

BAB 2

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 *Scientific Literacy Skill*

2.1.1.1 Pengertian *Scientific Literacy Skill*

Istilah *scientific literacy* mulai digunakan sejak lebih dari empat dekade lalu dan pertama kali diperkenalkan pada tahun 1958 oleh Paul deHart Hurd yang menjelaskan konteks pemahaman sains dalam praktik sosial. Seiring perkembangan ilmu pengetahuan, penerapan istilah *scientific literacy* mengalami pergeseran termasuk pemaknaannya (Abidin, Mulyati, & Yunansah, 2018). Perkembangan definisi konsep *scientific literacy* yang mulanya menerangkan konsep pembelajaran saintifik yang berfokus pada hafalan konsep dan hukum ilmiah, menjadi pembelajaran saintifik yang berfokus pada studi tentang risiko dan dampaknya terhadap masyarakat bahkan menjadikan sains sebagai alat untuk perubahan sosial (Valladares, 2021). *National Society for the Study of Education* (NSSE) telah meneliti lebih awal mengenai konsep *scientific literacy* sejak tahun 1930-an yang mengungkap pendidikan ilmiah sebagai gagasan untuk menciptakan masyarakat yang terdidik. Sejalan dengan pandangan Abidin, Mulyati dan Yunansah (2018:141) mengenai nilai dan sikap yang terkandung pada sains didukung dengan perkembangan pengetahuan yang pesat mampu membangun karakter masyarakat dan bangsa.

Hurd (1998) mengungkapkan bahwa seseorang dikatakan melek sains adalah seorang yang mengakui bahwa *scientific literacy* merupakan proses memperoleh, menganalisis, mensintesis, mengkodekan, mengevaluasi dan memanfaatkan pencapaian dalam sains dan teknologi dalam konteks manusia dan sosial. *Scientific literacy* menurut *Programme for International Student Assessment* (PISA) yaitu kemampuan melibatkan ilmu pengetahuan ilmiah untuk merekognisi pertanyaan dan menarik kesimpulan berdasarkan data dan bukti ilmiah sehingga mampu memahami dan membuat keputusan yang berkaitan dengan alam semesta dan perubahan yang terjadi akibat aktivitas manusia (OECD, 2023). Definisi *scientific literacy* secara harfiah menurut Li (2021) yaitu literate

yang berarti huruf dan sains yang merefleksikan pengetahuan. Membaca dan menulis teks sains memicu pemikiran ilmiah yang mendorong keterampilan memahami sains dalam kehidupan sehari-hari.

Menurut Rohmawati dan Gayatri (2020) *scientific literacy* adalah kemampuan berpikir tingkat tinggi yang membantu siswa dalam memutuskan sikap yang logis, kritis, dan kreatif. Utami *et al.* (2022) memandang bahwa *scientific literacy* merupakan kemampuan menginterpretasikan, mengkomunikasikan, dan menerapkan konsep-konsep ilmiah dalam kehidupan nyata. Lebih sederhana lagi, Jufrida *et al.* (2019) mendefinisikan *scientific literacy* sebagai kemampuan seseorang melibatkan pengetahuan sains dalam kehidupannya. Adapun dalam konteks di luar kelas, seseorang melibatkan pengetahuan sains dengan berbagai cara seperti mengevaluasi sumber bukti ilmiah yang dilaporkan dalam sebuah media dan memanfaatkan peran serta nilai sains untuk mengelaborasi informasi kuantitatif dan melakukan tugas-tugas kuantitatif (Gormally *et al.*, 2012).

Menurut Hasasiyah *et al.* (2019) *scientific literacy skill* adalah suatu kemampuan dalam menggunakan data dan bukti ilmiah yang valid untuk mengkritisi kualitas suatu informasi dan argumentasi yang diperoleh berkaitan dengan sains atau fakta ilmiah. Pratiwi *et al.* (2019) berpandangan bahwa fokus dari pengembangan *scientific literacy* adalah menggunakan konsep sains secara substansial dan kritis dalam membuat keputusan-keputusan yang solutif terhadap permasalahan yang berkaitan dengan kehidupan peserta didik. *Scientific literacy* tidak berarti hanya memahami konsep sains semata tetapi juga sebuah pemahaman yang menjadikan sains sebagai wahana untuk mengasosiasikan dan membantu dalam mengambil keputusan berkaitan dengan alam dan interaksi dengan lingkungannya (Abidin *et al.*, 2018).

Berdasarkan uraian pendapat ahli di atas yang memberikan pandangan mengenai *scientific literacy*, dapat disimpulkan bahwa *scientific literacy* merupakan sebuah kemampuan yang harus dimiliki oleh peserta didik dalam memanfaatkan pengetahuan sains baik berupa data dan bukti ilmiah untuk

menganalisis suatu masalah dan membantu mengambil keputusan yang berkaitan dengan alam dan dampak yang ditimbulkan dari aktivitas manusia.

2.1.1.2 Pentingnya *Scientific Literacy Skill*

Sebagian besar aspek kesejahteraan manusia dan kemajuan sosial ditunjang oleh ilmu pengetahuan dan teknologi. Pengajaran sains penting untuk diajarkan kepada peserta didik sehingga peserta didik memiliki kesempatan untuk memandang dunia sekitar melalui ilmu pengetahuan dan merasa haus akan hal-hal yang belum mereka ketahui. *Scientific literacy* memegang peranan penting yang membantu peserta didik mencapai kompetensi yang harus dimiliki di era revolusi 4.0 seperti berpikir kritis dan pemecahan masalah, berpikir kreatif, keterampilan komunikasi, dan kemampuan kolaborasi (Sibarani, Afandi, & Tenriawaru, 2019).

Menurut Schneegans dan Nair-Bedouelle (2021) *scientific literacy* sebagai tiang pancang untuk memerangi kelompok anti-sains yang menyebarkan disinformasi dengan maksud menabur keraguan di benak masyarakat awam. *Scientific literacy* juga membantu individu untuk membentuk karakter dan sikap yang bertanggung jawab atas diri pribadi, masyarakat, dan lingkungan serta sadar akan permasalahan yang dihadapi masyarakat berkaitan dengan teknologi (Noor, 2020). Menanamkan *scientific literacy* kepada generasi muda bukan berarti menjadikan setiap peserta didik sebagai calon ilmuwan atau seseorang yang terjun di bidang sains, melainkan dalam rangka membentuk pengetahuan sains dan teknologi yang akan membantu peserta didik dalam menentukan pilihan dengan memperkirakan dampak jangka pendek dan jangka panjang bagi lingkungan (Ramli, Susanti, & Yohana, 2022).

2.1.1.3 Cara Meningkatkan *Scientific Literacy Skill*

Permasalahan rendahnya *scientific literacy* peserta didik tidak dapat diatasi hanya dengan menentukan penggunaan model, strategi dan metode pembelajaran saja. Penting juga untuk melakukan pengukuran kapasitas keilmuan sehingga dapat mengetahui kapasitas dan meningkatkan kualitas sumber daya manusia (Zubair & Yanto, 2023). Menurut Palines dan Cruz (2021) penting bagi guru untuk memberikan dorongan dan umpan balik kepada peserta didik yang mengalami kesulitan saat kegiatan penelitian dan guru memberikan kesempatan

peserta didik untuk bekerja secara mandiri sehingga dapat memberdayakan peserta didik untuk mencapai tujuan yang lebih tinggi di bidang penelitian ilmiah. Hal ini dapat membantu peserta didik merasakan andil dalam kegiatan pembelajaran dan memaksimalkan pengalaman belajar peserta didik.

Uus *et al.* (2022) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa untuk mempraktekkan pembelajaran sains secara langsung pada generasi muda, perlu untuk menjaga *cognitive load* optimal untuk mengatasi mental timbal balik dari hasil pembelajaran yang kompleks. Hal tersebut juga diperlukan untuk menciptakan pengetahuan baru yang tepat dan memperoleh *scientific literacy* yang berkualitas sehingga dapat membantu individu membuat keputusan mandiri agar siap menghadapi tantangan di abad ini.

2.1.1.4 Penilaian *Scientific Literacy Skill*

Scientific literacy skill peserta didik diukur dengan melakukan penilaian *scientific literacy* yang merujuk pada indikator-indikator *scientific literacy*. Penilaian dilakukan dalam bentuk soal tes maupun non-tes (Sibarani *et al.*, 2019). Indikator penilaian *scientific literacy skill* salah satunya dikembangkan oleh Cara Gormally, Peggy Brickman, dan Mary Lutzt dalam artikel yang berjudul *Developing a Test of Scientific Literacy Skill (TOSLS): Measuring Undergraduates' Evaluation of Scientific Information and Argument*. Indikator yang diuraikan oleh Gormally *et al.* (2012) mencakup dua kategori utama yaitu 1) memahami metode penyelidikan yang mengarah pada pengetahuan saintifik; dan 2) mengorganisasikan, menganalisis, serta menginterpretasikan data kuantitatif dan informasi saintifik. Setiap indikator terdiri dari beberapa sub indikator dengan penjelasan seperti yang diuraikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Indikator *Scientific literacy*

Indikator	Sub indikator	Penjelasan
1. <i>Understand method of inquiry that lead to scientific knowledge</i>	a. <i>Identify a valid scientific argument</i>	Mengenali apa saja kualifikasi bukti ilmiah dan kapan sebuah bukti ilmiah dapat mendukung hipotesis.
	b. <i>Evaluate the validity of sources</i>	Membedakan jenis-jenis sumber, mengidentifikasi bias, sumber ahli dan kredibilitasnya

Indikator	Sub indikator	Penjelasan
	c. <i>Evaluate the use and misuse of scientific information</i>	Mengenali etika tindakan saintifik serta mengidentifikasi kesesuaian penggunaan sains oleh pemerintah, dan media yang bebas akan bias serta tekanan ekonomi dan politik yang dapat mempengaruhi keputusan sosial.
	d. <i>Understand element of research design and how they impact scientific findings/conclusions</i>	Mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan sebuah rancangan penelitian terhadap bias, ukuran sampel, pengacakan, dan eksperimen
2. <i>Organize, analyze, and interpret quantitative data and scientific information</i>	a. <i>Create graphical representations of data</i>	Mengidentifikasi kesesuaian format grafik yang merepresentasikan sebuah data dari jenis data tertentu.
	b. <i>Read and interpret graphical representations of data</i>	Menginterpretasikan sebuah data yang disajikan dalam bentuk grafik untuk membuat kesimpulan sebuah temuan
	c. <i>Solve problems using quantitative skills, including probability and statistics</i>	Menghitung peluang, persentase, dan frekuensi untuk menggambarkan sebuah kesimpulan
	d. <i>Understand and interpret basic statistics</i>	Memahami kebutuhan statistik untuk mengukur ketidakpastian data
	e. <i>Justify inference, predictions, and conclusions based on quantitative data</i>	Menginterpretasikan data dan mengkritisi rancangan eksperimen untuk menguji hipotesis dan mengetahui kelemahan dalam argumen

Sumber : Gormally *et al.* (2012)

2.1.2 *Self-directed Learning*

2.1.2.1 Pengertian *Self-directed Learning*

Teori dan praktik yang mendasari *self-directed learning* merupakan lawan dari istilah pedagogi yaitu andragogi. Istilah ini merupakan gabungan dari kata *andr* yang berarti manusia dan *agogus* yang berarti pemimpin dalam Bahasa Yunani. Sehingga andragogi didefinisikan sebagai seni dan ilmu yang membantu orang dewasa untuk belajar. Asumsi tentang peserta didik yang mendasari istilah *self-directed learning* atau pembelajaran yang diarahkan oleh diri sendiri yaitu manusia tumbuh dalam kapasitas untuk mengarahkan diri sendiri sebagai suatu elemen yang esensial dalam proses pendewasaan yang perlu dipupuk agar dapat berkembang sedini mungkin (Knowles, 1975:20).

Menurut Knowles (1975:18) definisi *self-directed learning* merupakan suatu proses atau upaya peserta didik yang mengambil inisiatif dalam mendiagnosis kebutuhan belajarnya, merumuskan tujuan pembelajaran, mengidentifikasi sumber daya manusia dan sumber belajar, menentukan strategi pembelajaran yang sesuai dan mengevaluasi hasil belajarnya, baik dengan atau tanpa melibatkan orang lain. Adapun menurut Linkous (2014) *self-directed learning* didefinisikan sebagai proses pembelajaran yang dilakukan individu dengan menetapkan elemen kontrol atas pembelajaran sendiri dan karakteristik peserta didik termasuk *self-efficacy* dan motivasi. *Self-directed learning* merupakan upaya menciptakan pengalaman yang memberdayakan peserta didik untuk membuat keputusan mengenai topik yang ingin peserta didik kuasai (Robinson & Persky, 2020).

Morris (2019) memandang *self-directed learning* sebagai proses peserta didik mengambil tanggung jawab dalam mengendalikan tujuan dan sarana pembelajaran peserta didik untuk memenuhi tuntutan dalam sudut pandang individu itu sendiri. *Self-directed learning* menekankan peserta didik untuk lebih aktif terlibat dan bersemangat dalam menggali pengetahuan, menentukan tujuan, dan memilih strategi pembelajaran (Kerdtip & Angkulwattanakit, 2023). Geng *et al.* (2019) juga menegaskan bahwa seorang pembelajar mandiri terlibat aktif

dalam proses pembelajaran, mulai dari memperoleh informasi, merancang dan mengevaluasi kegiatan pembelajaran.

Berdasarkan pemaparan definisi *self-directed learning* menurut para ahli, dapat disimpulkan bahwa *self-directed learning* merupakan upaya keterlibatan penuh peserta didik dalam mengarahkan proses pembelajarannya sejak menentukan tujuan pembelajaran, apa yang dibutuhkan ketika pembelajaran, dan mengevaluasi hasil pembelajaran yang diperoleh.

2.1.2.2 Pentingnya *Self-directed Learning*

Knowles (1975) dalam buku *Self-directed Learning : A Guide for Learners and Teachers* mengungkapkan tiga alasan utama pentingnya seseorang melakukan *self-directed learning*. Alasan pertama, seseorang yang memiliki inisiatif dalam belajar memiliki aktivitas pembelajaran yang lebih terarah dengan motivasi yang tinggi dan mendorong pembelajar untuk mempelajari lebih banyak hal dibanding seseorang yang hanya bergantung pada pembelajaran oleh guru. Alasan kedua, *self-directed learning* dinilai selaras dengan perkembangan psikologis seseorang. Hal terpenting dari proses pendewasaan adalah menjadi semakin mandiri dan bertanggung jawab penuh atas kehidupan diri sendiri. Alasan ketiga, perkembangan dan inovasi pendidikan serta implementasi kurikulum yang cenderung berubah-ubah menuntut seseorang, khususnya peserta didik, untuk lebih berinisiatif dalam pembelajaran.

Self-directed learning memberdayakan seseorang untuk menghadapi kompleksitas perubahan kontekstual sosial dan menjadi kompetensi hidup yang penting untuk menunjang kehidupan di dunia modern (Morris, 2019). Hernan *et al.* (2019) juga mengungkapkan bahwa *self-directed learning* perlu untuk dikembangkan sebagai sarana bagi peserta didik untuk memperkuat keterampilan profesional. Berdasarkan uraian di atas, dapat dianalisis bahwa *self-directed learning* dinilai penting untuk membantu peserta didik melakukan pembelajaran yang lebih terarah serta menjadi kompetensi hidup yang dapat membina peserta didik dalam menghadapi dinamika perubahan pendidikan dan sosial.

2.1.2.3 Cara Mengembangkan *Self-directed Learning*

Knowles (1975) menggambarkan beberapa strategi yang dapat dilakukan oleh guru dalam membantu peserta didik mengembangkan *self-directed learning*. Guru dapat meminta peserta didik secara individu ataupun berkelompok untuk terlibat dalam proyek inkuiri secara mandiri dalam menganalisis isu-isu yang perlu diselesaikan dan pertanyaan-pertanyaan yang perlu dijawab, di samping itu peserta didik dapat berkonsultasi dengan guru ketika membutuhkan bantuan. Selain itu, guru dapat melibatkan seluruh peserta didik dalam sebuah lokakarya intensif mengenai *self-directed learning* atau memberikan orientasi pengantar kepada peserta didik untuk memperkenalkan konsep dan memberikan pelatihan keterampilan *self-directed learning*.

Mengembangkan *self-directed learning* memerlukan pendekatan dengan aktivitas pembelajaran yang lebih mandiri. Lingkungan pembelajaran lebih dialihkan dari pembelajaran di ruang kelas ke lingkungan pengalaman dan kendali lingkungan belajar juga beralih dari instruktur ke peserta didik. Pendekatan yang dilakukan memuat aktivitas yang lebih mandiri ketika memulai pembelajaran dan peserta didik dibekali panduan (Robinson & Persky, 2020).

2.1.2.4 Penilaian *Self-directed Learning*

Penilaian kemampuan *self-directed learning* dilakukan untuk membantu guru menyesuaikan desain instruksional dalam pembelajaran dengan kesiapan siswa untuk belajar mandiri. Indikator penilaian kemampuan *self-directed learning* yang dikembangkan oleh Ayyildiz dan Tarhan (2015) memuat sembilan indikator yang diuraikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Indikator *Self-directed Learning*

No.	Indikator	Penjelasan
1.	<i>Attitude towards learning</i>	Sikap peserta didik terhadap pembelajaran
2.	<i>Learning responsibility</i>	Tanggung jawab peserta didik terhadap pembelajaran dan memahami apa yang perlu dilakukan atau dihindari oleh peserta didik selama pembelajaran
3.	<i>Motivation and self-confidence</i>	Tingkat motivasi dan rasa percaya diri peserta didik dalam menyelesaikan masalah dan memperoleh hasil belajar

No.	Indikator	Penjelasan
4.	<i>Ability to plan learning</i>	Mampu merencanakan pembelajaran dan menentukan kebutuhan yang perlu dipersiapkan sebelum pembelajaran
5.	<i>Ability to use learning opportunities</i>	Mampu menentukan strategi pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan
6.	<i>Ability to manage information</i>	Mampu mengelola dan menghubungkan informasi yang diperoleh berkaitan dengan kebutuhan pembelajaran
7.	<i>Ability to apply learning strategies</i>	Mampu menerapkan strategi belajar untuk memperoleh hasil yang maksimal
8.	<i>Assessment of learning process</i>	Meninjau kembali proses pembelajaran yang telah dilakukan
9.	<i>Evaluation of learning result</i>	Mengevaluasi hasil pembelajaran yang diperoleh

Sumber : Ayyildiz dan Tarhan (2015)

2.1.3 *Cognitive Load*

2.1.3.1 Pengertian *Cognitive Load*

Cognitive Load Theory pertama kali diperkenalkan pada tahun 1980an sebagai desain pembelajaran tetapi tidak langsung mendapat perhatian (Sweller, van Merriënboer, & Paas, 2019). Arsitektur kognitif manusia mendasari Sweller *et al.* (Sweller *et al.*, 2019) dalam mengembangkan sebuah teori *cognitive load* yang menjelaskan mengenai batasan memori kerja dalam memproses informasi dan membangun pengetahuan baru untuk disimpan dalam memori jangka panjang yang disebabkan oleh tugas-tugas pembelajaran. Premis dasar dari *cognitive load* adalah memori kerja manusia terbatas dalam memproses beberapa elemen informasi dalam satu waktu. Menurut Nurwanda *et al.* (2020) memori bekerja dalam memproses informasi yang akan disimpan dalam memori jangka panjang dan memori jangka pendek. Sari *et al.* (2020) menegaskan bahwa memori kerja tidak bisa menerima informasi dalam jumlah yang banyak, jika informasi yang diterima terlalu banyak ketika proses pembelajaran maka kognisi peserta didik akan terbebani. Teori *cognitive load* menguraikan bagaimana tugas-tugas pembelajaran yang menimbulkan beban pemrosesan dan mempengaruhi kemampuan peserta didik untuk mengkonstruksi pengetahuan baru (de Bruin & van Merriënboer, 2017; Uus *et al.*, 2020)

Kapasitas proses kognitif diukur oleh memori kerja, sistem kognitif yang terganggu akan menimbulkan *cognitive load* (Lolang, Salsabya, Suhud, Oktiawati, & Ulimaz, 2023). Tonra dan Ishak (2019) mengungkapkan bahwa *cognitive load* muncul ketika sistem kognitif siswa dipaksa bekerja untuk melakukan tugas tertentu. Upaya yang dilakukan dalam penerimaan informasi untuk membangun pengetahuan baru pada proses pembelajaran dapat menjadi *cognitive load* (Richardo & Cahdriyana, 2021). Penerimaan informasi yang berlebihan disamping kapasitas memori kerja yang terbatas akan menyebabkan peserta didik merasa terbebani (Putri *et al.*, 2021). Menurut Wahyuni dan Cahyani (2021) batasan memori kerja dalam memproses informasi pada selang waktu tertentu mengharuskan siswa melakukan upaya mental yang disebut *cognitive load*. Berdasarkan uraian para ahli tersebut, dapat dianalisis bahwa definisi *cognitive load* adalah upaya pemrosesan informasi yang melebihi kapasitas memori kerja untuk memenuhi tuntutan tugas dalam pembelajaran.

2.1.3.2 Jenis-Jenis *Cognitive Load*

Sweller, Merriënboer, dan Paas (1998) dalam penelitiannya yang berjudul *Cognitive Architecture and Instructional Design* membagi aspek *cognitive load* berdasarkan sumbernya menjadi 3 aspek, yaitu *intrinsic cognitive load*, *extraneous cognitive load*, dan *germane cognitive load*.

a. *Intrinsic Cognitive Load*

Intrinsic cognitive load ditentukan oleh kompleksitas informasi yang diproses dan pengetahuan individu yang memproses informasi tersebut. Kompleksitas informasi dalam hal ini berarti mengacu pada karakteristik informasi. Informasi yang sebelumnya telah diproses dan disimpan dalam memori jangka panjang memiliki karakteristik yang berbeda dengan informasi yang belum diproses dan disimpan sebelumnya. Sehingga *intrinsic cognitive load* tidak dapat dimanipulasi dan hanya dapat diubah dengan mengubah informasi yang perlu dipelajari atau keahlian yang ingin dikuasai oleh peserta didik.

b. *Extraneous Cognitive Load*

Extraneous cognitive load ditentukan oleh bagaimana penyajian informasi terhadap peserta didik dalam proses pembelajaran. Selain berkaitan dengan

intrinsic cognitive load, interaktivitas elemen juga berkaitan dengan *extraneous cognitive load*. Beban ini dapat dimanipulasi dengan mengubah prosedur pembelajaran. Interaktivitas elemen akan berkurang jika prosedur pembelajaran yang dilakukan dinilai efektif dan berlaku sebaliknya.

c. *Germane Cognitive Load*

Germane cognitive load dihasilkan dari aktivitas yang dilakukan untuk memfasilitasi pembelajaran yang mengacu pada sumber daya memori kerja untuk mengelola *intrinsic cognitive load*. Semakin banyak sumber daya yang dicurahkan pada *intrinsic cognitive load*, semakin tinggi pula *germane cognitive load* yang terbentuk sehingga semakin banyak hal yang peserta didik pelajari. *Intrinsic cognitive load* berkaitan dengan *germane cognitive load* (Sweller *et al.*, 2019).

Berdasarkan uraian diatas, dapat dianalisis bahwa *intrinsic cognitive load* berkaitan dengan pemahaman informasi yang diterima oleh peserta didik. Adapun *extraneous cognitive load* berkaitan dengan strategi yang dilakukan dalam proses pembelajaran. Kemudian *germane cognitive load* berkaitan dengan aktivitas pemecahan masalah siswa setelah pembelajaran (Ratnasari & Sutirna, 2023)

2.1.3.3 Urgensi *Cognitive Load* dalam Pembelajaran

Cognitive load diilustrasikan sebagai beban pada kognitif karena adanya tuntutan tugas. Menurut Richardo dan Cahdriyana (2021) teori *cognitive load* dapat digunakan dalam mengembangkan desain instruksional agar peserta didik dapat menerima dan memproses materi dengan baik sehingga tersimpan dalam memori jangka panjang. Puspa *et al.* (2020) juga mengungkapkan bahwa teori *cognitive load* diperlukan dalam pembelajaran dengan memandang kognisi peserta didik dalam memproses informasi yang disajikan sebagai dasar acuan guru dalam mengembangkan pembelajaran di dalam kelas. Berdasarkan uraian tersebut dapat dianalisis bahwa guru diharapkan mampu mengembangkan desain pembelajaran yang memperhatikan *cognitive load* peserta didik dengan meminimalkan *extraneous cognitive load* dan meningkatkan *germane cognitive load* untuk menghasilkan pembelajaran bermakna.

2.1.3.4 Pengukuran *Cognitive Load*

Menurut Thees *et al.* (2021) instrumen yang sesuai untuk mengukur ketiga aspek *cognitive load* telah banyak dikembangkan pada penelitian-penelitian terdahulu. Penilaian subjektif dengan skala merupakan pendekatan yang paling umum digunakan, partisipan mengevaluasi kesesuaian pernyataan yang ditetapkan untuk menilai tingkat *cognitive load* yang dirasakan. Salah satu instrumen pengukuran *cognitive load* yang populer digunakan dalam berbagai konteks pembelajaran yaitu dikembangkan oleh Leppink *et al.* (2013).

2.1.4 Keterkaitan *Scientific Literacy Skill* dan *Self-directed Learning*

Scientific literacy sebagai salah satu tujuan dari pendidikan sains dipengaruhi oleh berbagai faktor. Seperti yang diungkapkan oleh Novita (2021) faktor latar belakang peserta didik turut mempengaruhi pembelajaran sains seperti faktor minat dan intensitas belajar peserta didik. Fuadi (2020) juga menambahkan bahwa lingkungan dan iklim belajar peserta didik sangat mempengaruhi variasi skor *scientific literacy* peserta didik, seperti pembelajaran yang berpusat pada guru umumnya kurang melatih pemahaman konsep dan kemampuan ikuri peserta didik dalam pembelajaran sains.

Self-directed learning memberikan kesempatan peserta didik untuk mengatur iklim dan lingkungan belajarnya sendiri. Sebuah studi menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan mengenai perasaan peserta didik sebagai *self-directed learner* dibanding dengan pembelajar yang berpusat pada guru. *Self-directed learner* merasa berhasil sebagai pembelajar saat berhasil membuat keputusan yang berkaitan dengan kebutuhan belajar mereka (Loeng, 2020)

2.1.5 Keterkaitan *Scientific Literacy Skill* dan *Cognitive Load*

Untuk meningkatkan *scientific literacy skill* peserta didik perlu mengidentifikasi faktor internal dan faktor eksternal yang menjadi kendala peserta didik dalam pembelajaran (Jufrida, Basuki, Kurniawan, et al., 2019). *Cognitive load* adalah salah satu aspek yang juga perlu diperhatikan dalam pembelajaran sains. Menurut Lin *et al.* (2024) penting untuk mengetahui kinerja siswa dan upaya mental yang diinvestasikan untuk mengatur pemecahan masalah dalam pembelajaran sains, karena dalam proses pemecahan masalah berkaitan dengan

elemen aktifitas kognitif seperti *extraneous cognitive load*. Kemampuan pemecahan masalah sendiri adalah bagian yang tidak terpisahkan dari *scientific literacy skill* (Afnan, Budiyanto, Izzur, & Aulia, 2023).

2.1.6 Deskripsi Perubahan Lingkungan

2.1.6.1 Pengertian Perubahan Lingkungan

Menurut Undang-Undang RI No.32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, kerusakan lingkungan adalah perubahan langsung dan/atau tidak langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup yang melampaui kriteria baku kerusakan lingkungan hidup. Perubahan lingkungan dapat terjadi karena adanya pengurangan fungsi atau hilangnya sebagian komponen yang dapat menyebabkan penurunan mutu dan daya dukung lingkungan (Huda, 2020:8).

2.1.6.2 Faktor-Faktor Perubahan Lingkungan

Lingkungan hidup yang terganggu dan menyebabkan terjadinya perubahan keseimbangan lingkungan disebabkan oleh dua faktor. Faktor internal atau faktor yang disebabkan oleh alam itu sendiri dan faktor eksternal atau faktor yang disebabkan oleh tangan manusia dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas dan kesejahteraan hidup (Muttaqin, 2020).

a. Faktor Alami

Kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh faktor alam terjadi kerana adanya proses alami yang disebut dengan peristiwa alam, sehingga tidak dapat dicegah. Beberapa peristiwa bencana alam yang telah banyak memunculkan kerusakan lingkungan di Indonesia seperti peristiwa gelombang tsunami Aceh yang terjadi pada tahun 2004, meletusnya gunung Merapi pada tahun 2010 dan gunung Kelud pada tahun 2014 (Muttaqin, 2020).

b. Faktor Manusia

Kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh faktor manusia terjadi karena adanya tuntutan pemenuhan kebutuhan manusia dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia di alam. (Huda, 2020:8). Pertumbuhan populasi manusia berdampak pada perubahan lingkungan hidup dan memunculkan permasalahan lingkungan seperti pencemaran, rusaknya hutan, dan peristiwa erosi (Jalaluddin &

Irwan Suriadi, 2019). Menurut Martoprawiro *et al.* (2021:181) beberapa aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan lingkungan diantaranya sebagai berikut.

1) Pembakaran Bahan Bakar Fosil

Pembakaran bahan bakar fosil pada aktivitas kendaraan bermotor dan proses industri menghasilkan sisa pembakaran berupa emisi karbon yang menjadi komponen utama pembentuk gas rumah kaca. Zat-zat tersebut diantaranya yaitu gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), sulfur oksida (SOX), nitrogen oksida (NOX), dan timbal (Pb). Selain menyebabkan efek gas rumah kaca, pembakaran bahan bakar fosil juga menjadi penyumbang terbesar pencemaran udara.

2) Pembuangan Sampah Organik

Semakin banyak jumlah manusia, semakin banyak pula limbah yang dihasilkan oleh manusia dan dibuang ke alam. Ketika terjadi penumpukan sampah organik dan sampah tersebut mengalami pembusukan, maka akan terbentuk gas metana. Konsentrasi gas metana yang terlalu tinggi berpotensi menjadi gas rumah kaca yang dapat merusak lapisan ozon dan berdampak pada perubahan iklim.

3) Deforestasi

Hutan sebagai paru-paru dunia berarti memiliki fungsi untuk menyerap emisi gas karbon dan mengubahnya menjadi oksigen. Kegiatan deforestasi atau pengurangan lahan hutan baik disebabkan oleh kebakaran hutan, penebangan liar, aktivitas pertambangan ataupun peralihan fungsi hutan menjadi wilayah perkebunan dan tanaman industri berpotensi mempercepat laju pemanasan global.

4) Kegiatan Domestikasi dan Pertanian

Limbah dari aktivitas peternakan dan pertanian yang dilakukan manusia tanpa penanganan yang tepat juga berpotensi menjadi penyebab pemanasan global. Seperti kotoran dari hasil peternakan dapat menyumbang gas metana dan penggunaan pupuk serta pembakaran sisa-sisa tanaman akan menghasilkan gas rumah kaca.

2.1.6.3 Pemanasan Global

Pemanasan global adalah kondisi perubahan suhu rata-rata bumi yang meningkat dan menimbulkan efek jangka panjang termasuk perubahan iklim yang

tidak menentu (Pinontoan, Sumampouw, & Nelwan, 2022:1). Pengertian pemanasan global diperjelas oleh Sulkan (2019:8) yaitu peningkatan suhu bumi akibat gas-gas rumah kaca yang memerangkap panas matahari di atmosfer. Pemanasan global terjadi sebagai dampak dari aktivitas manusia yang berkontribusi pada perubahan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer dan di sisi lain terjadi penurunan daya serap gas-gas rumah kaca yang tersebar di atmosfer bumi.

Gas-gas rumah kaca yang memerangkap panas matahari di atmosfer diantaranya yaitu karbondioksida (CO_2), metana (CH_4) nitrat oksida (N_2O), klorofluorokarbon (CFC), ozon (O_3), serta uap air. Meskipun keberadaan gas-gas ini penting untuk memastikan suhu bumi tetap hangat, tapi jika konsentrasinya melebihi batas normal akan menyebabkan pemanasan global karena potensinya untuk menyerap radiasi inframerah dari cahaya matahari. Peningkatan kadar CO_2 di atmosfer berlangsung sejak terjadinya Revolusi Industri sebagai dampak dari pembakaran bahan bakar fosil dan kebakaran hutan.

Beberapa fakta-fakta perubahan lingkungan yang terjadi saat ini sebagai dampak dari pemanasan global menurut Martoprawiro *et al.* (2021:174) adalah sebagai berikut.

a. Melelehnya Es di Kutub dan Meningkatnya Permukaan Air Laut

Bumi telah kehilangan 28 triliun ton es di kutub sejak tahun 1994 akibat pemanasan global yang mengakibatkan mencairnya gletser dan lapisan-lapisan es. Dampak lain dari mencairnya es di kutub adalah terjadinya kenaikan permukaan air laut yang juga berkontribusi dalam penyerapan panas sehingga semakin meningkatnya permukaan air laut maka semakin meningkat pula panasnya planet bumi.

b. Terjadinya Gelombang Panas

Gelombang panas merupakan istilah fenomena serangan cuaca panas ekstrem akibat perubahan iklim. Gelombang panas ekstrem dinilai mematikan, bahkan di beberapa negara di Eropa pada tahun 2019 tercatat 1500 kasus di Prancis dan 614 kasus di Inggris ditemukan orang meninggal akibat gelombang panas.

c. Rusaknya Ekosistem Laut

Sebagai negara kepulauan dan dikenal dengan wilayah perairannya yang luas, Indonesia memiliki sekitar 14% jumlah ekosistem terumbu karang dunia. Namun akibat pemanasan global, saat ini hanya sekitar 7% ekosistem terumbu karang yang kondisinya masih bagus, sementara sisanya mulai mengalami *bleaching* dan kerusakan karang.

d. Fenomena El Niño dan La Niña

Fenomena iklim yang disebabkan oleh perubahan suhu permukaan air laut sehingga sirkulasi atmosfer global berubah disebut dengan fenomena El Niño dan La Niña. Fenomena tersebut memiliki dua fase yang berlawanan yaitu El Niño dan La Niña serta satu fase tambahan yaitu netral. Fenomena El Niño atau dikenal dengan angin barat adalah peristiwa ketika suhu permukaan laut Samudra Pasifik meningkat sehingga menyebabkan curah hujan berkurang. Adapun fenomena La Niña atau dikenal dengan angin timur adalah peristiwa ketika suhu permukaan laut Samudra Pasifik menurun dan menyebabkan curah hujan meningkat. Sementara kondisi netral bukan merupakan kondisi keduanya baik El Niño maupun La Niña

e. Fenomena Banjir

Semakin sering terjadinya banjir saat ini disebabkan karena kegiatan deforestasi sehingga berkurangnya lahan resapan air hujan oleh akar pohon dan juga cuaca ekstrem akibat pemanasan global. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Indonesia mengalami 464 kejadian banjir setiap tahunnya.

f. Punahnya Hewan di Bumi

Pemanasan global tidak hanya berdampak pada anomali iklim tetapi juga berpengaruh pada kelangsungan hidup hewan akibat putus rantai makanan pada ekosistem, sehingga hewan mengalami penurunan produktivitas dan sistem pertahanan tubuh yang mengganggu kondisi fisiologis hewan.

2.1.6.4 Upaya dalam Menanggulangi Pemanasan Global

Menurut Sulkan (2019:42) upaya-upaya yang dapat kita lakukan sejak dini untuk mengendalikan terjadinya pemanasan global diantaranya sebagai berikut.

- a. Menstabilkan konsentrasi gas rumah kaca dapat dilakukan dengan reboisasi untuk mengimbangi emisi gas-gas rumah kaca. Selain itu untuk mencegah pelepasan karbon dioksida ke atmosfer dapat dilakukan dengan *carbon sequestration* yaitu menyimpan gas atau komponen karbonnya di tempat lain (Sulkan, 2019:42);
- b. Mengurangi emisi gas rumah kaca dapat dilakukan dengan membatasi pemanfaatan alat elektronik yang menghasilkan limbah CFCs. Tindakan ini perlu dilakukan untuk pemeliharaan lapisan ozon. Saat ini produk-produk elektronik yang bebas CFCs sudah mulai berkembang (Martoprawiro *et al.*, 2021:187). Selain itu menukar penggunaan bahan bakar fosil menjadi bahan bakar biomassa dapat menghemat konsentrasi karbon dioksida (Pratama & Parinduri, 2019; Sulkan, 2019:44).

Permasalahan pencemaran lingkungan dan pemanasan global saling berkaitan. Peningkatan kesadaran setiap individu dan sinergitas kinerja pemerintah akan pengelolaan lingkungan tidak hanya dapat menanggulangi permasalahan pencemaran tapi sekaligus juga dapat menanggulangi permasalahan pemanasan global.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan penulis, terdapat tiga variabel yang diteliti, yaitu *self-directed learning*, *cognitive load*, dan *scientific literacy skill*. Penelitian yang telah dilaksanakan ini relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh Nuraeni, Rahman, Alifani, & Khoerunnisa (2017) yang membahas mengenai studi *cognitive load* untuk meningkatkan keterampilan literasi dalam pembelajaran inkuiri laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan pemrosesan informasi dan pencapaian konsep yang relatif tinggi dengan upaya mental yang relatif rendah.

Penelitian lainnya yang juga relevan dilakukan oleh Rini, Mujiyanti, & Hairi (2022) yang membahas mengenai *self-directed learning* yang dikaitkan

dengan kemampuan literasi digital peserta didik. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh positif dan signifikan antara *self-directed learning* terhadap tingkat literasi digital peserta didik dengan kontribusi sebesar 54,80% dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diukur dalam penelitian ini. Pengaruh tersebut memiliki arah yang positif, yang artinya semakin tinggi skor *self-directed learning* mahasiswa, maka semakin baik pula kemampuan literasi digitalnya.

Selanjutnya penelitian yang relevan juga dilakukan oleh Sahdia, Nasution, & Siregar (2023) yang membahas mengenai kemandirian belajar siswa yang dikaitkan dengan *scientific literacy skill* peserta didik. Hasil penelitian memperoleh kesimpulan yang menunjukkan adanya hubungan antara kemandirian belajar dengan *scientific literacy* siswa kelas VII SMP Negeri 9 Padangsidempuan dengan nilai r hitung sebesar 0,459 dan termasuk kategori tinggi.

2.3 Kerangka Konseptual

Scientific literacy skill menjadi salah satu keterampilan yang paling dibutuhkan di abad 21. Tidak hanya menyangkut akademisi yang berfokus di bidang sains, *scientific literacy skill* juga dibutuhkan setiap individu agar dapat menerapkan sains dalam kehidupan sosial dengan tepat. *Scientific literacy skill* membantu seseorang untuk mempertimbangkan keputusan-keputusan yang berkaitan dengan alam serta dampak yang mungkin ditimbulkan dari keputusan tersebut. Berlakunya kurikulum merdeka saat ini, menempatkan siswa kelas X secara general tanpa memetakan ketertarikan siswa dibidang sains ataupun sosial sehingga penting untuk mulai memupuk *scientific literacy skill* peserta didik sejak dini untuk mendukung keterampilan pendidikan yang dibutuhkan dan siap beradaptasi dengan perubahan yang serba cepat di abad ini. Untuk dapat memaksimalkan potensi *scientific literacy skill*, peserta didik tidak hanya bergantung pada kegiatan pembelajaran yang diarahkan oleh guru, tetapi penting bagi peserta didik untuk mengambil inisiatif dalam pembelajaran yang diarahkan oleh diri sendiri.

Kemampuan inisiatif peserta didik dalam mengarahkan kegiatan pembelajaran secara mandiri menggambarkan istilah *self-directed learning*. Pembelajaran yang diarahkan oleh diri sendiri atau *self-directed learning*

merupakan bentuk inisiatif peserta didik dalam menentukan tujuan dan sumber belajar, memilih strategi belajar yang cocok dan meninjau kembali hasil belajarnya baik dengan melibatkan orang lain atau tidak melibatkan orang lain sama sekali. Peserta didik yang memiliki kemandirian dalam belajar cenderung berorientasi pada tujuan, mampu merencanakan kegiatan pembelajaran hingga mencapai tujuan yang targetkan termasuk mengatur lingkungan belajar dan waktu yang tepat untuk belajar. Beberapa kasus, *self-directed learning* dinilai merugikan dalam pembelajaran karena *cognitive load* yang ditimbulkannya.

Cognitive load muncul ketika peserta didik dibebankan tugas-tugas yang meningkatkan upaya mental peserta didik untuk memproses informasi dan menyelesaikan tugas-tugas yang dibebankan. Kesulitan tugas yang dirasakan peserta didik tidak hanya muncul karena kemampuan objektif, tetapi juga dari keputusan peserta didik untuk terlibat lebih dalam tugas sesuai kebutuhan. Tugas akan terasa lebih sulit ketika pengetahuan awal siswa, keterampilan strategi, minat, dan kemauan peserta didik rendah.

Berdasarkan paparan tersebut, penulis menduga adanya hubungan antara *self-directed learning* dan *cognitive load* terhadap *scientific literacy skill* peserta didik pada pembelajaran biologi di kelas X SMA Negeri 8 Tasikmalaya. Penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat memperoleh informasi mengenai hubungan dari *self-directed learning* dan *cognitive load* terhadap *scientific literacy skill* serta besarnya hubungan di antara variabel-variabel tersebut.

2.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. H1 : Ada korelasi antara *self-directed learning* dengan *scientific literacy skill* peserta didik pada pembelajaran biologi di kelas X SMA Negeri 8 Tasikmalaya Tahun Ajaran 2023/2024.
2. H2 : Ada korelasi antara *cognitive load* dengan *scientific literacy skill* peserta didik pada pembelajaran biologi di kelas X SMA Negeri 8 Tasikmalaya Tahun Ajaran 2023/2024.
3. H3 : Ada korelasi antara *self-directed learning* dan *cognitive load* dengan

scientific literacy skill peserta didik pada pembelajaran biologi di kelas X SMA Negeri 8 Tasikmalaya Tahun Ajaran 2023/2024.