

BAB II LANDASAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Definisi Pengembangan

Menurut Sukmadinata penelitian pengembangan ialah pendekatan penelitian untuk menghasilkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada.¹ Punaji menyatakan bahwa pengembangan ialah suatu proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk pendidikan. Adapun dalam hal ini pengembangan dapat berupa proses, produk dan rancangan.²

Dalam bidang pendidikan, Rusdi menyatakan bahwa penelitian desain dan pengembangan merupakan penelitian yang mengutamakan solusi terhadap masalah nyata pendidikan.³ Adapun harapannya, produk yang dihasilkan nantinya mampu meningkatkan produktivitas pendidikan. Produk tersebut dapat berupa kurikulum yang spesifik untuk kebutuhan pendidikan tertentu, metode pembelajaran, media pembelajaran/pendidikan, bahan ajar, modul, model uji kompetensi, penataan ruang kelas, dan lain sebagainya.⁴

Berdasarkan beberapa pengertian tersebut maka penelitian pengembangan dapat didefinisikan sebagai suatu pendekatan penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada yang kemudian divalidasi sebagai solusi atas masalah yang terjadi dalam dunia pendidikan.

2. Modul Sebagai Bahan Ajar

a. Definisi E-Modul

Modul ialah salah satu alat bantu pembelajaran yang digunakan oleh siswa dalam proses pembelajaran. Kosasih menyatakan bahwa modul merupakan paket belajar mandiri yang meliputi serangkaian pengalaman belajar yang

¹ Budiyo Saputro, *Manajemen Penelitian Pengembangan (Research & Development) bagi Penyusun Tesis dan Disertasi* (Sleman, Yogyakarta: Aswaja Pressindo, 2017),

² Punaji Setyosari, *Metode Penelitian Pendidikan dan Pengembangan (Edisi Keempat)* (PrenadaMedia, 2017).

³ M Rusdi, *Penelitian Desain dan Pengembangan Kependidikan (Konsep, Prosedur dan Sintesis Pengetahuan Baru)* (Depok: RajaGrafindo Persada, 2018).

⁴ Tatik Sutarti and Edi Irawan, *Kiat Sukses Meraih Hibah Penelitian Pengembangan*, ed. Mulyadi (Yogyakarta: Deepublish Publisher, 2017).

direncanakan untuk peserta didik dan dirancang secara sistematis untuk membantu peserta didik mencapai tujuan belajar.⁵ Melalui adanya modul, siswa dapat melakukan pembelajaran secara mandiri sehingga dapat memicu keaktifan dalam pembelajaran mereka dengan berpedoman pada unsur-unsur yang terdapat didalam modul.⁶ Menurut Anggraini, modul ialah alat atau sarana pembelajaran yang didalamnya memuat materi, metode dan batasan-batasan yang ditulis sendiri oleh pendidik dan dirancang secara sistematis dan semenarik mungkin untuk mencapai kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya dan dapat dipelajari sendiri oleh siswa.⁷

Adapun seiring berkembangnya Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, saat ini modul dikembangkan kedalam dua bentuk penyajian diantaranya modul cetak dan modul elektronik atau *e-modul*. Menurut Luqman *e-modul* dapat didefinisikan sebagai bahan belajar mandiri yang disajikan dalam format elektronik dan disusun secara sistematis ke dalam unit pembelajaran terkecil untuk mencapai tujuan pembelajaran tertentu, dimana di dalamnya setiap kegiatan pembelajaran dihubungkan dengan tautan sebagai navigasi untuk membuat peserta didik menjadi lebih interaktif dengan modul elektronik yang digunakan. Modul elektronik dapat dilengkapi dengan video tutorial, soal evaluasi dan gambar ilustrasi untuk memperkaya pengalaman belajar.⁸ Sugianto juga mendefinisikan *e-modul* sebagai sebuah bentuk penyajian bahan belajar mandiri yang disusun secara sistematis kedalam unit pembelajaran tertentu dan disajikan dalam format elektronik yang didalamnya terdapat animasi, audio, navigasi sehingga menjadikan pengguna lebih interaktif dengan program.⁹ Rahmadhani mengungkapkan bahwa *e-modul* dapat diartikan sebagai alat bantu belajar yang dikemas dalam

⁵ E Kosasih, *Pengembangan Bahan Ajar* (Jakarta Timur: PT Bumi Aksara, 2021).

⁶ Najuah, Pristi Suhendro Lukitoyo, dan Winna Wirianti, *Modul Elektronik: Pedoman Penyusunan dan Aplikasinya*, ed. Janner Simarmata (Yayasan kita menulis, 2020).

⁷ Anggraini Diah Puspitasari, "Penerapan Media Pembelajaran Fisika Menggunakan Modul Cetak dan Modul Elektronik pada Siswa SMA," *Jurnal Pendidikan Fisika* 7, no. 1 (2019): 17–25

⁸ Hakim, Wedi, dan Praherdhiono, "Electronic Module (E-Module) untuk Memfasilitasi Siswa Belajar Materi Cahaya dan Alat Optik Di Rumah."

⁹ Dony Sugianto et al., "Modul Virtual: Multimedia Flipbook Dasar Teknik Digital," *Innovation of Vocational Technology Education* 9, no. 2 (2017): 101–16

bentuk visualisasi dan dapat diakses melalui media elektronik.¹⁰ Menurut Nurmayanti, modul elektronik (*e-modul*) ialah suatu bahan belajar mandiri yang dilengkapi dengan pendukung multimedia.¹¹

Berdasarkan uraian tersebut maka dapat disimpulkan bahwa *e-modul* ialah bahan belajar mandiri yang disusun sedemikian rupa dan disajikan dalam bentuk elektronik/informasi digital serta dilengkapi dengan pendukung multimedia seperti audio, video, gambar dan tautan untuk menjadikan pengguna lebih interaktif dengan *e-modul* yang digunakan.

b. Karakteristik Modul Sebagai Bahan Ajar Mandiri

- 1) *Self Instruction*, modul hendaknya memberikan pengalaman bagi pengguna untuk dapat mengakses secara mandiri dengan memanfaatkan berbagai intruksi yang ada didalamnya tanpa bergantung kepada pihak lain. Maka untuk itu, modul harus:
 - a) Memuat tujuan pembelajaran yang jelas;
 - b) Memuat materi pembelajaran yang dikemas yang dikemas dalam unit-unit kegiatan kecil yang spesifik sehingga dapat dipelajari dengan mudah dan tuntas;
 - c) Tersedia contoh dan ilustrasi yang mendukung pemahaman terhadap uraian materi yang dipaparkan;
 - d) Tersedia soal-soal latihan untuk mengukur kemampuan peserta didik;
 - e) Materi yang disajikan berkaitan dengan suasana, tugas atau konteks kegiatan peserta didik;
 - f) Menggunakan bahasa yang komunikatif;
 - g) Terdapat rangkuman materi;
 - h) Terdapat instrumen penilaian yang memungkinkannya untuk melakukan penilaian mandiri;
 - i) Terdapat umpan balik atas penilaian yang diberikan, sehingga peserta didik tau sejauh mana tingkat penguasaan materi mereka;

¹⁰ Sri Rahmadhani and Yulia Efronia, "Penggunaan E-Modul di Sekolah Menengah Kejuruan pada Mata Pelajaran Simulasi Digital," *JAVIT: Jurnal Vokasi Informatika*, 2021, 5–9

¹¹ Fitri Nurmayanti, Fauzi Bakri, and Esmar Budi, "Pengembangan Modul Elektronik Fisika dengan Strategi PDEODE pada Pokok Bahasan Teori Kinetik Gas untuk Siswa Kelas XI SMA," *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains 2015 (SNIPS 2015)* : 337–40.

j) Terdapat informasi rujukan/pengayaan/referensi yang mendukung materi pembelajaran.¹²

- 2) *Self contained*, modul harus memuat seluruh materi yang dibutuhkan dalam pembelajaran sehingga peserta didik dapat belajar dengan tuntas.
- 3) *Stand alone (berdiri sendiri)*, modul dapat digunakan dan dipelajari tanpa mengandalkan bahan ajar lain.
- 4) *Adaptif*, modul harus menyesuaikan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
- 5) *User Friendly*, modul harus mudah dijangkau oleh pengguna, menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah dimengerti.

c. Kelebihan dan Keterbatasan Pembelajaran Menggunakan E-Modul

Kelebihan e-modul antara lain :

- 1) Sifatnya yang interaktif memudahkan pengguna dalam navigasi
- 2) Dapat memuat gambar, audio, video dan animasi sehingga lebih menarik
- 3) Dilengkapi tes/kuis formatif yang memungkinkan umpan balik otomatis dengan lebih cepat.¹³
- 4) Lebih praktis karena dapat diakses dimanapun dan kapanpun serta tidak membutuhkan banyak ruang
- 5) Lebih ekonomis, karena tidak perlu mengeluarkan biaya percetakan.

Keterbatasan e-modul antara lain:

- 1) Membutuhkan fasilitas yang memadai karena e-modul hanya dapat diakses melalui *smartphone*, PC/laptop, computer dan barang elektronik sejenisnya.
- 2) Cepat membuat mata lelah karena aksesnya yang menggunakan media elektronik.

3. Kearifan Lokal

a. Definisi Kearifan lokal

Kearifan lokal dapat didefinisikan sebagai gagasan-gagasan lokal yang memiliki sifat bijaksana, penuh kearifan, memiliki nilai yang baik, yang tertanam dan diikuti oleh

¹² Dwi Rahdiyanta, “Teknik Penyusunan Modul Pembelajaran,” *Academia*, 2016, 1–14.

¹³ I M. Suarsana dan G.A. Mahayukti, “Pengembangan E-Modul Berorientasi Pemecahan Masalah untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa,” *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)* 2, no. 3 (2013): 193

anggota masyarakatnya.¹⁴ menurut RUUK 2015, kearifan lokal dapat diartikan sebagai cara bertindak untuk menyikapi segala hal terkait dengan hidup manusia dengan lingkungannya. Adapun dalam Naskah Akademis Rancangan Undang-Undang Tentang Kebudayaan (NARUUK), kearifan lokal merupakan gagasan atau pemikiran yang “otentik” mengenai sesuatu untuk menyikapi hal-hal yang berhubungan dengan kehidupan dan lingkungan mereka yang lahir dalam suatu masyarakat, kelompok, atau suku bangsa tertentu, seperti lingkungan yang mereka tinggali, tata-cara perkawinan, cara bertahan hidup, tradisi berkesenian, sistem ekonomi, tata-cara pengobatan, dan seterusnya yang lingkupnya sangat lokal.¹⁵

Dari beberapa definisi yang ada, dapat disimpulkan bahwa kearifan lokal ialah gagasan atau pemikiran yang lahir dan tertanam dalam masyarakat untuk menyikapi segala sesuatu yang berhubungan dengan kehidupan dan lingkungan dimana mereka tinggal sehingga menjadikan ciri khas dari kelompok masyarakat tersebut. Maka kearifan lokal memiliki hubungannya dengan aktivitas manusia dengan alam dalam bentuk positif sehingga tentunya kearifan lokal ini penting dalam menjaga kelestarian alam sekitar.

b. Unsur-Unsur Kearifan Lokal

Kearifan lokal dapat berupa pengetahuan lokal, keterampilan lokal, intelegent lokal, sumber daya lokal, proses sosial lokal, nilai-nilai atau norma-norma lokal dan adat istiadat setempat. Menurut Jim Ife dalam Permana, pemahaman tentang kearifan lokal memiliki pendekatan 6 dimensi yaitu Pengetahuan Lokal, Nilai Lokal Ketrampilan Lokal, Sumber Daya Lokal, Mekanisme Pengambilan Keputusan dan Solidaritas Kelompok Lokal. Maka setidaknya kerarifan harus memiliki tiga unsur yaitu pengetahuan lokal (*local knowledge*), nilai lokal (*local value*) dan keterampilan lokal (*local skill*).

c. Fungsi dan Makna Kearifan Lokal bagi Lingkungan

Kearifan lokal memiliki fungsi dan makna sebagai berikut¹⁶:

¹⁴ Prasetyo Zuhdan Kun, “Pembelajaran Sains Berbasis Kearifan Lokal,” *PROSIDING : Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika 2*, no. 1 (2013): 246–56,

¹⁵ Tomy Michael, “Hakikat Kearifan Lokal dalam Rancangan Undang-Undang Kebudayaan,” *Seminar Nasional Kearifan Lokal Nilai Adiluhung Batik Indonesia untuk Daya Saing Internasional*, no. 10 (2010): 978–79.

¹⁶ Aminuddin, *Menjaga Lingkungan Hidup dengan Kearifan Lokal* (Bandung: CV Titian Ilmu, 2020).

- 1) Kearifan lokal ikut berperan dalam konservasi dan pelestarian sumberdaya alam.
- 2) Berfungsi dalam pengembangan SDM.
- 3) Berfungsi dalam pengembangan kebudayaan dan ilmu pengetahuan.
- 4) Berfungsi sebagai petuah, kepercayaan, sastra dan pantangan.
- 5) Memiliki makna sosial, misalnya upacara integrasi komunal/kerabat
- 6) Memiliki makna sosial, misalnya upacara siklus pertanian
- 7) Memiliki makna etika dan moral
- 8) Memiliki makna politik.

d. Bentuk kearifan lokal Rembang

- 1) Mitos Penunggu Pohon

Kearifan lokal hadir di tengah-tengah masyarakat dalam berbagai wujud, salah satu diantaranya ialah mitos. Mitos sejatinya merupakan salah satu bentuk nilai budaya yang dipercaya masyarakat secara turun temurun. Menurut hasil wawancara yang telah dilakukan dengan salah satu anggota forum komunikasi sejarah Lasem, Abdur Rohim menyatakan bahwa salah satu cara untuk menjaga mata air di daerah lasem ialah dengan adanya mitos tumbuhan atau pohon berhantu yang menjadikan masyarakat takut untuk merusak tumbuhan/pohon tersebut sehingga mata air terjaga. Di setiap desa biasanya ada satu tempat/tumbuhan yang disakralkan seperti misalnya pohon asem gede di desa Sumbergirang, pohon Kepok di desa Binangun, dan pohon Meh di desa Doropayung.

Salah satu contoh kearifan lokal ini ialah Pohon Trembesi di desa Karasjajar, yang dikenal masyarakat dengan sebutan pohon Meh. Berawal dari cerita masyarakat setempat yang menyatakan bahwa siapapun yang merusak pohon akan mendapat mala petaka, sampai sekarang, pohon ini tumbuh subur hingga berusia ratusan tahun karena tidak ada yang berarti menebang ataupun memotong bagian pohon tersebut. Hal ini merupakan salah satu bentuk konservasi karena pohon trembesi dapat menghasilkan oksigen yang besar dan dapat mengurangi zat emisi yaitu karbon dioksida

- 2) Penggunaan Pewarna Alami Pada Batik Tulis Lasem

Dibalik keindahan dan kecantikannya, ternyata industri batik juga memberikan dampak negatif kepada alam berupa limbah yang merusak lingkungan. Limbah tersebut

sebagian besar berasal dari proses pewarnaannya yang masih menggunakan pewarna sintesis naptol, remasol, indigosol, dan sejenisnya. Bahan pewarna kimia yang telah disebutkan sebelumnya itu tergolong tidak ramah lingkungan. Ekosistem tanah akan terganggu jika limbah tersebut mengalir ke dalam tanah karena bakteri tanah tidak mampu mendegradasi bahan-bahan kimia. Bahan pewarna naptol dan indigosol juga dapat mengakibatkan organisme dalam air mati karena keduanya dapat mengubah nilai *biochemical oxygen demand* (BOD) dan *chemical oxygen demand* (COD) dalam air. Jika limbah pewarna masuk ke dalam air, maka kandungan oksigen (O₂) yang diperlukan organisme air akan menurun. Dr. Edia Rahayuningsih, pengajar pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada menyatakan bahwa hasil pembuatan batik tidak akan terlalu mencemari lingkungan dan membahayakan manusia, jika diganti dengan pewarna alami yang tersedia di alam dan di Indonesia sendiri sudah tersedia bahan pewarna alternatif yang lebih aman dan tahan lama yakni berasal dari tanaman Indigofera.¹⁷

Pada awalnya batik tulis yang ada di Lasem dibuat dengan menggunakan pewarna alami oleh orang-orang terdahulu. warna khas batik Lasem yang dikenal dengan warna merah darah ayam sebenarnya adalah hasil dari ekstrak akar pohon mengkudu. Warna merah darah ayam sebagai warna khas dari batik Lasem ini tidak dapat ditemukan di wilayah penghasil batik lainnya. Warna merah yang khas ini dihasilkan dari akar pohon mengkudu yang di campur dengan air serta bahan lain yang merupakan rahasia pada tiap pembatik, dan rahasia kenapa warna merah tersebut tidak dapat ditemui diluar Lasem adalah kadar garam yang terkandung pada air di Lasem. Akan tetapi saat ini para pengrajin industri Batik Lasem banyak yang telah beralih pada pewarna dari bahan sintetis. Hal ini karena perwanaaan alami dianggap menghasilkan warna tidak bertahan lama, cepat pudar dan warna yang dihasilkan terkadang tidak sesuai dengan yang diinginkan.

¹⁷ “Edia: Kurangi Pencemaran, Hidupkan Kembali Pewarna Alami – Fakultas Teknik,” Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, 2013, <https://ft.ugm.ac.id/edia-kurangi-pencemaran-hidupkan-kembali-pewarna-alami/>.

3) Gugur-Gunung

Melalui gugur gunung masyarakat secara serempak membersihkan tanaman liar dan merawat pohon-pohon di area pemakaman desa yang dikeramatkan. Melalui kegiatan ini, pohon-pohon di lingkungan tersebut menjadi lebih terjaga kelestariannya dan dengan adanya pohon-pohon yang terjaga kelestariannya menjadikan cadangan air yang dapat dimanfaatkan masyarakat setempat terutama saat musim kemarau melanda. Sebagai contoh salah satu sumber mata air terbesar di wilayah desa Segoromulyo, Kecamatan Pamotan, Kabupaten Rembang tidak lain berada di kawasan pemakaman desa yang dijaga kelestarian hayatinya melalui gugur gunung.¹⁸

4) Tamarjan.

Tamarjan atau tampungan air hujan merupakan tampungan air yang berada di depan rumah. Seperti namanya, tamarjan digunakan untuk menampung air hujan. Tamarjan merupakan salah satu keunikan dari Desa Segromulyo, kecamatan Pamotan, Kabupaten Rembang. Tamarjan bertujuan sebagai upaya penanggulangan bencana kekeringan pada saat musim kemarau.¹⁹ Tamarjan juga merupakan salah satu bentuk pemanfaatan air hujan yang mendukung prinsip efisiensi energi dalam rangka kelestarian lingkungan hidup.

4. Materi Perubahan Lingkungan

a. Fakta-Fakta Perubahan Lingkungan

1) Kenaikan Temperatur Lautan

Kenaikan temperatur air laut sangat berdampak pada spesies-spesies pesisir yang sensitif terhadap temperatur, termasuk alga yang bersimbiosis dengan karang. Hal ini dapat menjadi penyebab terjadinya peristiwa pemutihan karang (*coral bleaching*)

2) Menghilangnya Salju Abadi di Puncak Jaya Wijaya, Papua

Perlu diketahui bahwa Indonesia memiliki satu-satunya wilayah dengan hamparan es di puncak Jaya Wijaya, Papua, dengan luas gletser pada 1850 sekitar 19 km persegi. Pada tahun 2002 hasil citra satelit kemudian menunjukkan

¹⁸ Purwanto, Suharini, dan Setyaningsih, "Kearifan Lokal Masyarakat Desa Segoromulyo Kecamatan Pamotan Kabupaten Rembang dalam Menghadapi Bencana Kekeringan." *Edu Geography* 6, no.2 (2018)

¹⁹ *Ibid*

bahwa luas gletser turun menjadi hanya dua kilometer persegi. Luasannya semakin menyempit pada 2018 dengan menyisakan 0,46 km persegi hingga akhirnya kondisi lapisan es di Puncak Jaya hanya menyisakan 0,27 km persegi pada 2021. Hal ini menunjukkan bahwa proses pencairan es semakin cepat dari waktu ke waktu. Dari 2016 hingga 2021, lapisan es sedalam 12,5 meter telah hilang. Hal ini diperkirakan terjadi karena ketika gletser mencair, area di sekitarnya menjadi lebih besar dan menyerap lebih banyak radiasi matahari.²⁰

3) Melelehnya Es di Kutub dan Naiknya Permukaan Laut

Peningkatan suhu bumi yang signifikan mengakibatkan mencairnya es di kedua kutub dan puncak gunung sehingga debit air laut meningkat. Studi yang diterbitkan dalam jurnal *Geophysical Research Letters* pada maret 2002, menemukan es bertahun-tahun kehilangan ketebalan sekitar 1,5 kaki (sedikit kurang dari setengah meter) selama periode sejak IceSat-2 mulai beroperasi pada 2019.

Data altimeter satelit dari 1993–2018 menunjukkan kenaikan permukaan laut yang cepat di sepanjang pesisir timur Samudra Hindia tropis, dengan laju kenaikan $5,12 \pm 0,17$ mm/tahun di dekat lokasi pengukur pasang surut di pesisir Jawa dibandingkan dengan kenaikan rata-rata global $3,1 \pm 0,3$ mm/tahun. Kenaikan permukaan laut di pulau jawa ini diperparah dengan adanya laju urbanisasi yang cepat dan pertumbuhan penduduk di daerah dataran rendah, bersama-sama dengan cepat tenggelam karena ekstraksi air tanah.

4) ENSO

El-Nino Southern Oscillation (ENSO) merupakan fenomena iklim yang berhubungan dengan suhu permukaan laut di Samudera Pasifik timur laut, dan berpengaruh terhadap sebagian besar daerah tropis dan subtropis. ENSO memiliki dua fase berlawanan dan satu fase tambahan yaitu El Nino, La Nina, dan Netral.

²⁰ Kiki Siregar, “Keabadian yang Terancam: Satu-Satunya Gletser Tropis Indonesia Diperkirakan Cair Tahun 2025 - CNA,” *channelnewsasia.com*, 2022, <https://www.channelnewsasia.com/asia/gletser-terakhir-indonesia-dijangka-cair-2025-papua-salju-abadi-perubahan-iklim-2646021>.

b. Peningkatan Kadar CO₂ Atmosfer dibalik Peningkatan Suhu Bumi

1) Kenaikan CO₂ di Atmosfer

Para saintis mengestimasi bahwa konsentrasi rata-rata CO₂ sebelum tahun 1850 adalah sekitar 270 ppm. Pada tahun 2005 konsentrasinya melebihi 380 ppm dan saat ini konsentrasinya terus meningkat hingga mencapai angka 420 ppm (artinya terdapat 420 mg CO₂ yang terkandung dalam satu juta mg udara). Sebagian besar saintis atmosfer sepakat bahwa peningkatan konsentrasi karbondioksida ini turut berkontribusi pada pemanasan atmosfer bumi selama beberapa dekade terakhir.²¹

2) Efek Rumah Kaca

Atmosfer bumi bekerja dengan prinsip yang hampir sama dengan rumah kaca, yaitu dengan menjaga suhu didalamnya tetap hangat meskipun suhu luar lebih dingin. Energi matahari yang memancar ke bumi dalam bentuk radiasi gelombang pendek akan berubah menjadi panas dan menghangatkan bumi setelah sampai ke permukaan bumi. Namun bumi tidak menyimpan semua panas yang diterima, sebagian akan dipantulkan kembali ke angkasa luar dalam bentuk radiasi inframerah gelombang panjang.

Gas-gas tertentu di atmosfer seperti karbondioksida (CO₂), gas metana (CH₄), klorofluorokarbon (CFC), nitrogen monoksida (NO), nitrogen dioksida (NO₂) dan belerang dioksida (SO₂) memiliki fungsi sebagaimana dinding kaca pada rumah kaca. Gas-gas ini menyerap dan memantulkan kembali radiasi gelombang yang dipancarkan bumi dan akibatnya panas tersebut akan tersimpan di permukaan bumi.

Dalam keadaan normal, efek rumah kaca memiliki fungsi dalam menjaga agar suhu antara siang dan malam agar tidak terlalu berbeda jauh, dan menjaga suhu Bumi agar tetap hangat. Jika konsentrasi gas rumah kaca pada atmosfer bumi terlalu sedikit atau hilang sama sekali maka suhu Bumi akan menurun drastis dan permukaan Bumi akan ditutupi es sehingga tidak dapat ditinggali manusia.

²¹ Edward J Tarbuck et al., *Ilmu Bumi Edisi 14 Jilid 2* (Jakarta: Penerbit Erlangga, 2018).

c. Aktivitas Manusia Penyebab Perubahan Lingkungan (Pemanasan Global)

1) Kegiatan Terkait Alih Fungsi Lahan

Alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian ataupun alih fungsi hutan menjadi area pemukiman, industri, perhotelan dan lain sebagainya kini telah banyak dilakukan karena permintaan lahan yang semakin meningkat akibat pesatnya pertumbuhan penduduk dan aktivitas pembangunan dalam berbagai bidang. Alih fungsi hutan ini menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan kehidupan manusia diantaranya dapat meningkatkan efek rumah kaca, kelangkaan sumber air bersih, meningkatkan risiko terjadinya bencana alam, hingga kepunahan spesies hewan tertentu. Emisi gas rumah kaca dari sektor kehutanan, khususnya penggundulan hutan, menyumbang 83% dari emisi tahunan GRK Indonesia.

2) Penggunaan Freon Dalam Kehidupan Sehari-hari

Salah satu bentuk senyawa freon yang paling umum ditemui ialah CFC. Umumnya, gas CFC dimanfaatkan untuk pendingin ruangan (AC), kulkas, dry clean, spray, maupun pada industri elektronik lainnya. Penggunaan CFC yang berlebihan dapat menyebabkan pemanasan global. Gas CFC merupakan gas yang dapat bergesekan dengan lapisan ozon sehingga dapat menyebabkan kerusakan dan penipisan pada lapisan ozon. Penipisan lapisan ozon inilah yang nantinya akan membuat bumi menjadi tidak terlindungi dari radiasi sinar UV sehingga suhu bumi akan terus naik. Satu molekul CFC-11, memiliki potensi pemanasan global sekitar 5000 kali lebih besar daripada sebuah molekul karbon dioksida.

3) Aktivitas Kendaraan Bermotor

Emisi kendaraan bermotor menyumbang pencemaran lingkungan terbesar. Survey menyatakan bahwa 50% pencemaran udara di perkotaan disebabkan oleh pabrik serta sektor transportasi yang masih menggunakan bahan bakar yang kurang ramah terhadap lingkungan. Kendaraan bermotor mengeluarkan emisi dari gas sisa pembuangan BBM yang dihasilkan oleh asap knalpot yang mengandung zat serta senyawa seperti hidrokarbon, karbonmonoksida, nitrogen oksid, dan timah hitam. Tidak hanya merusak

lingkungan, gas-gas buangan tersebut juga memiliki efek buruk terhadap kesehatan manusia.²²

4) Industri Peternakan

Gas rumah kaca dihasilkan dari semua sektor kehidupan, termasuk sektor peternakan. Gas rumah kaca yang dihasilkan dari sektor peternakan ialah gas metana (CH_4) dan gas Nitrous Oxide (N_2O).²³ Produksi ternak sendiri berkontribusi sebesar 12% emisi GRK dalam bentuk CH_4 , N_2O dan CO_2 .

d. Solusi Mengatasi Pemanasan Global

1) Penggunaan Energi Terbarukan

Penggunaan energi terbarukan selain ketersediaannya yang melimpah tentu lebih ramah lingkungan dibandingkan sumber bahan bakar fosil yang selama ini kita gunakan. Beberapa bentuk sumber energi terbarukan antara lain sumber energi surya, air, angin, panas bumi, cahaya matahari, biomassa, energi tidal dan listrik tenaga sampah. Salah satu bentuk energi terbarukan ialah biogas yang berasal dari kotoran hewan ternak

Salah satu bentuk dari pemanfaatan “energi hijau” ialah biogas, yang jika dikaitkan dengan pemanasan global merupakan kegiatan ramah lingkungan. Energi hijau merupakan sumber bahan bakar terbarukan, suatu energi alternatif yang dapat diproduksi oleh peternak. Komposisi biogas yang dihasilkan adalah 60 – 70% CH_4 , 30-40% CO_2 dan kurang dari 10% gas lainnya.

2) Gaya Hidup Berkelanjutan

Mengubah gaya hidup melalui perilaku hemat energi sangat dibutuhkan mengingat saat ini hampir seluruh aktivitas manusia membutuhkan energi listrik. Sektor energi khususnya energi listrik merupakan salah satu penyumbang konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer yang menyebabkan pemanasan global. Perilaku hemat energi dapat dilakukan dengan mengurangi penggunaan listrik yang bersifat konsumtif, keindahan dan kenyamanan, mengganti peralatan elektronik yang boros energi menjadi peralatan yang lebih efisien dan ramah lingkungan serta mengatur waktu

²² Alfi Kurnia dan Sudarti, “Efek Rumah Kaca oleh Kendaraan Bermotor,” *GRAFITASI Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains* 44, no. 1 (2021): 1–4.

²³ I Nurhayati dan Y Widiawati, “Emisi Gas Rumah Kaca dari Peternakan di Pulau Jawa yang Dihitung dengan Metode Tier-1 IPCC,” *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*, 2017, 292–300

pemakaian peralatan listrik dengan menggunakannya hanya ketika dibutuhkan.²⁴

3) Penghijauan dan Konservasi air

Penghijauan juga sangat berperan penting untuk membersihkan udara yang ada di Bumi. Tanaman akan menyerap gas CO₂ yang menjadi salah satu penyebab pemanasan global dan menggantinya dengan oksigen yang kita butuhkan untuk terus hidup. Penghijauan, khususnya penanaman pohon dapat menjaga kualitas air melalui fungsi akarnya.²⁵

Konservasi air merupakan aktivitas pemanfaatan air secara efektif dan seefisien mungkin agar senantiasa terjaga dan tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang baik guna memenuhi kebutuhan makhluk hidup. Konservasi air bertujuan agar pada saat musim hujan datang tidak lagi terjadi banjir, dan sebaliknya pada saat musim kemarau datang, ketersediaan air untuk kebutuhan hidup manusia masih dapat terpenuhi.

Salah satu bentuk konservasi air yang dapat dilakukan selain dengan menghemat penggunaan air ialah dengan melakukan pemanenan air hujan (*rain water harvesting*) dan aliran permukaan (*rainfall and runoff*) pada musim hujan untuk dimanfaatkan ketika terjadi krisis air.²⁶

4) Rehabilitasi Mangrove

Ekosistem mangrove memiliki fungsi ekologis yakni menyerap dan menyimpan karbon. Tipe hutan mangrove memiliki kemampuan mengikat karbon jauh lebih tinggi dibandingkan dengan hutan terrestrial dan hutan hujan tropis. selain itu mangrove juga berfungsi melindungi ekosistem laut, melindungi pantai dari abrasi dan tsunami, berperan sebagai perangkap sedimen, pencegah intrusi air laut dan biofilter alami.

²⁴ Azmi Al Bahij; Nadiroh; Sihadi; Maulana Istiana Astari, "The Effect of Knowledge and Energy-Saving Attitudes towards Energy- Saving Behavior," *EDUSAINS* 12, no. 2 (2020): 259–65.

²⁵ Ahmad Jupri et al., "Penghijauan untuk Menjaga Kualitas Air dan Meningkatkan Kadar Oksigen di Desa Peneda Gandor Kecamatan Labuhan Haji Kabupaten Lombok Timur," *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA* 5, no. 4 (2022): 135–40, <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v5i4.2307>.

²⁶ Diah Nugraheni Setyowati dan Fajar Susilowati, "Pendekatan Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim melalui Reklamasi Lahan dan Konservasi Air," *Onstruction and Material Journal* 1, no. 3 (2019).

5. Aplikasi Canva, Heyzine Flipbook dan Quizizz

E-modul yang akan dikembangkan nantinya akan didesain melalui aplikasi *Canva* dan dikonversikan kedalam bentuk *flipbook* melalui software *Heyzine Flipbook* kemudian disertai kuis yang disajikan melalui platform *Quizizz*. *Canva* ialah salah satu aplikasi desain grafis yang mudah digunakan dan bagus untuk profesional maupun pemula. Didalamnya sudah tersedia beragam template, ilustrasi, gambar, animasi dan fitur gratis maupun berbayar lainnya yang dapat dimanfaatkan untuk visualisasi data, pemasaran, branding, dan pendidikan. Fitur drag-and-drop membuat program ini ramah pengguna, dan platform online memungkinkan pengguna untuk mengakses pekerjaan mereka dari berbagai perangkat.²⁷

Flipbook merupakan inovasi teknologi yang menyajikan pengalaman seperti membuka buku fisik dan didalamnya dapat ditambah elemen multimedia sebagai bahan pendukung dan daya tarik seperti animasi, video, dan audio yang menjadikannya lebih interaktif bagi pengguna.²⁸ Ada berbagai software atau aplikasi yang dapat digunakan untuk mengubah pdf menjadi *flipbook* salah satunya ialah *heyzine*. *Heyzine* adalah aplikasi berbasis website untuk membuat e-book. Dengan menggunakan *heyzine*, e-book yang dibuat bisa ditambahkan video, gambar, grafik, suara, dan link, sehingga e-modul yang dibuat dapat terlihat lebih menarik.²⁹

Quizizz merupakan salah satu web tool yang dapat membuat proses evaluasi terasa lebih menyenangkan melalui kuis interaktif dengan berbagai fitur yang menarik. *Quizizz* memiliki berbagai macam evaluasi pembelajaran yang formal seperti kuis, penilaian harian, survei dan sebagainya.³⁰ Selain itu *Quizizz* juga memberikan pilihan tipe soal dengan cara menjawab yang beragam diantaranya ada tipe soal pilihan ganda (*multiple choice*), *Checbox*, *Fill-in-theBlank*, *Poll*, *Open Ended*, *match*, *drag-and-drop*, *drop down*, *Reorder*, *Math response*, *draw*, *audio response* dan *video response*.

²⁷ Alison Paige Gehred, "Canva," *Journal of the Medical Library Association* 108, no. 2 (April 1, 2020): 338–40

²⁸ Atmaja Septa Miyosa *et al.*, "Animasi Flipbook Application for Animation Module," *Seminar Nasional UNRIYO*, 2021, 262–69.

²⁹ Ni Ketut Erawati, Ni Kadek Rini Purwati, dan I Dewa Ayu Putri Diah Saraswati, "Pengembangan E-Modul Logika Matematika dengan Heyzine untuk Menunjang Pembelajaran di SMK," *JPM Jurnal Pendidikan Matematika* 8, no. 2 (2022): 71–80.

³⁰ Azzah Amany, "Quizizz Sebagai Media Evaluasi Pembelajaran Daring Pelajaran Matematika," *Buletin Pengembangan Perangkat Pembelajaran* 2, no. 2 (2020): 1–11.

B. Penelitian Terdahulu

Sebagai bahan penunjang untuk melengkapi kajian teori yang telah dipaparkan sebelumnya, beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian pengembangan e-modul biologi berbasis kearifan lokal antara lain sebagai berikut:

1. Penelitian oleh Reni Marlina, Basuki Hardigaluh dan Yokhebed pada tahun 2015 dengan judul “Pengembangan Modul Pengetahuan Lingkungan Berbasis Potensi Lokal untuk Menumbuhkan Sikap Peduli Lingkungan Mahasiswa Pendidikan Biologi”, menunjukkan bahwa modul pengetahuan lingkungan mendapat kategori valid dengan keunggulan dari aspek media yang sudah sistematis, menampilkan tantangan bagi peserta didik dan dapat menumbuhkan sikap peduli lingkungan.³¹

Adapun persamaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian dari Reni Marlina, Basuki Hardigaluh dan Yokhebed adalah sama-sama mengembangkan modul biologi berbasis potensi lokal yang didalamnya terdapat kearifan lokal pada rumpun materi yang sama yakni pengetahuan lingkungan. Perbedaannya terletak pada bentuk modul yang dikembangkan, sasaran pembaca dan perbedaan kearifan lokal daerah yang digunakan. Modul yang mereka kembangkan berbentuk media cetak sedangkan modul yang akan dikembangkan berbentuk elektronik (e-modul). Modul tersebut dikembangkan untuk tingkat perguruan tinggi sehingga sasaran pengguna modul ialah mahasiswa sedangkan modul yang akan dikembangkan mengambil sasaran peserta didik kelas X SMA/MA. Kearifan lokal yang digunakan sebelumnya berasal dari daerah Kalimantan Barat, sedangkan pada penelitian ini Kearifan lokal yang diangkat berasal dari wilayah Kabupaten Rembang dan sekitarnya.

2. Penelitian oleh Komala Dewi, dengan judul “Pengembangan Modul Biologi Berbasis Kearifan Lokal Lampung Barat Pada Mata Pelajaran Biologi Kelas X Ditingkat SMA/MA”, menunjukkan bahwa modul pembelajaran berbasis kearifan lokal layak digunakan dalam proses pembelajaran dan mendapatkan respon dengan kriteria sangat menarik dengan presentase 78,02% pada uji coba skala kecil, presentase 87,78% pada uji coba skala besar serta

³¹ Reni Marlina, Basuki Hardigaluh, dan Yokhebed, “Pengembangan Modul Pengetahuan Lingkungan Berbasis Potensi Lokal untuk Menumbuhkan Sikap Peduli Lingkungan Mahasiswa Pendidikan Biologi” 20 (2015): 94–99.

memperoleh kriteria sangat menarik dengan presentase 80,39% oleh pendidik.³²

Adapun persamaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian dari Komala Dewi adalah sama-sama mengembangkan modul biologi berbasis kearifan lokal, sedangkan perbedaannya terdapat pada bentuk modul, pokok bahasan materi dan perbedaan kearifan lokal daerah yang digunakan. Modul yang dikembangkan Komala Dewi berbentuk media cetak sedangkan modul yang akan dikembangkan berbentuk elektronik (e-modul). Pokok bahasan materi yang digunakan sebelumnya adalah mengenai ekosistem sedangkan materi yang akan dikembangkan ialah mengenai perubahan lingkungan. Kearifan lokal yang digunakan sebelumnya berasal dari daerah Lampung Barat, sedangkan pada penelitian ini Kearifan lokal yang diangkat berasal dari wilayah Kabupaten Rembang dan sekitarnya.

3. Siti Alimah dengan penelitiannya yang berjudul “Kearifan Lokal dalam Inovasi Pembelajaran Biologi: Strategi Membangun Anak Indonesia yang Literate dan Berkarakter untuk Konservasi Alam” yang menghasilkan produk berupa bahan ajar, media pembelajaran, metode, dan model pembelajaran biologi. Ragam sumber belajar tersebut jika dimanfaatkan sesuai dengan karakteristik siswa dan materi pembelajaran dan cara pembelajaran yang benar mampu menggali potensi kemampuan berpikir analitik siswa untuk dapat secara kritis dan kreatif melakukan pemecahan masalah dan jika dibiasakan di setiap pembelajaran biologi, maka anak yang *literate* dan berkarakter mampu dihasilkan dalam pembelajaran tersebut. Kearifan lokal berpotensi untuk inovasi sumber belajar biologi di sekolah guna membangun siswa yang *literate*, berkarakter, dan sekaligus sebagai agen konservasi.³³

Adapun persamaan dengan penelitian yang akan dilakukan ialah adanya integrasi nilai-nilai kearifan lokal kedalam pembelajaran Biologi. Perbedaannya terletak pada pokok bahasan materi dan perbedaan kearifan lokal daerah yang digunakan dimana dalam hal ini peneliti fokus pada kearifan lokal yang ada di wilayah kabupaten Rembang dan sekitarnya sedangkan pada penelitian sebelumnya tidak menyertakan bentuk kearifan lokal yang spesifik pada wilayah tertentu.

³² Dewi, “Pengembangan Modul Biologi Berbasis Kearifan Lokal Lampung Barat pada Mata Pelajaran Biologi Kelas X di Tingkat SMA/MA.”

³³ Siti Alimah, “Kearifan Lokal dalam Inovasi Pembelajaran Biologi: Strategi Membangun Anak Indonesia yang Literate dan Berkarakter untuk Konservasi Alam” *Jurnal Pendidikan Hayati* 5, no.1 (2019)

C. Kerangka Berpikir

Implementasi Kurikulum Merdeka sudah mulai diterapkan di berbagai sekolah di Indonesia salah satunya di SMA N 1 Lasem. Karena penerapan kurikulum baru, bahan ajar yang ada tentu masih kurang memadai, apalagi bahan ajar terbaru menyatukan materi Biologi, fisika dan kimia menjadi satu buku paket.

Kurikulum merdeka hadir sebagai bagian dari upaya pemulihan pembelajaran yang sebelumnya dilakukan secara daring karena efek dari pandemic Covid-19. Pembelajaran daring yang telah berjalan selama dua tahun terakhir yang membuat siswa menjadi lebih jenuh dalam belajar dan kurang memahami materi yang diajarkan. Oleh karenanya dibutuhkan pembelajaran yang dekat dan relevan dengan kehidupan siswa seperti pendapat Ki Hajar Dewantara yang menyatakan bahwa pendidikan harus dekat dengan siswa. Salah satu pendekatan pembelajaran yang dekat dengan siswa ialah dengan menyisipkan bentuk kearifan lokal kedalam pembelajaran.

Berdasarkan persoalan diatas peneliti mencoba memberikan solusi dengan mengembangkan bahan ajar berupa e-modul berbasis kearifan lokal. Dengan adanya berupa e-modul berbasis kearifan lokal diharapkan siswa mendapatkan pembelajaran bermakna dan meningkatkan kesadaran untuk peduli lingkungan.

Penelitian dilakukan dengan metode Research and Development (R&D) model PPE (*Planning, Project, Evaluation*). Produk desain menggunakan aplikasi *Canva* dan dikonversi menjadi *flipbook* interaktif melalui *Heyzine flipbook*. Setelah penyusunan selesai, produk kemudian divalidasi oleh ahli materi dan ahli media, dan direvisi sesuai saran. Setelah itu produk dinilai oleh guru dan siswa sehingga diperoleh data skor persentase. Produk akan ditentukan kelayakannya berdasarkan skor dari validasi, dan penilaian oleh guru dan siswa. Secara ringkas kerangka berpikir dapat dilihat dari gambar berikut

Gambar 2.1 Kerangka Berpikir Penelitian

