

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Hakikat IPA

Sains memiliki hubungan erat dengan gejala alam yang terjadi yang memegang peranan penting bagi kehidupan. Hal ini terjadi karena kehidupan manusia sangat bergantung dengan alam dan segala macam isinya. Menurut Patta Bundu (2006:9), sains atau yang biasa diterjemahkan Ilmu Pengetahuan Alam berasal dari kata “*natural science*”. *Natural* memiliki arti alamiah dan berhubungan dengan alam, sedangkan *science* artinya ilmu pengetahuan. Secara harafiah pengertian sains dipandang sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang alam atau yang mempelajari peristiwa-peristiwa yang terjadi di alam.

IPA merupakan suatu proses mencari tahu mengenai benda-benda, makhluk hidup dan berbagai fenomena atau kejadian alam untuk membangun pengetahuan, fakta-fakta, konsep-konsep, proses penemuan serta membangun sifat ilmiah disebut sebagai proses belajar sains. Hal tersebut sesuai dengan apa yang dijelaskan oleh *The National Academy of Sciences* dalam Koballa & Chiappetta (2010: 102) bahwa sains merupakan cara yang didasarkan atas bukti-bukti empiris pada kegiatan yang dilakukan para saintis untuk mengetahui tentang dunia dengan cara observasi dan eksperimen. Suatu proses belajar sains tidak terlepas dari hakikatnya.

Science is a particular way of knowing about the world. in science, explanation are limited to those based on observations and experiments that can be substantiated by other scientists. explanations that cannot be based on empirical evidence are not part of science

Pendapat dari Koballa & Chiappetta (2010: 105-115) mendefinisikan IPA sebagai *a way of thinking, a way of investigating, a body of knowledge*, dan *science and its interaction with technology and society*. Dari pernyataan tersebut dapat diintisarikan bahwa hakikat ipa didefinisikan IPA sebagai suatu cara berpikir, cara berinvestigasi, suatu bangunan ilmu pengetahuan, dan IPA dalam kaitannya dengan teknologi dan masyarakat. Secara garis besar, hakikat ipa meliputi:

- a. IPA sebagai cara berpikir (*a way of thinking*) meliputi keyakinan, rasa ingin tahu, imajinasi, pemikiran, hubungan sebab-akibat, *self-examination*, keragu-raguan, obyektif, dan berpikir terbuka.
- b. IPA sebagai cara berinvestigasi/menyelidiki (*a way of investigating*) mempelajari mengenai bagaimana para ilmuwan bekerja melakukan penemuan-penemuan. IPA dapat diartikan sebagai proses yang memberikan gambaran mengenai pendekatan yang digunakan untuk menyusun suatu ilmu pengetahuan, seperti mengembangkan keterampilan proses ilmiah, menggunakan metode ilmiah, dan memperhatikan proses ilmiah. Proses yang dialami antarlain berhipotesis atau melakukan prekiksi/dugaan sementara, observasi pengamatan berdasarkan panca indra, dan eksperimen.

- c. IPA sebagai bangunan ilmu pengetahuan (*a body of knowledge*) merupakan hasil dari berbagai bidang ilmiah yang merupakan produk dari penemuan manusia. Fakta sebagai dasar dari bangunan ilmu lainnya, konsep merupakan generalisasi dari fakta, hukum dan prinsip serta teori.
- d. IPA sebagai bentuk interaksi keterkaitan antara teknologi dan masyarakat (*science and its interaction with technology and society*). IPA memiliki kaitan dengan teknologi dan masyarakat merupakan unsur-unsur yang saling mempengaruhi satu sama lain. Banyak penemuan ilmuwan yang dipengaruhi oleh interaksinya dengan teknologi maupun dengan masyarakat sosial.

Dari beberapa pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa IPA atau *sains* adalah suatu kumpulan teori tentang gejala alam yang sistematis hasil dari metode ilmiah dan berlaku secara umum. Pada hakikatnya, IPA memiliki empat unsur yaitu proses, produk, sikap dan aplikasi sehingga dalam pembelajaran IPA harus memuat keempat unsur tersebut.

2. Karakteristik Peserta Didik pada Perkembangan Kognitif

Peserta didik pada jenjang SMP rata-rata berusia antara 12-15 tahun. Menurut Rita Eka Izzaty dkk (2013: 102-123) usia berkisar antara 12-15 tahun adalah usia memasuki masa kanak-kanak akhir (6-12 tahun) dan masa remaja awal (13-16 tahun). Berikut ciri-ciri perkembangan dari masa kanak-kanak akhir dan masa remaja awal.

a. Masa Kanak-kanak Akhir (6-12 tahun)

Menurut Piaget dalam Rita Eka Izzaty dkk (2013:104), masa kanak-kanak akhir berada dalam tahap operasional konkret dalam berfikir (usia 7-12 tahun). Pada tahap ini, peserta didik dapat menerima konsep yang awalnya samar-samar dan tidak jelas menjadi lebih nyata dan konkret. Artinya, peserta didik dapat berpikir logis terhadap suatu objek yang konkret.

Masa kanak-kanak akhir merupakan tahapan operasional konkret berfikir induktif, menurut Piaget dalam Rita Eka Izzaty dkk (2013:105) pernyataan tersebut memiliki pengertian bahwa segala sesuatu dimulai dari observasi seputar gejala atau hal yang khusus dari suatu kelompok masyarakat, binatang, objek, atau kejadian, kemudian menarik kesimpulan. Selain itu, masa kanak-kanak akhir mengerti perubahan-perubahan dan proses dari kejadian-kejadian yang lebih kompleks serta saling berhubungan, memahami hubungan antara sebab dan akibat yang ditimbulkan, kemampuan mengelompokkan benda berdasarkan kriteria tertentu.

Menurut Piaget dalam Rita Eka Izzaty dkk (2008:105) pada masa kanak-kanak akhir, peserta didik mulai belajar untuk menyelesaikan masalah-masalah aktual dan nyata, masih mengembangkan kemampuan dasar yaitu: menghitung, membaca, dan menulis.

b. Masa Remaja (13-18 tahun)

Masa remaja adalah masa peralihan dari masa kanak-kanak ke masa dewasa. Menurut Piaget dalam Rita Ika Izzaty (2008:130) perkembangan kognitif pada masa remaja memasuki dalam tahap operasional formal. Pada masa remaja perkembangan kognisinya akan berkembang apabila anak dibiarkan bereksperimen sendiri/memanipulasi benda secara langsung. Hubungan interaksi dengan teman sebaya dalam tahap perkembangan ini lebih bermanfaat dibandingkan dengan interaksi dengan orang dewasa.

Tahap operasi formal memiliki ciri-ciri mampu mengatasi masalah abstrak dengan logis, menjadi lebih ilmiah dalam berfikir sebab-akibat dibandingkan dengan tahap operasional konkret, mengembangkan kepedulian isu sosial, serta dapat melakukan introspeksi diri, berfikir berdasar hipotesis, menggunakan simbol-simbol, dan berfikir fleksibel berdasarkan kepentingan.

Jadi, usia peserta didik SMP berkisar antara 12-15 tahun berada pada masa kanak-kanak akhir ke masa remaja awal. Peserta didik SMP memiliki perkembangan kognitif pada tahap perkembangan operasional konkret ke tahap operasional formal. Pada tahap tersebut, peserta didik dapat berpikir secara logis terhadap suatu objek konkret sehingga dapat memecahkan suatu permasalahan aktual.

3. Bahan Ajar

Dalam pembelajaran, hal yang tidak dapat terlepas adalah terpenuhinya kebutuhan bahan ajar. IPA yang mencakup berbagai disiplin ilmu di dalamnya, maka dalam proses pembelajaran memerlukan bahan ajar yang lebih lengkap dan komprehensif. Menurut Abdul Majid (2009:173), bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru/instruktur dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar.

Bahan ajar atau materi pembelajaran secara garis besar terdiri dari aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik sesuai dengan standar kompetensi. Menurut Reigeluth dalam Syafruddin Nurdin (2016:102-103), bahan ajar aspek kognitif dapat dibagi menjadi empat jenis, yaitu fakta, konsep, prinsip, dan prosedur. Makna dari keempat bahan ajar aspek kognitif adalah:

- a. Fakta adalah materi berupa nama-nama objek, nama tempat, nama orang, lambang peristiwa sejarah, nama bagian atau komponen suatu benda, dan lain sebagainya. Contoh: air akan membeku pada suhu 0°C .
- b. Konsep adalah materi yang berupa pengertian, definisi, hakikat, inti isi, identifikasi, klasifikasi dan ciri-ciri khusus. Contoh: ekosistem adalah hubungan timbal balik antara makhluk hidup terhadap lingkungannya.
- c. Prinsip adalah materi yang berupa dalil, rumus, postulat, adagium, paradigma, teorema. Contoh: teorema *pythagoras*, hukum newton.

- d. Prosedur adalah materi yang berupa langkah-langkah mengerjakan sesuatu secara urut, misalnya cara-cara pembuatan telur asin, cara pembuatan bel listrik.

Jenis-jenis bahan ajar menurut Abdul Majid (2009:174) paling tidak dikelompokkan menjadi empat, antara lain:

- a. Bahan ajar cetak (*printed*) antara lain *handout*, buku, modul, lembar kegiatan peserta didik, brosur, *leaflet*, *wallchart*, foto/gambar, dan model/maket.
- b. Bahan ajar dengar (audio) seperti kaset, radio, piringan hitam, dan *compact disk audio*.
- c. Bahan ajar pandang dengar (audio visual) seperti *video compact disk* dan film.
- d. Bahan ajar interaktif (*interactive teaching material*) seperti CD (*Compact Disk*) Interaktif.

Dalam pengembangan bahan ajar diperlukan rambu-rambu yang patut dipertimbangkan. Rambu-rambu yang harus dipatuhi menurut Chomsin S. Widodo dan Jasmadi (2008:42) adalah:

- a. bahan ajar harus disesuaikan dengan peserta didik yang sedang mengikuti proses belajar-mengajar,
- b. bahan ajar diharapkan mampu mengubah tingkah laku peserta didik,
- c. bahan ajar yang dikembangkan harus sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik diri,
- d. program belajar-mengajar yang akan dilangsungkan,

- e. di dalam bahan ajar telah mencakup tujuan kegiatan pembelajaran yang spesifik,
- f. guna mendukung ketercapaian tujuan, bahan ajar harus memuat materi pembelajaran secara rinci, baik untuk kegiatan dan latihan
- g. terdapat evaluasi sebagai umpan balik dan alat untuk mengukur tingkat keberhasilan peserta didik.

Pengembangan bahan ajar secara umum Paulina dan Purwanto (1997) dalam Chomsin S. Widodo dan Jasmadi (2008:55) menyatakan terdapat tiga cara dalam penyusunannya. Cara tersebut antara lain:

- 1) Pengembang bahan ajar menyusun sendiri, penulisan dari awal (*Starting from Scratch*), bahan ajar yang akan digunakan dalam kegiatan instruksional, karena pengembang dianggap mempunyai kepakaran dalam bidang ilmu tertentu, serta mampu menuliskan dan mengerti kebutuhan peserta didik. Misalnya hasil penelitian dari pengembang, tulisan dan artikel pengembang dengan materi yang relevan dengan tujuan instruksional.
- 2) Pengembang bahan ajar mengemas kembali informasi-informasi yang diperoleh misalnya dari buku teks, artikel jurnal, internet, dan lainnya sebagai referensi untuk dikumpulkan dan dipilih berdasarkan kebutuhan yang sesuai dengan tujuan instruksional dan rencana kegiatan belajar mengajar serta memberikan perubahan dan pelengkapan materi yang sudah ada. Bahan ajar yang disusun dengan cara *text transformation* menambahkan penjelasan

mengenai ketrampilan dan pengetahuan atau kompetensi yang digunakan, latihan, tes formatif, evaluasi, dan umpan balik sehingga peserta didik mampu mengukur kemampuan yang telah dicapainya.

3) *Compilation* (kompilasi) atau penataan informasi adalah pengembangan bahan ajar yang dikumpulkan dari berbagai sumber informasi baik merupakan hasil penelitian pengembang atau referensi informasi yang sudah ada yang diperoleh kemudian digabungkan tanpa memberikan perubahan pada informasi tersebut. Misalnya buku teks, jurnal ilmiah, artikel, dan informasi dari internet.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar merupakan segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran yang mencakup materi yang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik dari peserta didik. Bahan ajar yang dimaksud dapat berupa bahan cetak, non-cetak, maupun visual-auditif. Dalam pengembangan bahan ajar, kompilasi atau pengembangan yang mengumpulkan berbagai sumber informasi tanpa pengurangan informasi merupakan cara pengembangan yang baik dalam penelitian ini.

4. Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD)

Lembar kegiatan peserta didik (LKPD) atau sering disebut lembar kegiatan siswa (LKS) menurut Andi Prastowo (2012:204) didefinisikan sebagai suatu bahan ajar cetak berupa lembar-lembar kertas yang berisi

materi, ringkasan, dan petunjuk-petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran yang harus dikerjakan oleh peserta didik dengan mengacu kompetensi dasar yang harus dicapai. Hal tersebut senada dengan pendapat Trianto (2013:222-223), LKPD adalah panduan peserta didik yang digunakan untuk melakukan pengembangan aspek kognitif maupun panduan untuk pengembangan semua aspek pembelajaran dalam bentuk panduan kegiatan penyelidikan atau pemecahan masalah sesuai indikator pencapaian hasil belajar yang harus dicapai. Sedangkan, menurut Abdul Majid (2009:176-178), LKPD (*student work sheet*) adalah lembaran-lembaran berisi tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik.

Berdasarkan pengertian mengenai LKPD, dapat diketahui bahwa LKPD memiliki fungsi yang dinyatakan dalam Andi Prastowo (2013:205-206) antara lain:

- a. sebagai bahan ajar yang bisa meminimalkan peran pendidik, namun lebih mengaktifkan peserta didik;
- b. sebagai bahan ajar yang mempermudah peserta didik untuk memahami materi yang diberikan;
- c. sebagai bahan ajar yang ringkas dan kaya tugas untuk berlatih; serta
- d. memudahkan pelaksanaan pengajaran kepada peserta didik.

Sedangkan untuk tujuan dari LKPD yang dikemukakan Andi Prastowo (2012:206) diantara lain:

- a. menyajikan bahan ajar yang memudahkan peserta didik untuk berinteraksi dengan materi yang diberikan;

- b. menyajikan tugas-tugas yang meningkatkan penguasaan peserta didik terhadap materi yang diberikan;
- c. melatih kemandirian belajar peserta didik; dan
- d. memudahkan pendidik dalam memberikan tugas kepada peserta didik.

LKPD menurut Hendro Darmodjo dan Jenny R.E. Kaligis (1992 : 41-46) dalam Endang Widjajanti dalam penyusunannya memiliki persyaratan yaitu syarat didaktik, syarat konstruksi, dan syarat teknik.

a. Syarat didaktik

Syarat ini menekankan pada proses untuk menemukan konsep. Dalam LKS terdapat variasi stimulus melalui berbagai media dan kegiatan peserta didik sehingga membuat pembelajaran yang efektif. LKS yang berkualitas harus memenuhi syarat-syarat didaktik yang dapat dijabarkan sebagai berikut :

- 1) Mengajak peserta didik aktif dalam proses pembelajaran
- 2) Memberi penekanan pada proses untuk menemukan konsep
- 3) Memiliki variasi stimulus melalui berbagai media dan kegiatan peserta didik
- 4) Dapat mengembangkan kemampuan komunikasi sosial, emosional, moral, dan estetika pada diri peserta didik
- 5) Pengalaman belajar ditentukan oleh tujuan pengembangan pribadi.

b. Syarat konstruksi

Syarat ini berhubungan dengan penggunaan bahasa, susunan kalimat, kosa kata, tingkat kesukaran, dan kejelasan dalam LKS.

Syarat-syarat konstruksi dijabarkan sebagai berikut:

- 1) Menggunakan bahasa yang sesuai dengan tingkat kedewasaan peserta didik.
- 2) Menggunakan struktur kalimat yang jelas.
- 3) Memiliki tata urutan pelajaran yang sesuai dengan tingkat kemampuan peserta didik.
- 4) Menghindari pertanyaan yang terlalu terbuka atau menggunakan pertanyaan yang jawabannya dari hasil olah informasi.
- 5) Tidak mengacu pada buku sumber yang di luar kemampuan keterbacaan peserta didik.
- 6) Menyediakan ruangan yang cukup untuk memberi keleluasaan pada peserta didik untuk menulis maupun menggambar pada LKS.
- 7) Menggunakan kalimat yang sederhana dan pendek.
- 8) Gunakan lebih banyak ilustrasi daripada kata-kata yang mudah ditangkap peserta didik.
- 9) Dapat digunakan oleh anak-anak.
- 10) Memiliki tujuan yang jelas serta bermanfaat sebagai sumber motivasi.

11) Mempunyai identitas untuk memudahkan administrasinya seperti kelas, mata pelajaran, topik, nama atau nama-nama anggota kelompok, tanggal dan sebagainya.

c. Syarat teknis

Syarat ini berhubungan dengan penampilan pada LKS berupa tulisan dan gambar. Syarat teknis lebih menekankan pada penyajian LKS. Syarat teknis pada pengembangan LKS diantaranya:

1) Tulisan

Syarat teknis tulisan meliputi penggunaan huruf cetak dan tidak menggunakan huruf latin atau romawi, penggunaan huruf tebal yang agak besar untuk topik, bukan huruf biasa yang diberi garis bawah, penggunaan kalimat pendek (10 kata dalam satu baris), penggunaan bingkai untuk membedakan kalimat perintah dengan jawaban peserta didik, agar perbandingan besarnya huruf dengan besarnya gambar yang serasi.

2) Gambar

Syarat teknis gambar yaitu gambar yang digunakan pada LKS dapat menyampaikan pesan/isi dari gambar tersebut secara efektif kepada pengguna LKS.

3) Penampilan

Syarat teknis penampilan sangat penting dikarenakan kesan tertarik pada LKS diperlukan. Kombinasi gambar dan tulisan yang

serasi dan menarik tidak menimbulkan kebosanan bagi pengguna LKS.

Berdasarkan berbagai pendapat di atas, dapat disintesis bahwa LKPD memiliki pengertian sebagai bahan ajar berupa panduan untuk mengembangkan aspek penilaian yang berupa petunjuk atau langkah-langkah untuk menyelesaikan suatu tugas pada kompetensi dasar tertentu. Sedangkan, fungsi LKPD adalah dapat membantu peserta didik dalam melakukan kegiatan pembelajaran yang bertujuan memudahkan peserta didik, melatih kemandirian peserta didik tanpa keluar dari kompetensi yang akan dicapai.

Dalam penyusunan LKPD sebaiknya memenuhi syarat seperti syarat didaktik, konstruksi, dan teknis. Syarat didaktik meliputi isi materi dan potensi LKPD tersebut digunakan dalam pembelajaran. Syarat konstruksi meliputi bahasa, susunan kalimat, kosa kata, kesukaran dan kejelasan LKPD yang akan disusun. Sedangkan, syarat teknis meliputi, tulisan, gambar, dan tampilan dari LKPD dan isinya.

5. Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) sebagai Bahan Ajar

Menurut Andi Prastowo (2012:208), bahan ajar LKPD terdiri atas enam unsur utama, meliputi judul, petunjuk belajar, kompetensi dasar atau materi pokok, informasi pendukung, tugas atau langkah kerja, dan penilaian. Berdasarkan pengertian bahan ajar dan LKPD, apabila dipadukan lembar kegiatan peserta didik (LKPD) sebagai bahan ajar adalah panduan/bahan yang digunakan oleh pendidik beserta peserta didik

dalam melakukan pembelajaran sesuai dengan kompetensi dasar yang memuat apa yang harus dilakukan beserta langkah-langkahnya.

Sebagai bahan ajar, fungsi LKPD dikemukakan oleh Endang Widjajanti (2008: 2) sebagai berikut.

- a. sebagai alternatif bagi guru untuk mengarahkan pengajaran atau memperkenalkan suatu kegiatan tertentu sebagai kegiatan belajar mengajar.
- b. dapat digunakan untuk mempercepat proses pengajaran dan menghemat waktu penyajian suatu topik.
- c. dapat untuk mengetahui seberapa jauh materi yang telah dikuasai peserta didik.
- d. dapat mengoptimalkan alat bantu pengajaran yang terbatas.
- e. membantu peserta didik dapat lebih aktif dalam proses belajar mengajar.
- f. dapat membangkitkan minat peserta didik jika LKPD disusun secara rapi, sistematis mudah dipahami oleh peserta didik sehingga mudah menarik perhatian peserta didik.
- g. dapat menumbuhkan kepercayaan pada diri peserta didik dan meningkatkan motivasi belajar dan rasa ingin tahu.
- h. dapat mempermudah penyelesaian tugas perorangan, kelompok atau klasikal karena peserta didik dapat menyelesaikan tugas sesuai dengan kecepatan belajarnya.

- i. dapat digunakan untuk melatih peserta didik menggunakan waktu seefektif mungkin.
- j. dapat meningkatkan kemampuan peserta didik dalam memecahkan masalah.

Artinya, LKPD sebagai bahan ajar adalah bahan yang digunakan guru sebagai panduan dalam kegiatan pembelajaran yang memuat langkah-langkah yang harus dilakukan oleh peserta didik yang terdiri dari judul, petunjuk belajar, kompetensi dasar, materi pokok, informasi pendukung, tugas dan langkah kerja, dan penilaian sehingga kompetensi yang ditempuh akan tercapai.

6. Pendekatan *Modified Free Inquiry*

Inkuiri berasal dari kata dalam bahasa Inggris "*inquiry*" memiliki arti penyelidikan/meminta keterangan dengan digeneralisasikan peserta didik diminta untuk mencari dan menemukan sendiri suatu konsep. Menurut Khoirul Anam (2016:8), penekanan utama dalam proses belajar berbasis inkuiri terletak pada kemampuan peserta didik untuk memahami, mengidentifikasi dengan cermat dan teliti, dan mengakhiri dengan memberikan jawaban atau solusi atas permasalahan yang terjadi. Pembelajaran berbasis inkuiri dilihat pada proses pemetaan masalah dan kedalaman pemahaman atas masalah yang menghasilkan penyajian solusi atau jawaban yang valid dan menyakinkan. Menurut Khoirul Anam (2016:13-14), ada beberapa hal yang menjadi ciri utama metode inkuiri yaitu:

- a. Strategi inkuiri menekankan kepada aktivitas peserta didik secara maksimal untuk mencari dan menemukan, artinya strategi inkuiri menempatkan peserta didik sebagai subjek belajar. Dalam proses pembelajaran, peserta didik tidak hanya berperan sebagai penerima pelajaran melalui penjelasan guru secara langsung, tetapi peserta didik berperan untuk menemukan sendiri inti dari materi pelajaran itu.
- b. Seluruh aktivitas yang dilakukan peserta didik diarahkan untuk mencari dan menemukan jawaban sendiri dari sesuatu yang di pertanyakan, sehingga diharapkan dapat menumbuhkan sikap percaya diri (*self belief*). Dengan demikian, metode inkuiri menempatkan guru bukan sebagai sumber belajar akan tetapi sebagai fasilitator dan motivator belajar peserta didik untuk menumbuhkan sikap percaya diri dengan metode inkuiri.
- c. Tujuan dari penggunaan metode inkuiri adalah mengembangkan kemampuan berpikir secara sistematis, logis, dan kritis, atau mengembangkan kemampuan intelektual sebagai bagian dari proses mental. Dengan demikian, dalam metode inkuiri peserta didik tidak hanya dituntut agar menguasai materi pelajaran akan tetapi bagaimana peserta didik dapat menggunakan potensi yang dimilikinya.

Menurut Depdiknas 2008 (dalam Sujarwo 2011 : 89-91), dalam proses pembelajaran dengan menggunakan metode inkuiri dapat dilaksanakan dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Orientasi adalah langkah untuk membina suasana atau iklim pembelajaran yang responsif. Pada langkah ini guru mengkondisikan agar peserta didik siap melaksanakan proses pembelajaran. Beberapa hal yang dapat dilakukan dalam tahapan orientasi yaitu:
- 1) Menjelaskan topik, tujuan, dan hasil belajar yang diharapkan dapat dicapai oleh peserta didik.
 - 2) Menjelaskan pokok-pokok kegiatan yang harus dilakukan oleh peserta didik untuk mencapai tujuan. Pada tahap ini dijelaskan langkah-langkah inkuiri serta tujuan setiap langkah, mulai dari langkah merumuskan masalah sampai dengan merumuskan kesimpulan.
 - 3) Menjelaskan pentingnya topik dan kegiatan belajar. Hal ini dilakukan dalam rangka memberikan motivasi belajar peserta didik.
- b. Merumuskan masalah merupakan langkah membawa peserta didik pada suatu persoalan yang mengandung teka-teki. Persoalan yang disajikan adalah persoalan yang menantang peserta didik untuk berpikir memecahkan teka-teki. Dikatakan teka-teki dalam rumusan masalah yang ingin dikaji disebabkan masalah itu tentu ada jawabannya, dan peserta didik didorong untuk mencari jawaban yang tepat. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merumuskan masalah, diantaranya:

- 1) Masalah hendaknya dirumuskan sendiri oleh peserta didik. Peserta didik akan memiliki motivasi belajar yang tinggi manakala dilibatkan dalam merumuskan masalah yang hendak dikaji
 - 2) Masalah yang dikaji adalah masalah yang mengandung teka-teki yang jawabannya sudah pasti. Artinya, guru perlu mendorong peserta didik agar dapat merumuskan masalah yang menuntut jawaban, sehingga peserta didik mencari dan mendapatkan jawabannya secara pasti.
 - 3) Konsep-konsep dalam masalah adalah konsep-konsep yang sudah diketahui terlebih dahulu oleh peserta didik. Artinya, sebelum masalah itu dikaji lebih jauh melalui proses inkuiri, guru perlu yakin terlebih dahulu bahwa peserta didik sudah memiliki pemahaman tentang konsep-konsep yang ada dalam rumusan masalah.
- c. Merumuskan hipotesis adalah jawaban sementara dari suatu permasalahan yang sedang dikaji. Sebagai jawaban sementara, hipotesis perlu diuji kebenarannya. Kemampuan atau potensi individu untuk berpikir seperti berhipotesis pada dasarnya sudah dimiliki sejak individu itu lahir. Potensi berpikir itu dimulai dari kemampuan setiap individu untuk menebak mengira-mengira atau menduga (berhipotesis) dari suatu permasalahan.

- d. Mengumpulkan data adalah aktivitas menjaring informasi yang dibutuhkan untuk menguji hipotesis yang diajukan. Dalam metode inkuiri, mengumpulkan data merupakan proses mental yang sangat penting dalam pengembangan intelektual. Proses pengumpulan data bukan hanya memerlukan motivasi yang kuat dalam belajar, akan tetapi juga membutuhkan ketekunan dan kemampuan menggunakan potensi berpikirnya. Oleh sebab itu, tugas dan peran guru dalam tahapan ini adalah mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang mendorong peserta didik untuk berpikir mencari informasi yang dibutuhkan.
- e. Menguji hipotesis adalah proses menentukan jawaban yang dianggap diterima sesuai dengan data atau informasi yang diperoleh berdasarkan pengumpulan data. Yang terpenting dalam menguji hipotesis adalah mencari tingkat keyakinan peserta didik atas jawaban yang diberikan. Disamping itu, menguji hipotesis juga berarti mengembangkan kemampuan berpikir rasional. Artinya, kebenaran jawaban yang diberikan bukan hanya berdasarkan argumentasi, akan tetapi harus didukung oleh data yang ditemukan dan dapat dipertanggungjawabkan.
- f. Merumuskan kesimpulan adalah proses mendeskripsikan temuan yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian hipotesis. Merumuskan kesimpulan merupakan bagian penting dalam proses pembelajaran. Sering terjadi karena banyaknya data yang diperoleh, menyebabkan kesimpulan yang dirumuskan tidak fokus terhadap masalah yang hendak dipecahkan. Karena itu, untuk mencapai kesimpulan yang akurat

sebaiknya guru mampu menunjukkan pada peserta didik data mana yang relevan.

Menurut Moore (2005) dalam Sujarwo (2011:87-88) pembelajaran inkuiri memiliki tiga tingkatan yaitu:

a. *Guide Inquiry*/inkuiri terbimbing

Suatu kegiatan pembelajaran yang di dalamnya pemilihan masalah masih ditentukan oleh pendidik dengan menggunakan teknik bertanya.

b. *Modified Free Inquiry*/inkuiri dimodifikasi

Suatu proses pembelajaran seperti inkuiri bebas tetapi topik permasalahannya ditentukan oleh pendidik.

c. *Open Inquiry*/inkuiri bebas

Suatu proses pembelajaran yang memberi kebebasan kepada peserta didik untuk menemukan masalahnya sendiri, merancang eksperimen sampai mencari kesimpulan.

Perbedaan ketiga pendekatan inkuiri menurut Ronald Bonnstetter (1998) dalam jurnal *Inquiry: Learning From The Past With An Eye On Future* dengan menyajikan perbedaan masing-masing jenis inkuiri dalam tabel 1:

Tabel 1. Pendekatan *Inquiry* menurut Bonnstetter

Aspek	<i>Guided Inquiry</i>	<i>Modified Free Inquiry</i>	<i>Free Inquiry</i>
Rumusan masalah	Dari guru	Dari guru	Dari guru
Perbatasan masalah	Dilakukan guru	Dilakukan guru atau peserta didik	Dilakukan peserta didik

Aspek	<i>Guided Inquiry</i>	<i>Modified Free Inquiry</i>	<i>Free Inquiry</i>
Pedoman	Berupa pertanyaan pertanyaan membimbing	Berupa pertanyaan pertanyaan yang membimbing	Berupa pertanyaan pertanyaan yang membimbing
prosedur kerja/desain	Guru yang merancang dan peserta didik yang melakukan	Peserta didik yang merancang dan melakukan, dapat dibantu oleh guru	Peserta didik yang merancang dan melakukan
Analisis hasil	Dilakukan peserta didik	Dilakukan peserta didik	Dilakukan peserta didik
Menarik kesimpulan	Dilakukan peserta didik	Dilakukan peserta didik	Dilakukan peserta didik

Hal tersebut senada dengan Lutfiyatul Fuadah (2015:43), aspek penyelidikan yang dilakukan oleh peserta didik pada *Modified Free Inquiry* dapat dilihat pada tabel 2:

Tabel 2. Aspek Penyelidikan pada Pembelajaran *Modified Free Inquiry*

Aspek	<i>Guided Inquiry</i>	<i>Modified Free Inquiry</i>
Judul	Guru	Guru
Rumusan masalah	Peserta didik (dibimbing oleh guru)	Peserta didik (dibimbing oleh guru)
Hipotesis	Peserta didik (dibimbing oleh guru)	Peserta didik
Variabel percobaan	Peserta didik (dibimbing oleh guru)	Peserta didik (dibimbing oleh guru)
Alat dan bahan	Guru	Guru
Prosedure kerja	Guru	Peserta didik
Sketsa percobaan	Guru	Guru
Tabulasi data	Peserta didik (dibimbing oleh guru)	Peserta didik
Analisan hasil percobaan	Peserta didik (dibimbing oleh guru)	Peserta didik (dibimbing oleh guru)
Kesimpulan	Peserta didik (dibimbing oleh guru)	Peserta didik

Pembelajaran *modified free inquiry* tidak dapat terlepas dari pembelajaran *inquiry*. Sintaks pendekatan *modified free inquiry*

disesuaikan dengan sintaks pendekatan *inquiry* dan esensi dari pendekatan *modified free inquiry*. Menurut Lutfiyatul Fuadah (2015:44), sintaks pembelajaran *modified free inquiry* adalah:

Tabel 3. Sintaks Pembelajaran *Modified Free Inquiry*

Fase	Kegiatan guru
Orientasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guru menjelaskan topik pembelajaran kepada peserta didik 2. Guru menyampaikan apersepsi atau permasalahan untuk memotivasi peserta didik
Merumuskan masalah	<ol style="list-style-type: none"> 3. Guru menyajikan permasalahan dan membimbing peserta didik dalam merumuskan masalah
Merumuskan hipotesis	<ol style="list-style-type: none"> 4. Guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk merumuskan hipotesis melalui diskusi dalam kelompok 5. Guru membantu peserta didik dalam memilih hipotesis yang memungkinkan untuk dilakukan percobaan 6. Guru membimbing peserta didik untuk menentukan variabel percobaan
Mengumpulkan data	<ol style="list-style-type: none"> 7. Guru meminta peserta didik untuk memahami sketsa percobaan dan menentukan prosedur kerja percobaan melalui diskusi dalam kelompok 8. Guru meminta peserta didik untuk mengkonsultasikan prosedur kerja percobaan yang telah dirancang dan didiskusikan dalam kelompok
Menguji hipotesis	<ol style="list-style-type: none"> 9. Guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk menganalisis hasil percobaan dan berdiskusi dalam menjawab beberapa pertanyaan diskusi yang sudah tertera dalam LKPD
Membuat kesimpulan	<ol style="list-style-type: none"> 10. Guru meminta peserta didik untuk menarik kesimpulan hasil percobaan

Jadi, perbedaan *guided inquiry* dan *modified free inquiry* terdapat pada perencanaan percobaan dan kesimpulan akhirnya yang memfasilitasi peserta didik secara mandiri mengerjakannya namun tidak terlepas dari bimbingan pendidik. Pendekatan *Modified Free Inquiry* merupakan

kolaborasi atau modifikasi dari dua pendekatan inkuiri lainnya, yaitu: pendekatan inkuiri terbimbing dan pendekatan inkuiri bebas. Permasalahan yang akan dijadikan topik untuk diselidiki tetap diberikan sesuai dengan kurikulum yang berlaku. Oleh sebab itu, peserta didik tidak dapat memilih atau menentukan masalah untuk diselidiki secara sendiri, namun peserta didik yang belajar dengan pendekatan ini menerima masalah dari gurunya untuk dipecahkan dan tetap memperoleh bimbingan guru. Namun, bimbingan yang diberikan lebih sedikit dari pendekatan inkuiri terbimbing (*guided inquiry*) dan tidak terstruktur.

Dalam pendekatan inkuiri semi terbimbing/inkuiri dimodifikasi (*Modified Free Inquiry*) guru membatasi memberikan bimbingan, agar peserta didik berupaya terlebih dahulu secara mandiri, dengan harapan agar peserta didik dapat menemukan sendiri penyelesaiannya. Namun, apabila terdapat peserta didik yang tidak dapat menyelesaikan permasalahannya maka bimbingan guru dapat diberikan secara tidak langsung dengan memberikan contoh-contoh yang relevan dengan permasalahan yang dihadapi, atau melalui diskusi dengan peserta didik dalam kelompok lain. Berikut merupakan sintaks pembelajaran *Modified Free Inquiry* pada tabel 4.

Tabel 4. Sintaks Pembelajaran *Modified Free Inquiry* yang digunakan dalam Penelitian

Fase	Kegiatan guru
Orientasi	Guru menjelaskan topik pembelajaran, tujuan pembelajaran. Kegiatan pembelajaran jelaskan dengan motivasi dan penyajian permasalahan pada awal pembelajaran.

Fase	Kegiatan guru
Merumuskan masalah	Guru menyajikan rumusan masalah yang akan dipecahkan oleh peserta didik.
Merumuskan hipotesis	Guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk merumuskan hipotesis melalui diskusi dalam kelompok dan guru membimbing peserta didik untuk menentukan variabel percobaan secara mandiri.
Mengumpulkan data	Guru meminta peserta didik mencermati alat dan bahan yang disediakan, merumuskan sketsa percobaan dan menentukan prosedur kerja percobaan melalui diskusi dalam kelompok. Guru meminta peserta didik untuk mengkonsultasikan prosedur kerja percobaan yang telah dirancang dan didiskusikan dalam kelompok
Menguji hipotesis	Guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk menganalisis hasil percobaan berdasarkan tabulasi data yang dibuat secara mandiri dan berdiskusi dalam menjawab beberapa pertanyaan diskusi yang sudah tertera dalam LKPD
Membuat kesimpulan	Guru meminta peserta didik untuk menarik kesimpulan hasil percobaan

Penekanan pada pendekatan *Modified Free Inquiry* dimana peserta didik menyusun hipotesis berdasarkan rumusan masalah yang diberikan guru, merancang secara mandiri prosedur percobaan berdasarkan alat dan bahan yang sudah disediakan, membuat tabulasi data sesuai percobaan dan menarik kesimpulan dari percobaan yang sudah dilakukan. Dalam pembelajaran *Modified Free Inquiry* memiliki tahapan atau sintaks dalam pembelajaran sesuai dengan ciri dari inkuiri, yaitu orientasi, merumuskan masalah, menyusun hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis, dan membuat kesimpulan.

7. Sikap Peduli Lingkungan

Menurut Undang-undang No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menyatakan bahwa lingkungan hidup

adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan peri kehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.

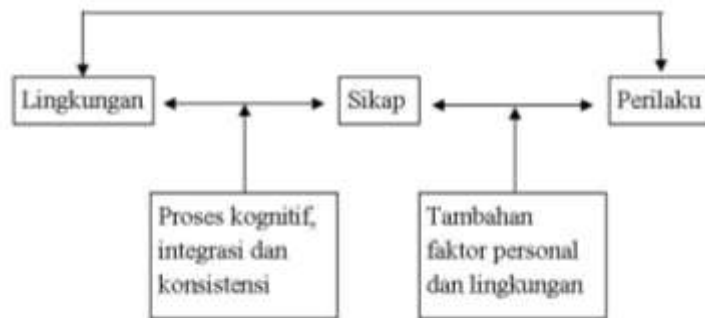
Kesadaran peduli lingkungan sangat erat hubungannya dengan sikap peduli lingkungan. Menurut Ni Nyoman Dara Paramita dan Ni Nyoman Kertiyasa (184:2015) mengatakan bahwa kesadaran lingkungan berhubungan positif terhadap sikap peduli lingkungan. Hal tersebut mengandung arti bahwa kesadaran lingkungan semakin tinggi maka semakin tinggi pula sikap peduli lingkungan sehingga untuk mengetahui apakah seseorang memiliki kesadaran lingkungan dapat ditinjau dari sikap peduli lingkungan.

Sikap peduli lingkungan merupakan suatu kecenderungan terhadap lingkungan dengan mempengaruhi perilaku terhadap lingkungan itu sendiri. Oleh karena itu, sikap peduli lingkungan dapat dilihat dari perilaku seseorang terhadap lingkungan. Perilaku peduli lingkungan merupakan bagian tindakan yang dihasilkan dari pemahaman mengenai lingkungan. Pemahaman tersebut akan tertanam dalam diri masyarakat yang berupa sikap positif tentang lingkungan hidup.

Karakter sikap seseorang menurut Rahmat (1998) dalam Patta Bundu (2006:137) dapat dilihat dari lima ciri yang menjadi karakteristik sikap seseorang, yaitu:

- a. Sikap adalah kecenderungan bertindak, berpresepsi, berpikir, dan merasa dalam menghadapi obyek, ide, situasi, atau nilai. Sikap bukan perilaku tetapi kecenderungan berperilaku dengan cara tertentu terhadap obyek sikap seperti benda, orang, tempat, gagasan, situasi, atau kelompok.
- b. Sikap mempunyai daya pendorong.
- c. Sikap relatif lebih menetap.
- d. Sikap mengandung aspek evaluatif. Artinya, sikap akan bertahan selama obyek sikap masih dipancang menyenangkan oleh seseorang.
- e. Sikap timbul melalui pengalaman, tidak dibawa sejak lahir, sehingga sikap dapat diperteguh atau diubah melalui proses belajar.

Cassio dan Gibson dalam Patta Bundu (2006:138) menggambarkan hubungan antara sikap dan perilaku, berikut penggambarannya:



Gambar 1. Hubungan Antara Sikap dan Perilaku
(Sumber: Patta Bundu, 2006:138)

Sikap berkembang dari interaksi antara individu dengan lingkungan masa lalu dan masa kini. Melalui proses kognisi dari interaksi dan konsistensi sikap dibentuk menjadi komponen kognisi, emosi dan kecenderungan bertindak. Setelah sikap terbentuk akan mempengaruhi perilaku secara langsung. Perilaku akan mempengaruhi perubahan lingkungan yang ada, ada perubahan-perubahan yang terjadi akan

menuntun pada perubahan sikap yang dimiliki (Patta Bundu, 2006:138)

Menurut Pande Made Kutanegara dkk (2014:134), perilaku peduli lingkungan terdiri atas indikator-indikator: perilaku dalam penghematan energi, membuang sampah, pemanfaatan air, penyumbangan emisi karbon, hidup sehat, dan penggunaan bahan bakar.

Sikap peduli lingkungan merupakan bagian dari nilai karakter dari pembelajaran sains. Salah satu tujuan pembelajaran sains menurut Zubaedi (2011:292) adalah mengembangkan sikap-sikap positif salah satunya sikap peduli lingkungan. Senada dengan hal tersebut, menurut Muchlas Samani dan Hariyanto (2013:54) bahwa nilai menghargai alam (*respect for environment*) diajarkan dalam pembelajaran sains.

Pada kurikulum 2013 memberikan peluang untuk menjadikan peserta didik cerdas beriman sesuai dengan tujuan nasional dengan memperbaiki hasil belajar meliputi pengetahuan, ketrampilan, sikap dan perilaku dengan pendekatan saintifik. Menurut Ridwan Abdullah Sani (2014:27), standar kompetensi lulusan pada kurikulum 2013 yang terkait dengan sikap perilaku adalah: pribadi beriman, berakhlak mulia, percaya diri, dan bertanggung jawab dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial, alam sekitar, serta dunia dan peradabannya. Kurikulum 2013 mempunyai kompetensi inti dimana kompetensi inti 1 (KI-1) sesuai dengan nilai ketuhanan, kompetensi inti 2 (KI-2), kompetensi inti 3 (KI-3), dan kompetensi inti 4 (KI-4). Menurut Ridwan Abdullah Sani (2014:50) mengatakan bahwa:

Contoh integrasi KI-2 setelah siswa menguasai KI-3 dan KI-4 adalah sebagai berikut: setelah siswa memahami bahwa kerusakan lingkungan dapat mempengaruhi kualitas hidup dan keseimbangan lingkungan, serta dapat menimbulkan bencana, selanjutnya guru menanamkan perlunya sikap dan perilaku yang sesuai dalam berinteraksi dengan lingkungan yaitu dengan menjaga lingkungan.

Penjabaran di atas dapat diartikan bahwa pada kurikulum 2013 yang mempunyai karakteristik pendekatan saintifik mengandung nilai karakter salah satunya sikap peduli terhadap lingkungan. Kurikulum 2013 menekankan bahwa pembentukan karakter memang penting terutama pada pendidikan dasar untuk menghasilkan generasi cerdas yang beriman sesuai dengan tujuan nasional pendidikan.

Pengukuran sikap yang harus dilakukan oleh guru menurut Permendikbud No. 66 tahun 2013, antara lain: penilaian diri, observasi perilaku, penilaian teman sejawat, dan laporan pribadi (jurnal). Pada kurikulum 2013, penilaian sikap hanya ditekankan pada mata pelajaran agama dan pendidikan kewarganegaraan. Namun pada penelitian ini, sikap peserta didik dilihat dengan cara observasi perilaku melalui observer pada proses pembelajaran. Selain itu, skala sikap yang diambil oleh peneliti berupa angket sebagai instrumen pengukuran sikap peduli lingkungan. Pernyataan angket sikap peduli lingkungan menyajikan pernyataan positif dan pernyataan negatif.

Indikator sikap peduli lingkungan menurut Pande Made Kutanegara (2014:134) diadaptasi sehingga menghasilkan indikator-indikator yang akan menjadi dasar pembuatan instrumen angket. Indikator tersebut dimodifikasi menghasilkan indikator sikap peduli lingkungan untuk angket

yang lebih *familiar* terhadap kehidupan sehari-hari peserta didik. Indikator tersebut diantaranya pembiasaan memelihara kebersihan lingkungan, pembiasaan memelihara kelestarian lingkungan, pembiasaan memanfaatkan lingkungan dengan baik tanpa merusak, pembiasaan hemat energi, memanfaatkan lingkungan dalam upaya mencari solusi dari beberapa masalah yang dihadapi dan menghemat penggunaan energi listrik.

Dari beberapa pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa sikap peduli lingkungan merupakan kecenderungan seseorang dalam melakukan kegiatan dan memberikan dampak terhadap keadaan lingkungan yang akan mempengaruhi perilakunya terhadap keadaan lingkungan tersebut. Sikap dan perilaku peduli lingkungan dapat diwujudkan dengan kegiatan saling menjaga, mengindahkan, mencegah terjadinya lingkungan alam sekitarnya dan memperbaiki kerusakan lingkungan yang sudah terjadi. Pembelajaran IPA memiliki kaitan dengan sikap peduli lingkungan. Sedangkan, sikap berkaitan erat dengan perilaku karena sikap seseorang akan mengarahkan perilaku orang tersebut. Oleh karena itu, aspek perilaku peduli lingkungan antara lain, penghematan sumber daya, membuang sampah, pemanfaatan air, dan penyumbangan emisi karbon.

B. Kajian Keilmuan

1. Lingkungan Hidup

Menurut kamus biologi, Mien A. Rifai (2002:267), mengatakan bahwa lingkungan (*environment*) adalah keseluruhan jumlah total faktor kompleks biotik, iklim, tanah, cahaya, suhu, kelembaban udara dan keadaan lain yang menyusun unsur di sekeliling tempat hidup makhluk;

lingkungan adalah unsur fisik, kimia, dan biologi yang selalu ada di sekeliling suatu makhluk. Sedangkan menurut H.R. Mulyanto (2007:1), lingkungan adalah seluruh faktor luar yang mempengaruhi suatu organisme; faktor-faktor dapat berupa organisme hidup (*biotic factor*) atau variabel tidak hidup (*abiotic factor*) misalnya suhu, curah hujan, panjangnya siang, angin serta arus laut. Senada dengan pendapat tersebut, sesuai yang dikemukakan Ardi Rochmat Nurwidiyanto (2009:58), lingkungan hidup yaitu segala faktor hidup (biotik) yang menunjang kehidupan makhluk hidup tersebut.

Menurut Undang-undang Republik Indonesia No.32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup pada pasal 1 menjabarkan bahwa lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.

Dari berbagai pendapat di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda atau keseluruhan faktor biotik dan abiotik yang mempengaruhi dan berdampak terhadap organisme dan alam sekitarnya. Faktor biotik merupakan segala unsur makhluk hidup yang ada di dalam lingkungan sedangkan faktor abiotik meliputi iklim, kelembapan udara, tanah, cahaya dan suhu.

2. Pencemaran Lingkungan

Lingkungan secara tidak langsung menentukan kualitas hidup manusia, era global ini manusia mengalami kekhawatiran terhadap lingkungan yang sudah mulai nampak berkurang kualitasnya. Persoalan-persoalan yang mengancam kelestarian lingkungan sangat luas dan beragam sesuai dengan H.R. Mulyanto (2007:10-23) dapat dikelompokkan, antara lain:

a. Perkembangan Penduduk

Divisi kependudukan PBB meramalkan penduduk dunia akan berkembang menjadi 9,3 milyar di tahun 2050, penambahan penduduk menyerap lebih banyak sumber daya alam sehingga menimbulkan dampak lingkungan. Artinya, semakin besar penambahan jumlah penduduk maka semakin besar dampak terhadap lingkungan. Misalnya sampah yang dihasilkan semakin banyak, kebutuhan lahan untuk tempat tinggal menjadi tinggi sedangkan kebutuhan udara bersih semakin besar.

b. Pemanasan Bumi

Gas-gas terutama karbon dioksida, metana, nitro oksida, dan uap air dalam atmosfer bumi membiarkan radiasi sinar matahari menembus dan memanasi bumi, tetapi menghambat sinar inframerah terpantul kembali keluar bumi. Hal tersebut disebut dengan efek rumah kaca yang dapat menyebabkan ketebalan rata-rata es Kutub Utara menyusut dan dapat menenggelamkan negara, pulau, kota

dataran rendah pantai, memusnahkan banyak spesies satwa dan tumbuhan, pertanian yang terganggu, dan frekuensi angin topan dan kekeringan bertambah besar. Secara garis besar, pemanasan bumi adalah peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi disebabkan adanya gas rumah kaca dalam jumlah banyak di atmosfer bumi.

c. Penipisan Lapisan Ozon

Lapisan ozon berfungsi untuk melindungi bumi terhadap radiasi ultra ungu dari matahari. CFC (*chlorofluorocarbon*) merupakan bahan kimia yang digunakan dalam sistem pendingin, larutan-larutan pembersih, dan penyemprot aerosol. CFC melepaskan klorine ke dalam atmosfer yang akan memecah molekul-molekul ozon. Klorine tidak terpengaruh oleh interaksinya dengan ozon hingga satu molekul mampu merusak sejumlah besar ozon dalam jangka panjang. Radiasi ultra ungu yang membesar akan menambah jumlah penderita kanker kulit dan katarak serta mengurangi kemampuan sistem kekebalan terhadap infeksi. Selain itu, pertumbuhan plankton di dasar samudera yang dapat berfotosintesis mengurangi karbon dioksida akan berkurang. Bila populasi plankton berkurang maka karbon dioksida dalam atmosfer akan bertambah banyak menimbulkan pemanasan bumi.

d. Perusakan Habitat dan Melenyapkan Spesies

Erosi menyerang kemampuan tanah untuk menyimpan air dan mendangkalkan sungai-sungai dan saluran-saluran drainase. Kejadian

tersebut dipercepat oleh aktivitas manusia seperti urbanisasi, pembabatan hutan, perumputan ternak berlebihan dan praktik pertanian yang buruk. Penebangan hutan yang makin luas disebabkan makin besarnya kebutuhan kayu, lahan pertanian, penambangan galian, eksplorasi minyak bumi dan bahan bakar kayu, pertanian berpindah, yang memakai api untuk membersihkan hutan bagi perkembangan lahan pertanian dapat membakar hutan tanpa kendali. Spesies satwa dan tanaman punah disebabkan oleh perusakan habitat, khususnya pada ekosistem hutan hujan tropik dan terumbu-terumbu karang.

e. Pencemaran Udara

Industri dan transportasi berbahan bakar fosil menyumbang bahan kimia dan butiran padatan serta abu yang terlepas ke udara menimbulkan polusi udara terutama yang mengandung karbon, sulfur dan nitrogen. Oksida nitrogen bereaksi dengan hidrokarbon dalam udara menimbulkan *smog*, karbon dioksida menyumbang terjadinya pemanasan bumi, sedangkan sulfur dioksida menyebabkan hujan asam yang terbentuk oleh berubahnya sulfur dioksida dan oksida nitrogen menjadi asam belerang dan asam nitrat di atmosfer kemudian jatuh ke bumi melalui air hujan yang terjadi di Amerika Utara, Kanada Selatan, dan Eropa Timur. Persoalan yang ditimbulkan oleh pencemaran udara adalah penyakit pernapasan, tercemarnya danau-danau, sungai-sungai serta kerusakan hutan dan pertanian.

f. Polusi Air

Polusi air dapat berasal dari sumber terpusat yang membawa pencemar dari lokasi-lokasi lain seperti pabrik-pabrik, instalasi pengolahan limbah dan tanker minyak, dan sumber lain yang terbawa air hujan dan salju mencair yang melewati lahan dan menghanyutkan pencemar-pencemar di atasnya seperti pestisida dan pupuk dan mengendapkannya dalam danau, telaga, rawa, perairan pantai dan air bawah tanah. Polusi air berasal dari aktivitas manusia dari industri yang dibuang melewati pipa-pipa dan tangki penyimpanannya. Air tercemar dapat juga berasal dari pertambangan ketika rembesan air melarutkan dan tercemar zat-zat kimia sisa proses produksi dan sisa galian.

g. Pencemaran dan Penyusutan Air Bawah Tanah

Pengambilan air bawah tanah lebih banyak daripada pengisian air tanah secara alami, mengakibatkan perubahan lahan dan subsidensi serta susupan air asin lebih jauh ke daratan di kota-kota pantai. Pencemaran yang terjadi dengan adanya tangki-tangki, kolam-kolam limbah industri yang bocor dapat memasukan limbah berbahaya ke dalam tanah.

h. Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah disebabkan senyawa kimia yang beracun, garam-garam, organisme patogen yang membawa penyakit atau bahan-bahan radioaktif yang dapat merugikan kehidupan tanaman dan

satwa. Pengolahan lahan dengan pupuk, fungisida, dan pestisida kimia mengganggu keberlangsungan organisme yang bermanfaat seperti bakteri, jamur, cacing dan lainnya.

i. Resiko Kimia

Bahan kimia dari pestisida, insektisida, fungisida, dan pupuk, limbah bahan beracun dan berbahaya (B3), *dichloro-diphenyltrichloroethane* (DDT) dan golongan *polychlorinated biphenils* atau PCB's menimbulkan limbah beracun yang masuk dalam sungai, dapat menimbulkan kanker bagi manusia, menjalar lewat makanan dan berpengaruh terhadap rantai makanan.

j. Usaha Perlindungan terhadap Lingkungan

Manusia harus membuat strategi untuk menyelaraskan kemajuan lingkungan dengan pertumbuhan ekonomi. Beberapa negara telah membuat perundang-undangan tentang melindungi lingkungan (UU RI No.32 Tahun 2009) serta aksi nyata misalnya membersihkan sungai seperti kegiatan yang dilakukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup. Sedangkan, contoh di luar negeri adalah menghilangkan smog yang dilakukan di London.

k. Usaha-usaha International Melestarikan Lingkungan

Konferensi Internasional tentang persoalan lingkungan dilaksanakan di Swedia yang diprakarsai PBB dengan hasil pembentukan *United Nations Environmental Program* (UNEP). UNEP menekankan pada pendekatan untuk merangsang

perkembangan berkelanjutan dan untuk memperbaiki standar hidup yang akrab lingkungan.

Menurut Undang-undang Republik Indonesia No.32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup pada pasal 1 menjabarkan bahwa pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Sedangkan, baku mutu lingkungan hidup adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup.

Kerusakan lingkungan menurut UU nomer 32 tahun 2009 adalah perubahan langsung dan/atau tidak langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup yang melampaui kriteria baku kerusakan lingkungan hidup. Menurut Ardi Rochmat Nurwidiyanto (2009:63), pencemaran (polusi) yang terjadi di bumi dapat dikelompokkan, yaitu pencemaran udara, pencemaran air, pencemaran tanah, pencemaran suara, dan pencemaran oleh radiasi bahan radioaktif.

Dari beberapa penjabaran di atas, dapat disimpulkan pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya suatu komponen ke lingkungan baik oleh kegiatan manusia atau aktivitas alam yang dapat mengganggu kualitas mutu lingkungan itu sendiri. Pencemaran lingkungan

terjadi akibat persoalan-persoalan yang mengancam lingkungan tidak teratasi. Pencemaran lingkungan dapat berupa pencemaran air, pencemaran tanah, dan pencemaran udara.

3. Pencemaran Air

a. Pengertian pencemaran air

Menurut Darmono (1995:18) secara garis besar pencemaran air adalah zat terpenting dalam kehidupan atau air yang sudah membahayakan dan akan mengakibatkan hal-hal yang buruk bagi kehidupan makhluk hidup. Menurut Ardi Rochmat Nurwidiyanto (2009:65), pencemaran air sebagian besar disebabkan oleh perbuatan manusia. Bahan pencemar air (polutan air) ialah limbah padat (sampah) rumah tangga dan pabrik, limbah cair rumah tangga dan pabrik, asam belerang (H_2S), dan amoniak (NH_3). Indikator pencemaran air dapat dilihat langsung dari perubahan warna air, perubahan bau, dan perubahan rasa. Sedangkan, menurut Wisnu Arya Whardana (2004:74) limbah (baik berupa padatan maupun cairan) yang masuk ke air lingkungan menyebabkan terjadinya penyimpangan dari keadaan normal air sehingga menyebabkan pencemaran.

Pada dasarnya, pencemaran air terjadi disebabkan oleh beberapa faktor atau sumber. Menurut Susmarkanto (2002:14) dalam jurnalnya Pencemaran Lingkungan Perairan Sungai Salah Satu Faktor Penyebab Banjir Di Jakarta mengatakan bahwa sumber pencemar air adalah limbah industri dan limbah rumah tangga. Limbah industri

mengakibatkan pencemaran kualitas air sungai diantaranya turunnya kandungan oksigen (O_2) yang larut kedalam badan air, naiknya kekeruhan air dan warna air dan tingginya kadar PH serta meningkatnya toksinitas (keracunan). Sedangkan limbah rumah tangga merupakan buangan limbah manusia yang berupa sampah, air kotor (tinja), deterjen dan sisa minyak andilnya lebih besar bila dibandingkan dengan limbah industri.

Selain limbah industri dan limbah rumah tangga, menurut Hilmi Salim (2002:110), faktor penyebab lainnya adalah limbah pertanian. Limbah pertanian yang umumnya menjadi masalah adalah akibat penggunaan pupuk baik pupuk organik maupun anorganik, termasuk aplikasi obat hama atau pestisida. Misalnya, pupuk Urea merupakan pupuk dengan Nitrogen (N) berkadar tinggi. Pupuk Urea berbentuk butir-butir kristal berwarna putih, dengan rumus kimia $CO(NH_2)_2$, merupakan pupuk yang mudah larut dalam air dan sifatnya sangat mudah menghisap air (higroskopis). Selain pupuk dengan kandungan nitrogen juga pupuk dengan kandungan pospat yang digunakan berlebihan dapat mencemari air.

b. Indikator pencemaran air

Menurut Wisnu Arya Wardhana (2014:74), indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati melalui:

1) Adanya perubahan suhu air

Dalam dunia industri, mesin yang panas harus didinginkan dengan air. Air yang dijadikan pendingin jika dibuang ke lingkungan sungai maka air sungai akan menjadi panas. Air sungai yang suhunya naik akan mengganggu kehidupan hewan air dan organisme air lainnya karena kadar oksigen yang terlarut dalam air akan turun bersamaan dengan kenaikan suhu. Suhu ideal air 20-30°C untuk keberlangsungan kehidupan makhluk hidup.

2) Adanya perubahan pH atau konsentrasi ion Hidrogen.

Air normal memiliki tingkat keasaman pH berkisar antara 6,5 – 7,5. Air bersifat asam apabila pH air lebih kecil dari pH normal, dan air bersifat basa apabila pH air lebih besar dari pH normal. Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke sungai akan mengubah pH air dan pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air.

3) Adanya perubahan warna, bau, dan rasa air.

Bahan buangan dan air limbah industri dapat larut dalam air maka akan terjadi perubahan warna air. Air dalam keadaan normal dan bersih tidak akan berwarna, sehingga tampak bening dan jernih. Sedangkan, bau yang keluar dari dalam air dapat berasal dari bahan buangan atau air limbah dari kegiatan industri, atau dapat berasal dari hasil degradasi bahan buangan

oleh mikroba yang hidup di dalam air. Mikroba di dalam air mengubah bahan buangan organik terutama gugus protein dengan cara mendegradasi bahan menjadi mudah menguap dan berbau.

Air normal pada umumnya tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Apabila air mempunyai rasa (kecuali air laut) berarti telah mengalami pelarutan sejenis garam-garaman dan ion logam yang dapat mengubah konsentrasi pH air.

4) Timbulnya endapan, koloidal, bahan terlarut.

Endapan dan koloidal serta bahan terlarut berasal dari bahan buangan industri yang berbentuk padat. Endapan sebelum sampai ke dasar sungai akan melayang dalam air bersama dengan koloidal yang dapat menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam lapisan air. Sedangkan, apabila endapan dan koloidal yang terjadi berasal dari bahan buangan organik, maka mikroorganisme dan oksigen terlarut dalam air atau jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air lingkungan untuk memecah/mendegradasi bahan buangan organik yang ada di dalam air (*Biological Oxygen Demand/BOD*) sehingga bahan menjadi lebih sederhana. Kandungan oksigen yang terlarut dalam air akan berkurang begitu pula organisme yang memerlukan oksigen akan terganggu.

5) Adanya mikroorganisme

Apabila bahan buangan yang harus didegradasi banyak maka mikroorganisme akan ikut berkembang biak. Oleh karena itu, dimungkinkan terjadi perkembangbiakan mikroba patogen pembawa penyakit ikut berkembang biak pula.

6) Meningkatnya radioaktivitas air lingkungan

Pembakaran batubara adalah salah satu sumber yang dapat menaikkan radioaktivitas lingkungan selain penggunaan nuklir.

Jadi, pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya suatu limbah (cairan atau padatan) pada lingkungan perairan yang menyebabkan kondisi air tidak normal. Indikator pencemaran air dapat dilihat dari segi fisika, kimia, dan biologi. Segi fisika diantaranya yaitu perubahan warna, bau, rasa, dan suhu perairan. Sedangkan, segi kimia berupa perubahan tingkat keasaman (pH) perairan, adanya suatu endapan atau bahan terlarut, dan radioaktivitas perairan meningkat. Selain itu, segi biologi dapat dilihat dari ada tidaknya suatu organisme di lingkungan perairan.

4. Dampak Pencemaran Air

Air merupakan sumber kehidupan bagi manusia sehingga apabila tercemar maka kehidupan manusia akan terganggu. Berdasarkan cara pengamatannya, pengamatan indikator dan komponen pencemaran air di lingkungan menurut Wisnu Arya Wardhana (2004:134) dapat digolongkan menjadi:

- a. pengamatan secara fisis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu air, perubahan rasa dan warna air.
- b. pengamatan secara kimiawi, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia yang terlarut, perubahan pH.
- c. pengamatan secara biologis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang ada di dalam air terutama ada-tidaknya bakteri patogen.

Air yang tercemar dapat mengakibatkan kerugian besar bagi makhluk hidup. Kerugian yang disebabkan pencemaran air dapat berupa:

- a. air menjadi tidak bermanfaat lagi, sehingga air tidak dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga, keperluan industri, dan keperluan pertanian.
- b. air menjadi penyebab timbulnya penyakit, sehingga air menjadi perantara penyakit menular, seperti hepatitis A, *Polliomyelitis*, *Cholera*, *Typhus Abdomalis*, *Dysenteri Amoeba*, *Ascariasis*, *Trachoma*, dan *Scabies*. Selain penyakit menular, air tercemar dapat menyebabkan penyakit tidak menular namun berbahaya, yaitu air tercemar logam. Komponen pencemar air yang dapat meracuni dan membuat penyakit tidak menular diantara keracunan kadmium, kobalt, air raksa, dan keracunan bahan insektisida.
- c. Kadar oksigen dalam air menjadi terganggu, sehingga biota air (tumbuhan dan hewan) dapat mengalami kematian baik karena kadar

oksigen berkurang maupun adanya zat-zat pencemar beracun yang masuk ke dalam air.

Jadi, dampak pencemaran air adalah efek atau akibat dari lingkungan air yang tidak normal seperti air tidak dapat dimanfaatkan kembali dan lingkungan air dapat menjadi tempat berkembangnya penyakit yang merugikan makhluk hidup.

5. Pencemaran Udara

a. Pengertian Pencemaran Udara

Menurut Darmono (1995:13-18) dapat diintisarikan bahwa pencemaran udara adalah kondisi udara yang mengandung uap atau gas berbahaya yang memiliki warna dan bau aneh sehingga udara yang terhisap tidak memberikan kenyamanan bagi makhluk hidup. Sedangkan menurut Ardi Rochmat Nurwidiyanto (2009:63), pencemaran udara merupakan pencemaran yang banyak ditemui di bumi. Bahan yang dapat mencemari udara ialah karbon monoksida (CO), hidrokarbon, nitrogen oksida (NO dan NO₂), sulfuroksida (SO), karbon doksida (CO₂), clorofluorocarbon (CFC), dan debu.

Menurut Wildan Yatim (1994:163), gas dan kandungan lain di udara diantaranya argon, hidrogen, radon, helium, neon, kripton, xenon, SO₂ dan H₂S tidak ada langsung peranannya bagi tubuh makhluk hidup melainkan dimanfaatkan untuk industri. Uap air yang berasal dari penguapan air dari tanah dan air. Garam mineral berasal dari percikan air laut yang mengering, dan garamnya ikut jadi debu

dan dibawa angin. Asap berasal dari pembakaran, sedangkan debu berasal dari erosi tanah atau batuan yang dibawa angin naik ke atas serta letusan gunung api dapat menyumbangkan debu berton-ton ke udara. Dari pendapat tersebut dapat dikatakan bahwa gas dan kandungan lain dalam udara adalah debu, asap, uap air, garam mineral, argon, hidrogen, radon, helium, neon, kripton, xenon, SO₂ dan H₂S. Hal tersebut memiliki dampak langsung dan tidak langsung bagi keberlangsungan makhluk hidup.

Menurut Wisnu Arya Wardhana, (2004:28), secara umum pencemaran udara ada 2 macam, diantaranya:

1) faktor internal (alamiah), contoh:

- a) debu yang bertebaran akibat tiupan angin
- b) abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi berikut gas-gas vulkanik
- c) proses pembusukan sampah organik, dll.

2) faktor eksternal (ulah manusia), contoh:

- a) hasil pembakaran bahan bakar fosil
- b) debu/serbuk dari kegiatan industri
- c) pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara

Faktor-faktor dari pencemaran udara, menurut Wisnu Arya Wardhana, (2004:29-31) adalah faktor kegiatan industri dan teknologi, faktor penyedia daya listrik, dan faktor transportasi yang menggunakan bahan bakar fosil.

b. Komponen pencemar udara

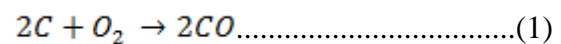
Menurut Wisnu Arya Wardhana, (2004:31-), macam komponen pencemar udara yang berpengaruh dalam pencemaran udara adalah sebagai berikut:

1) Karbon Monoksida (CO)

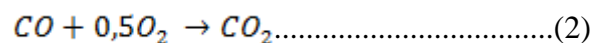
Gas CO merupakan gas tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa yang berasal dari gas buangan pembakaran bahan bakar fosil. Selain itu, CO dapat berasal dari proses industri. Secara umum, terbentuknya gas CO adalah proses berikut ini.

a) Pembakaran bahan bakar fosil dengan udara yang reaksinya tidak stoikiometris pada harga *equivalent ratio* (ER >1).

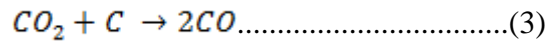
Artinya, bahan bakar yang digunakan lebih banyak dari udara yang memungkinkan terjadinya gas CO.



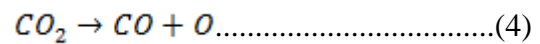
Sedangkan, apabila oksigen cukup akan membentuk reaksi lanjutannya yaitu:



b) Pada suhu tinggi terjadi reaksi antara karbon dioksida (CO₂) dengan karbon C yang menghasilkan gas CO. Artinya, apabila bahan bakar dan udara tidak rata, maka terdapat bahan bakar mengandung karbon yang tidak berhubungan dengan oksigen. Hal tersebut memungkinkan pembentukan gas CO pada suhu tinggi dengan reaksi:



c) Pada suhu tinggi, CO₂ dapat terurai kembali menjadi CO dan O. Artinya, semakin tinggi suhu semakin banyak jumlah gas CO₂ yang terurai karena suhu tinggi pemicu terjadinya gas CO. Penguraian (disosiasi) gas CO₂ menjadi gas CO dengan reaksi berikut.



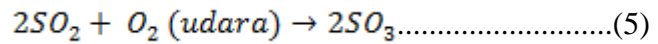
2) Nitrogen Oksida atau NO_x

Disebut NO_x karena oksida nitrogen mempunyai 2 macam bentuk yang memiliki sifat berbeda, yaitu gas NO₂ dan gas NO. Sifat gas NO₂ adalah berwarna kecoklatan dan berbau menyengat, sedangkan gas NO tidak berwarna dan tidak berbau. Pencemaran gas NO_x di udara berasal dari gas buangan hasil pembakaran yang keluar dari generator pembangkit listrik statoner atau mesin-mesin yang menggunakan bahan bakar gas alam.

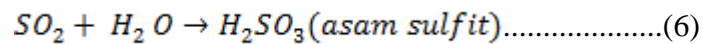
3) Belerang Oksida atau SO_x

Gas belerang oksida (SO_x) terdiri atas gas SO₂ dan SO₃ dimana gas SO₂ berbau tajam dan tidak mudah terbakar sedangkan gas SO₃ gas yang bersifat sangat reaktif. Gas SO₃ dapat mudah bereaksi dengan uap air membentuk H₂SO₄. Konsentrasi gas SO₂ di udara mulai terdeteksi oleh manusia manakala memiliki konsentrasi berkisar antara 0,3-1ppm. Dalam gas buang SO₂

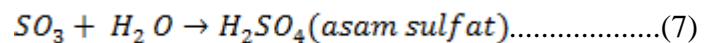
lebih banyak daripada SO₃, namun apabila bertemu dengan oksigen yang ada di udara maka terbentuk gas SO₃ dengan reaksi berikut.



Udara yang mengandung uap air akan bereaksi dengan SO₂ membentuk asam sulfit.



Sedangkan, udara yang mengandung uap air akan bereaksi pula dengan gas SO₃ membentuk asam sulfat.



Apabila asam sulfit dan asam sulfat turun ke bumi bersamaan dengan hujan akan menyebabkan hujan asam (*acid rain*) yang merugikan lingkungan.

4) Hidrokarbon atau HC

Hidrokarbon tersusun dari atom karbon dan atom hidrogen yang memiliki ikatan lurus. Keberadaan HC di udara dinamakan suku rendah apabila berbentuk cairan, sedangkan HC suku tinggi apabila keberadaan HC berupa padatan. HC cairan akan membentuk kabut minyak (*droplet*) yang sangat mengganggu sedangkan HC padatan akan membentuk asap pekat yang menggumpal sehingga menjadi debu. Sumber pencemaran HC berasal dari gas buang transportasi.

5) Partikel

Pencemar udara yang dapat berada bersama-sama dengan bahan atau bentuk pencemar lainnya disebut partikel. Partikel meliputi berbagai macam bentuk dan keadaannya sesuai dengan berikut ini.

- a) Aerosol, adalah keadaan adanya partikel yang terhambur dan melayang di udara.
- b) *Fog* atau kabut, adalah aerosol berupa butiran air di udara.
- c) *Smoke* atau asap, adalah aerosol berupa campuran butir padat dan cairan yang terhambur melayang di udara.
- d) *Dust* atau debu, adalah aerosol berupa butiran padat yang terhambur dan melayang di udara.
- e) *Mist*, adalah keadaan butiran zat cair yang terhambur dan melayang di udara (bukan butiran air).
- f) *Fume*, adalah aerosol yang berasal dari kondensasi uap panas (khususnya uap logam).
- g) *Plume*, adalah asap yang keluar dari cerobong asap suatu industri/pabrik.
- h) *Haze*, adalah bentuk aerosol yang mengganggu pandangan di udara.
- i) *Smog* adalah bentuk campuran antara asap dan kabut.
- j) *Smaze*, adalah bentuk campuran antara *smoke*/asap dengan *haze*.

Menurut Wisnu Arya Wardhana (2004:58), ukuran partikel berkisar (diameter) antara 0,0002 – 500 mikron. Sumber pencemaran partikel dapat berasal dari peristiwa alami dan peristiwa oleh manusia. Pencemaran partikel yang berasal dari alam contohnya sebagai berikut.

- (1) Debu tanah/pasir halus yang terbang oleh angin
- (2) Abu dan bahan-bahan vulkanik akibat letusan gunung berapi
- (3) Semburan uap air panas disekitar sumber panas bumi di daerah pegunungan.

Sedangkan, sumber pencemaran partikel akibat manusia sebagian berasal dari pembakaran batubara, proses industri, kebakaran hutan, dan gas buangan alat transportasi.

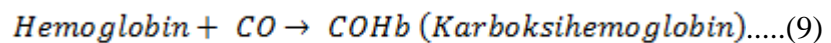
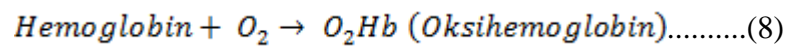
Dari pendapat di atas, maka dapat diartikan pencemaran udara adalah bahan-bahan di dalam udara yang menyebabkan adanya perubahan komponen udara dari keadaan normal. Bahan pencemar dapat berupa aktivitas alam maupun aktivitas manusia yang mengandung karbon monoksida, nitrogen oksida, hidrokarbon, dan partikel yang bersatu dengan udara.

6. Dampak Pencemaran Udara

Pencemaran udara pada masa sekarang ini merupakan salah satu masalah serius. Berikut penjelasan dampak dari berbagai komponen pencemaran udara menurut Wisnu Arya Wardhana, (2004:115-127):

a. Dampak Pencemaran Udara oleh Karbon Monoksida (CO)

Karbon Monoksida (CO) apabila terhisap ke dalam paru-paru akan ikut peredaran darah dan akan menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh. Gas CO memiliki sifat racun metabolis, ikut bereaksi secara metabolis dengan darah. Apabila karbon monoksida bereaksi dengan darah membentuk karboksihemoglobin dapat menyebabkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu.



Selain berikatan dengan darah, karbon monoksida dapat menyebabkan keracunan pada penderita anemia dan anak-anak. Keracunan gas monoksida ditandai dengan terjadi pusing, sakit kepala, dan mual. Keadaan yang lebih berat berupa menurunnya kemampuan gerak tubuh, gangguan sistem kardiovaskular, serangan jantung sampai pada kematian.

b. Dampak Pencemaran Udara oleh Nitrogen Oksida

Gas nitrogen oksida (NO_x) terdapat dua macam, yaitu nitrogen monoksida (NO) dan gas nitrogen dioksida (NO₂). Gas NO mencemari udara dengan tidak berwarna dan tidak berbau, sedangkan gas NO₂ mencemari udara dengan mudah teramati dengan bau yang menyengat dan warna yang coklat kemerahan.

Organ tubuh yang peka terhadap NO_2 paru-paru, dengan indikasi akan terjadi pembengkakan sehingga penderita sulit bernapas dan dapat menyebabkan kematian. Pada udara dengan konsentrasi NO yang tinggi akan mengganggu pada sisten saraf yang dapat mengakibatkan kejang-kejang. Bila terjadi keracunan gas NO akan menyebabkan kelumpuhan. Selain berdampak pada manusia dan hewan, nitrogen oksida berdampak pada tanaman dengan menimbulkan bintik-bintik pada permukaan daun, nekrosis atau kerusakan jaringan daun. Artinya, mengakibatkan tanaman tidak dapat memproduksi seperti yang diharapkan sebelumnya.

c. Dampak Pencemaran Udara oleh Belerang Oksida

Gas belerang oksida sebagian besar dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil. Sulfat apabila bertemu dengan H_2O (uap air) dapat mengakibatkan terjadinya reaksi pembentukan asam sulfit maupun asam sulfat. Apabila asam sulfit atau asam sulfat terkondensasi di udara dan kemudian jatuh bersama air hujan maka hujan asam tidak dapat terhindar.

d. Dampak Pencemaran Hidrokarbon

Apabila pencemaran udara oleh HC disertai dengan bahan pencemar NO_x maka dengan oksigen bebas diudara akan membentuk *Peroxy Acetyl Nitrates* (PAN) dan *Peroxy Butyryl Nitrates* (PBN). PAN bersama dengan CO, dan Ozon akan membentuk kabut foto kimia yang merusak tanaman (daun pucat dan sel permukaan daun

mati). *Peroxy Propionyl Nitrates (PPN)* dan PBN juga akan membentuk kabut foto kimia yang lebih berbahaya dari kabut yang berasal dari PAN. Sedangkan, dampak pada manusia yaitu mengganggu sistem pernapasan, iritasi membran mukosa, dan infeksi paru-paru.

e. Dampak Pencemaran Partikel

Partikel di udara menyebabkan kerugian kesehatan pada manusia, merusak lingkungan, tanaman, dan hewan. Pada umumnya, udara yang tercemar partikel dapat menimbulkan berbagai penyakit saluran pernapasan atau *pneumokoniosis*.

Pneumokoniosis adalah penyakit saluran pernapasan yang disebabkan oleh adanya partikel (debu) yang masuk atau mengendap di dalam paru-paru. Jenis penyakit *pneumokoniosis* banyak dijumpai di daerah yang memiliki banyak kegiatan industri dan teknologi, yaitu Silikosis (pencemaran debu silika masuk ke paru-paru), Asbestosis (penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh debu serat asbes yang mencemari udara), Bisnosis (penyakit pneumokosisosis yang disebabkan oleh debu serat kapas di udara yang terhisap oleh paru-paru), Antrakosis (penyakit saluran pernapasan yang disebabkan oleh debu batubara), dan Beriliosis (udara yang tercemar oleh debu logam berilium yang menyebabkan penyakit saluran pernapasan).

f. Dampak Pencemaran Udara Lainnya

Dampak pencemaran lainnya yang disebabkan oleh kebisingan, pemakaian insektisida dan masalah kerusakan ozon, dan efek rumah kaca.

Jadi, dampak pencemaran udara dapat mengganggu bahkan membahayakan bagi kelangsungan hidup makhluk hidup yang berada pada kawasan udara yang tercemar.

7. Upaya Mengatasi Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan mempunyai dampak yang sangat merugikan makhluk hidup yang berada di dalamnya. Usaha untuk mengurangi dan menanggulangi pencemaran terdapat dua macam cara utama, yaitu penanggulangan secara non teknis dan penanggulangan secara teknis.

Penanggulangan non teknis dengan cara menciptakan peraturan perundang-undangan yang dapat merencanakan, mengatur dan mengawasi segala macam bentuk kegiatan industri dan teknologi sedemikian rupa sehingga tidak terjadi pencemaran lingkungan. Menurut Wisnu Arya Wardhana (2004:161) Perundang-undangan yang dimaksudkan adalah perundang-undangan yang meliputi:

- a. Penyajian Informasi Lingkungan (PIL),
- b. Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL),
- c. Perencanaan kawasan kegiatan industri dan teknologi,
- d. Peraturan dan pengawasan kegiatan,
- e. Menanamkan perilaku disiplin.

Kriteria yang digunakan dalam memilih dan menentukan cara yang tepat dalam penanggulangan teknis tergantung dari faktor mengutamakan keselamatan lingkungan, teknologi telah dikuasai dengan baik, secara teknis dan ekonomis dapat dipertanggungjawabkan. Menurut Wisnu Arya Wardhana (2004:166) berdasarkan kriteria tersebut, beberapa cara penganggulangan teknis antara lain:

a. Mengubah proses

Artinya, apabila dalam industri dan teknologi terdapat bahan buangan berupa zat kimia yang akan mencemari lingkungan maka harus diubah prosesnya dengan menetralkan zat kimia sebelum masuk ke lingkungan. Selain itu, penyamakan kulit yang pada awalnya menggunakan chrom yang menghasilkan bahan buangan Cr diganti dengan enzim yang tidak membahayakan lingkungan.

b. Mengganti sumber energi

Artinya, penggunaan bahan bakar fosil ditekan dengan mengganti dan mengurangi pemakaiannya. Pemakaian LNG (*liquified natural gases*) yang menghasilkan gas buangan lebih bersih, atau dengan memanfaatkan panas bumi (*geothermal*), atau dengan pemakaian listrik berpembangkit nuklir yang meminimalisir pencemaran lingkungan.

c. Mengelola limbah

Artinya, dalam mengelola limbah menembuh beberapa tahapan diantaranya, pengelolaan awal dimana limbah ditampung dan

dipisahkan antara bahan buangan organik dan anorganik, kemudian pengelolaan lanjutan dengan cara penambahan mikroorganisme yang dapat mendegradasi bahan buangan atau dengan pengendapan, kemudian pengelolaan akhir dengan cara penambahan karbon aktif untuk mengadsorpsi bahan-bahan berbahaya sehingga bahan buangan sudah aman bila dibuang ke lingkungan. Pengelolaan air limbah disebut IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Pengolahan ini dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu *primary treatment* (pengolahan pertama), *secondary treatment* (pengolahan kedua), dan *tertiary treatment* (pengolahan lanjutan).

d. Menambah alat bantu

Beberapa alat bantu yang digunakan untuk mengurangi atau menanggulangi pencemaran antara lain.

- 1) Filter udara, adalah alat menangkap abu atau partikel yang keluar dari cerobong.
- 2) Pengendap siklon, adalah pengendap debu/abu yang ikut dalam gas buangan dalam pabrik yang memiliki gas buangan debu.
- 3) Filter basah, adalah pembersih udara yang kotor dengan cara menyemprotkan air sehingga debu tidak melayang di udara tetapi bersama dengan air turun ke bawah.
- 4) Pengendap sistem gravitasi
- 5) Pengendap elektrostatis.

e. Kegiatan Nyata

Artinya, kegiatan-kegiatan yang sengaja dilakukan untuk mengurangi dan menanggulangi dampak pencemaran lingkungan. Misalnya, 4R (*Reduce, Reuse, Recycle, Replace*) untuk mengurangi sampah. Menurut Amos Neolaka (2008:34) *Reduce* (kurangi), *Reuse* (gunakan kembali), *Recycle* (daur ulang), dan *Replace* (mengganti). Berikut merupakan penjelasan dari 4R.

1) Mengurangi (*Reduce*)

Reduce atau reduksi sampah merupakan upaya untuk mengurangi timbulan sampah di lingkungan dan dapat dilakukan sejak sebelum sampah dihasilkan. Setiap sumber yang menyebabkan adanya sampah dapat melakukan upaya reduksi sampah dengan cara merubah pola hidup konsumtif, yaitu perubahan kebiasaan dari yang boros dan menghasilkan banyak sampah menjadi hemat/efisien dan sedikit sampah.

2) Memakai Kembali (*Reuse*)

Reuse berarti menggunakan kembali bahan atau material agar tidak menjadi sampah (tanpa melalui proses pengolahan), seperti menggunakan kertas bolak balik, menggunakan kembali botol bekas minuman untuk tempat air, mengisi kaleng susu dengan susu refill, dan lain-lain. Bahan-bahan yang dapat digunakan kembali meliputi kertas, cardboard, plastik, gelas,

logam dan lain-lain. Menghindari pemakaian barang-barang yang *diposable* (sekali pakai buang).

3) Mendaur Ulang (*Recycle*)

Recycle adalah mendaur ulang suatu bahan yang sudah tidak berguna (sampah) menjadi bahan lain setelah melalui proses pengolahan.

4) Mengganti (*Replace*)

Replace atau mengganti dimaksudkan untuk meneliti barang yang dipakai sehari-hari. Artinya, mengganti barang-barang yang hanya bisa dipakai sekali dengan barang yang lebih tahan lama.

8. Penambangan Galian Pasir

Berdasarkan Undang-undang Nomer 4 tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pasca tambang. Sedangkan, eksplorasi adalah tahapan kegiatan usaha pertambangan untuk memperoleh informasi secara terperinci dan teliti tentang lokasi, bentuk, dimensi, sebaran, kualitas dan sumber daya terukur dari bahan galian, serta informasi mengenai lingkungan sosial dan lingkungan hidup. Oleh karena itu, pertambangan pasir adalah kegiatan usaha pertambangan meliputi

kegiatan pencarian, penggalian (penambangan), pengolahan, pemanfaatan dan penjualan untuk mengambil sumber daya alam bahan galian berupa pasir.

Pada PP Nomor 27 tahun 1980 tentang Penggolongan Bahan-bahan Galian, bahan galian pasir, kerikil, batu kali, dan tanah timbun merupakan bahan galian golongan C. Usaha penambangan galian C perlu diperhatikan serius karena penambangan tersebut kurang memperhatikan keadaan lingkungan hidup. Hal tersebut senada dengan, Suhartini (2006:B-229) tentang Fenomena Penambangan Pasir dan Pembangunan beserta Dampak Lingkungan yang Ditimbulkan (Studi Kasus di Sekitar Merapi dan di Kabupaten Bantul) mengatakan bahwa pasir sebagai sumber daya alam dalam pengambilannya perlu diperhatikan sehingga tidak mengganggu ekosistem yang akibatnya dapat merugikan kepentingan manusia. Pada kegiatan eksploitasi yang berlebihan tanpa terkendali terhadap sumber daya alam di wilayah lereng gunung Merapi dan di sungai aliran lahar dingin dapat menyebabkan degradasi lingkungan.

Menurut Yudhistira (2011), kondisi kegiatan penambangan di kawasan Gunung Merapi saat ini sebagai berikut:

- a. Terdesaknya penambangan manual oleh penambangan modern yang mengeksploitasi pasir secara besar sehingga penambang manual menambang pasir pada tebing sungai dan kawasan hutan Kabupaten Magelang.

- b. Terjadinya kerusakan hutan akibat penambang modern maupun manual yang menggali dan membuat jalan di kawasan hutan.
- c. Bangunan *sabo dam* (pengendali banjir lahar) terancam rusak akibat penggalian pasir dekat dengan bangunan.

Penambangan pasir di kawasan sungai aliran Gunung Merapi diprediksi memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Dampak tersebut antara lain sebagai berikut:

- a. Potensi terjadinya longsor
- b. Berkurangnya ketersediaan air
- c. Perubahan struktur tanah
- d. Penurunan kapasitas infiltrasi dan penyerapan air tanah
- e. Hilangnya bahan organik tanah
- f. Sungai semakin dalam apabila pengerukan pasir pada dasar sungai

Penambangan pasir tidak hanya memberikan keuntungan dan manfaat secara sosial ekonomi kepada masyarakat tetapi menimbulkan permasalahan. Kegiatan penambangan pasir yang menggunakan alat berat yang berfungsi untuk mengeruk material yang berada di dataran maupun di dinding tebing menimbulkan permasalahan ekologis dan sosial bagi lingkungan sekitar. Menurut Yudhistira dkk (2011:81), dampak fisik lingkungan dari kegiatan penambangan pasir diantaranya:

- a. tingginya tingkat erosi di daerah penambangan pasir dan sekitarnya,

- b. adanya tebing-tebing bukit yang rawan longsor karena penambangan yang tidak memakai sistem berteras sehingga sudut lereng menjadi terjal dan mudah longsor,
- c. berkurangnya debit air permukaan/mata air,
- d. kedalaman sungai semakin besar,
- e. tingginya lalu lintas kendaraan di jalan desa membuat mudah rusaknya jalan,
- f. terjadinya polusi udara.

Kesimpulannya bahwa penambangan pasir dengan cara eksplorasi secara berlebihan mengakibatkan degradasi lingkungan sehingga dampak dari penambangan pasir harus diminimalisir dengan berbagai cara diantaranya melalui pemahaman lingkungan hidup oleh masyarakat dan melalui pendidikan di sekolah.

C. Penelitian Yang Relevan

1. Diah Ristanti (2014), dengan penelitian yang berjudul “Pengembangan LKPD IPA Terpadu Berbasis *Modified Free Inquiry* pada Tema Pemanasan Global untuk Meningkatkan Keterampilan Proses IPA”. Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa penerapan pembelajaran dengan pendekatan *modified free inquiry* dapat meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik.
2. Rohmi Suryaningsih (2015), dengan penelitian yang berjudul “Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) IPA dengan Pendekatan Sains Teknologi Masyarakat Dan Lingkungan (STML) untuk

Meningkatkan Sikap Kepedulian Lingkungan”. Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan pendekatan STML dapat meningkatkan sikap kepedulian lingkungan peserta didik.

3. Yudhistira (2011), dengan penelitian yang berjudul “Kajian Dampak Kerusakan Lingkungan akibat Kegiatan Penambangan Pasir di Daerah Kawasan Gunung Merapi (Studi Kasus di Desa Keningar Kecamatan Dukun Kabupaten Magelang, Propinsi Jawa Tengah)”. Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan penambangan pasir mempunyai dampak fisik lingkungan dan dampak sosial ekonomi. Tingkat kerusakan lingkungan yang terjadi di lokasi penambangan pasir berupa kemiringan lereng yang dapat mengakibatkan erosi.

D. Kerangka Berpikir

Sains merupakan ilmu yang didalamnya merupakan suatu bangunan ilmu sebagai produk ilmiah, proses investigasi ilmiah, sikap ilmiah, dan aplikasinya dalam teknologi dan masyarakat sebagai hakikatnya. Oleh karena itu, perkembangan dalam pembelajaran untuk mengaktifkan peserta didik sebagai pokoknya. Dalam proses pembelajaran, guru bukan hanya sebagai penyampai ilmu dan fasilitator pengetahuan tetapi memiliki tujuan memperhatikan nilai yang dapat diintegrasikan dalam pembelajaran. Sesuai dengan hasil studi di lapangan dan mengkaji permasalahan terkini, banyak permasalahan muncul di lapangan dalam pelaksanaan pembelajaran IPA.

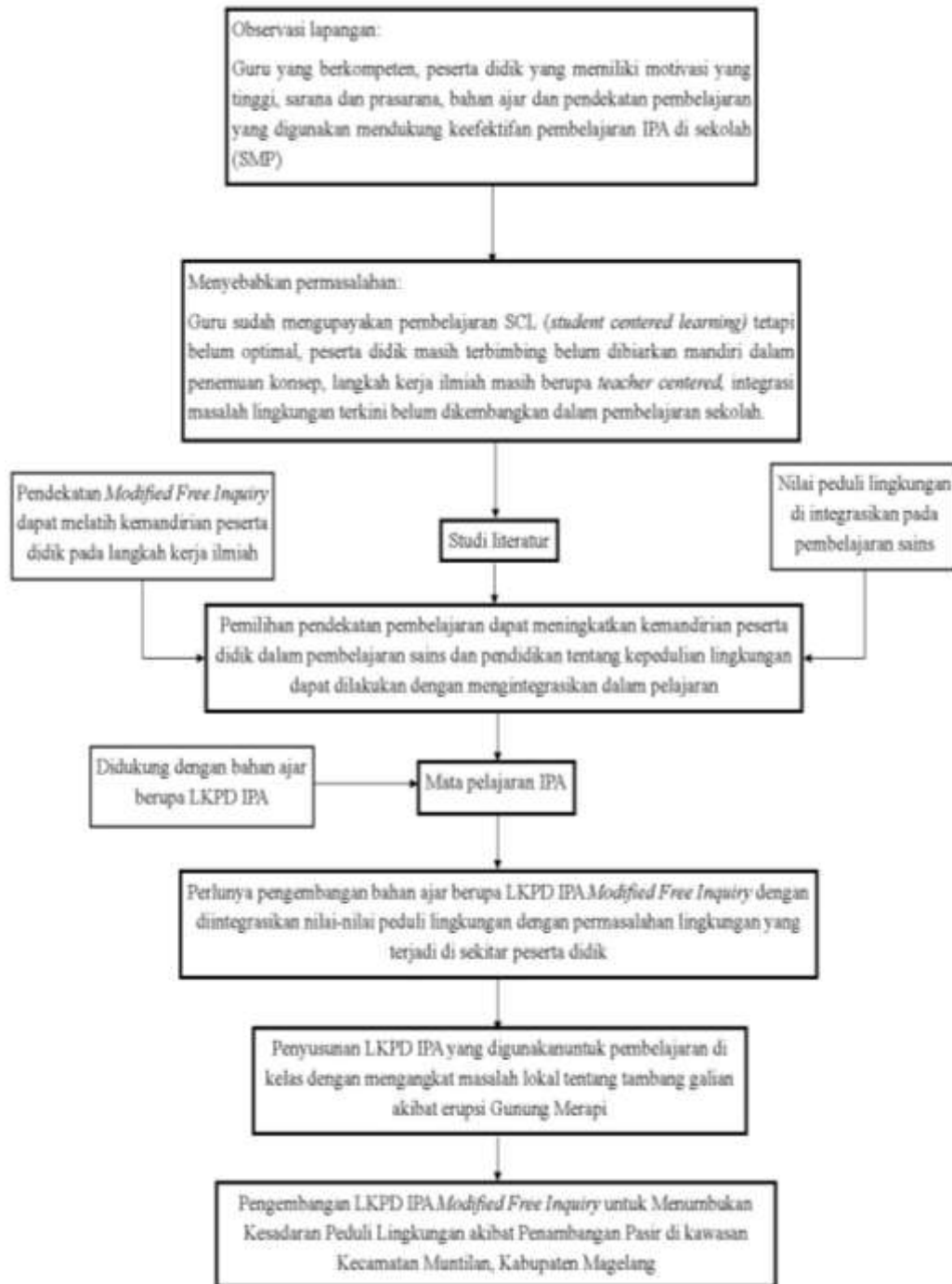
Permasalahan tersebut diantaranya di SMP Negeri 1 Muntilan belum dikembangkan bahan ajar berupa Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD)

berpendekatan *Modified Free Inquiry* yang diintegrasikan dengan nilai-nilai peduli lingkungan sesuai dengan permasalahan terkini. Hasil belajar hanya didominasi oleh ranah kognitifnya saja belum mempertimbangkan nilai peduli lingkungan di dalamnya yang terdapat pada bahan ajar yang dikembangkan.

Permasalahan lain yang ditemukan adalah LKPD yang diterima peserta didik masih belum memanfaatkan fasilitas yang ada di sekolah terutama alat dan bahan yang tersedia di laboratorium secara mandiri sehingga proses pembelajaran masih didominasi guru (*teacher centered*) dan proses pembelajaran belum mengajak peserta didik secara mandiri memperoleh konsep-konsep melalui metode ilmiah. Selain itu, lokasi Indonesia sebagai cincin api karena banyak gunung berapi yang aktif maka sikap peduli lingkungan akibat proses dan dampak gunung berapi perlu ditanamkan sejak dini.

Adanya pengembangan LKPD IPA, diharapkan paradigma proses pembelajaran menjadi pembelajaran yang berpusat ada peserta didik (*student centered*) dapat terlaksana dengan baik. LKPD IPA yang dikembangkan oleh peneliti ini mengintegrasikan nilai-nilai sikap peduli lingkungan dengan pendekatan *Modified Free Inquiry*. Dengan ini, diharapkan dapat meningkatkan sikap peduli lingkungan peserta didik juga dapat mengembangkan ketrampilan peserta didik dalam merancang secara mandiri dengan cara mengaktifkan peserta didik dalam proses belajarnya melalui lingkungan belajar secara berkelompok dan berbasis penyelidikan.

Alur pemikiran peneliti yang mendasari penelitian pengembangan ini sebagaimana terlihat dalam Gambar 2:



Gambar 2. Skema Kerangka Pikir Peneliti