

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pendidikan sains pada abad ke-21 menuntut siswa tidak hanya memahami konsep ilmiah secara teoritis, namun juga mampu mengaitkan pengetahuan tersebut dengan fenomena dan permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari. Tuntutan ini menempatkan literasi sains, yang sebagai kompetensi esensial dalam pendidikan sains modern karena literasi sains memungkinkan siswa memahami konsep, proses, dan implikasi sains dalam konteks kehidupan nyata. Oleh karena itu, penguatan literasi sains menjadi salah satu tujuan utama pembelajaran sains di abad ke-21 (Syahidi et al., 2023).

Literasi sains tidak hanya menekankan penguasaan konsep ilmiah, tetapi juga kemampuan individu dalam menerapkan sains untuk memahami dan memecahkan permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari serta pengambilan keputusan sosial yang bertanggung jawab (Holbrook & Rannikmae, 2009). Sejalan dengan pandangan tersebut, literasi sains mencakup kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi bukti dan data ilmiah, menginterpretasikan bukti secara kritis, serta membuat keputusan yang bertanggung jawab berdasarkan prinsip-prinsip sains (OECD, 2016; OECD, 2024; PISA, 2025; Purwati, 2019). Selain penguasaan pengetahuan konten, literasi sains juga menekankan kemampuan individu untuk berpartisipasi aktif sebagai warga negara yang peduli terhadap isu lingkungan dan keberlanjutan (Murti et al., 2025).

Namun demikian, hasil survei Programme for International Student Assessment (PISA, 2022) menunjukkan bahwa tingkat literasi sains siswa Indonesia masih berada di bawah rata-rata negara-negara anggota Organisasi Kerja Sama dan

Pembangunan Ekonomi (OECD), seperti Singapura dan Vietnam (OECD, 2023). Temuan tersebut sejalan dengan hasil Asesmen Nasional (AN) tahun 2023 yang menunjukkan bahwa kemampuan berpikir ilmiah dan pemecahan masalah sains siswa Indonesia masih berada pada kategori sedang hingga rendah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kemampuan literasi sains siswa Indonesia masih perlu ditingkatkan, khususnya dalam mengaplikasikan konsep-konsep sains untuk memahami fenomena dan permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari melalui inovasi pembelajaran yang kontekstual, kolaboratif, dan bermakna (Kemendikbudristek, 2023).

Salah satu pendekatan yang relevan dengan kebutuhan tersebut adalah alat simulasi berbasis budaya lokal yang dikenal sebagai *Culturally Situated Design Tools* (CSDTs). Pendekatan ini pertama kali dikembangkan oleh Eglash (2002) dengan menekankan hubungan antara budaya, teknologi, dan sains melalui pembelajaran yang berakar pada konteks budaya yang dekat dengan kehidupan siswa. Penelitian selanjutnya menunjukkan bahwa CSDTs mampu mengintegrasikan unsur kolaborasi, teknologi, desain, dan pemikiran sistemik dalam pembelajaran berbasis budaya lokal (Babbitt et al., 2015).

Kebaruan CSDTs terletak pada pemanfaatan budaya lokal sebagai dasar perancangan simulasi digital yang secara langsung mendukung pengembangan literasi sains siswa. Melalui integrasi konteks budaya dalam desain simulasi, CSDTs memungkinkan siswa memahami konsep sains secara kontekstual, menafsirkan fenomena ilmiah yang berkaitan dengan praktik budaya masyarakat, serta mengaplikasikan pengetahuan sains dalam pemecahan masalah nyata yang berakar pada lingkungan sosial dan budaya mereka. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *culturally responsive computing* yang menempatkan budaya sebagai medium utama dalam membangun pemahaman ilmiah dan literasi sains yang bermakna (Eglash et al., 2020; Wakil et al., 2021). Dengan demikian, CSDTs berperan sebagai jembatan antara konsep ilmiah dan kearifan budaya lokal dalam pengembangan literasi sains peserta didik.

Selain memberikan konteks budaya dalam pembelajaran sains, efektivitas pendekatan CSDTs perlu ditunjang oleh model pembelajaran yang mendorong keterlibatan aktif dan kolaborasi siswa. Salah satu model yang relevan adalah model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw, yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk menguasai bagian materi tertentu sebagai “ahli” dan kemudian menyampaikannya kembali kepada anggota kelompok asal, sehingga terbentuk tanggung jawab individu dan interaksi belajar yang bermakna (Nugraha et al., 2019). Hasil penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa penerapan model Jigsaw mampu meningkatkan pemahaman konsep, kemampuan berpikir kritis, dan literasi sains siswa melalui proses diskusi, pertukaran informasi, dan kerja sama terstruktur dibandingkan dengan pembelajaran konvensional (Hariyati, 2023; Taniatara, 2024). Temuan tersebut mengindikasikan bahwa karakteristik Jigsaw selaras dengan tujuan pembelajaran sains yang menekankan penalaran ilmiah dan pemaknaan konsep.

Selain strategi pembelajaran, konteks lokal juga memiliki peran penting dalam memperkuat makna belajar siswa. Salah satu konteks lokal yang potensial di Bali adalah ekowisata Subak, yaitu sistem irigasi tradisional yang telah diakui UNESCO sebagai warisan budaya dunia dan dikembangkan sebagai destinasi ekowisata berkelanjutan (Windia & Dewi, 2011). Subak tidak hanya berfungsi sebagai sistem pengairan sawah, tetapi juga mencerminkan filosofi *Tri Hita Karana* yang menekankan keseimbangan hubungan antara manusia, alam, dan Tuhan. Nilai-nilai tersebut mengandung prinsip keberlanjutan dan harmoni ekologis yang relevan dengan pembelajaran sains modern (Rahayu & Handayani, 2020).

Melalui penerapan model pembelajaran Jigsaw yang dipadukan dengan CSDTs dan dikontekstualisasikan dalam ekowisata Subak, siswa dapat mempelajari penerapan prinsip-prinsip ilmiah dalam sistem pertanian berkelanjutan secara lebih bermakna. Pembelajaran berbasis ekowisata memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengamati dan menganalisis keterkaitan antarkomponen ekosistem, serta mengaitkan konsep-konsep biologi dengan nilai-nilai budaya lokal yang hidup dalam masyarakat Bali (Dewi & Sudiarta, 2021; Suryani & Putra, 2020).

Berdasarkan hasil *pretest* literasi sains di SMA Negeri 1 Marga, diketahui bahwa kemampuan literasi sains siswa masih tergolong rendah, khususnya dalam mengaitkan konsep sains dengan fenomena lokal seperti sistem irigasi Subak. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rata-rata *pretest* kelas kontrol sebesar 3,18 dan kelas eksperimen sebesar 5,94 dari skor maksimum 18, yang mengindikasikan bahwa capaian literasi sains siswa masih berada jauh di bawah skor maksimum instrumen. Kondisi ini menunjukkan bahwa siswa belum mampu menerapkan konsep sains secara optimal dalam konteks budaya dan lingkungan sekitar (Ilhami et al., 2019).

Dengan mempertimbangkan kondisi tersebut, masih terdapat kesenjangan antara harapan pencapaian literasi sains dengan kenyataan di lapangan. Upaya peningkatan literasi sains tidak cukup hanya mengandalkan satu pendekatan pembelajaran, melainkan memerlukan integrasi antara media, model pembelajaran, dan konteks yang saling menguatkan (Rosenthal, 2020). Melalui CSDTs, siswa dapat mempelajari konsep sains melalui simulasi digital yang berakar pada budaya lokal, dan efektivitas pendekatan ini akan lebih optimal apabila didukung oleh model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw yang menstrukturkan proses kolaborasi, tanggung jawab individu, dan pertukaran pengetahuan antarsiswa (Gunawan et al., 2019). Di sisi lain, ekowisata Subak menyediakan konteks autentik yang merepresentasikan sistem sosial-ekologis nyata, sehingga konsep sains tidak dipelajari secara abstrak, melainkan dikaitkan langsung dengan praktik budaya dan keberlanjutan lingkungan (Putra & Wahyuni, 2025).

Kombinasi ketiga komponen tersebut, yaitu CSDTs sebagai media simulasi berbasis budaya, Jigsaw sebagai model pembelajaran kolaboratif, dan Subak sebagai konteks kearifan lokal, menciptakan pembelajaran sains yang kontekstual, interaktif, dan bermakna. Pembelajaran ini memungkinkan siswa tidak hanya memahami konsep sains, tetapi juga menalar hubungan sebab-akibat dalam sistem ekologi, ekonomi, dan sosial secara terpadu. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan karena berkontribusi dalam pengembangan pembelajaran sains yang inovatif dan relevan dengan karakteristik siswa serta lingkungan belajar mereka, sekaligus berpotensi menumbuhkan nilai-nilai keberlanjutan, harmoni, dan

kepedulian terhadap lingkungan hidup melalui penguatan kearifan lokal Subak (Tabun, 2024).

1.2 Pembatasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan fokus, maka masalah dalam penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada penggunaan simulasi *Culturally Situated Design Tools* (CSDTs) tentang ekowisata Subak yang diterapkan dalam model pembelajaran Jigsaw pada pembelajaran Biologi.
2. Penelitian ini hanya menelaah dampak penerapan simulasi CSDTs dalam konteks pembelajaran terhadap kemampuan literasi sains siswa, tanpa membahas secara mendalam karakteristik variabel penelitian secara konseptual.
3. Pengukuran literasi sains dalam penelitian ini dibatasi pada indikator literasi sains yang mengacu pada kerangka PISA terbaru yang dikembangkan oleh OECD (2024), meliputi kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah, menginterpretasikan data dan bukti ilmiah, membuat prediksi dan solusi berbasis sains, serta membangun argumen ilmiah.
4. Subjek penelitian dibatasi pada siswa kelas X SMA Negeri 1 Marga pada semester ganjil tahun ajaran berjalan.
5. Materi pembelajaran dalam penelitian ini dibatasi pada materi Ekosistem pada mata pelajaran Biologi SMA, dengan ekowisata Subak sebagai konteks pembelajaran, khususnya yang berkaitan dengan komponen biotik dan abiotik, kualitas air, serta proses eutrofikasi.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah pada penelitian ini, maka dapat disusun rumusan masalahnya yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat literasi sains siswa sebelum pembelajaran, pada kelas yang dibelajarkan dengan simulasi CSDTs tentang ekowisata Subak dalam model pembelajaran Jigsaw dan kelas yang dibelajarkan tanpa simulasi CSDTs?
2. Bagaimana tingkat literasi sains siswa setelah pembelajaran, pada kelas yang dibelajarkan dengan simulasi CSDTs tentang ekowisata Subak dalam model pembelajaran Jigsaw dan kelas yang dibelajarkan tanpa simulasi CSDTs?
3. Apakah terdapat perbedaan yang signifikan tingkat literasi sains antara siswa yang dibelajarkan dengan simulasi CSDTs tentang ekowisata subak dalam model pembelajaran jigsaw dan siswa yang dibelajarkan tanpa menggunakan simulasi CSDTs?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan tingkat literasi sains siswa sebelum pembelajaran pada kelas yang dibelajarkan dengan simulasi *Culturally Situated Design Tools* (CSDTs) tentang ekowisata Subak dalam model pembelajaran Jigsaw dan kelas yang dibelajarkan tanpa menggunakan simulasi CSDTs.
2. Mendeskripsikan tingkat literasi sains siswa setelah pembelajaran pada kelas yang dibelajarkan dengan simulasi *Culturally Situated Design Tools* (CSDTs) tentang ekowisata Subak dalam model pembelajaran Jigsaw dan kelas yang dibelajarkan tanpa menggunakan simulasi CSDTs.
3. Menganalisis perbedaan tingkat literasi sains antara siswa yang dibelajarkan dengan simulasi *Culturally Situated Design Tools* (CSDTs) tentang ekowisata Subak dalam model pembelajaran Jigsaw dan siswa yang dibelajarkan tanpa menggunakan simulasi CSDTs.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoretis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam memperkaya khazanah teori pembelajaran biologi, khususnya melalui pengembangan pendekatan pembelajaran terpadu yang mengintegrasikan model pembelajaran Jigsaw, simulasi CSDTs, dan kearifan lokal Subak. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkuat pemahaman teoretis mengenai bagaimana sinergi antara strategi pembelajaran kooperatif, teknologi simulasi berbasis budaya, dan konteks lokal mampu mendukung pengembangan literasi sains siswa secara lebih kontekstual dan bermakna.

1. Manfaat Praktis

a. Bagi Siswa

- Membantu meningkatkan kemampuan literasi sains, keterampilan berpikir kritis, serta kesadaran akan pentingnya menjaga keberlanjutan lingkungan melalui kearifan lokal Subak.

b. Bagi Guru

- Memberikan alternatif strategi pembelajaran inovatif dengan mengintegrasikan model Jigsaw, CSDTs, dan kearifan lokal sehingga pembelajaran lebih bermakna, interaktif, dan kontekstual.

c. Bagi Sekolah

- Mendukung program sekolah dalam mengembangkan pembelajaran berbasis kearifan lokal Bali, serta mendorong terciptanya lingkungan belajar yang kreatif dan berorientasi pada literasi sains.

d. Bagi Peneliti Lain

- Menjadi referensi dan bahan pertimbangan bagi penelitian selanjutnya yang ingin mengkaji integrasi model pembelajaran kooperatif, teknologi simulasi, dan kearifan lokal dalam konteks pendidikan sains.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Integrasi *Culturally Situated Design Tools* (CSDTs), Ekowisata Subak, Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw

Subbab ini membahas pembelajaran Biologi yang mengintegrasikan simulasi *Culturally Situated Design Tools* (CSDTs), konteks ekowisata Subak, dan model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw dalam satu desain pembelajaran terpadu. Ketiga komponen tersebut saling melengkapi dan tidak diperlakukan sebagai unsur yang berdiri sendiri. Pembahasan pada sub-subab berikut difokuskan pada peran masing-masing komponen dalam mendukung pembelajaran terintegrasi yang berpotensi memengaruhi literasi sains siswa.

2.1.1.1 *Culturally Situated Design Tools* (CSDTs)

Culturally Situated Design Tools (CSDTs) merupakan aplikasi pembelajaran digital yang dikembangkan untuk menghubungkan praktik budaya dengan konsep-konsep STEM (Eglash et al., 2017). Melalui CSDTs, siswa memiliki kesempatan untuk menerapkan konsep STEM dalam desain digital yang terinspirasi dari budaya lokal, seperti pola tekstil tradisional, motif geometris, atau arsitektur tradisional (Davis et al., 2019).

CSDTs berlandaskan pada teori konstruktivisme, yang menekankan pembelajaran melalui pengalaman langsung dan eksplorasi aktif (Piaget, 1972; Vygotsky, 1978). Melalui interaksi dengan simulasi, siswa membangun pemahaman STEM secara

bertahap melalui eksperimen dan refleksi atas praktik budaya (Listiyani et al., 2025). Kombinasi antara konstruktivisme dan pedagogi responsif budaya ini menunjukkan sinergi antara pengalaman individual dan interaksi sosial, memperluas dimensi pembelajaran agar lebih kontekstual dan bermakna (Shih, 2024).

Berbagai penelitian mendukung efektivitas CSDTs, seperti memperkuat kemampuan berpikir komputasional dan penguasaan konsep matematika (Babbitt et al., (2019), serta mengoptimalkan motivasi dan keterlibatan siswa (Baker et al., 2018). Namun demikian, walaupun kedua penelitian tersebut mendukung efektivitas CSDTs dalam meningkatkan kemampuan kognitif dan afektif pembelajaran STEM, temuan mereka belum dapat langsung diterapkan pada konteks budaya non-Barat, termasuk Indonesia. Sebaliknya, penelitian Babbitt lebih fokus pada aspek teknis pemikiran komputasional, sedangkan Baker menekankan dimensi motivasi dan keterlibatan, hal ini menunjukkan bahwa penelitian terdahulu belum sepenuhnya mengintegrasikan kedua aspek tersebut dalam satu model pembelajaran.

Oleh karena itu, penelitian ini akan menggabungkan fokus pada pemikiran komputasional dan motivasi melalui simulasi Ekowisata Subak, untuk mengatasi keterbatasan tersebut dan mengeksplorasi dampaknya pada literasi sains siswa SMA di Indonesia. Meskipun demikian, studi penerapan CSDTs dalam konteks budaya lokal Indonesia khususnya Subak masih sangat terbatas. Hal ini membuka peluang bagi penelitian ini untuk mengeksplorasi bagaimana simulasi digital berbasis CSDTs dapat di aplikasikan pada Ekowisata Subak, sehingga siswa tidak hanya memahami konsep STEM, tetapi juga mengamati dan menganalisis sistem sosial-ekologis yang kompleks secara interaktif.

Dengan demikian, CSDTs menyediakan landasan konseptual yang memungkinkan integrasi nilai budaya dengan pembelajaran STEM. Penelitian ini mengisi gap penelitian dengan menerapkan CSDTs di konteks budaya Indonesia, khususnya Ekowisata Subak, untuk mengintegrasikan pemikiran secara komputasional dan motivasi dalam pembelajaran STEM yang bermakna.

2.1.1.2 Ekowisata Subak

Ekowisata merupakan bentuk pariwisata yang menekankan pelestarian lingkungan, edukasi, dan partisipasi aktif masyarakat setempat (Seervi, 2023). Di Bali, sistem Subak merupakan sistem irigasi tradisional yang dikelola berdasarkan norma sosial dan spiritual masyarakat, sekaligus merepresentasikan kearifan lokal yang mengandung nilai ekologis, sosial, dan pengaturan matematis dalam distribusi air pertanian (Windia & Dewi, 2019).

Dalam konteks pendidikan STEM, pembelajaran yang memanfaatkan simulasi digital memberikan peluang bagi siswa untuk memahami konsep-konsep ilmiah secara terpadu dan sistemik. Melalui penggunaan simulasi, siswa dapat mengeksplorasi keterkaitan antarkomponen dalam suatu sistem, seperti prinsip ekologi, aliran energi, keberlanjutan lingkungan, serta hubungan antara manusia dan lingkungan. Simulasi juga mendorong siswa untuk berpindah dari pembelajaran individual menuju pembelajaran kolaboratif, sehingga kemampuan berpikir sistem (*systems thinking*) dapat berkembang secara lebih optimal melalui diskusi dan pemecahan masalah bersama (Chang Et all., 2020).

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa literasi sains siswa pada aspek konten, konteks, dan proses masih tergolong rendah, sehingga siswa kurang peka terhadap fenomena alam dan keunggulan lokal di lingkungannya. Pembelajaran berbasis keunggulan lokal terbukti mampu meningkatkan literasi sains siswa, meskipun peningkatannya belum signifikan secara statistik (Nofiana & Julianto, 2018). Namun, penelitian tersebut masih berfokus pada pembelajaran kontekstual langsung dan belum memanfaatkan media digital interaktif. Di sisi lain, simulasi digital terbukti efektif dalam mendorong pemahaman sistem yang kompleks serta mengembangkan pembelajaran kolaboratif dan berpikir sistem (Chang et al., 2020). Oleh karena itu, integrasi pembelajaran berbasis keunggulan lokal dengan simulasi CSSTs dipandang relevan untuk mengoptimalkan peningkatan literasi sains siswa.

Dengan demikian, Ekowisata Subak menyediakan landasan konseptual dan konteks nyata bagi siswa untuk mengamati, menganalisis, dan menghubungkan praktik budaya dengan konsep ilmiah. Sistem ini menjadi kerangka yang memungkinkan pembelajaran STEM lebih relevan, kontekstual, dan kolaboratif.

2.1.1.3 Model Pembelajaran Jigsaw

Model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw yang dikembangkan oleh Aronson merupakan salah satu strategi pembelajaran kooperatif yang menekankan kerja sama antar siswa melalui pembagian materi ke dalam beberapa bagian yang dipelajari secara mendalam oleh anggota kelompok ahli, kemudian dibagikan kembali kepada kelompok asal (Putra et al., 2018). Dalam model ini, setiap siswa memiliki tanggung jawab terhadap penguasaan bagian materi tertentu sekaligus berperan sebagai sumber belajar bagi anggota kelompok lainnya, sehingga tercipta ketergantungan positif dan tanggung jawab individu dalam kelompok. Karakteristik utama model Jigsaw meliputi pembagian materi menjadi segmen-segmen kecil, pembentukan kelompok asal dan kelompok ahli, diskusi kelompok ahli untuk pendalaman materi, serta penyampaian hasil diskusi kepada kelompok asal, yang mendorong interaksi sosial dan pertukaran pemahaman antar siswa (Istiqomah, 2021).

Secara teoretis, model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw berlandaskan pada teori konstruktivisme dan teori pembelajaran kooperatif. Teori konstruktivisme memandang belajar sebagai proses aktif dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman dan interaksi sosial (Piaget, 1972; Vygotsky, 1978). Dalam konteks Jigsaw, siswa membangun pemahaman konsep melalui diskusi, klarifikasi ide, dan refleksi bersama anggota kelompok. Selain itu, teori pembelajaran kooperatif menekankan pentingnya interaksi promotif, tanggung jawab individu, dan kerja sama dalam mencapai tujuan belajar bersama (Johnson & Johnson, 2019), yang tercermin dalam kerangka pembelajaran Jigsaw.

Dalam pembelajaran sains, model Jigsaw berperan sebagai kerangka pedagogis yang mendukung pembelajaran kolaboratif dan pengembangan literasi sains. Tahapan pembelajaran dalam model Jigsaw memungkinkan siswa untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mengomunikasikan informasi ilmiah secara terstruktur (Zain et al., 2024). Integrasi model Jigsaw dengan simulasi CSDTs memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengeksplorasi konsep sains melalui simulasi digital berbasis budaya lokal, kemudian mendiskusikan dan mengaitkan temuan tersebut secara kolaboratif dalam kelompok (Hasibuan Et al., 2020). Dengan demikian, model Jigsaw berfungsi sebagai sarana untuk memfasilitasi interaksi sosial dan pertukaran pemahaman ilmiah yang diperoleh siswa melalui simulasi CSDTs dalam konteks ekowisata Subak.

Gambaran tahapan pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw berikut disajikan secara konseptual untuk menunjukkan alur interaksi pembelajaran dalam kajian pustaka ini.

Tabel 2. 1 Tahapan Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw

Tahap Pembelajaran	Aktivitas Guru	Aktivitas Siswa
Pembentukan kelompok asal	Mengorganisasi siswa ke dalam kelompok	Bergabung dalam kelompok asal
Pembagian materi	Membagi materi ekosistem ke dalam beberapa bagian	Menerima bagian materi
Kelompok ahli	Memfasilitasi diskusi kelompok ahli	Mempelajari dan mendiskusikan materi secara mendalam
Diskusi kelompok asal	Mengarahkan pertukaran informasi antar siswa	Menyampaikan hasil diskusi kepada kelompok asal
Refleksi pembelajaran	Memberikan umpan balik konseptual	Merefleksikan pemahaman yang diperoleh

Secara konseptual, model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw memiliki keterkaitan yang kuat dengan pengembangan literasi sains karena menuntut siswa untuk menjelaskan konsep ilmiah, menginterpretasikan informasi, serta membangun argumen melalui diskusi kelompok (Pratama et al., 2023). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan model Jigsaw efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan kolaborasi, dan literasi sains siswa (Mumtaza dan Selaras, 2023). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih menerapkan Jigsaw dalam pembelajaran konvensional dan belum mengintegrasikannya dengan media digital berbasis budaya lokal. Oleh karena itu, dalam konteks penelitian ini, model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw diposisikan sebagai kerangka pedagogis yang diterapkan secara konsisten untuk mengatur interaksi dan kolaborasi siswa dalam mengolah pemahaman ilmiah yang diperoleh melalui simulasi CSDTs pada konteks ekowisata Subak

2.1.2 Literasi Sains

Literasi sains adalah kemampuan individu untuk memahami dan menerapkan pengetahuan ilmiah, menafsirkan data dan bukti ilmiah, serta menggunakan pemahaman tersebut dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan permasalahan kehidupan sehari-hari (OECD, 2016). Selain itu, literasi sains tidak hanya menekankan penguasaan konsep, tetapi juga mencakup keterampilan berpikir kritis, komunikasi ilmiah, dan penerapan konsep sains dalam konteks nyata, sehingga siswa mampu berinteraksi secara reflektif dan bertanggung jawab terhadap fenomena ilmiah di masyarakat (Purnawati & Yakin, 2025).

Secara teoretis, literasi sains berlandaskan pada teori konstruktivisme yang memandang belajar sebagai proses aktif dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung dan interaksi sosial (Tenney et al., 2023). Pembelajaran yang bersifat kontekstual dan kolaboratif memungkinkan siswa mengaitkan konsep ilmiah dengan fenomena nyata di lingkungannya, sehingga pemahaman konseptual dan proses ilmiah dapat berkembang secara bermakna. Dalam pembelajaran Biologi, lingkungan

dan budaya lokal berperan sebagai sumber belajar autentik yang mendukung pengembangan literasi sains karena menghadirkan objek dan permasalahan yang relevan dengan kehidupan siswa (Imtihana & Djukri, 2020)

OECD melalui *Programme for International Student Assessment (PISA)* merumuskan literasi sains ke dalam tiga domain utama, yaitu kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengonstruksi dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah serta menginterpretasi data, serta mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan. Ketiga domain tersebut menjadi acuan konseptual dalam mengukur literasi sains siswa. Dalam penelitian ini, domain literasi sains OECD (PISA) dijabarkan ke dalam indikator-indikator yang relevan dengan konteks pembelajaran Biologi SMA, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 domain utama literasi sains OECD (PISA)

No	Domain Literasi Sains (PISA)	Turunan Indikator yang Digunakan dalam Penelitian
1.	Menjelaskan fenomena secara ilmiah	Mengingat dan menerapkan pengetahuan ilmiah yang sesuai
2.	Mengonstruksi dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah serta menginterpretasi data	Menginterpretasikan data dan fenomena dari narasi sederhana
3.	Mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan	Membuat dan membuktikan prediksi serta solusi ilmiah yang tepat dan membangun argumen untuk mendukung kesimpulan ilmiah

Dalam konteks pembelajaran berbasis ekowisata Subak, pengembangan literasi sains difasilitasi melalui simulasi *Culturally Situated Design Tools (CSDTs)* yang merepresentasikan sistem irigasi tradisional Subak secara dinamis. Melalui simulasi tersebut, siswa dapat melakukan pengamatan terhadap hubungan antara jumlah wisatawan, jumlah sampah, tingkat eutrofikasi, parameter pertumbuhan padi, serta pendapatan petani sebagai satu kesatuan sistem sosial-ekologis.

Secara spesifik, domain menjelaskan fenomena secara ilmiah dikembangkan ketika siswa menggunakan simulasi untuk menjelaskan keterkaitan antara aktivitas manusia dan perubahan kondisi lingkungan Subak berdasarkan konsep-konsep Biologi. Domain mengonstruksi dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah serta menginterpretasi data muncul melalui aktivitas analisis perubahan data pada variabel simulasi, seperti peningkatan eutrofikasi akibat penumpukan sampah atau dampaknya terhadap produktivitas padi. Selanjutnya, domain mengevaluasi dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dikembangkan ketika siswa diminta membuat prediksi, merumuskan solusi pengelolaan ekowisata Subak yang berkelanjutan, serta membangun argumen ilmiah berdasarkan hasil simulasi.

Dengan demikian, simulasi CSSTs tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi, tetapi juga sebagai sarana untuk melatih proses penalaran ilmiah yang selaras dengan indikator literasi sains PISA. Integrasi konteks ekowisata Subak dalam simulasi memungkinkan siswa mengaitkan konsep Biologi dengan fenomena nyata yang dekat dengan kehidupan mereka, sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan bermakna (Windia & Dewi 2019). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pembelajaran kontekstual yang dipadukan dengan strategi kolaboratif, seperti model Jigsaw, mampu mengoptimalkan literasi sains siswa (Mumtaza & Selaras, 2023).

Meskipun demikian, kajian literatur menunjukkan bahwa literasi sains masih jarang diteliti dalam konteks integrasi simulasi CSSTs dan model pembelajaran Jigsaw yang dikaitkan secara spesifik dengan budaya lokal Indonesia, khususnya pada ekowisata Subak. Penelitian terdahulu umumnya menekankan aspek kontekstual tanpa dukungan teknologi digital atau berfokus pada kolaborasi pembelajaran tanpa integrasi budaya lokal secara eksplisit. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengkaji bagaimana integrasi simulasi CSSTs dan model Jigsaw pada konteks ekowisata Subak dapat meningkatkan literasi sains siswa SMA secara kontekstual, kolaboratif, dan bermakna.

2.2 Kajian Penelitian Yang Relevan

Pemanfaatan CSDTs sebagai media pembelajaran digital berbasis budaya telah banyak dilaporkan efektif dalam pembelajaran STEM. Eglash (2017) dan Davis et al. (2019) menyatakan bahwa CSDTs mengintegrasikan konsep STEM dengan praktik budaya lokal melalui simulasi interaktif, sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual. Penelitian Babbitt et al. (2019) menunjukkan bahwa CSDTs mampu meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan berpikir komputasional siswa, sedangkan Baker et al. (2018) menegaskan bahwa pembelajaran berbasis teknologi interaktif dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa. Meskipun demikian, penerapan CSDTs pada konteks budaya lokal Indonesia, khususnya Subak, masih relatif terbatas.

Selain media pembelajaran, konteks pembelajaran berbasis ekowisata dan kearifan lokal berperan penting dalam membangun pembelajaran sains yang bermakna. Dewi dan Sudiarta (2021) serta Suryani dan Putra (2020) menunjukkan bahwa pembelajaran Biologi berbasis ekowisata dan kearifan lokal Bali memungkinkan siswa memahami hubungan manusia dan lingkungan secara lebih kontekstual. Secara khusus, sistem Subak yang berlandaskan filosofi *Tri Hita Karana* merepresentasikan sistem sosial-ekologis yang relevan untuk pembelajaran sains berkelanjutan (Windia & Dewi, 2011; Rahayu & Handayani, 2020). Penelitian Ilhami et al. (2019) menegaskan bahwa pembelajaran berbasis kearifan lokal dapat meningkatkan literasi sains dan literasi lingkungan siswa.

Di samping media dan konteks, model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw juga terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran sains. Putra et al. (2018), Istiqomah (2021), dan Zain et al. (2024) menunjukkan bahwa model Jigsaw mampu meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan kolaboratif, dan kemampuan berpikir kritis siswa. Johnson dan Johnson (2020) menekankan bahwa pembelajaran kooperatif mendorong interaksi positif dan tanggung jawab individu. Penelitian Hariyati (2023) dan Taniatara (2024) menemukan bahwa penerapan Jigsaw dalam pembelajaran IPA

dapat meningkatkan literasi sains, terutama ketika dipadukan dengan media pembelajaran interaktif (Hasibuan et al., 2020).

Keseluruhan pendekatan tersebut bermuara pada penguatan literasi sains siswa. Holbrook dan Rannikmae (2009) memaknai literasi sains sebagai kemampuan memahami konsep ilmiah, menerapkannya dalam kehidupan nyata, serta mengambil keputusan berbasis bukti. Kerangka PISA menegaskan bahwa literasi sains mencakup kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah, mengevaluasi penyelidikan, dan menginterpretasi data (OECD, 2016; OECD, 2023; OECD, 2024). Penelitian Syahidi et al. (2023) serta Murti et al. (2025) menekankan bahwa literasi sains berkembang optimal melalui pembelajaran kontekstual yang mengintegrasikan budaya, lingkungan, dan kolaborasi.

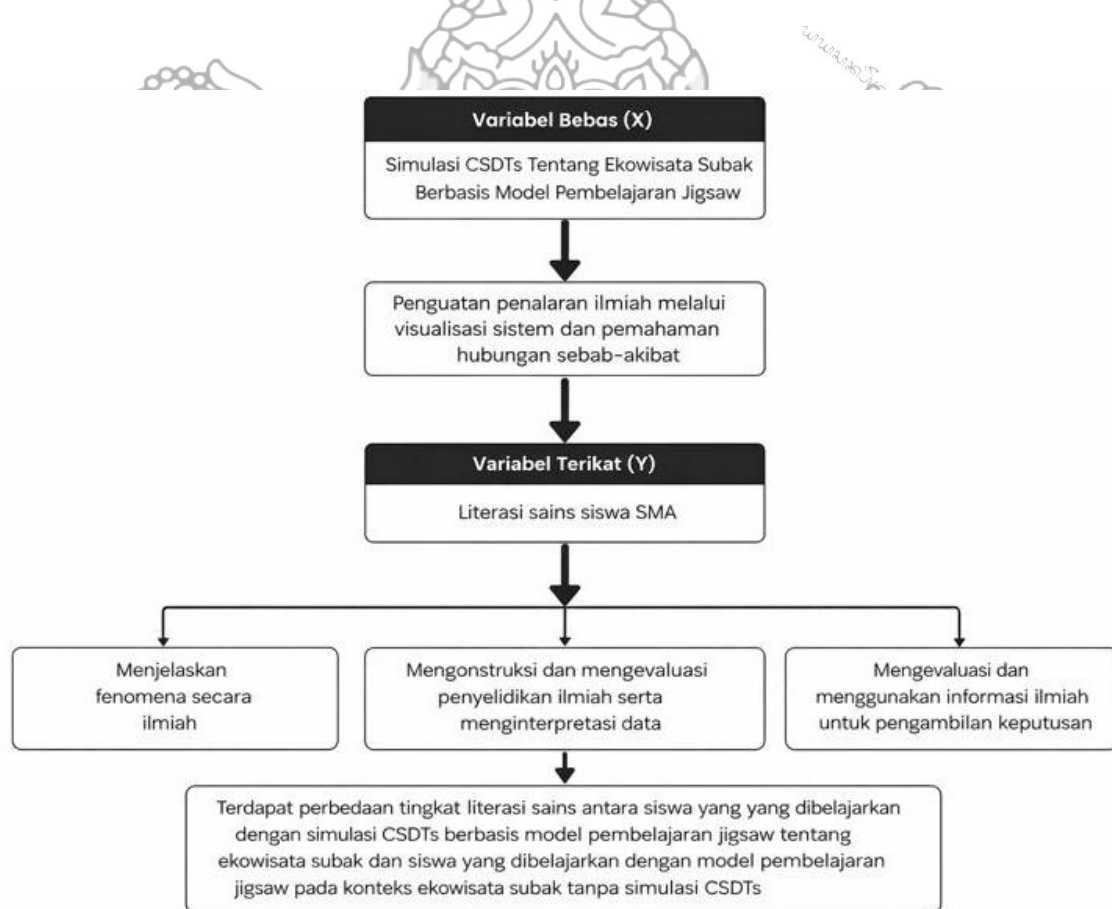
Berdasarkan kajian tersebut, dapat disimpulkan bahwa integrasi CSDTs, konteks ekowisata Subak, dan model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw berpotensi kuat dalam meningkatkan literasi sains siswa. Namun, penelitian yang mengintegrasikan ketiga komponen tersebut secara simultan dalam pembelajaran Biologi SMA masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi celah tersebut dan menghadirkan pembelajaran sains yang kontekstual, kolaboratif, dan bermakna.

2.3 Kerangka Berpikir Penelitian

Kerangka berpikir penelitian ini disusun untuk menggambarkan alur logis hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat berdasarkan kajian teori dan penelitian terdahulu. Simulasi CSDTs berbasis model pembelajaran Jigsaw pada konteks ekowisata Subak dipandang mampu memperkuat penalaran ilmiah siswa melalui visualisasi sistem serta pemahaman hubungan sebab-akibat, yang selanjutnya berkontribusi terhadap peningkatan literasi sains siswa SMA. Literasi sains tersebut mencakup kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengonstruksi dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah serta menginterpretasi data, dan mengevaluasi serta menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan. Hubungan antarvariabel

tersebut dirangkum dalam kerangka berpikir penelitian yang disajikan pada Gambar 2.1

Gambar 2. 1 Kerangka Berpikir Penelitian



2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan penelitian yang relevan, maka hipotesis penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

Terdapat perbedaan tingkat literasi sains antara siswa yang dibelajarkan menggunakan simulasi *Culturally Situated Design Tools* (CSDTs) dalam model pembelajaran Jigsaw pada konteks ekowisata Subak dan siswa yang dibelajarkan

menggunakan model pembelajaran Jigsaw pada konteks ekowisata Subak tanpa simulasi CSDTs.

