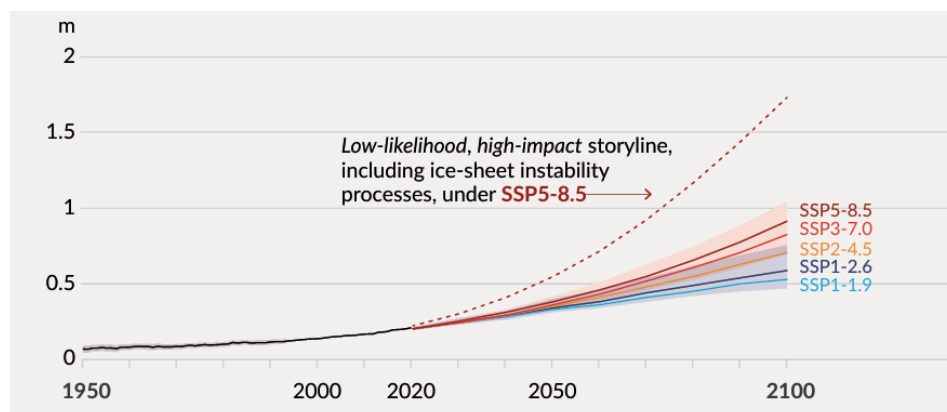
Dampak dari pencemaran lingkungan ini sangat beragam mulai dari dampak terhadap kesehatan manusia, terganggunya habitat alami, hingga bioakumulasi logam berat yang membahayakan organisme. Salah satu bentuk pencemaran yang mudah ditemui adalah pencemaran aliran sungai oleh limbah rumah tangga, hal ini dipicu oleh pengelolaan limbah rumah tangga, pengelolaan limbah tinja dan pengelolaan sampah yang mengandung bakteri, hal ini mengakibatkan sanitasi aliran sungai yang terkontaminasi sehingga menyebabkan mudahnya penyebaran penyakit seperti diare yang disebabkan bakteri *E.coli* sungai (Erika Erika & Eva Gusmira, 2024; Sugiester S et al., 2021).

Keberadaan sampah anorganik berupa plastik juga dapat membahayakan hal ini dikarenakan keberadaan mikroplastik dapat dikonsumsi oleh biota perairan dan masuk ke saluran pencernaan, salah satu organisme yang terkontaminasi mikroplastik adalah kerang darah (*Anadara granosa*) di Tanjung Tiram perairan Teluk Ambon yang ditemukan terkontaminasi mikroplastik dengan jenis fiber sebanyak 360 partikel, hal ini dapat membahayakan kesehatan manusia jika mengonsumsi organisme yang terkontaminasi mikroplastik (Tuhumury & Ritonga, 2020).

5) Perubahan Iklim

Isu perubahan iklim terus meningkat dari tahun ke tahun, hal ini juga berdampak terhadap ancaman keanekaragaman hayati, perubahan iklim sering dikaitkan dengan pemanasan global, dimana panas matahari terperangkap di atmosfer bumi oleh gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan oleh bahan bakar fosil untuk kendaraan bermotor dan kebakaran hutan, kemudian ada dinitro oksida (N_2O) yang dihasilkan dari pupuk buatan yang digunakan dalam pertanian (Yoro & Daramola, 2020).

Global warming menyebabkan terjadinya anomali cuaca sehingga meningkatkan suhu air laut, penguapan udara yang terus meningkat, serta berubahnya pola curah hujan dan tekanan udara. Kenaikan permukaan laut merupakan salah satu dampak yang signifikan dari perubahan iklim ini, Menurut S. Kumar, Himanshu, & K.K. (2012) dari data tahun 1900 hingga 2000 permukaan air laut mengalami kenaikan yang signifikan setiap tahunnya seperti yang ditampilkan pada gambar 2.4, hal ini berdampak sangat besar bagi daratan sekitar ketika tinggi lautan terus meningkat dapat menyebabkan bencana seperti banjir air pasang.



Gambar 2.4 Kenaikan Permukaan Laut karena Pemanasan Global

Sumber: Diadaptasi dari IPCC (2021)

2.1.3.4. Upaya pelestarian keanekaragaman hayati

Penurunan keanekaragaman hayati di Indonesia jadi salah bentuk nyata ancaman dari dalam maupun dari luar, adanya penurunan yang tajam ini harus dilakukan pemantauan spesies dan pemahaman tentang komposisi spesies, untuk mengatasi krisis hilangnya keanekaragaman hayati maka memerlukan upaya pelestarian yang sesuai diantaranya:

1) Konservasi Alam

Konservasi merupakan salah satu upaya pelestarian sumber daya alam, sebagai cara untuk melindungi dan memanfaatkan sumber daya alam dengan bijaksana untuk menjaga keanekaragaman hayati dan keseimbangan ekosistem agar tetap lestari dan bisa dirasakan manfaatnya oleh generasi yang akan datang (Richardson et al., 2020). Konservasi itu sendiri terbagi menjadi dua cara yaitu konservasi in situ yaitu konservasi yang dilakukan pada habitat asli dari organisme tersebut seperti suaka alam, meliputi cagar alam dan suaka margasatwa. Kemudian ada konservasi ex-situ atau konservasi yang dilakukan diluar habitat asli dengan lembaga-lembaga konservasi yang legal, meliputi taman nasional, taman wisata alam dan hutan raya. Bentuk konservasi seperti ini dapat menjaga kestabilan alami suatu habitat sehingga organisme yang hidup didalamnya dapat terpelihara dan terjaga dengan baik.

2) Restorasi Keanekaragaman Hayati

Restorasi disini berarti mengembalikan unsur hayati baik itu flora maupun fauna serta unsur non hayati seperti tanah dan topografi pada suatu

kawasan menjadi seperti sedia kala guna mencapai keseimbangan hayati dan ekosistemnya. Kegiatan ini dapat mengatasi penyebab langsung dan tidak langsung dari degradasi dan fragmentasi ekosistem sehingga dapat mengurangi hilangnya keanekaragaman hayati yang ada. Selama kegiatan berlangsung perencanaan proyek harus tepat sasaran baik secara ekologis maupun sosial-ekonomi sehingga arah dan tujuannya jelas dengan tidak lupa menerapkan pada visi keberlanjutan (Hartig, 2021).

3) Penegakan Peraturan Sumber Daya Alam Hayati

Dalam menjamin terwujudnya kelestarian sumber daya alam perlu diberikan aturan yang tepat dalam melindungi proporsional pemanfaat yang berkelanjutan. Pemanfaatan sumber daya alam yang menyebabkan rusaknya atau penurunan kualitas kelestarian alam ataupun tindakan yang melanggar ketentuan dapat diancam dengan tindak pidana yang berat. Dalam melakukan perlindungan sumber daya hayati Indonesia sendiri telah mengatur beberapa peraturan terkait ini salah satunya sumber dasar hukum terkait sumber daya hayati yaitu terdapat pada UUD 1945 Pasal 33 ayat (3), di mana berbunyi “Bumi dan air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat”.

4) Pendidikan dan Peningkatan Kesadaran Masyarakat

Kesadaran lingkungan perlu diterapkan pada semua jenjang sistem pendidikan, tidak hanya pada pembelajaran formal saja tetapi perlu mengikutsertakan lingkungan dalam praktiknya. Masalah lingkungan yang ada saat ini timbul karena ketidaktahuan akan pemanfaatan lingkungan dengan baik dan benar, maka pemberian pendidikan diharapkan dapat mengubah cara berpikir, berperilaku dan bertindak seseorang (Nugroho, 2022). Pendidikan akan pentingnya kesadaran lingkungan dan kepedulian terhadap konservasi bagi generasi muda sangat diperlukan guna memperoleh pengetahuan, keterampilan dan perspektif dalam menjadi agen perubahan, kemudian kolaborasi pemerintahan, lembaga pendidikan serta masyarakat perlu berperan aktif dalam kerja sama ini sehingga kesadaran akan menjaga lingkungan dapat terus berjalan (Pravitasari & Nugraheni, 2024).

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian sebelumnya terkait dengan pengaruh PjBL terintegrasi STEM EDP (*Engineering Design Process*) belum secara spesifik membahas tentang dampaknya terhadap kompetensi sains siswa. Namun terdapat beberapa studi penelitian yang relevan dengan penelitian terkait PjBL terintegrasi STEM, seperti penelitian yang dilakukan oleh Jatmika, et al (2020) hasil analisis menunjukkan bahwa terjadi peningkatan hasil *pretest* ke *posttest* keterampilan proses sains siswa dengan diberikan perlakuan model PjBL terintegrasi STEM pada pembelajaran fisika, hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan model PjBL terintegrasi STEM dalam pembelajaran berpengaruh positif.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Onto, et al (2025) membuktikan bahwa penerapan PjBL STEM memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil belajar siswa pada pembelajaran IPA. Dibuktikan dengan peningkatan hasil belajar siswa sebesar 42,48% pada model PjBL-STEM.

Kemudian penelitian Sasmita & Hartoyo (2020) menyampaikan bahwa pendekatan STEM *project-based learning* dapat meningkatkan kemampuan pemahaman konsep siswa pada pelajaran fisika yang berada pada kategori sedang. Selanjutnya juga pendekatan STEM PjBL ini berpengaruh terhadap kemampuan pemahaman konsep pada pelajaran fisika yang berada pada kategori besar.

Penelitian yang dilakukan oleh Berliana, Suwarma, & Novia (2024) hasilnya menunjukkan bahwa nilai keterampilan literasi sains siswa pada materi energi alternatif meningkat dengan rata-rata skor post-test termasuk dalam kategori sedang. kemudian peningkatan literasi sains siswa di setiap indikator, yaitu dalam mengidentifikasi isu masalah, menjelaskan fenomena ilmiah, dan menjelaskan bukti ilmiah memiliki kategori sedang. Namun, dari ketiga indikator tersebut, indikator mengidentifikasi isu ilmiah tergolong terkecil. Selanjutnya pengaruh pembelajaran menggunakan model PjBL-STEM dalam meningkatkan keterampilan literasi sains termasuk dalam

kategori "tinggi". Dengan demikian, pembelajaran dengan model PjBL-STEM berpengaruh dalam meningkatkan keterampilan literasi sains siswa.

Penelitian serupa yang dilakukan oleh Anugrah, et al (2025) menunjukkan bahwa pendekatan STEM-EDP secara signifikan meningkatkan literasi STEM siswa pada pembelajaran IPA dalam kategori sedang, temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan STEM-EDP efektif dalam meningkatkan kompetensi sains dibandingkan metode konvensional. Pendekatan ini relevan dalam menghadapi tantangan abad 21 dengan pengalaman belajar bermakna serta kontekstual. Namun terdapat perbedaan fundamental antara literasi STEM dengan kompetensi sains yang diangkat dalam penelitian ini. Literasi STEM lebih menekankan pada hubungan antar disiplin ilmu, sedangkan kompetensi sains berdasarkan *PISA Framework* lebih spesifik pada kemampuan kognitif siswa dalam literasi saintifik yang mencakup 3 indikator utama yaitu menjelaskan fenomena ilmiah, mengonstruksi dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah secara kritis dan indikator terakhir yaitu meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan tindakan.

Berdasarkan penelitian yang telah dikaji, dapat dilihat bahwa penggunaan model PjBL terintegrasi STEM menunjukkan manfaat dalam meningkatkan kompetensi sains siswa. Selain itu penerapan STEM EDP (*Engineering Design Process*) juga dapat meningkatkan kompetensi sains siswa. Namun penelitian secara spesifik yang mengkaji pengaruh model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM EDP (*Engineering Design Process*) terhadap kompetensi sains siswa berdasarkan pada *PISA Framework* masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan yang ada dengan melakukan penelitian terkait pengaruh PjBL terintegrasi STEM EDP (*Engineering Design Process*) terhadap kompetensi sains siswa pada materi keanekaragaman hayati di kelas X SMA Negeri 1 Cihaurbeuti.

2.3 Kerangka Konseptual

Pendidikan sains pada saat ini idealnya berfokus pada peningkatan kompetensi sains yang mendorong siswa untuk aktif dalam menjelaskan fenomena ilmiah, mengevaluasi, serta menginterpretasikan data secara kritis sebagai landasan pengambilan keputusan. Namun pada realitanya, tujuan tersebut seringkali sulit tercapai karena proses pembelajaran yang dilakukan cenderung bersifat teoretis, kesenjangan antara perencanaan dan pelaksanaan model pembelajaran, sehingga kurang memberikan ruang bagi siswa untuk terlibat langsung dalam pemecahan masalah secara kontekstual. Kondisi pembelajaran yang pasif ini memberikan dampak signifikan terhadap rendahnya kompetensi sains siswa dalam menghubungkan konsep sains dalam kehidupan sehari-hari.

Penggunaan model PjBL menawarkan keunggulan dalam pembelajaran yang aktif berbasis proyek, penerapannya ini seringkali menghadapi kendala seperti kurang terstruktur dalam proses rekayasa produk dan efisiensi waktu dalam pembelajaran, sehingga tujuan pembelajaran tidak tercapai secara optimal. Sebagai solusi strategi, integrasi STEM EDP (*Engineering Design Process*) dapat diterapkan guna mengatasi kelemahan dalam proses belajar dengan memberikan alur berpikir rekayasa yang lebih terorganisir dan sistematis. Melalui integrasi ini, PjBL tidak lagi sekadar menghasilkan produk siswa, tetapi bertransformasi menjadi proses pemecahan masalah yang didukung literasi teknologi dan penggunaan ilmu sains.

PjBL terintegrasi STEM EDP (*Engineering Design Process*) memungkinkan terciptanya pengalaman belajar yang dinamis, sehingga siswa dapat mengeksplor solusi yang ada, melalui tahapan desain yang berkesinambungan dan berkelanjutan. Berbeda dengan model instruksional biasa, integrasi EDP (*Engineering Design Process*) memberikan kerangka kerja bagi siswa tidak hanya menerapkan ilmu pengetahuan secara teoretis, tetapi juga menguji hasil solusi mereka melalui tahap uji coba dan perbaikan.

PjBL terintegrasi STEM EDP (*Engineering Design Process*), terdapat tahapan yang secara eksplisit melatih kompetensi sains siswa. Seperti pada

tahapan penentuan pertanyaan mendasar – *reflection – define the problem* dan *research* yang secara langsung dapat melatih kompetensi sains siswa pada indikator pertama yaitu menjelaskan fenomena ilmiah dengan menentukan pertanyaan mendasar untuk mencari solusi yang tepat terhadap permasalahan sehingga dilakukan pencarian informasi yang mendukung untuk solusi terhadap proyek yang akan dikerjakan.

Selanjutnya pada tahapan menyusun proyek – *imagine*, menyusun jadwal – *discovery – plan*, menguji dan memberikan penilaian – *test and evaluate*, dan *redesign* yang secara langsung melatih indikator kedua kompetensi sains yaitu mengonstruksi dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah, hal ini didukung melalui proses pembelajaran yang berfokus pada rencana proyek yang matang, pelaksanaan dan pembuatan proyek sesuai rencana, dan pengujian terhadap produk sehingga jika ada kekurangan pada produk dapat dilakukan tahap *redesign* yang dilakukan untuk evaluasi produk.

Sementara untuk tahapan monitoring pelaksanaan – *application – create*, dan evaluasi pengalaman – *communication – communicate*, akan secara langsung melatih indikator terakhir kompetensi sains yaitu meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan tindakan, hal tersebut dilakukan melalui proses pembelajaran dalam pelaksanaan pembuatan produk agar sesuai dengan rencana, dan evaluasi pengalaman dari proses pembelajaran yang telah dilakukan sehingga dapat dievaluasi mengenai kekurangan dan kelebihan dalam proses pembelajaran.

Berdasarkan uraian tersebut, diduga model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM EDP (*Engineering Design Process*) dapat meningkatkan kompetensi sains siswa pada materi keanekaragaman hayati di kelas X SMA Negeri 1 Cihaurbeuti.

2.4 Hipotesis Penelitian

H_a : Terdapat pengaruh PjBL terintegrasi STEM EDP (*Engineering Design Process*) terhadap kompetensi sains siswa pada materi keanekaragaman hayati di kelas X SMA Negeri 1 Cihaurbeuti.