

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Model yang Sudah Ada (*Existing Model*)

Model yang sudah ada ini adalah sejumlah model modul pengembangan yang telah dikembangkan dan digunakan oleh perusahaan atau individu. Model dari beberapa penelitian pengembangan modul ini menjadi beberapa acuan pada penelitian ini dalam pengembangan modul. Penelitian ataupun model yang sudah ada yaitu.

2.1.1 Modul Perubahan Lingkungan oleh Kemendikbud (2021)

Modul dari spesifikasi isinya memiliki kosakata, peta konsep, identifikasi, keterampilan dasar, pedoman penggunaan, dan latihan pembelajaran 1 dan 2, ringkasan, penugasan berupa soal esai, latihan soal, dan pada bagian akhir terdapat evaluasi. Dari segi grafis, modul menggunakan font *Times New Roman* ukuran 12, kertas yang digunakan kertas A4, cover glossy dengan kertas paper art. Modul ini adalah acuan model dari desain produk modul yang penulis buat sebagai bahan untuk penelitian nantinya. Modul ini diterbitkan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan sebagai modul untuk memenuhi kebutuhan bahan ajar yang dimanfaatkan oleh guru dalam memberikan pengajaran materi perubahan lingkungan. Dalam modul ini dijelaskan mengenai perubahan lingkungan serta komponen yang mengakitkannya, pencemaran yang terjadi pada lingkungan, limbah, sampah serta upaya dan cara mengatasi kerusakan lingkungan yang terjadi. Tidak ada keterkaitan antara prinsip Islam dengan modul perubahan lingkungan, dan kegiatan pembelajaran hanya berupa soal esai (Huda, 20201).

2.1.2 Modul Perubahan Lingkungan oleh Dinda Lestari (2022)

Modul yang dikembangkan oleh Dinda Lestari (2022) adalah Prinsip-prinsip Islam dimasukkan ke dalam konten degradasi lingkungan untuk peserta didik di SMPN 40 Muko-Muko melalui modul pembelajaran berbasis *Socio Scientific Issues* (SSI). Dengan kategori penelitian dan pengembangan (R&D), penelitian ini dilaksanakan di SMPN 40 Muko-Muko. Prinsip Islam menyikapi pencemaran

lingkungan menjadi landasan materi yang digunakan dalam penelitian ini. Keunggulan penelitian ini adalah dengan mengajarkan materi pencemaran lingkungan kepada siswa, mereka akan belajar tentang ilmu pengetahuan dan Islam.

2. 1. 3 Modul Perubahan Lingkungan oleh Lekman (2022)

Modul yang dibuat oleh Lekman ini merupakan modul dengan materi pencemaran lingkungan yang berkaitan juga dengan materi perubahan lingkungan. Pembuatan modul didasarkan pada potensi lokal yang ada pada daerah Sampara, Sulawesi Tenggara. Modul ini berbasis SETS (Science, Environment, Technology and Society). Modul ditujukan sebagai bahan ajar juga untuk SMANegeri 1 Sampara. Peneliti memakai 2 kelas yaitu kelas kontrol dan kelas eksperimen. Keefektifan modul diukur dari perbedaan *pretest* dan *posttest* (Lekman, 2022).

2. 1. 4 Modul Perubahan Lingkungan oleh Mardianti (2023)

Modul yang dibuat oleh Mardianti (2023) merupakan modul pembelajaran berbasis Etnosains dengan materi pencemaran lingkungan. Pembangunan yang eksploitatif merupakan ciri khas paradigma penelitian dan pengembangan Borg-and-Gall. Di antara instruktur di Institut Islam yang menjadi peserta penelitian studi ini terdapat tiga orang yang bertugas sebagai spesialis di bidang bahasa, media, dan materi. Model layak pakai berdasarkan hasil validasi materi, media, dan bahasa yang menunjukkan hasil persentase ahli materi, ahli media, dan ahli bahasa masing-masing sebesar 88%, 77,5%, dan 87,5%..

2. 2 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan disini secara teoritis diambil dari beberapa telaah kepustakaan dimana berisikan pentingnya ataupun Bahan ajar perlu dikonstruksi, dan dalam penelitian ini bahan ajar tersebut berbentuk modul yang disusun dari penelitian lain dan dibahas sebagai berikut:

- a. Krisis Bahan Ajar di Indonesia. Materi terbuka merupakan salah satu unsur pembelajaran yang sangat diperlukan dan esensial dalam menghadapi kurikulum terkini (Supangat, 2022). Bahan ajar mempermudah guru dalam

menjelaskan materi secara detail dan mendalam serta mendorong pembelajaran yang efektif. Terdapat beberapa penelitian pengembangan bahan ajar salah satunya modul. Walaupun demikian, belum banyak yang mengeksplor dan masih kurang nyakesadaran dalam menggunakan modul dalam pembelajaran (Widiana, 2021)

- b. Rendahnya minat membaca siswa akan mempengaruhi hasil belajar siswa tersebut. Minat membaca siswa haruslah berasal dari kemauan dan kehendak siswa itu sendiri. Ketika peserta didik sudah terbiasa membaca maka kebiasaan tersebut akan dilakukan berulang-ulang (Nurkholidah, 2022). Kurangnya minat membaca siswa ini dipengaruhi oleh buku teks yang seharusnya kontekstual malah bersifat tekstual yang membuat siswa bosan untuk membacanya (Fatmi, 2021). Dengan adanya modul siswa dapat mengembangkan dirinya secara mandiri dengan adanya petunjuk pengerjaan dan lembar kerja sebagai refleksi diri sampai dimana kemampuannya dalam pembelajaran tersebut dan modul yang bersifat kontekstual membuat interaksi dengan teman dan koneksi guru-siswa yang efektif memfasilitasi kelancaran kegiatan pembelajaran (Fahmy, 2021).

2.3 Materi yang Dikembangkan

1. Perubahan Lingkungan

Kehidupan kita sebagai manusia pastilah dipengaruhi oleh lingkungan kita juga. Hal ini dapat kita rasakan ketika misalnya suhu udara yang meningkat pastilah kita akan merasakan kepanasan dan ketika suhu udara turun seperti keadaan hujan di malam hari, maka kita akan merasakan kedinginan. Hal lainnya seperti udara yang kita hirup, jika udara tersebut bersih pastilah akan segar ketika kita hirup, namun ketika udara sudah tercemar maka pernapasan kita akan terganggu dan kita dapat menderita sesak napas dan juga batuk. Udara yang kotor tidak akan pernah memberikan kenyamanan bagi diri kita. Selain suhu dan juga udara, air adalah hal yang cukup berguna bagi manusia, sekiranya air kotor maka ketika kita konsumsi kita akan terserang penyakit (Wiryono, 2013).

Lingkungan yang mengalami kerusakan, dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem ataupun ekologi yang sudah ada dan hal tersebut akan berdampak juga pada manusia. Ketika ekosistem terganggu, maka alam akan kesulitan untuk menghasilkan produk yang dibutuhkan manusia tetapi manusia akan terus bertambah dan kebutuhannya pastilah akan bertambah juga denganditandai angka kelahiran manusia yang lebih tinggi daripada angka kematian. Pengaruh kerusakan lingkungan juga dapat berakibat sangat buruk, seperti terjadinya bencana alam yaitu banjir karena sampah yang menutupi selokan danhal tersebut bisa saja menyebabkan korban jiwa. Maka dari itu, yang terpenting dari sekarang adalah kesadaran masyarakat itu sendiri sebagai manusia yang bertanggung jawab akan alam yang sedang ia tinggali. Kita harus salingmengingatkan dan menyadarkan bahwasannya menjaga lingkungan dan alam itu penting bagi kehidupan kita sendiri (Sutiyanti, 2019).

Perubahan lingkungan yang terjadi tak terelakkan dengan adanya kerusakan yang terjadi pada lingkungan hidup yang sedang kita tempati. Perubahan lingkungan tersebut ada faktor yang mempengaruhinya. Faktor darimanusia itu sendiri ataupun gejala alam yang dengan sendirinya akan memepengaruhi lingkungan dan mengalami perubahan dalam artian kerusakan yang terjadi pada lingkungan kita (Muhammad, 2023).

Al-Quran Surat Ar-Rum (30): 41 juga melarang merusak dan memanfaatkan alam tanpa menjaga kelestariannya.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمَلُوا
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya:

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena adanya perbuatan tangan manusia, dalam hal ini Allah merasakan kepada mereka akibat perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).” (QS. Ar Rum 30:41).

Menurut dari tafsir Tahlili Qur’an Kemenag, isi kandungan surat Ar- Rum ayat 41 dijelaskan bahwa telah terjadi al-fasād di daratan dan lautan. Al-Fasād

adalah segala bentuk pelanggaran atas sistem atau hukum yang dibuat Allah, yang diterjemahkan dengan “perusakan”. Perusakan itu bisa berupa pencemaran alam sehingga tidak layak lagi didiami, atau bahkan penghancuran alam sehingga tidak bisa lagi dimanfaatkan. Di daratan, misalnya, hancurnya flora dan fauna, dan di laut seperti rusaknya biota laut. Juga termasuk al-fasād adalah perampokan, perompakan, pem-bunuhan, pemberontakan, dan sebagainya. Perusakan itu terjadi akibat perilaku manusia, misalnya eksploitasi alam yang berlebihan, peperangan, percobaan senjata, dan sebagainya. Perilaku itu tidak mungkin dilakukan orang yang beriman dengan keimanan yang sesungguhnya karena ia tahu bahwa semua perbuatannya akan dipertanggungjawabkan nanti di depan Allah.

Selain untuk beribadah kepada Allah, manusia juga diciptakan sebagai khalifah di bumi. Tugas mereka adalah memanfaatkan, mengawasi, dan memelihara alam semesta. Allah telah membuat alam semesta untuk kebaikan dan kemakmuran semua makhluk-Nya, terutama manusia. Ada kemungkinan bahwa keserakahan dan tindakan buruk sebagian orang terhadap alam akan membahayakan mereka sendiri. Kelakuan manusia menyebabkan kerusakan bagi manusia dan makhluk hidup lainnya, termasuk tanah longsor, banjir, kekeringan, tata ruang daerah yang tidak karuan, dan udara dan air yang tercemar (Keraf, 2010).

a. Perubahan Lingkungan Akibat Faktor Manusia



Gambar 2.1 Penebangan Liar (*Illegal Logging*)

Sumber : Dok.Pribadi (2024)

Terdapat masalah yang terjadi dalam aktivitas dan produktivitas dimanadilakukan oleh manusia dan menjadi masalah yang cukup serius yaitu

adalah permasalahan tentang kerusakan lingkungan dimana disebabkan oleh adanya aktivitas pembangunan. Pembangunan ini dilakukan dengan pembabatan hutan dan aktivitas lain yang merusak alam. Aktivitas lainnya selain kegiatan pembangunan, terdapat berbagai hal yang dikerjakan oleh manusia sendiri dimana berkaitan juga dengan permasalahan lingkungan seperti adanya penebangan hutan secara illegal, pembakaran hutan, dan kegiatan lainnya (Awaluddin, 2018).

Di Indonesia sendiri terdapat fakta yang dimana terdapat kegiatan pertambangan yang jelas juga dapat merusak lingkungan. Kegiatan pertambangan ini menggunakan sistem *open pit mining* atau disebut juga dengan sistem tambang terbuka. Kerusakan yang diakibatkan oleh aktivitas ini adalah fungsi hidrologis akan terganggu karena vegetasi hutan akan menghilang, hewan dan tumbuhan juga akan pergi serta lapisan tanah akan menjadi tipis. Selain itu pasokan oksigen dan serapan karbon dalam tanah juga akan terganggu serta suhu lingkungan juga pasti akan mengalami peningkatan karena banyak tumbuhan yang akan mengalami kematian (Syaifulloh, 2021).

b. Perubahan Lingkungan Akibat Faktor Gejala Alam



Gambar 2.2 Letusan Gunung Berapi

Sumber : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional (2009)

Indonesia lebih tepatnya Negara kesatuan Republik Indonesia ini memiliki wilayah yang luas namun rawan akan bencana. Indonesia sendiri terletak di garis khatulistiwa di mana memiliki gunung berapi yang sangat banyak. Hal ini membuat Indonesia rawan akan beberapa bencana yang ada kaitannya dengan *hidrometeorologi* yaitu tsunami, kekeringan, banjir, cuaca yang ekstrim,

kebakaran hutan, serta pengikisan pasir pantai. Selain itu perubahan cuaca yang naik akan berubah menjadi ancaman bagi lingkungan dan makhluk hidup yang ada didalamnya (Muhammad, 2023).

Seperti yang disampaikan dalam outletnya, Indonesia terletak di wilayah yang sering mengalami bencana alam. Ternyata Indonesia mengalami dua belas jenis bencana yang berbedayaitu longsor, tsunami dan abrasi pantai, banjir bandang, banjir, putingbeliung atau cuaca ekstrim, banjir, kekeringan, teknologi yang gagal, wabah yangmenyebarkan epidemi, serta hutan yang ataupun lahan yang terbakar. Hal inididasarkan pada Undang-Undang No, 24 tahun 2007 (Moerwanto, 2020).

Perubahan lingkungan yang diakibatkan oleh gejala alam ini walaupunberdampak buruk tetapi ada saja keuntungan ataupun dampak positif yang dapatterjadi. Seperti gunung Merapi.Ketika Merapi melakukan erupsi, maka material vulkanik yang keluar dapat bermanfaat bagi warga sebagai bahan tambang berupakarbon dan bahkan dengan material vulkanik lahan yang gundul akan menjadisubur kembali (Syaifulloh, 2021).

2. Pencemaran Lingkungan

“Pencemaran Lingkungan adalahsituasi di mana segala sesuatunya menjadi lebih buruk dari sebelumnya” .Pencemaran terhadapLingkungan hidup adalah masuknya ataupun ditaruhnya benda yang hidup, energiserta zat, dan juga komponen yang disebabkan oleh kegiatan manusia ke dalamlingkungan hidup dengan cara yangmelebihi UU No, 32 tahun 2009.

a. Pencemaran Air



Gambar 2.3 Pencemaran Air Oleh Limbah Rumah Tangga
Sumber : Dok. Pribadi (2024)

Pencemaran air adalah perubahan lingkungan yang disebabkan oleh masuknya spesies atau zat tertentu yang menurunkan kualitas udara di tempat penampungan air seperti danau, sungai, laut, dan air tanah. Menurut Cottam (1969), polusi udara adalah setiap peningkatan bahan atau kombinasi polutan serta setiap aktivitas manusia yang menurunkan atau mengurangi kegunaan saluran air. Sebagai komponen penting dalam siklus hidrologi, danau, sungai, laut, dan air darat semuanya berperan dalam siklus keberadaan manusia. Ini tidak hanya memindahkan udara tetapi juga kontaminan dan kotoran. Banyaknya kegunaannya benar-benar meningkatkan kehidupan manusia.

Berikut ini penyebab terjadinya pencemaran udara:

1. Limbah industri dibuang ke sungai, danau, dan lautan.
2. Membuang limbah domestik (air rumah tangga, seperti air kamar mandi dan cucian) ke saluran air.
3. Menggunakan pestisida dan pupuk secara berlebihan.
4. Terjadi erosi yang menyebabkan partikel tanah masuk ke dalam air.
5. Menggunakan bahan peledak dan racun untuk menangkap ikan.
6. Membuang limbah ternak dan rumah sakit ke saluran air.
7. Tumpahan minyak yang disebabkan oleh ledakan sumur minyak lepas pantai atau pelanggaran kapal tanker.

b. Pencemaran Udara



Gambar 2.4 Pencemaran Udara Oleh Cerobong Pabrik

Sumber : Dok.Pribadi (2024)

Perkins (1974) mendefinisikan polusi udara sebagai kehadiran polutan dalam skala besar dan terus-menerus seperti debu, uap gas, bau, kabut, dan uap di atmosfer. Oleh karena itu menyebabkan kerusakan pada manusia dan pada makhluk hidup lainnya.

Ada dua kategori polusi udara: kontaminasi primer dan kontaminasi sekunder.

1) Pencemar primer

Kendaraan bermotor dan mesin pembakaran mengeluarkan polutan udara secara langsung, dan proses pembakaran tidak sempurna di tumbuhan menghasilkan sulfur monoksida dan karbon monoksida.

2) Pencemar sekunder

Polutan yang dihasilkan oleh polutan utama di atmosfer yang bereaksi satu sama lain. Misalnya, asam sulfat dihasilkan ketika sulfur dioksida, sulfur monoksida, dan uap air digabungkan. Asetil nitrat peroksida (PAN) merupakan produk interaksi antara polutan utama dan gas yang dilepaskan ke lingkungan. Contoh: Asam sulfat dihasilkan ketika sulfur dioksida, sulfur monoksida, dan uap air bergabung.

c. Pencemaran Tanah



Gambar 2.5 Pencemaran Tanah Oleh Limbah Pertanian

Sumber : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional (2009)

Pencemaran darat adalah keadaan apa pun ketika kontaminan masuk ke dalam tanah dan menurunkan kualitasnya. Polutan dapat berupa bahan kimia, debu, panas, suara, radiasi, dan mikroba. Manusia begitu saja membuang sampah

dan sampah organik sebelum berkembangnya industri dan teknologi. Sampah atau bahan limbah ini mudah terurai menjadi zat yang menyatu kembali ke alam berkat mikroba. Namun, beberapa tahun terakhir telah terjadi kemajuan pesat dalam industri dan teknologi. Selain itu, sampah dan sampah organik dibuang bersama bahan lainnya. Karena sulitnya menguraikan mikroorganisme, sampah organik membutuhkan waktu yang sangat lama untuk terurai dan kembali ke alam. Plastik merupakan bentuk dasar sampah anorganik; logam mungkin terurai dalam 240 tahun, tetapi logam membutuhkan waktu 500 tahun untuk terurai.

Sumber tersebut mengategorikan penyebab pencemaran tanah menjadi tiga kelompok: limbah industri, limbah pertanian, dan sampah rumah tangga.

1. Limbah domestik. Sampah semacam ini dihasilkan oleh rumah-rumah, perusahaan-perusahaan seperti hotel, pasar, perdagangan, dan sebagainya. Sampah organik yang basah atau mudah terurai merupakan sebagian besar sampah rumah tangga.
2. Limbah industri, yaitu limbah yang berbentuk padat dan berasal dari kegiatan operasional industri; mungkin berbentuk padatan, lumpur, atau bubur. Daging ikan, pulp, kertas, rayon, triplek, pengawet buah, dan limbah pabrik gula adalah beberapa contohnya.
3. Limbah pertanian, seperti DDT (*Dichloro Diphenyl Trichloroethane*), yang sering digunakan petani untuk membasmi hama tanaman, juga dapat berbahaya bagi tanaman dan makhluk hidup lainnya.

3. Jenis-Jenis Limbah

Sampah dikategorikan menjadi lima kategori berdasarkan sifatnya:

1. Limbah cair

Semua lemak, minyak, lumpur, air cucian, limbah deterjen, dan air kotor yang dihilangkan disebut sebagai limbah cair. Mereka terdapat di rumah dan industri, dan menimbulkan ancaman terhadap lingkungan. Semua sampah yang ada dalam bentuk cair disebut sebagai air limbah.

2. Limbah padat

Semua sampah padat, lumpur, dan limbah yang Anda temukan di rumah, bisnis, dan lingkungan industri dianggap sebagai limbah padat.

3. Limbah organik

Daging, sayuran, dan sisa makanan yang membusuk semuanya dianggap sampah organik. Rumah merupakan tempat umum untuk menemukan sampah semacam ini. Mereka membusuk dan menjadi tanah seiring waktu karena bakteri.

4. Limbah daur ulang

Ini mencakup segala sesuatu yang dibuang, termasuk logam, furnitur, dan sampah biologis yang dapat didaur ulang.

5. Limbah berbahaya

Bahan-bahan yang reaktif, beracun, mudah terbakar, dan korosif digolongkan sebagai limbah berbahaya. Singkatnya, ini adalah limbah yang mungkin membahayakan ekosistem kita secara signifikan.

4. Upaya Pelestraian Lingkungan

Selama ini, polusi dan kerusakan lingkungan telah meningkat pesat akibat aktivitas manusia. Kerusakan lingkungan yang tidak dapat diperbaiki dan meningkatnya tingkat polusi adalah akibat yang tidak dapat dihindari dari aktivitas manusia, bahkan menurut para ahli ekologi. Pada dasarnya ada tiga strategi utama yang dapat diterapkan masyarakat untuk mencegah dan memerangi polusi sekaligus menjaga lingkungan: menggunakan metode teknologi, pengajaran, dan administratif.

1. Penanggulangan secara administratif

Tanggung jawab pemerintah untuk mengatur atau membuat undang-undang untuk mengendalikan pencemaran lingkungan secara administratif.

2. Penanggulangan secara teknologis

Menggunakan teknologi untuk memerangi pencemaran lingkungan, antara lain dengan mengolah sampah atau sampah dengan menggunakan peralatan khusus. Terdapat fasilitas insinerator akhir di Surabaya untuk sampah yang sulit dibuang karena suhunya yang sangat tinggi. Lokasi ini dikenal sebagai insinerator.

3. Penanggulangan secara Edukatif

Pendidikan pencegahan polusi dilaksanakan melalui jalur pendidikan resmi dan informal. Melalui pendidikan formal, pengetahuan lingkungan dipadukan dengan disiplin ilmu terkait seperti sains dan pengajaran agama di sekolah. Dengan memerangi pencemaran lingkungan, melindungi ekosistem, dan mencegahnya.

5. Pemanfaatan Limbah

1. Pemanfaatan limbah organik

Limbah organik merupakan sisa makhluk hidup seperti kotoran hewan, kertas, kulit, dan serasah daun. Organisme pengurai dapat dengan mudah menguraikan sampah ini karena terbuat dari bahan organik. Namun, sampah organik masih dapat dimanfaatkan dengan baik, baik didaur ulang maupun tidak.

2. Pemanfaatan limbah anorganik

Limbah anorganik merupakan sisa-sisa makhluk hidup seperti kotoran hewan, kertas, kulit, dan serasah daun. Organisme pengurai dapat dengan mudah menguraikan sampah ini karena terbuat dari bahan organik. Meski demikian, sampah organik tetap bisa dimanfaatkan dengan baik, baik didaur ulang maupun tidak.

Sisa atau limbah proses produksi yang mengandung bahan berbahaya dan beracun disebut dengan limbah bahan berbahaya dan beracun atau B3. Bahan-bahan tersebut memiliki kuantitas dan konsentrasi toksisitas, reaktivitas, sifat mudah terbakar, dan sifat korosif yang dapat membahayakan lingkungan dan menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia. Limbah B3 perlu dikelola secara hati-hati agar tidak merusak ekologi sekitar karena keberadaannya dapat membahayakan.

Tidaklah benar jika kita percaya bahwa sampah B3 bisa saja dibakar, dibuang, atau ditimbun. Berbeda dengan sampah lainnya, pengelolaan limbah B3 memerlukan pengolahan khusus agar dapat menurunkan atau bahkan menghilangkan sama sekali kadar bahaya yang ada di dalamnya. Terdapat teknik pengelolaan limbah B3 yang banyak diterapkan dan terbukti berhasil menurunkan

bahaya pencemaran dan kerusakan lingkungan. Pendekatan manajemen digunakan oleh:

1) Pengelolaan Limbah B3 secara fisik

Sampah B3 secara fisik dapat diolah dengan tiga cara berbeda. Saat memilih strategi pengelolaan limbah B3, pertimbangkan kualitas sampah dan kondisi sekitar.

2) Pengelolaan Limbah B3 secara kimia

Berbagai reaksi, termasuk stabilisasi atau solidifikasi, reduksi-oksidasi, penyerapan, prolisis, pertukaran ion, pengendapan, elektrolisis, dan netralisasi, akan berlangsung melalui cara kimia. Stabilisasi atau solidifikasi, secara keseluruhan, merupakan penanganan limbah B3 secara fisik dan kimia yang paling sering digunakan. Suatu prosedur yang memungkinkan dilakukannya modifikasi terhadap susunan fisik dan kimia sampah dengan menambahkan bahan kimia peningkat atau reagen; modifikasi ini dapat digunakan untuk mengendalikan dan meminimalkan toksisitas, kelarutan, dan penyebaran limbah. Biasanya, material seperti semen, kapur (CaOH_2), dan termoplastik melalui proses ini.

3) Pengelolaan Limbah B3 secara biologi

Vitoremiasi dan bioremiasi merupakan metode biologis yang paling terkenal dalam pengelolaan limbah B3. Praktik penggunaan tanaman untuk mengumpulkan dan menyerap berbagai senyawa berbahaya dan beracun dari tanah dikenal sebagai vitoremiasi. Sedangkan bioremiasi adalah proses penguraian limbah B3 dengan menggunakan berbagai bakteri dan mikroorganisme. Kedua cara ini sama-sama berhasil mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan akibat limbah B3. Selain itu, dibandingkan dengan teknologi fisik dan kimia, harga yang digunakan lebih masuk akal; namun, secara praktis, metode biologis juga mempunyai kelemahan karena proses bawasanya. Waktu yang dibutuhkan semakin bertambah jika limbah B3 dikelola dalam jumlah yang banyak. Selain itu, ada kemungkinan penggunaan makhluk hidup dalam proses biologis akan memasukkan berbagai zat berbahaya ke dalam rantai makanan di lingkungan.

6. Etika Lingkungan

Dengan adanya keistimewaan berupa kedudukan, ilmu pengetahuan, kebudayaan, dan kepercayaan terhadap penciptanya, maka manusia adalah makhluk ciptaan Tuhan. Teknologi benar-benar berhasil memungkinkan umat manusia untuk menaklukkan dan menguasai planet ini bersamanya. Jika kita menganut sudut pandang manusia yang diuraikan dalam pernyataan di atas, maka seluruh sumber daya alam baik hayati maupun non-hayati akan bermanfaat. Hal ini menunjukkan bahwa karena manusia bukan bagian dari ekosistem, bencana alam akan terjadi.

Oleh karena itu, untuk mencegah bencana alam, terapkanlah etika lingkungan, yang menurutnya merupakan kewajiban manusia untuk menjaga keseimbangan habitat biotik dan abiotik. Pemanfaatan, penataan, pemeliharaan, pengawasan, pengendalian, pemuliaan, dan pengembangan lingkungan hidup, semuanya termasuk dalam pengelolaan lingkungan hidup. Untuk mencapai tujuan ini, tindakan berikut harus diambil:

1. Tujuan pembangunan manusia seutuhnya adalah terpeliharanya hubungan manusia dengan lingkungan hidup.
2. Menerapkan pengelolaan sumber daya yang bijaksana untuk meminimalkan limbah dan memastikan bahwa semua sumber daya alam yang tersedia digunakan seefisien mungkin untuk melayani masyarakat.
3. Memberdayakan masyarakat karena sebagai arsitek lingkungan hidup kita harus senantiasa berupaya menjaga kelestarian sistem lingkungan hidup seiring dengan pengambilan sumber daya alam.
4. Berkembang secara berkelanjutan untuk kepentingan generasi sekarang dan mendatang.

Sastrapatedja (dalam Istamar Syamsuri, 1996), sikap manusia terhadap lingkungan diatur oleh beberapa prinsip etika lingkungan:

1. Prinsip tidak merugikan (*rule of non-maleficence*), yang berarti sikap tidak merugikan lingkungan, tidak merusak populasi spesies atau komunitas biotik, dan tidak merusak hal-hal yang tidak berbahaya bagi manusia.

2. Prinsip tidak campur tangan, atau aturan tidak campur tangan, yang berarti tidak menghalangi kebebasan setiap organisme.
3. Prinsip kesetiaan, yang berarti tidak menipu, menipu, atau menangkap makhluk hidup demi kepentingan manusia.
4. Prinsip keadilan restitutif, yang berarti mengembalikan keadilan dari apa yang telah dirusak oleh manusia dengan membayar ganti rugi.

Selain itu, pandangan Islam tentang etika lingkungan dapat dilihat dari firman Allah SWT bahwa Dia menempatkan alam dan ciptaan-Nya di tempat yang sama dengan manusia. Hal ini antara lain ditemukan dalam QS Al-Jumu'ah ayat 1, di mana semua makhluk di langit dan di bumi senantiasa bertasbih kepada Allah, dan QS Fushshilat ayat 11 di mana Allah menyejajarkan manusia dengan alam. Perintah Allah dalam al-Qur'an kepada alam untuk tunduk kepada-Nya sejatinya menunjukkan bahwa alam memiliki kepribadian yang layak dihormati. Selanjutnya dalam QS al-An'am ayat 38, disebutkan bahwa Allah menganggap semua binatang di bumi dan burung yang terbang dengan kedua sayapnya sebagai bagian dari umat-Nya, sama seperti manusia (Asroni, 2022).

2.4 Pendekatan yang Digunakan

Pendekatan yang nantinya dipakai untuk penelitian pengembangan ini adalah:

a. Pendekatan Deskriptif Kuantitatif

Penelitian pengembangan merupakan penelitian dimana berisikan penelitian kualitatif dan juga kuantitatif. Maka dari itu penelitian pengembangan kali ini didasarkan pada penelitian deskriptif kuantitatif dimana data yang didapatkan akan berupa angka dan diolah untuk mendapatkan value atau ranganilai tertentu sebagai syarat kelayakan hal tersebut dari segi kuantitatif. Segideskriptifnya yaitu ketika perolehan kelayakan berupa data angka tersebut didapatkan maka akan dijelaskan dengan pendeskripsian kenapa angka tersebut dapat diperoleh (Jayusman, 2020)

b. Pendekatan fenomenologi.

Fenomenologi sendiri adalah sebuah pendekatan dimana membuat seseorang sadar dan mengalami fenomena yang sedang atau telah terjadi secara nyata dan disaksikan langsung oleh seorang individu. Dalam pendekatan fenomenologi ini akan didapati bahwasannya pengalaman seseorang ataupun fenomena berupa kejadian faktual dapat dijadikan sebuah sumber pengetahuan (Suyanto, 2019: 27).

2.5 Model Teoritis

2.5.1 Bahan Ajar

a) Pengertian Bahan Ajar

Bahan ajar adalah Instruktur dan guru menggunakan berbagai alat untuk mendukung mereka dalam melaksanakan tugas-tugas yang berkaitan dengan proses belajar mengajar. Hal-hal yang relevan dapat dikatakan atau ditulis. Tujuan harus memandu pemilihan sumber daya terbuka, memastikan bahwa sumber daya tersebut hanya dipilih jika relevan dengan keterampilan yang dipelajari. Apabila bahan ajar dipilih tanpa mempertimbangkan kompetensi yang ditargetkan, maka tujuan yang diharapkan tidak akan tercapai (Kuswanto, 2019).

Menurut Majid (2013) bahan ajar merupakan buku teks, sumber daya, dan peralatan yang dibutuhkan pendidik untuk merancang dan mengawasi pelaksanaan pembelajaran. Melalui penggunaan bahan ajar, siswa dapat memperoleh keterampilan dasar secara jelas dan metodis, sehingga pada akhirnya dapat menguasai seluruh kompetensi secara komprehensif dan terpadu.

Istilah “bahan ajar” dapat juga merujuk pada kumpulan sumber atau instrumen pendidikan yang mencakup bahan ajar, pendekatan, batasan, dan strategi penyajian yang dirancang secara metodis dan estetis untuk mencapai hasil yang diinginkan, yaitu perolehan kompetensi atau subkompetensi. dalam semua kompleksitasnya. Pengetahuan ini menunjukkan bahwa karena instruktur akan menggunakan sumber daya pengajaran untuk membantu dan mendorong pembelajaran, sumber daya tersebut harus diciptakan dan diproduksi dengan mempertimbangkan aturan pengajaran.

b) Manfaat Bahan Ajar

Berikut ini adalah beberapa manfaat sumber pengajaran bagi guru dan siswa:

1. Guru akan memiliki akses terhadap sumber daya yang akan memfasilitasi pelaksanaan kegiatan pembelajaran.
2. Guru dapat memanfaatkan bahan ajarnya sebagai karya yang dinilai untuk meningkatkan nilai kreditnya guna memajukan karirnya.
3. Jika karya guru dipublikasikan, gajinya akan meningkat.
4. Kegiatan edukasi menjadi lebih menarik.
5. Di bawah arahan guru, siswa mempunyai kesempatan lebih besar untuk belajar individu.
6. Setiap kompetensi yang perlu diperoleh siswa mudah dipelajari.

c) Fungsi Bahan Ajar

Mengenai penerapan pembelajaran dan proses pembelajaran, bahan ajar mempunyai tiga tujuan utama. Berikut ketiga peran tersebut:

1. Kandungan keterampilan yang harus diajarkan atau dilatihkan kepada peserta didik tertuang dalam bahan ajar, yang berfungsi sebagai petunjuk bagi guru yang akan mengawasi segala tindakan dalam proses belajar mengajar.
2. Selain sebagai sesuatu yang perlu dipelajari dan diserap siswa, bahan ajar juga berfungsi sebagai pedoman bagi siswa yang akan mengarahkan kegiatan belajar.
3. Selain sebagai sesuatu yang wajib dipelajari dan diingat oleh siswa, bahan ajar juga berfungsi sebagai pedoman bagi siswa yang akan mengawal kegiatan pembelajaran dan pengembangan.
4. Menggunakan materi yang tersedia untuk umum adalah salah satu metode untuk mengevaluasi hasil, penguasaan, atau pencapaian pembelajaran. Untuk dapat digunakan sebagai alat penilaian, bahan ajar harus sesuai dengan indikasi dan kompetensi dasar yang ingin dicapai oleh instruktur. Topik dalam kurikulum mencakup indikator dan keterampilan dasar (Aisyah, 2020).

d) Jenis-jenis Bahan Ajar

Bahan ajar memiliki berbagai macam jenis, yaitu :

- Bahan ajar cetak.
Bahan ajar cetak yang sering dijumpai antar lain berupa handout, buku, modul, brosur, dan lembar kerja siswa (LKS).
- Bahan ajar non cetak
Bahan ajar multimedia interaktif, bahan ajar melihat dan mendengar (audio visual), dan bahan ajar mendengarkan (audio) termasuk sumber ajar non-cetak.

e) Prinsip-Prinsip Pengembangan Bahan Ajar

Menurut Noviarni (2014) prinsip-prinsip pengembangan bahan ajar adalah

- a) Premis relevansi (keterhubungan). Materi pembelajaran harus dikaitkan atau relevan dengan tanda-tanda dan kemampuan dasar yang dimaksud.
- b) Prinsip konsistensi. Apabila siswa perlu menguasai empat jenis keterampilan dasar yang berbeda, maka keempat jenis tersebut juga harus dimasukkan dalam bahan ajar yang dipersyaratkan.
- c) Prinsip kecukupan. Hal ini menunjukkan bahwa konten yang disediakan tidak boleh berlebihan atau tidak cukup untuk membantu siswa mempelajari keterampilan dasar yang diajarkan.
Hasan menyatakan bahwa pedoman berikut harus diikuti saat membuat bahan ajar:
 - a) Validasi (*validasi*) atau derajat kebenaran isi. Seorang guru harus memastikan bahwa materi pembelajaran yang mereka tawarkan telah diverifikasi keakuratannya sebelum mendistribusikannya. Hal ini menandakan bahwa pendidik hendaknya menahan diri untuk tidak mengajarkan informasi yang masih diteliti atau diperdebatkan, seperti fakta, postulat, hipotesis, konsep, dan lain sebagainya. Hal ini untuk mencegah miskomunikasi, interpretasi yang salah, atau penyalahgunaan.

- b) Nilai atau signifikansi materi berkorelasi dengan tuntutan dan keterampilan siswa. Agar isi standar bermanfaat bagi kehidupan siswa, maka harus relevan dengan kebutuhan dan situasi mereka.
- c) Relevansi, atau relevansinya dengan tingkat keterampilan siswa; Hal ini menunjukkan bahwa bahan yang digunakan tidak boleh terlalu sederhana atau terlalu keras, dan harus disesuaikan dengan mempertimbangkan perubahan di masa depan dan saat ini di tempat kerja, komunitas pengguna, dan lingkungan setempat.
- d) Kemenarikan (*interes*), di sini, “menarik” berarti lebih dari sekedar menarik perhatian siswa ketika mereka mempelajari suatu mata pelajaran. Lebih penting lagi, konten yang ditawarkan harus menginspirasi anak-anak untuk tertarik mengidentifikasi hal-hal yang diajarkan kepada mereka selama hari sekolah.
- e) Kepuasan (*satisfaction*) hasil yang diperoleh siswa dalam hidup yang benar-benar bermanfaat bagi mereka itulah yang menimbulkan kesenangan yang dimaksud, dan siswa sebenarnya dapat bekerja dengan menggunakan dan menerapkan informasi ini. Dengan memperoleh nilai-nilai yang akan memberikan dampak signifikan bagi kehidupan mereka ke depan.

2. 5. 2 Modul

a) Pengertian Modul

Modul merupakan seperangkat sumber daya pendidikan yang disusun secara geometris agar materi pembelajaran mudah dipahami anak sesuai usia dan tingkat pengetahuannya, sehingga memungkinkan anak belajar mandiri dengan sedikit bimbingan atau dukungan dari guru. Setelah itu, siswa dapat menilai sendiri tingkat pemahamannya terhadap informasi yang tercakup dalam setiap unit modul (Puspitasari, 2019).

Sudjana (2007) menjelaskan bahwa modul adalah Materi terbuka adalah sumber daya tercetak yang dapat digunakan sendiri oleh siswa untuk melanjutkan pendidikannya tanpa memerlukan materi tambahan. Modul dapat membantu siswa lebih berhasil mencapai tujuan pembelajaran mereka dengan mengajarkan mereka

cara belajar secara aktif. Modul dapat digunakan dalam proses pendidikan untuk mengajarkan siswa bagaimana belajar secara aktif. Materi modul harus menguraikan keterampilan dasar yang akan diperoleh siswa dan disampaikan dalam bahasa yang jelas dan menarik disertai visual yang menyertainya.

b) Tujuan Penulisan Modul

Kegiatan instruksi mandiri atau pembelajaran mandiri sering dikaitkan dengan pemanfaatan modul. Fungsi ini berarti isi modul harus lengkap, artinya seluruh materi penyajian harus dibahas secara mendalam agar pembaca merasa seolah-olah telah memahami materi pelajaran secara menyeluruh berdasarkan tujuan pembelajaran modul. Bahkan disarankan bagi pembaca untuk mendalami topik ini dengan melihat daftar pustaka yang sering disertakan pada akhir setiap modul. Isi modul harus komprehensif baik dari segi substansi maupun gaya penyajiannya. Sehubungan dengan hal tersebut, tujuan pengembangan modul ini tetap sebagai berikut:

1. Buatlah penyajian pesan yang jelas dan ringkas agar tidak terlalu bertele-tele.
2. Membantu mahasiswa dan dosen atau instruktur mengatasi kendala waktu, tempat, dan sumber daya indera.
3. Modul dapat dimanfaatkan secara efektif dan kreatif untuk membantu peserta didik belajar sesuai dengan bakat dan minatnya. Mereka juga dapat digunakan untuk menumbuhkan rasa motivasi dan kegembiraan belajar serta kemampuan untuk terlibat langsung dengan lingkungan dan materi pembelajaran lainnya.
4. Siswa mampu menilai atau mengevaluasi hasil belajarnya sendiri (Fuad, 2013)

c) Fungsi dan Tujuan Modul

Tujuan pembuatan modul adalah untuk membantu mahasiswa lebih memahami mata pelajaran yang diajarkan dosennya, dibuatlah modul. Setiap modul menawarkan kesempatan untuk memahami dan memanfaatkan konsep yang ada (Zulhaini, 2016). Siswa dapat menggunakan temuannya sebagai alat

untuk belajar mandiri di rumah, atau guru dapat menggunakannya sebagai alat pengajaran atau panduan ketika mereka berada di kelas. Hal ini berkaitan dengan tujuan modul, yaitu untuk mendukung siswa dalam belajar mandiri dengan memanfaatkan bahasa dan konsepnya sendiri (Depdiknas, 2008).

Kegiatan pembelajaran disusun dalam modul. Modul memiliki tujuan dalam kegiatan pendidikan dan merupakan media yang efisien untuk digunakan. Berikut peran modul dalam kegiatan pendidikan:

1. Bahan ajar mandiri.

Dengan memasukkan modul ke dalam kurikulum, guru dapat mempersiapkan siswanya dengan lebih baik untuk belajar mandiri tanpa memerlukan pengajaran langsung.

2. Mengganti fungsi pendidik

Modul adalah sebagai materi pembelajaran yang harus mampu mengkomunikasikan isi pelajaran dengan baik dan dapat dipahami oleh siswa sesuai usia dan tingkat pengetahuannya. Meskipun pendidik secara alami pandai menjelaskan berbagai hal, penggunaan modul dapat menggantikan peran pendidik atau fasilitator dalam beberapa situasi.

3. Alat evaluasi dengan modul

Penting bagi siswa untuk dapat mengukur dan mengevaluasi kemahirannya sendiri dengan konten yang telah dipelajarinya (Andi, 2014).

d) Manfaat pembelajaran dengan menggunakan modul

Menurut Daryanto, ada beberapa keuntungan belajar menggunakan modul, seperti:

1. Tingkatkan efisiensi pembelajaran ketika pertemuan tatap muka tidak diperlukan karena kendala sosial, budaya, atau geografis.
2. Memastikan waktu belajar yang optimal berdasarkan kebutuhan siswa dan tahap perkembangannya.

3. Waspada aspek-aspek di mana siswa belum memenuhi persyaratan modul sehingga remediasi dapat dilaksanakan dan pembelajaran dapat ditingkatkan.

e) Kelebihan dan kelemahan pembelajaran dengan menggunakan modul.

Media pembelajaran diperlukan untuk kegiatan pendidikan di sekolah guna membantu mencapai tujuan pembelajaran dan isi pembelajaran. Salah satu media yang cocok digunakan dalam kegiatan pendidikan adalah modul. Berikut beberapa keuntungan belajar dengan modul:

1. Setiap siswa mengerjakan tugas belajar dengan batasan yang telah ditentukan dan sesuai dengan keterampilannya, tingkat motivasinya meningkat.
2. Setelah kelas selesai, baik instruktur maupun siswa mengetahui siswa mana yang berprestasi baik dan mana yang tidak.
3. Siswa tampil dengan kemampuan terbaiknya.
4. Terdapat pemerataan beban studi selama semester (Eka, 2015).

Selain kelebihannya, pembelajaran dengan modul juga memiliki kekurangan sebagai berikut:

1. Proses pengembangan material baru memakan waktu dan mahal.
2. Identifikasi disiplin belajar yang tinggi yang mungkin tidak dimiliki oleh siswa yang lebih mudadan siswa pada umumnya.
3. Menuntut keuletan yang lebih dari instruktur untuk secara konsisten mengikutsertakan proses belajar siswa, memberikan dorongan dan bimbingan satu lawan satu sesuai kebutuhan setiap siswa.

2. 5. 3 Model Socio-Scientific Inquiry Based Learning (SSIBL)

a) Pengertian Model Pembelajaran

Model pembelajaran merupakan struktur teoritis yang berfungsi sebagai panduan untuk menyelesaikan suatu tugas atau penjelasan teknik yang berkaitan dengan proses pendidikan yang membantu siswa dalam memahami bagaimana mencapai hasil yang diinginkan. Dengan kata lain, model pembelajaran adalah cara penyajian seluruh sumber daya pembelajaran, termasuk seluruh komponen

yang digunakan baik langsung maupun tidak langsung sebelum, selama, dan setelah pembelajaran.

Hal ini menunjukkan bagaimana perangkat pembelajaran ditentukan oleh masing-masing model yang akan digunakan. Selain itu, model pembelajaran berfungsi sebagai pedoman bagi pendidik dan perancang pembelajaran ketika merencanakan dan melaksanakan kegiatan pembelajaran untuk mencapai tujuan pembelajaran.

b) Pengertian Model *Socio-Scientific Inquiry Based Learning* (SSIBL)

Menurut Ariza (2021) model *socio scientific inquiry based learning* (ssibl) adalah kegiatan menyelidiki dan mengidentifikasi permasalahan sosial maupun ilmiah, serta mengkaji solusi dari berbagai disiplin ilmu terkait permasalahan umum di dunia. SSIBL secara luas menyesuaikan diri dengan pendekatan pluralistik karena pendekatan ini didorong oleh penyelidikan dan mengidentifikasi masalah-masalah yang perlu dipecahkan, memanfaatkan metode transdisipliner dalam mencari solusi terhadap berbagai masalah umum yang terkait dengan ketidakpastian dunia pasca-normal. SSIBL dirumuskan melalui proyek UE, 'Mempromosikan Pencapaian Penelitian dan Inovasi yang Bertanggung Jawab dalam Pendidikan Sains' (PARRISE), untuk mengedepankan gagasan transnasional, praktik pengajaran terbaik, dan sumber daya yang berkaitan dengan pembelajaran tentang inovasi yang bertanggung jawab.

SSIBL menghubungkan tiga pendekatan pedagogi berikut: (a) Pendidikan Sains Berbasis Inkuiri (IBSE), yang menjadikan inkuiri sebagai titik awal di mana pengetahuan dapat digunakan dan dikonstruksi, (b) Socio-Scientific Issues (SSI) dimana penyelidikan dilakukan dengan mengkaji isu-isu sosial yang memiliki muatan ilmiah yang kuat seperti keberlanjutan, dan (c) Pendidikan Kewarganegaraan (CE), yang berfokus pada pembelajaran partisipatif dan penyelidikan, dengan tujuan yang konsisten dengan praktik demokrasi. Ide-ide ini dapat dicakup melalui penyelidikan yang diarahkan pada hasil yang berkelanjutan, diinginkan secara sosial, dan dapat diterima secara etis.

Model SSIBL terdiri dari tiga elemen utama:

1. Ask (bertanya): Mengajukan pertanyaan yang tulus mengenai permasalahan yang diperdebatkan akibat pengaruh teknologi dan ilmu pengetahuan terhadap masyarakat.
2. Cari tahu: Untuk menyelidiki permasalahan yang belum terjawab ini, menggabungkan wacana sosial dan ilmiah.
3. Bertindak: Memberikan ide bagaimana mempengaruhi perubahan (Levinson, 2017).

SSIBL memperkenalkan dan menyusun tiga elemen dalam sesi pengembangan profesional guru melalui tujuh tahapan pendidikan yang berfungsi sebagai pedoman bagi guru untuk merancang pembelajaran dalam SSIBL yaitu:

1. Pengenalan dilema: Terhubung dengan dilema siswa kehidupan sehari-hari yang merujuk kepada suatu kondisi yang menyulitkan, sehingga menimbulkan masalah dan pendapat awal.
2. Pembentukan opini awal: Pendapat awal yang ditemukan pada pengenalan dilema, dapat dilakukan secara individu atau kelompok kecil.
3. Ajukan pertanyaan: Memberikan pertanyaan (misalnya pertanyaan terkait konten, sosial atau pribadi).
4. Inkuiri: Siswa menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan melalui inkuiri sosial, personal dan ilmiah.
5. Dialog: Klarifikasi nilai dan komunikasi.
6. Pengambilan keputusan: Merumuskan solusi yang membantu mewujudkan perubahan.
7. Refleksi: Proses pembentukan opini siswa (metakognisi) (Levinson, 2017).

Fenomena SSIBL Penemburan lingkungan sering dan tidak dapat diatasi dalam lingkungan hidup. Daya tembus lingkungan ini sangat kuat; diantaranya adalah daya tembus pestisida yang dimanfaatkan oleh petani yang sebagian besar masih digunakan hingga saat ini dan menyebabkan kerusakan pada struktur tanah. Rusaknya lingkungan sekitar disebabkan oleh kendaraan bermotor, proses produksi, dan pembakaran sampah yang menurunkan kondisi kulit. Banyak spesies ikan yang punah akibat polusi udara yang disebabkan oleh limbah industri dan domestik. Karena pencemaran lingkungan masih menjadi masalah besar yang

belum diketahui solusinya, mengajarkan siswa mengenai hal tersebut melalui Pembelajaran Berbasis Inkuiri Sosio-Ilmiah akan membantu mereka lebih memahami lingkungan dan menemukan solusi ilmiah terhadap masalah yang terkait dengannya.

c) Implementasi Model *Socio-Scientific Inquiry Based Learning* (SSIBL) Dalam Pembelajaran Biologi

Robert dan Bybee (2014) mengatakan bahwa pengembangan kemampuan penalaran tingkat lanjut yang diperlukan untuk memenuhi tujuan literasi sains dapat didukung dengan pemanfaatan topik-topik ilmu sosial (*Socio-scientific Inquiry Based Learning*, atau SSIBL). Selain itu skripsi Dinda Lestari (2021) menggunakan SSI dengan sangat ilmiah di SMPN 40 Muko-Muko pada Materi Pencemaran Lingkungan. Topik ilmiah yang kontroversial digunakan dalam penerapan SSIBL untuk melibatkan siswa dalam wacana aktif. Penalaran moral dan etika diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan SSIBL, hingga pada tahap pengambilan keputusan (Zeidler & Nichols, 2009).

Memasukkan SSIBL dalam pendidikan sains memberikan siswa kesempatan untuk menganalisis karya orang lain melalui latihan berpikir kritis dan partisipasi dalam proyek kelompok. Hal ini memungkinkan siswa untuk menganalisis masalah secara kritis melalui perdebatan dan diskusi mengenai klaim yang kontroversial, serta meningkatkan karakter moral dan kemauan mereka untuk mengkaji masalah etika yang tidak terbatas pada intelektual tetapi juga bersifat sosial (Sadler, 2019)

Penerapan SSIBL dalam pembelajaran biologi juga mendukung sarana membangun karakter dan kompetensi peserta didik. Penerapan SSI mendukung lingkungan hidup mahasiswa. Hal ini serupa dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Dinda Lestari (2021) dengan judul Mengulas Modul Berbasis Socio Scientific Issues (SSI) Terintegrasi Nilai-nilai Islam pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk Siswa SMPN 40 Muko-Muko. pengetahuan pendidikan dan menumbuhkan pemikiran kritis di kelas. Hal ini disebabkan penalaran moral, etika, dan sarat nilai yang terkandung dalam pembelajaran

SSIBL/SSI sehingga mempertinggi kesadaran siswa terhadap lingkungan sosialnya (Chowdhury, 2020).

d) Kelebihan dan Kekurangan Model *Socio-Scientific Inquiry Based Learning* (SSIBL)

Zeidler (2014) dan penelitian sebelumnya oleh Dinda Lestari (2021) menyebutkan sejumlah manfaat lain dari pembelajaran berbasis *Socio Scientific Issues*, yang juga dikenal dengan *Socio Scientific Inquiry Based Learning* (SSIBL), antara lain:

1. Membantu siswa menjadi literat ilmiah sehingga dapat menggunakan informasi berdasarkan fakta ilmiah dalam kehidupan sehari-hari.
2. Pengembangan kesadaran sosial, yang memungkinkan siswa mempertimbangkan implikasi logisnya.
3. Mendorong pengembangan kemampuan argumentasi dalam kaitannya dengan metode penyelidikan dan penalaran ilmiah mengenai fenomena yang terjadi di masyarakat.
4. Mengembangkan kemampuan berpikir kritis yang meliputi pengendalian diri, mendengarkan, menafsirkan, menarik kesimpulan dan menjelaskan sesuatu.

Sedangkan untuk model *Socio Scientific Issues* (SSI) atau *Socio Scientific Inquiry Based Learning* (SSIBL), tantangannya terletak pada bagaimana perancang pembelajaran, peneliti, dan instruktur yang belum mengenal proyek SSIBL memahami dan memanfaatkan pendekatan ini di kelas. Karena adanya variasi kurikulum di wilayah tempat model SSIBL dibuat, maka pengajar harus mampu merancang dan melaksanakan pembelajaran dengan memodifikasi model SSIBL agar sesuai dengan kurikulum Indonesia (Dinda Lestari, 2021).

2. 5. 4 Model Dalam Penelitian Pengembangan

Pengembangan yang sering disebut penelitian dan pengembangan adalah proses multi-tahap berbasis penelitian dalam menciptakan bahan ajar melalui siklus pendekatan *Research and Development* (R&D). Beberapa model yang menjadi rekomendasi ditunjukkan di bawah ini:

1. Model Borg & Gall

Penelitian Borg and Gall yaitu teknik atau prosedur yang diaplikasikan dalam pengembangan dan validasi produk. Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu model pengembangan (Research and Development) yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk baru dan selanjutnya mengevaluasi keampuhannya. Penggunaan pendekatan pengembangan Borg dan Gall memerlukan sepuluh langkah: 1. Mengidentifikasi kemungkinan permasalahan; 2. Mengumpulkan data; 3. Membuat desain produk; 4. Memvalidasi desain; 5. Revisi desain; 6. Melakukan uji coba awal; 7. Revisi produk; 8. Uji coba pemanfaatan; 9. Revisi produk; 10. Manufaktur massal (Sugiyono, 2020).

2. Model Dick And Carey

Model pembelajaran Dick and Carey yaitu model pembelajaran yang dibuat dengan menggunakan metodologi sistem. Analisis desain, pengembangan desain, implementasi, dan penilaian merupakan elemen mendasar dalam desain sistem pembelajaran. Kegiatan pembelajaran yang lebih besar memerlukan penggunaan beberapa komponen, yang termasuk dalam model sistem pembelajaran Dick dan Carey. Dick dan Carrie memasukkan komponen perilaku dan kognitif yang memaksa siswa bereaksi terhadap stimulus yang diberikan (Munir, 2015).

3. Model Alessi dan Trollip

Stanley R. Trollip dan Stephen M. Alessi merancang model yang dikenal sebagai model Trollip dan model Alessi. Tiga langkah (fase) pendekatan pembangunan ini adalah perencanaan, desain, dan pengembangan.

- a) Tahap *planning* (perencanaan) merupakan landasan untuk semua tahapan selanjutnya, ketika peneliti melakukan tahapan untuk memastikan tujuan dan arah pengembangan produk.
- b) Tahap *design* (desain) merupakan pembuatan diagram alur, storyboard, dan materi naskah serta dikaitkan dengan pengembangan konsep awal.

c) Tahap *development* (pengembangan) merupakan tahap perkembangan yang sedang berlangsung. Memulai pengembangan bahan ajar dengan menggunakan diagram alir dan storyboard yang telah dibuat sebelumnya sebagai panduan.

4. Model ADDIE

Model ADDIE merupakan model perancangan sistem pembelajaran sederhana dan mudah dipelajari yang menggambarkan langkah-langkah mendasar dalam perancangan sistem pembelajaran. Fase atau tahapan yang terdiri dari pendekatan ini ada lima: analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan penilaian. Perancangan model sistem pembelajaran ADDIE dilaksanakan secara metodis dan sistemis (Nurwayuningsih, 2017).

5. Model 4D (Four-D Model)

Empat tindakan yang membentuk tahapan Model 4 adalah 1) mendefinisikan, 2) merancang, 3) mengembangkan, dan 4) mendistribusikan. Berdasarkan model 4D, proses pengembangan media meliputi langkah-langkah sebagai berikut: 1) menganalisis kebutuhan tujuan pembelajaran, keadaan lingkungan pembelajaran, dan sasaran kebutuhan penggunaan media; 2) membuat rencana media pembelajaran berdasarkan rekomendasi hasil analisis; 3) mempraktikkan rencana media pembelajaran adaptif dengan menggunakan dan mengembangkan media; dan 4) mempraktikkan rencana media pembelajaran adaptif dan membagikan hasilnya. Keempat aktivitas dalam model ini direduksi menjadi 4D (Hamda, 2019).

Masing-masing model penelitian dan pengembangan yang diberikan mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh sebab itu, peneliti memutuskan untuk menggunakan model ADDIE sebagai model proses penelitian. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menyiapkan bahan ajar yang berkualitas, berguna, dan efektif serta valid. Pendekatan ini dipilih berdasarkan penerapan dan kemudahan penggunaannya dalam pembuatan bahan ajar modul.