

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Kependidikan

1. Hakikat Pembelajaran IPA

Pada dasarnya hakikat IPA meliputi proses ilmiah, produk ilmiah dan sikap ilmiah (Trianto, 2011: 136). Sebagai proses ilmiah berarti meliputi seluruh rangkaian kegiatan ilmiah yang dilakukan untuk menyempurnakan pengetahuan segala sesuatu yang ada di alam dengan mengembangkan produk-produk sains yang sudah ada sebelumnya sampai mengembangkan teori-teori yang sudah ada untuk menemukan produk baru. Adapun kegiatan ilmiah meliputi observasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, pengujian hipotesis melalui eksperimen, penarikan kesimpulan serta penemuan teori dan konsep. Produk ilmiah artinya hasil dari kegiatan ilmiah yang berupa teori, hukum, prinsip yang dibelajarkan di dalam maupun di luar sekolah yang terdiri dari sekumpulan pengetahuan baik berupa sekumpulan konsep maupun bagan dari suatu konsep (Trianto, 2010: 137). Carin & Sund (1980: 2) menyatakan “*science has three major elements: attitudes, processes or methods, and product*”. Hal ini menunjukkan bahwa IPA tidak terlepas dari proses, produk dan sikap ilmiah. Pengertian lain yang singkat tetapi bermakna adalah “*science as a*

way of knowing” (Trowbridge & Baybee, 1990:48). Kalimat ini mengandung makna bahwa IPA adalah proses yang sedang berlangsung dengan fokus pada pengumpulan pengetahuan. Tidak hanya IPA sebagai proses tetapi ada 4 dimensi penting dalam pembelajaran IPA antara lain: *science as a way of thinking, science as a way of investigating, science as a body of knowledge and its interaction with technology and society* (Chiappetta & Kobala, 2010: 105).

Wahyana menyatakan bahwa IPA adalah suatu kumpulan pengetahuan yang sistematis, penerapannya secara umum terbatas pada gejala-gejala alam, dan berkembang melalui metode ilmiah serta menuntut sikap ilmiah seperti rasa ingin tahu, berpikir kritis, terbuka, jujur, dan sebagainya. IPA bercabang menjadi 3 tiga bidang ilmu dasar yaitu fisika, biologi dan kimia. Ilmu-ilmu ini lahir dan berkembang melalui tahapan proses ilmiah yaitu observasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, pengujian hipotesis melalui kegiatan eksperimen, penarikan kesimpulan sampai penemuan teori dan konsep (Trianto, 2010: 136).

Depdiknas (Trianto, 210: 138), fungsi dan tujuan IPA adalah sebagai berikut.

- 1) Menanamkan keyakinan kepada Tuhan.
- 2) Mengembangkan ketrampilan, sikap dan nilai ilmiah.
- 3) Mempersiapkan peserta didik yang peduli terhadap sains dan teknologi.

4) Menjadi bekal dalam untuk kehidupan yang lebih baik.

Pembelajaran IPA harus sesuai dengan hakikat IPA. Pembelajaran IPA menuntut peserta didik untuk aktif mencari pengetahuannya sendiri.

Prihantoro Laksmi (dalam Trianto, 2010: 142) mengemukakan nilai-nilai IPA yang dapat ditanamkan melalui pembelajaran IPA yaitu:

- a. bekerja dan berpikir secara sistematis menurut langkah-langkah metode ilmiah
- b. keterampilan dalam memecahkan masalah
- c. memiliki sikap ilmiah ketika memecahkan masalah.

Hakikat dan tujuan pembelajaran IPA menurut Depdiknas (dalam Trianto, 2010: 143) adalah sebagai berikut.

- a. Menyadari keindahan alam sehingga meningkatkan keyakinan kepada Tuhan Yang Maha Esa.
- b. Memberikan pengetahuan tentang prinsip dan konsep, fakta yang ada di alam, hubungan saling ketergantungan, hubungan sains dan teknologi.
- c. Memberikan keterampilan untuk menangani peralatan dan keterampilan memecahkan masalah serta melakukan observasi
- d. Menumbuhkan sikap ilmiah seperti jujur, terbuka, rasa ingin tahu, bekerja sama, objektif.

- e. Mengembangkan kemampuan berpikir analitis untuk menjelaskan suatu peristiwa yang ada di alam baik secara induktif maupun deduktif.
- f. Apresiatif terhadap alam.

Menurut BNSP (2006: 484) mata pelajaran IPA bertujuan agar peserta didik memiliki kemampuan sebagai berikut.

- a. Memperoleh keyakinan terhadap kebesaran Tuhan Yang Maha Esa berdasarkan keberadaban, keindahan dan keteraturan alam ciptaan-Nya.
- b. Mengembangkan pengetahuan dan pemahaman konsep-konsep IPA yang bermanfaat dan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.
- c. Mengembangkan rasa ingin tahu, sikap positif dan kesadaran adanya hubungan yang saling mempengaruhi antara IPA, lingkungan, teknologi dan masyarakat.
- d. Mengembangkan keterampilan proses untuk menyelidiki alam sekitar, memecahkan masalah dan membuat keputusan.
- e. Meningkatkan kesadaran untuk berperan serta dalam memelihara, menjaga dan melestarikan lingkungan alam.
- f. Meningkatkan kesadaran untuk menghargai alam dan segala keteraturannya sebagai salah satu ciptaan Tuhan.

- g. Memperoleh bekal pengetahuan, konsep dan keterampilan IPA sebagai dasar untuk melanjutkan pendidikan.

Pembelajaran IPA diharapkan dapat memberikan pengetahuan kognitif yang merupakan pengetahuan dasar dari prinsip dan konsep untuk kehidupan sehari-hari. Selain itu pembelajaran IPA diharapkan dapat memberikan keterampilan (psikomotorik), kemampuan sikap ilmiah (afektif), pemahaman, kebiasaan dan apresiasi dengan menyadari keindahan alam. Berdasarkan penjelasan di atas, hakikat pembelajaran IPA adalah serangkaian proses ilmiah yang menuntut adanya sikap ilmiah sehingga menghasilkan suatu produk ilmiah berupa teori, prinsip, dan hukum tentang gejala-gejala alam untuk mencapai keberhasilan pengetahuan kognitif, psikomotorik dan afektif pada peserta didik.

2. *Authentic Inquiry Learning*

Pembelajaran otentik (*authentic learning*) adalah sebuah pendekatan pembelajaran yang memungkinkan peserta didik mengeksplorasi, mendiskusikan, dan membangun secara bermakna konsep dan hubungan-hubungan yang melibatkan masalah nyata dan proyek yang relevan dengan peserta didik (Donovan, Bransford & Pallegirino, 1999: 35). Pembelajaran ini dapat digunakan untuk peserta didik pada semua tingkatan kelas, maupun peserta didik dengan berbagai macam tingkat kemampuan.

Pembelajaran otentik biasanya berfokus pada dunia nyata, masalah yang kompleks dan mencari solusi menggunakan kegiatan berbasis masalah maupun studi kasus (Lombardi, 2007: 2). *Authentic learning* memberikan pengalaman pada peserta didik mulai dari eksperimen untuk memecahkan masalah secara nyata melalui berbagai sumber informasi (Lombardi, 2007: 1). Menurut Lombardi (2007, 3-4), terdapat 10 komponen penting yang bisa dijadikan pedoman penting dalam *authentic learning*, antara lain:

a. *Real-world relevance*

Kegiatan otentik sesuai dengan dunia nyata sedekat mungkin.

b. Identifikasi masalah

Peserta didik mengidentifikasi sendiri permasalahan yang terjadi untuk mendapatkan penyelesaiannya.

c. Investigasi

Masalah tidak bisa diselesaikan dalam hitungan menit atau bahkan jam. Sebaliknya, kegiatan otentik terdiri tugas-tugas kompleks untuk diselidiki oleh peserta didik selama periode waktu yang berkelanjutan, membutuhkan investasi yang signifikan dari segi waktu dan sumber.

d. Berbagai sumber dan perspektif

Kegiatan otentik memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk mengkaji solusi menggunakan berbagai sumber daya, dan menuntut

peserta didik untuk membedakan yang relevan dan yang tidak relevan dengan permasalahan.

e. Kolaborasi

Kegiatan otentik menuntut keterkaitan antara teori dan dunia nyata.

f. Refleksi (metakognisi).

Kegiatan otentik memungkinkan peserta didik untuk membuat pilihan dan merefleksikan pembelajaran, baik secara individu maupun sebagai kelompok.

g. Interdisipliner perspektif

Relevansi tidak terbatas pada satu domain atau spesialisasi subjek. Sebaliknya, kegiatan otentik memiliki konsekuensi yang melampaui disiplin tertentu, mendorong peserta didik untuk mengadopsi peran yang beragam dan berpikir dalam tim interdisipliner

h. Penilaian yang terintegrasi.

Penilaian tidak hanya kegiatan sumatif dan otentik tetapi dilihat langkah demi langkah ketika menyelesaikan tugas dengan cara yang mencerminkan proses evaluasi dunia nyata.

i. Produk

Kegiatan otentik menghasilkan suatu produk untuk kebutuhan dalam dirinya sendiri.

j. Multitafsir dan hasil.

Supaya menghasilkan jawaban yang benar tunggal diperoleh dengan penerapan aturan dan prosedur, kegiatan otentik memungkinkan untuk interpretasi yang beragam dan solusi alternatif.

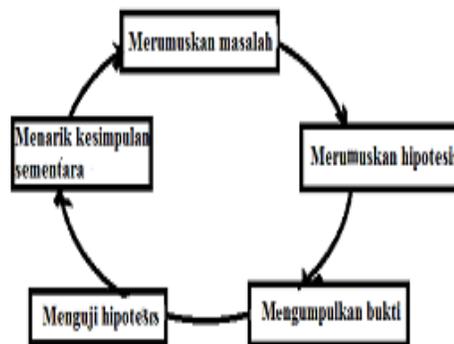
Renzulli, Gentry, and Reis (Audrey, 2006: 2) mengidentifikasi 4 kriteria dalam *authentic inquiry learning*: 1) peserta didik menyelidiki masalah dalam kehidupan nyata, 2) masalah terbuka dengan berbagai solusi, 3) peserta didik termotivasi untuk menyusun solusi 4) masalah mengarahkan peserta didik untuk belajar secara nyata di luar kelas. Callison & Lamb (Audrey, 2006: 2) mengidentifikasi ada 7 tanda belajar otentik: pembelajaran *student centered*, mengakses beberapa sumber di luar sekolah, peserta didik magang ilmiah, mengumpulkan data asli, belajar seumur hidup di luar tugas, penilaian autentik dari proses, produk dan kinerja, dan kerjasama tim.

Inquiry learning adalah pendekatan pembelajaran yang mempersiapkan peserta didik pada situasi untuk mencari serta meneliti sendiri pemecahan masalah sehingga dapat menumbuhkan sikap objektif jujur, hasrat ingin tahu terbuka dan sebagainya. Sasaran utama kegiatan pembelajaran inkuiri adalah keterlibatan peserta didik secara maksimal dalam proses kegiatan belajar, keterarahan kegiatan secara maksimal dalam proses kegiatan belajar, mengembangkan sikap percaya pada diri peserta didik tentang apa yang ditemukan dalam proses inkuiri. Langkah-langkah pembelajaran

inkuiri meliputi orientasi, merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, menarik kesimpulan sementara dan menarik kesimpulan (Gulo, 2008: 96).

Inquiry learning mengandung proses-proses mental yang lebih tinggi tingkatannya, misalnya merumuskan masalah sendiri, merancang eksperimen sendiri, melakukan eksperimen sendiri, mengumpulkan dan menganalisis data, menarik kesimpulan, mempunyai sikap-sikap obyektif, jujur, hasrat ingin tahu, terbuka, dan sebagainya (Gulo, 2008: 78-79). Proses inquiry bermula dari merumuskan masalah, mengembangkan hipotesis, mengumpulkan bukti, menguji hipotesis dan menarik kesimpulan.

Adapun bagan proses *inquiry* sebagai berikut:



Gambar 1. Proses *Inquiry* (Gulo, 2008: 94)

Kemampuan-kemampuan yang dituntut pada setiap tahap dalam proses inquiry tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Tahapan *Inquiry* beserta Kemampuan yang Dituntut

No	Tahap <i>inquiry</i>	Kemampuan yang dituntut
1.	Merumuskan masalah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesadaran terhadap masalah 2. Melihat pentingnya masalah 3. Merumuskan masalah.
2.	Merumuskan jawaban sementara (hipotesis)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menguji dan menggolongkan jenis data yang dapat diperoleh. 2. Melihat dan merumuskan hubungan yang ada secara logis. 3. Merumuskan hipotesis
3.	Menguji jawaban sementara	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merakit peristiwa <ol style="list-style-type: none"> a. Mengidentifikasi peristiwa yang dibutuhkan. b. Mengumpulkan data. c. Mengevaluasi data 2. Menyusun data <ol style="list-style-type: none"> a. Mentranslasikan data b. Menginterpretasikan data c. Mengklasifikasikan
		<ol style="list-style-type: none"> 3. Analisis data <ol style="list-style-type: none"> a. Melihat hubungan b. mencatat persamaan dan perbedaan. c. Mengidentifikasi tren, sekuensi, dan keteraturan.
4.	Menarik kesimpulan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mencari pola dan makna hubungan 2. Merumuskan kesimpulan
5.	Menerapkan kesimpulan dan generalisasi.	

Authentic learning dan *inquiry learning* membelajarkan peserta didik untuk mengidentifikasi masalah yang ada dalam kehidupan nyata sampai mencari solusi berdasar pada sikap ingin tahunya sehingga akan lebih bermakna karena kedua pembelajaran saling berkaitan. Jadi, secara garis besarnya *authentic inquiry learning* adalah pendekatan pembelajaran yang menekankan pada penyelidikan suatu objek atau benda yang ada di

kehidupan sehari-hari secara nyata. Berdasarkan beberapa teori di atas, maka dalam penelitian ini aspek *authentic inquiry learning* yang diamati meliputi kontekstual, investigasi melalui tahapan *inquiry*, penggunaan variasi sumber, kolaborasi, produk peserta didik dan refleksi.

3. Kemampuan *Problem Solving*

O'Neil (2004: 2) mendefinisikan “ *problem-solving as consisting of three facets: content understanding, problem-solving strategies, and self-regulation*”. Seorang *problem solver* yang baik harus mempunyai kriteria sebagai berikut:

- a. memahami materi dengan baik
- b. memiliki keterampilan intelektual (strategi pemecahan masalah)
- c. mampu merencanakan percobaan sampai tujuan akhir pemecahan masalah.

Kebanyakan penilaian tradisional dari pemecahan masalah bergantung pada kuesioner, pelaporan diri, wawancara, atau observasi naturalistik (Chung, O'Neil, & Herl, 1999: 2). Jonassen (O'Neil, Chuang, Chung, 2004: 4) mengemukakan bahwa “*a problem is an unknown resulting from any situation where a person seeks to fulfill a need to accomplish a goal*”. Mayer & Wittrock (O'Neil, Chuang, Chung, 2004: 4), pemecahan masalah adalah proses kognitif yang diarahkan untuk mencapai tujuan ketika ada solusi jelas untuk pemecah masalah. Pemecahan masalah

berdasarkan Wina Sanjaya (2006: 216-218) dapat ditinjau dari aspek sebagaimana Tabel 3.

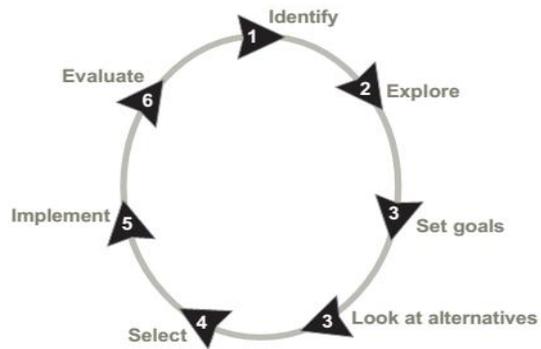
Tabel 3. Aspek dan Indikator Kemampuan *Problem Solving*

No	Aspek	Indikator
1	Merumuskan masalah	Mengetahui adanya kesenjangan
		Memfokuskan pada masalah yang akan dikaji
		Menemukan prioritas masalah
		Menggunakan pengetahuan untuk mengkaji, merinci, dan menganalisis masalah
2	Merumuskan hipotesis	Menentukan penyebab masalah
		Menentukan alternatif jawaban sementara terhadap masalah
3	Mengumpulkan data	Mengumpulkan data
		Memilih data, memetakan data, dan menyajikan data dalam berbagai tampilan
4	Pengujian hipotesis/menarik kesimpulan	Menelaah data Membahas data dan melihat hubungan dengan masalah yang dikaji Membuat simpulan
5	Alternatif atau rekomendasi pemecahan masalah	Menentukan solusi penyelesaian masalah yang mungkin dapat dilakukan
		Memprediksi kemungkinan yang akan terjadi terkait dengan solusi yang diambil

Pramana (dalam Paidi, 2010: 4), pemecahan masalah sebagai suatu proses penghilangan perbedaan atau ketidaksesuaian yang terjadi antara hasil yang diperoleh dan hasil yang diinginkan. Masalah sendiri didefinisikan sebagai keadaan yang tidak sesuai dengan harapan yang kita inginkan (Paidi, 2010: 4). Masalah yang dipecahkan dalam kegiatan pemecahan masalah, adalah permasalahan otentik artinya permasalahan yang tidak hanya mempunyai satu macam solusi namun juga memancing

pemikiran untuk menemukan alternatif solusi (Paidi, 2010: 4). Masalah otentik juga dimaknai sebagai permasalahan yang familiar, dikenal peserta didik, terjadi di sekitar sekolah atau tempat tinggal peserta didik, dan atau masalah yang sedang mengemuka (Paidi, 2010: 4).

Alex Osborn & Sidney Parnes (CCG, 2001: 13) mengemukakan *problem solving* merupakan salah satu kekuatan terhadap masalah dalam kehidupan nyata sampai menemukan solusi yang jelas. *Problem solving* memacu beberapa pertanyaan seperti mengapa dan bagaimana serta akan menghasilkan beberapa pernyataan masalah yang menarik. Dengan demikian maka peneliti akan memilih pernyataan terbaik untuk masalah nyata. Menurut Centre for Good Governance (2001: 15-21) ada berbagai proses dalam *problem solving*, antara lain mengidentifikasi masalah, mencari solusi yang mungkin, memilih solusi yang paling optimal dan menerapkan solusi yang mungkin. Hal ini berguna untuk melihat pemecahan masalah sebagai siklus karena terkadang masalah perlu beberapa upaya untuk pemecahannya. Gambar 2 menunjukkan proses pemecahan masalah meliputi tujuh langkah.



Gambar 2. Diagram Proses *Problem Solving* (CGG, 2001:15)

1. Mengidentifikasi Masalah

Langkah pertama dalam proses pemecahan masalah adalah mengidentifikasi masalah.

2. Menganalisis Masalah

Setelah mengidentifikasi masalah, langkah selanjutnya yaitu menganalisa penyebab masalah. Kuncinya di sini adalah fokus pada analisis masalah untuk mencari penyebab sebenarnya.

3. Menetapkan Tujuan:

Membuat dan menuliskan pernyataan tujuan:

- a. membantu memperjelas arah dalam memecahkan masalah
- b. membantu untuk fokus pada apa yang ingin dicapai, artinya: seluruh proses ini untuk mencegah kesenjangan antara masalah dan tujuan yang ingin dicapai sehingga diharapkan dapat mengatasi masalah.

4. Melihat alternatif

Setelah menganalisis masalah, mulai mengembangkan solusi yang mungkin. Hal Ini merupakan langkah praktis dimana setiap solusi relevan dengan masalah. Pemetaan pikiran adalah teknik lain yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi alternatif solusi.

5. Pilih solusi terbaik

Setelah menemukan berbagai macam solusi yang mungkin, selanjutnya memilih solusi terbaik untuk memecahkan masalah dengan cara mempersempit pilihan ke salah satu solusi terbaik yang akan memberikan hasil yang optimal.

6. Implementasi

Implementasi adalah bagian penting dari proses pemecahan masalah. Solusi yang dibuat harus dikomunikasikan dengan baik sehingga ada persamaan persepsi.

7. Evaluasi

Evaluasi adalah langkah terakhir dalam proses pemecahan masalah. Evaluasi berperan meninjau efektivitas solusi terhadap hasil yang diinginkan. Tahap ini memerlukan analisis yang cermat untuk menentukan pada solusi terbaik.

Tabel 4. Aspek *problem solving*

Aspek	Deskripsi
Identifikasi masalah	Menghadirkan suatu permasalahan, kemudian meminta peserta didik untuk mengidentifikasi permasalahan yang akan dipecahkan.
Merumuskan permasalahan	Menghadirkan pernyataan yang mengandung permasalahan dan meminta peserta didik untuk membuat pertanyaan berdasarkan konsep permasalahan yang diangkat untuk memecahkan masalah.
Membuat alternatif solusi	Meminta peserta didik untuk membuat 2 atau lebih solusi yang memungkinkan untuk permasalahan.
Memilih solusi terbaik	Memilih salah satu solusi terbaik dan memberikan alasannya

Anthony (2011: 233)

Jadi, *problem solving* adalah suatu kemampuan yang harus dimiliki oleh setiap peserta didik untuk memecahkan suatu permasalahan secara kompleks. Berdasarkan literatur di atas, aspek *problem solving* yang diamati dalam penelitian ini antara lain: mengidentifikasi masalah, merumuskan masalah, mencari alternatif solusi dan memilih solusi terbaik.

4. Sikap Ingin Tahu

Menurut Nasoetion rasa ingin tahu adalah suatu dorongan atau hasrat untuk lebih mengerti suatu hal yang sebelumnya kurang atau tidak kita ketahui (Hadi dan Permata, 2010: 3). Rasa ingin tahu berkembang melalui ketertarikan terhadap suatu hal yang belum pernah diamati sebelumnya ataupun yang sudah ada sebelumnya (Hadi dan Permata, 2010: 3).

Ketertarikan bisa muncul melalui pengamatan oleh mata kemudian dilanjutkan dengan mencari berbagai sumber terkait sehingga dapat menjelaskan suatu fenomena yang diamati dengan otentik. Sikap ingin tahu merupakan salah satu sikap yang dimiliki oleh seorang ilmuwan ataupun saintis (Herson Anwar, 2009: 111). Seorang ilmuwan mengamati gejala-gejala alam yang terjadi di sekitar sehingga menemukan suatu konsep, teori maupun hukum yang saat ini berlaku di seluruh dunia. Sikap ingin tahu terlihat pada kebiasaan bertanya seperti mengapa dan bagaimana (Herson Anwar, 2009: 111).

Gega dalam Herson Anwar (2009: 107) mengemukakan empat sikap pokok yang harus dikembangkan dalam sains yaitu “(a) *curiosity*, (b) *inventiveness*, (c) *critical thinking*, and (d) *persistence*”. Keempat sikap ini sebenarnya tidak dapat dipisahkan antara satu dengan yang lainnya karena saling melengkapi. Sikap ingin tahu (*curiosity*) mendorong akan penemuan sesuatu yang baru (*inventiveness*) yang dengan berpikir kritis (*critical thinking*) akan meneguhkan pendirian (*persistence*) dan berani untuk berbeda pendapat.

Pengukuran sikap ingin tahu selanjutnya dikembangkan menjadi indikator-indikator sikap sehingga memudahkan mengukur sikap ingin tahu setiap peserta didik. Indikator-indikator tersebut dikembangkan agar tepat mendukung dimensi sikap yang akan diukur. Menurut Dimiyati dan

Mujiono (2004:141-150), indikator sikap rasa ingin tahu dalam penelitian antara lain:

- a. sikap antusiasme peserta didik melakukan praktikum dan diskusi
- b. sikap berani peserta didik dalam bertanya
- c. peserta didik mencari hubungan sebab akibat sesuatu dapat terjadi berdasarkan percobaan dan diskusi yang dilakukan.

Indikator sikap yang dikembangkan oleh Harlen (dalam Herson Anwar, 2009: 108) tercantum dalam tabel 5.

Tabel 5. Indikator Sikap Ingin tahu

Dimensi	Indikator
Sikap ingin tahu	Antusias mencari jawaban. Perhatian pada objek yang diamati. Antusias pada proses Sains. Menanyakan setiap langkah kegiatan.

Aspek sikap ingin tahu menurut Patta Bundu (2006: 141) antara lain antusias mencari jawaban, perhatian pada objek yang diamati, antusias pada proses sains, menanyakan setiap langkah. Putri, Khanafiyah, dan H. Susanto (2014: 58) menyatakan bahwa aspek rasa ingin tahu yaitu bertanya kepada guru dan teman tentang materi pelajaran, mencari informasi dari berbagai sumber, serta bertanya kepada guru tentang pengetahuan umum.

Berdasarkan penjelasan di atas, sikap ingin tahu timbul karena adanya ketertarikan terhadap suatu hal baik melalui pengamatan maupun melalui

panca indera lain yang menimbulkan perhatian terhadap suatu objek. Selanjutnya memunculkan adanya pertanyaan-pertanyaan yang ingin dipecahkan seperti mengapa dan bagaimana sehingga muncul semangat antusias untuk mencari jawaban atas pertanyaan-pertanyaan yang muncul kemudian berusaha menjawab pertanyaan dengan cara mencari sumber literatur yang terkait sampai diperoleh suatu fenomena yang dapat dijelaskan sebab akibatnya. Jadi sikap ingin tahu adalah ketertarikan untuk mempelajari sesuatu hal yang belum diketahui dan harus dimiliki oleh seorang peserta didik ketika melakukan suatu penyelidikan untuk mendukung berhasilnya penyelidikan. Berdasarkan beberapa aspek sikap ingin tahu di atas, maka aspek rasa ingin tahu dalam penelitian ini meliputi antusias mencari jawaban, perhatian pada hal baru, antusias pada proses sains, menanyakan setiap langkah (bertanya pada teman atau guru apabila belum mengerti) dan mencari informasi dari berbagai sumber.

5. Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD)

Menurut Trianto (2011: 111), salah satu bentuk bahan ajar cetak yang dapat dimanfaatkan dalam proses pembelajaran adalah Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD). Menurut Depdiknas (2004: 18), LKPD merupakan lembaran-lembaran berisi tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik. Menurut Trianto (2009: 222), LKPD adalah panduan peserta didik yang digunakan untuk melakukan kegiatan penyelidikan dan pemecahan masalah (*problem solving*). Andi Prastowo (2011: 204) menyatakan

bahwa LKPD merupakan suatu bahan ajar cetak berupa lembar-lembar kertas yang berisi materi, ringkasan dan petunjuk-petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran yang harus dikerjakan peserta didik yang mengacu pada kompetensi dasar yang harus dicapai. Menurut Hendro Darmodjo dan Jenny R. E. Kaligis (1992: 40), LKS merupakan sarana pembelajaran yang dapat digunakan guru dalam meningkatkan keterlibatan atau aktivitas peserta didik dalam pembelajaran. Berdasarkan pengertian di atas, maka LKS memiliki pengertian yang sama dengan LKPD. Dalam hal ini LKS dimaksudkan sebagai LKPD.

Menurut Hendro Darmodjo dan Jenny R.E. Kaligis (1992: 40), beberapa manfaat penyusunan LKS yaitu untuk meningkatkan keterlibatan peserta didik atau aktivitas peserta didik dalam pembelajaran, mengubah kondisi belajar dari *teacher centered* menjadi *student centered*, membantu guru mengarahkan peserta didik untuk dapat menemukan konsep, selain itu juga dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan proses, mengembangkan sikap ilmiah serta membangkitkan minat dan motivasi peserta didik dan pada akhirnya juga memudahkan guru dalam memantau keberhasilan peserta didik dalam pembelajaran. Andi Prastowo (2011: 206), kegunaan LKPD dalam pembelajaran yaitu guru mendapat kesempatan untuk memancing peserta didik agar secara aktif terlibat pada materi yang sedang dibahas. Pemberian pertanyaan-pertanyaan analisis dalam LKPD dapat membantu peserta didik untuk mengaitkan peristiwa

yang mereka amati dengan konsep yang mereka bangun dalam benak setiap individu peserta didik (Andi Prastowo, 2011: 209).

Andi Prastowo (2011: 205-206), empat fungsi LKPD yaitu:

- a. Meminimalkan peran guru, tetapi lebih mengaktifkan peran peserta didik.
- b. Memudahkan peserta didik untuk memahami materi yang diberikan.
- c. Ringkas dan kaya tugas untuk berlatih.
- d. Memudahkan pelaksanaan pengajaran kepada peserta didik.

Andi Prastowo (2011: 206), tujuan penyusunan LKPD yaitu:

- a. Memudahkan peserta didik untuk berinteraksi dengan materi yang diberikan.
- b. Menyajikan tugas-tugas yang meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi yang diberikan.
- c. Melatih kemandirian belajar peserta didik.
- d. Memudahkan guru dalam memberikan tugas kepada peserta didik.

Menurut Poppy Kamalia Devi, dkk (2009: 32-33), sistematika LKPD umumnya terdiri dari:

- a. Judul LKPD
- b. Pengantar

Berisi uraian singkat materi pelajaran yang tercakup dalam kegiatan.

c. Tujuan Kegiatan

Berisi kompetensi yang harus dicapai peserta didik setelah melakukan kegiatan pembelajaran. Tujuan pembelajaran secara tertulis dirinci dalam setiap kegiatan.

d. Alat dan bahan

Memuat alat dan bahan yang diperlukan dalam melakukan kegiatan.

e. Langkah Kegiatan

Berisi sejumlah langkah cara pelaksanaan kegiatan yang harus dilakukan peserta didik.

f. Tabel hasil pengamatan

Berisi tabel untuk mencatat data hasil pengamatan yang diperoleh dari kegiatan.

g. Pertanyaan

Pertanyaan yang diberikan mengulang kembali tentang apa yang diamati pada saat melakukan percobaan, serta penuntun untuk menarik kesimpulan hasil percobaan. Pertanyaan diselesaikan secara kelompok pada saat pembelajaran berlangsung.

h. Kesimpulan

Kesimpulan tercantum dalam bagian akhir LKPD. Hal ini ditujukan agar guru bisa mengetahui tercapai atau tidaknya kompetensi yang diinginkan pada tujuan, karena kesimpulan menjawab tujuan.

Format LKPD menurut Slamet, Paidi, Insih (Asri 2016: 40-41)

meliputi:

- 1) Judul kegiatan, berisi topik kegiatan sesuai dengan Kompetensi Dasar.
- 2) Tujuan, adalah tujuan belajar sesuai dengan Kompetensi Dasar.
- 3) Alat dan bahan, berisi alat dan bahan yang diperlukan.
- 4) Prosedur kerja, berisi petunjuk kerja yang berfungsi mempermudah peserta didik melakukan kegiatan belajar.
- 5) Tabel data, berisi tabel di mana peserta didik dapat mencatat hasil pengamatan atau percobaan.
- 6) Bahan diskusi, berisi pertanyaan-pertanyaan yang menuntun peserta didik melakukan analisis data. Bahan diskusi bisa berupa pertanyaan-pertanyaan yang bersifat refleksi.

Depdiknas (2008: 28) menyatakan komponen evaluasi yang harus diperhatikan ketika mengembangkan bahan ajar sebagai berikut:

- a. Komponen kelayakan isi mencakup, antara lain:
 - 1) Kesesuaian dengan SK, KD
 - 2) Kesesuaian dengan perkembangan anak
 - 3) Kesesuaian dengan kebutuhan bahan ajar
 - 4) Kebenaran substansi materi pembelajaran
 - 5) Manfaat untuk penambahan wawasan
 - 6) Kesesuaian dengan nilai moral, dan nilai-nilai sosial
- b. Komponen Kebahasaan antara lain mencakup:
 - 1) Keterbacaan
 - 2) Kejelasan informasi
 - 3) Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar
 - 4) Pemanfaatan bahasa secara efektif dan efisien (jelas dan singkat)

- c. Komponen Penyajian antara lain mencakup:
 - 1) Kejelasan tujuan (indikator) yang ingin dicapai
 - 2) Urutan sajian
 - 3) Pemberian motivasi, daya tarik
 - 4) Interaksi (pemberian stimulus dan respond)
 - 5) Kelengkapan informasi

- d. Komponen Kegerafikan antara lain mencakup:
 - 1) Penggunaan font; jenis dan ukuran
 - 2) Layout atau tata letak
 - 3) Ilustrasi, gambar, foto
 - 4) Desain tampilan

Berdasarkan beberapa definisi di atas, LKPD merupakan lembaran yang digunakan untuk melakukan suatu penyelidikan. Adapun format dalam LKPD diadaptasi dari Slamet, Paidi, Insih dan Poppy Kamalia Devi antara lain: judul, tujuan, alat dan bahan, langkah kerja, tabel hasil pengamatan, pertanyaan dan kesimpulan.

B. Kajian Materi

1. Pencemaran Udara

Pencemaran udara menurut Peraturan Pemerintah ialah masuk atau dimasukannya zat atau energi dan atau komponen lain ke dalam udara akibat aktivitas manusia sehingga kualitas udara menurun sampai pada tingkat dimana udara tidak berfungsi sebagaimana mestinya (Arif Zulkifli, 2014: 35). Ir. Soedirman (dalam Slamet Riyadi, 1982: 11) mendefinisikan pencemaran udara sebagai adanya bahan atau zat-zat asing di udara dalam jumlah yang dapat menyebabkan perubahan komposisi atmosfer normal.

Definisi pencemaran udara menurut Slamet Riyadi (1982, 12) adalah keadaan dimana udara atmosfer dimasuki oleh zat-zat asing yang menimbulkan ketimpangan susunan udara atmosfer sehingga menyebabkan gangguan-gangguan bagi kehidupan satu atau kelompok organisme maupun benda-benda.

Definisi menurut Wisnu (2004: 27) pencemaran udara diartikan sebagai masuknya bahan-bahan atau zat asing ke dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan udara dari keadaan normalnya. Komposisi udara dikatakan normal apabila terdiri dari sekitar 78,09% nitrogen, 21,94% oksigen, 0,93% argon, 0,023% karbon dioksida (CO₂), dan sisanya terdiri dari neon (Ne), helium (He), metana (CH₄) dan hidrogen (H) (Wisnu, 2004: 27). Komposisi tersebut dapat mendukung kehidupan makhluk hidup. Apabila terjadi penyimpangan dari keadaan normal yang menyebabkan terjadinya perubahan komposisi udara dikatakan udara telah tercemar atau terpolusi.

Berdasarkan beberapa definisi pencemaran udara, maka dapat disimpulkan bahwa pencemaran udara adalah perubahan keadaan atmosfer udara diakibatkan oleh masuknya zat-zat asing ke udara akibat aktivitas manusia ataupun terjadi secara alamiah sehingga udara tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Prinsip pencemaran udara adalah terdapatnya unsur-unsur pencemar baik polutan primer maupun sekunder di dalam udara yang bersumber dari aktivitas manusia maupun aktivitas alam yang mempengaruhi kualitas udara normal dan mengakibatkan gangguan terhadap kehidupan

manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan, mikroba dan benda-benda lain (Arif, 2014: 35).

Polusi udara disebabkan oleh 2 jenis sumber yaitu kegiatan manusia dan aktivitas alam. Sumber polusi udara yang disebabkan oleh kegiatan manusia adalah aktivitas industri, transportasi, pembuangan sampah dan rumah tangga. Sumber-sumber pencemaran udara karena aktivitas manusia justru bertambah, melalui adanya pembakaran oleh industri-industri, pembakaran sampah-sampah, pembakaran bahan bakar melalui berbagai alat transportasi (Slamet Riyadi, 1982: 36). Bahkan, adanya pembakaran hutan untuk memperluas kawasan industri menambah daftar sumber pencemaran akibat ulah manusia. Sedangkan sumber polusi udara yang terjadi secara alami berasal dari letusan gunung berapi dan kebakaran hutan yang tidak disengaja.

Menurut Wisnu (2004: 28) ada 2 macam penyebab pencemaran udara yaitu secara alamiah (faktor internal) dan ulah manusia (faktor eksternal). Pencemaran udara yang terjadi secara alamiah contohnya debu yang beterbangan akibat tiupan angin, abu dari letusan gunung berapi, dan proses pembusukan sampah organik sedangkan faktor eksternal (ulah manusia) contohnya pembakaran bahan bakar fosil, industri, pemakaian zat kimia yang disemprotkan ke udara.

Industri menjalankan aktivitasnya menggunakan bahan bakar fosil yang menghasilkan polutan dan mempengaruhi kualitas udara secara signifikan. Kendaraan bermotor, truk, mobil, bus merupakan alat transportasi

yang menggunakan bahan bakar fosil yang tentu menghasilkan gas hasil pembakaran yang menyebabkan pencemaran udara. Polusi udara akan berdampak pada kesehatan manusia, tanaman, hujan asam, efek rumah kaca, kerusakan lapisan ozon (Philip, 2002: 99-103).

Menurut Slamet Riyadi (1982: 48) sumber-sumber pencemaran udara sebagai berikut:

1. Industri-industri dan pertambangan
2. Kendaraan bermotor

Menurut Arif (2014: 38) ada dua sumber pencemaran udara yakni sumber bergerak dan sumber tidak bergerak. Sumber bergerak seperti motor, mobil, kereta api, kapal laut, pesawat terbang. Sumber tidak bergerak antara lain industri pembangkit tenaga listrik, dan kebakaran hutan. Pembangunan industri-industri dan teknologi berkembang pesat serta meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil menyebabkan udara menjadi tercemar.

Berdasarkan asal mula dan kelanjutan perkembangannya, komponen pencemar dibedakan menjadi 2 yaitu pencemar primer dan pencemar sekunder. Pencemar primer adalah semua pencemar yang tidak mengalami reaksi di udara. Dengan kata lain, komposisinya masih sama seperti saat ia dikeluarkan ke udara. Pencemar primer bersal dari sumber-sumber yang diakibatkan oleh aktivitas manusia antara lain sumber industri berupa pembakaran bahan bakar maupun peleburan logam yang asapnya dikeluarkan

melalui cerobong asap sedangkan pencemar sekunder adalah pencemar yang komposisinya sudah berubah dikarenakan mengalami reaksi dengan polutan lain.

Komponen pencemar udara yang paling banyak berpengaruh terhadap pencemaran udara antara lain karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), belerang oksida (SO_x), hidro karbon (HC), partikel-partikel, timbal (Pb) (Arif, 2014: 36). Komponen pencemaran udara bisa mencemari udara sendiri atau dapat pula secara bersama-sama. Komponen pencemar udara tergantung dari sumbernya (Wisnu, 2004: 31).

Tabel 6. Perkiraan Prosentase Komponen Pencemar Udara dari Sumber Pencemaran Transportasi di Indonesia

Komponen Pencemar	Prosentase
CO	70,50%
NO _x	8,89%
SO _x	0,88%
HC	18,34%
Partikel	1,33%
Total	100%

(Wisnu, 2004: 33)

Sebagian besar pencemar udara berasal dari gas buangan hasil pembakaran bahan bakar fosil (sekitar 75%). Reaksi pembakaran merupakan reaksi suatu senyawa bahan bakar fosil dengan oksigen (Wisnu, 2004: 34). Akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran udara terhadap kerusakan lingkungan (Arif, 2014: 46) adalah sebagai berikut.

- a. Gangguan visibilitas adalah gangguan pada tanah dan air karena adanya endapan partikulat dari pengaruh deposisi.

- b. Adanya *ground level ozone* yang dapat merusak tanaman untuk berproduksi dan merusak kota, taman dan sebagainya.
- c. Pengasaman air hujan karena air hujan H₂O bercampur dengan SO_x dan NO_x mengakibatkan sulfur menjadi asam sulfit dan asam sulfat dan nitrogen menjadi asam nitrit dan asam nitrat.

2. Senyawa kimia yang mencemari udara

a. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah suatu gas yang tak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Karbon monoksida merupakan pencemar primer. Gas karbon monoksida sebagian berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara. Secara umum, gas CO terbentuk melalui: 1) pembakaran bahan bakar fosil, 2) bereaksi dengan karbon dioksida pada saat suhu tinggi, 3) penguraian karbon dioksida pada suhu tinggi. Sumber pencemaran gas CO meliputi transportasi, pembakaran stasioner (batubara, minyak), proses industri, kebakaran hutan (Wisnu, 2004: 43).

Karbon monoksida berasal dari sumber-sumber pembakaran tidak sempurna (*incomplete combustion*). Sumber-sumber karbon monoksida adalah pembangkit tenaga listrik/uap, kendaraan-kendaraan bermotor dan pusat-pusat pembakaran seperti industri yang menggunakan bahan bakar batu bara.

Berdasarkan data yang ada, total estimasi polutan CO dari seluruh aktivitas mencapai 686.864 ton pertahun. Penyebab pencemaran udara itu sekitar 80% berasal dari sektor transportasi dan 20% industri serta limbah domestik (Arif, 2014: 38).

b. Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida biasa disebut sebagai NO_x . Gas nitrogen oksida merupakan pencemar primer. Nitrogen oksida memiliki 2 bentuk yang sifatnya berbeda yaitu NO_2 dan NO . Sifat gas NO_2 adalah berwarna dan berbau, sedangkan gas NO tidak berwarna dan tidak berbau. Gas NO_2 berwarna merah kecoklatan dan berbau tajam (Wisnu, 2004: 43). Gas NO_x dihasilkan oleh transportasi, generator pembangkit listrik dan mesin-mesin yang menggunakan bahan bakar gas alam (Wisnu, 2004: 44).

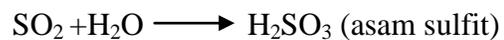
c. Belerang Oksida atau SO_x

Gas belerang oksida biasa ditulis SO_x . Gas ini termasuk dalam pencemar primer yang dikeluarkan dari cerobong asap industri-industri (Slamet Riyadi, 1982: 36). Gas ini terdiri dari 2 macam gas yaitu gas SO_2 dan gas SO_3 . Kedua gas ini memiliki sifat yang berbeda. Gas SO_2 berbau tajam dan tidak mudah terbakar, sedangkan gas SO_3 bersifat sangat reaktif. Gas SO_3 mudah bereaksi dengan air di udara membentuk asam sulfat (H_2SO_4). Apabila asam sulfat ini bereaksi dengan benda-benda di bumi baik makhluk hidup maupun tak hidup

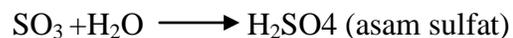
dapat menyebabkan berbagai kerusakan seperti proses perkaratan pada besi, dan proses kimiawi lainnya. Gas buangan hasil pembakaran pada umumnya mengandung gas SO₂ lebih banyak dari pada gas SO₃. Jadi, gas buangan hasil pembakaran yang paling banyak terdapat di udara adalah gas SO₂. Gas SO₂ merupakan pencemar primer di udara, sebagai hasil pembakaran senyawa-senyawa yang mengandung belerang seperti industri-industri asam sulfat. Sumber-sumber pencemar sulfur dioksida adalah industri pemurnian logam, serta pusat-pusat penyulingan minyak (Slamet Riyadi, 1982: 39). Selain itu, belerang dioksida bersumber dari pembangkit listrik tenaga batubara, kilang minyak, pabrik besi dan baja (Arif, 2014: 45). Ketika SO₂ di udara, maka gas ini akan bertemu dengan oksigen kemudian membentuk SO₃. Reaksinya sebagai berikut:



Sedangkan udara yang mengandung uap air akan bereaksi dengan gas SO₂ membentuk asam sulfit (H₂SO₃):



Udara yang mengandung uap air akan bereaksi dengan SO₃ membentuk asam sulfat. Reaksinya sebagai berikut:



Pemakaian batubara menyebabkan jumlah gas SO_x meningkat di udara. Gas ini bereaksi dengan uap air di udara kemudian akan

membentuk senyawa asam sulfit dan asam sulfat. Jika kedua senyawa ini turun ke bumi bersama-sama dengan hujan maka akan menyebabkan terjadinya hujan asam atau *acid rain* (Wisnu, 2004: 47-49).

d. Hidrokarbon atau HC

Penyusun utama hidrokarbon adalah atom hidrogen (H) dan karbon (C). Pencemar ini dapat berupa gas, cairan maupun padatan (Wisnu, 2004: 51). Gas ini bersumber dari emisi kendaraan bermotor, dan juga kilang minyak (Arif, 2014: 45).

3. Mekanisme terjadinya hujan asam

Pemakaian bahan bakar fosil seperti batubara pada kegiatan industri menyebabkan kadar gas SO_x meningkat di udara. Seperti tampak pada uraian di atas, reaksi antara gas SO_x dengan uap air diudara akan membentuk suatu senyawa bersifat asam yaitu asam sulfit dan asam sulfat. Apabila kedua asam ini turun ke bumi bersama-sama dengan hujan maka akan terjadi hujan asam atau *acid rain* (Wisnu, 2004: 49). Hujan asam merupakan persoalan yang serius mengingat dampak yang ditimbulkan sangat merugikan karena dapat merusak kehidupan di bumi terhadap makhluk hidup maupun makhluk tak hidup (Wisnu, 2004: 49).

Pencemaran SO_x di udara berasal dari pemakaian bahan bakar fosil berupa batubara yang digunakan pada kendaraan atau alat transportasi, mesin-mesin industri, dan lain sebagainya (Wisnu, 2004: 49). Selain gas

belerang oksida, gas nitrogen oksida juga merupakan penyebab terjadinya hujan asam. Gas NO_x di udara bertemu dengan oksigen diudara membentuk NO_2 dan NO_3 . Apabila bertemu dengan uap air diudara, maka NO_2 akan membentuk asam nitrit (HNO_2) dan NO_3 membentuk asam nitrat (HNO_3) (Arif, 2014: 46).

Hujan asam adalah hujan dengan pH di bawah 5,6 yang di dalamnya terlarut senyawa asam. Penyebab terjadinya hujan asam yaitu karena adanya kandungan gas seperti SO_3 , SO_2 , NO_2 , NO . Hujan yang turun pada saat komposisi atmosfer dalam keadaan normal memiliki derajat keasaman (pH) 5,6. Susunan atmosfer bumi sebagian besar adalah gas oksigen (O_2) dan gas nitrogen (N_2). Kedua gas tersebut tidak akan bereaksi dengan senyawa atau unsur lain apabila susunan atmosfer bumi dalam keadaan normal. Namun, apabila kandungan gas-gas SO_3 , SO_2 , NO_2 , NO melebihi kapasitas udara normal maka dapat terjadi hujan dengan tingkat keasaman tinggi atau memiliki pH dibawah 5,6 (Wisnu, 2004: 43-51).

Gas-gas penyebab hujan asam terjadi karena proses alam dan adanya ulah manusia. Letusan gunung berapi dan daur biologis tanah merupakan penghasil gas-gas penyebab hujan asam secara alami. Sedangkan gas-gas penyebab hujan asam dikarenakan ulah manusia seperti asap kendaraan bermotor dan industri. Penyebab utama hujan asam adalah gas hasil industri dan kendaraan bermotor (Philip, 2002: 98).

Setiap hari kita melihat sepeda motor, truk, bus, dan kendaraan bermotor yang lalu lalang di jalan raya. Kendaraan-kendaraan bermotor tersebut melepaskan gas buangan melalui knalpot ke udara. Seperti halnya pabrik-pabrik melepaskan gas buangan sisa pembakaran di dalam mesin ke udara melalui cerobong asap pabrik. Gas-gas sisa baik yang berasal dari kendaraan bermotor maupun pabrik mengandung gas belerang dioksida (SO_2) dan nitrogen oksida (NO). Gas-gas ini akan menimbulkan pencemaran udara apabila dilepas ke udara. Apabila gas-gas ini bereaksi dengan oksigen ataupun hidrogen yang ada di udara lalu terlarut dalam titik-titik air (H_2O) maka akan membentuk larutan asam sulfat dan asam nitrat. Ketika hujan, maka larutan-larutan ini akan bercampur dan turun bersama hujan. Hujan ini memiliki sifat asam dan dinamakan hujan asam (Wisnu, 2004: 48). Gas lain hasil pembakaran mesin kendaraan bermotor adalah karbon monoksida. Gas ini hanya menyebabkan kondisi asam pada hujan normal yang memiliki pH 5,6.

Banyak sekali akibat yang ditimbulkan oleh hujan asam, antara lain musnahnya kawasan hutan yang luas, rusaknya dinding bangunan, lunturnya cat, berkaratnya logam, rusaknya bahan pakaian dan tercemarnya perairan. Apabila tanah terus menerus kejatuhan hujan asam ini maka lama kelamaan tanah berubah menjadi asam dikarenakan tanah tidak mampu menetralkan asam tersebut. Hal ini menyebabkan tanah kehilangan kesuburan. Kesuburan tanah yang menurun mengakibatkan

tanaman tidak memperoleh nutrisi yang seharusnya diberikan oleh tanah seperti kandungan mineral tanah dan karena proses ini berlangsung lama, tanaman akan menjadi layu dan akhirnya mati (Darmin, 2008: 605).

Hujan asam memberikan dampak negatif bagi tanaman, yaitu menghalangi perkecambahan dan reproduksi pada tunas. Hujan asam juga dapat menghalangi pertumbuhan ikan karena terhambat metabolismenya (Yayan, 2007: 146).

Jika air hujan asam yang membawa za-zat asam (zat yang mengandung unsur nitrogen dan belerang) turun ke bumi, maka air hujan akan bereaksi dengan zat-zat kimia dari bebatuan dengan cepat. Dengan demikian, pelapukan batuan akibat hujan asam akan lebih cepat dibandingkan pelapukan batuan akibat hujan normal (Joko Arisworo, 2006: 276).

Pencemaran udara akan memberikan akibat terhadap manusia, binatang, tumbuhan maupun benda mati. Pencemar SO_2 di udara dapat berubah menjadi H_2SO_4 dimana akan turun bersama hujan menimbulkan suatu proses elektrokimia yang bersifat korosif terhadap logam seperti baja, aluminium tembaga maupun besi. Benda-benda logam tersebut biasa ditemukan pada jembatan, tiang kabel listrik, rel kereta api dan lain-lain (Slamet Riyadi, 1982: 60-61).

4. Derajat keasaman larutan

Keasaman suatu larutan dapat dikenali dengan menggunakan zat penunjuk yang disebut indikator. Indikator adalah zat yang berubah warna ketika ditambahkan ke dalam larutan asam atau basa (Kamilati, 2009: 173). Ada beberapa 2 jenis indikator yang dapat digunakan untuk menentukan keasaman suatu larutan antara lain indikator alami dan indikator buatan. Lakmus dan indikator universal adalah dua indikator yang umum digunakan di laboratorium. Dalam penelitian ini yang digunakan hanya indikator buatan yaitu kertas lakmus dan pH universal. Kertas lakmus adalah suatu zat yang diekstrak dari sejenis lumut kerak dan diserap ke dalam kertas berpori (Petrucci, 1985: 203). Kertas lakmus merupakan suatu indikator yang sering digunakan di laboratorium untuk menentukan suatu asam bersifat asam atau basa. Kertas lakmus terdiri dari 2 macam yaitu kertas lakmus merah dan kertas lakmus biru (Ningsih, 2007: 173). Apabila kertas lakmus biru dicelupkan pada lingkungan asam maka kertas lakmus biru akan berubah menjadi merah dikarenakan zat organik dalam kertas lakmus mengikat kation dalam larutan asam sehingga menyebabkan warnanya berubah menjadi merah dan apabila kertas lakmus merah dicelupkan pada lingkungan asam maka kertas lakmus merah tetap berwarna merah dikarenakan zat organik dalam lakmus merah tidak bereaksi dengan kation. Sebaliknya untuk kertas lakmus biru apabila dicelupkan kedalam lingkungan basa maka akan tetap

berwarna biru dikarenakan zat organik dalam kertas lakmus biru tidak bereaksi dengan anion dalam larutan basa dan apabila kertas lakmus merah dicelupkan ke dalam lingkungan basa maka akan berubah menjadi biru dikarenakan zat organik dalam dalam kertas lakmus merah mengikat anion dalam larutan basa (Petrucci, 1985: 203).

Indikator universal adalah campuran dari beberapa indikator yang berbeda. Tidak seperti lakmus, indikator universal dapat menunjukkan tingkat kekuatan larutan asam dan basa. Ini diukur menggunakan skala pH. Skala pH berjalan dari pH 0 pH 14. Larutan asam memiliki rentangan pH >7 dan larutan basa memiliki rentangan pH <7 sedangkan larutan yang bersifat netral memiliki pH 7 (Kamilati, 2007: 46).

5. Penanggulangan pencemaran udara

Pada prinsipnya penanggulangan pencemaran udara dapat ditempuh melalui 4 pendekatan (Slamet Riyadi, 1982: 112-114), antara lain:

a. Pendekatan tehnologis

Pendekatan yang ditujukan terhadap faktor sumber emisi beserta seluruh sub sistemnya. Permasalahan-permasalahan yang diakibatkan oleh industri dan sistem transportasi supaya diterapkan teknologi hemat dan teknologi pencegahan.

Teknologi pencegahan sering disebut dengan *control technology* yang menekankan pada pertimbangan aspek yang dapat mengurangi pengaruh yang tidak diinginkan (Philip, 2002: 137).

Teknologi hemat sering disebut *low waste technology*. Teknologi ini digunakan untuk menghemat sumber energi.

Penerapan teknologi hemat dan teknologi preventif yang mungkin dilakukan antara lain sebagai berikut:

- 1) Mengharuskan industri melakukan “*dust exhauster*” agar debu tidak banyak jatuh di udara.
- 2) Penggunaan bahan bakar yang lebih sedikit emisi pencemarannya
- 3) Pengembangan jalur hijau “*artificial forest*”
- 4) Menggunakan batubara yang mengandung sedikit sulfur

Untuk industri-industri penggunaan FGD (*Fuel Gas Desulfurization*) mampu menetralkan belerang sebelum sampai ke udara. Menurut Heisler (1995) mengurangi emisi kendaraan bermotor dengan menggunakan *catalytic converter* (alat yang dapat mengatalisis dekomposisi gas nitrogen dioksida menjadi gas nitrogen dan oksigen). Salah satu cara untuk mereduksi tingkat emisi pada kendaraan bermotor berbahan bakar bensin adalah dengan menambah *catalytic converter* pada saluran knalpot, pada sistem kerja emisi gas buang dari *exhaust manifold* yang mampu merubah emisi gas buang sehingga mengeluarkan output yang aman bagi lingkungan. *Catalytic converter* berfungsi sebagai pereduksi emisi

gas buang pada kendaraan bermotor seperti menurunkan konsentrasi CO,HC,NO_x,SO_x dan sebagainya.

b. Pendekatan planologis

Pendekatan yang ditujukan bagi lingkungan fisik supaya terjadi timbal balik yang dapat menghindarkan akibat-akibat yang dapat merugikan masyarakat. Penataan lingkungan hidup harus mendapat perhatian sedemikian rupa melalui perencanaan dan implementasi untuk menciptakan perkotaan yang mampu meminimalkan rasa aman, keindahan, higienis dan sosial yang lebih baik.

Pokok-pokok langkah planologis (Philips, 2002: 138) antara lain:

- a. Lokalisasi daerah perindustrian sebagai industrial estate yang jauh dari pemukiman penduduk
- b. Zonifikasi daerah kota menjadi daerah non-industri, daerah industri, daerah pemerintahan kota, dan daerah intercity transport (terminal, stasiun kereta api, bandara).
- c. Perencanaan jalur sistem transportasi.

c. Pendekatan Administratif

Pendekatan yang sifatnya mengikat karena ketentuan-ketentuan yang berlaku dibawah perlindungan hukum. Ketentuan yang berlaku mau tidak mau harus ditaati oleh semua masyarakat. Ketentuan-ketentuan hukum ini dibina oleh petugas dan aparat pemerintahan.

d. Pendekatan Edukatif

Pendekatan ditujukan untuk membina dan memberikan informasi secara terus menerus kepada masyarakat sebagai motivasi maupun membangkitkan kesadaran untuk menjaga kelestarian lingkungan hidup. Secara umum, beberapa program penanggulangan pencemaran udara (Arif, 2014: 62) antara lain:

- 1) Pengembangan perangkat regulasi
- 2) Penggunaan bahan bakar bersih
- 3) Pemakaian bahan bakar alternatif
- 4) Pengembangan manajemen transportasi
- 5) Pemantauan emisi gas buangan kendaraan bermotor
- 6) Pemberdayaan peran masyarakat melalui komunikasi masa

Hasil pembakaran bensin pada motor selain mengandung CO juga mengandung NO_x hidrokarbon (HC), dan partikel. Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk mengontrol terhadap emisi CO dari kendaraan bermotor (Philips, 2002: 104) diantaranya sebagai berikut:

- 1) Modifikasi mesin pembakar untuk mengurangi jumlah polutan yang terbentuk selama pembakaran
- 2) Pengembangan reaktor sistem ekshaust untuk mengubah polutan yang berbahaya menjadi polutan yang lebih aman
- 3) Pengembangan substitusi bahan bakar untuk bensin sehingga mengurangi konsentrasi polutan

4) Pengembangan sumber tenaga rendah pencemaran

Berdasarkan beberapa pendekatan tersebut yang paling utama mengendalikan masalah pencemaran udara yang terbaik di zaman teknologi ini ditujukan terhadap faktor sumber emisinya. Pengendalian ini berfokus pada pendekatan yang bersifat teknologis (Slamet Riyadi, 1982: 117), antara lain:

- 1) Pengendalian pencemaran melalui perubahan proses dalam sub sistem sumber emisi.
- 2) Pengendalian sumber emisi melalui cara *pollution controle by removal methode*.

C. Penelitian yang relevan

Penelitian yang dilakukan Asri Widowati, Sabar Nurohman, Putri Anjarsari dengan judul pengembangan bahan ajar IPA berpendekatan *Authentic Inquiry Learning* untuk meningkatkan kemampuan *problem solving* dan sikap ilmiah peserta didik SMP. Kelayakan LKPD yang disusun berdasarkan penilaian validator diperoleh skor rata-rata 3,65 dan berada pada kategori “Sangat Baik”. LKPD IPA yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran ditinjau dari aspek materi, penyajian, kegrafikan dan bahasa serta dapat mengembangkan kemampuan *problem solving* dan sikap ilmiah peserta didik.

Penelitian yang dilakukan Putri Anjarsari dengan judul pengembangan perangkat pembelajaran IPA terpadu untuk meningkatkan keterampilan proses dan sikap ilmiah peserta didik dengan pendekatan inkuiri. Berdasarkan hasil validasi, uji coba terbatas dan uji coba lapangan menghasilkan perangkat pembelajaran yang sesuai dengan pendekatan inkuiri dan dapat meningkatkan keterampilan proses serta sikap ilmiah peserta didik.

Penelitian yang dilakukan oleh Wafiyah Imaningrum dengan judul pengembangan LKS terpadu “Perubahan Energi dalam Tubuhku” dengan menggunakan pendekatan *guided inquiry* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan sikap ilmiah peserta didik. Kelayakan LKPD yang disusun berdasarkan penilaian validator ditinjau dari aspek kesesuaian isi, kesesuaian syarat konstruksi, dan kesesuaian syarat teknis menunjukkan hasil “Sangat baik”. LKPD yang dikembangkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan sikap ilmiah peserta didik.

Penelitian yang dilakukan oleh Risti Hardiyanti Rukmana dengan judul “Pengembangan LKS IPA Terpadu dengan Pendekatan *Guided Inquiry* pada Tema *How the Plants Get Nutrition* guna Meningkatkan Keterampilan Proses Sains”. Kualitas LKS yang disusun berdasarkan penilaian validator diperoleh skor rata-rata 3,48 dan berada pada kategori “Sangat Baik”.

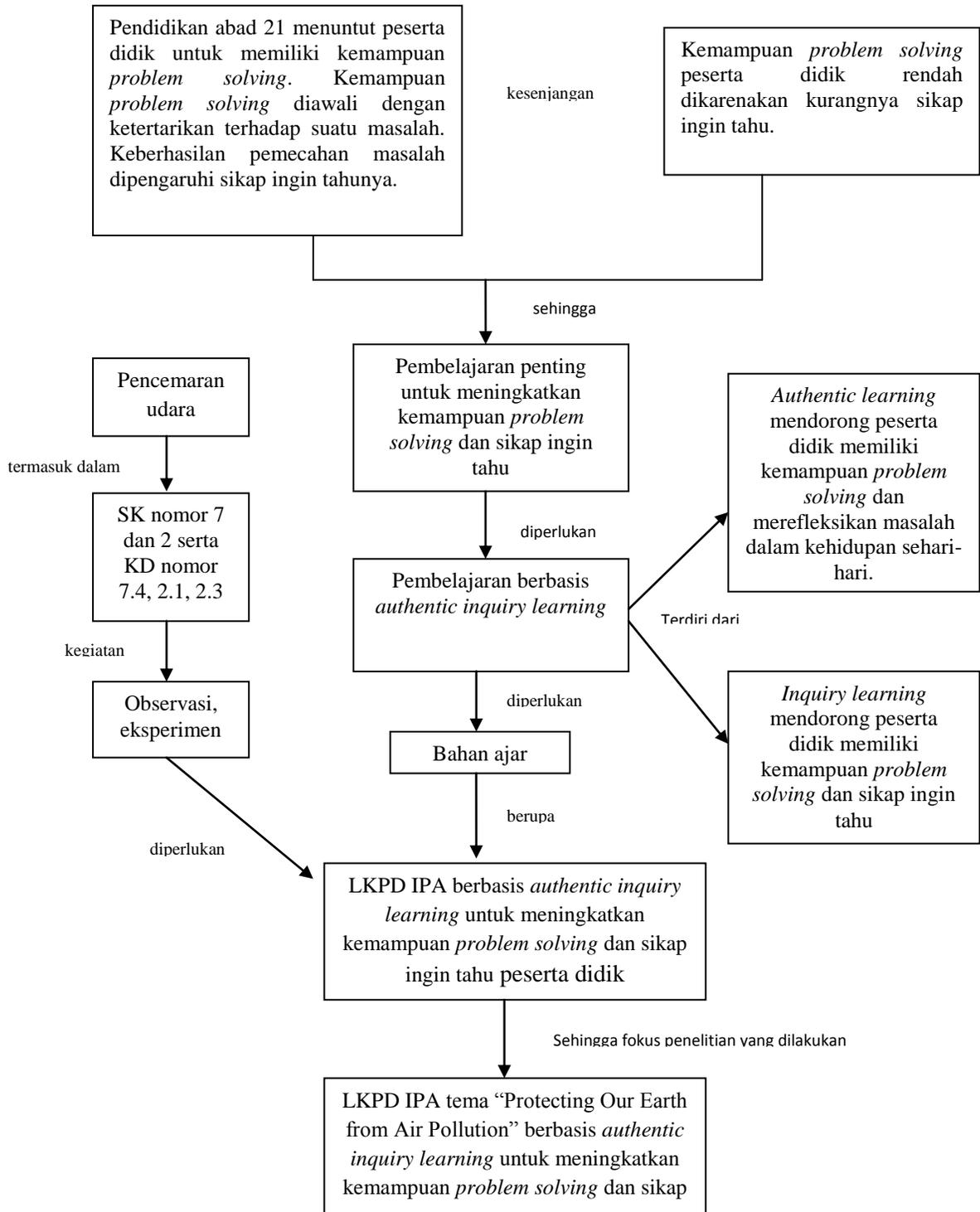
D. Kerangka berpikir

Pendidikan abad 21 menuntut peserta didik untuk memiliki kemampuan *problem solving*. Sedangkan kemampuan *problem solving* peserta didik di Indonesia masih rendah. Apabila peserta didik diberi soal untuk memecahkan permasalahan, mereka tidak bisa menyelesaikan. Hal ini dikarenakan kemampuan *problem solving* tidak diasah dengan baik dan belum ada pembelajaran yang menekankan peserta didik untuk memiliki kemampuan *problem solving* yang baik. Suatu pemecahan masalah dapat terselesaikan dengan baik apabila diimbangi oleh sikap ingin tahu peserta didik terhadap masalah yang dihadapi. Oleh karena itu, diperlukan suatu sikap ingin tahu untuk mendukung tercapainya pemecahan masalah. Oleh karena itu, pembelajaran yang dilaksanakan penting untuk meningkatkan kemampuan *problem solving* dan sikap rasa ingin tahu peserta didik.

Maka dari itu, diperlukan suatu pendekatan pembelajaran inovatif yang dapat meningkatkan kemampuan *problem solving* dan sikap ingin tahu peserta didik. Pendekatan pembelajaran yang cocok untuk meningkatkan *problem solving* dan sikap ingin tahu adalah *authentic inquiry learning*. *Authentic inquiry learning* terdiri dari *authentic learning* dan *inquiry learning*. *Authentic learning* memiliki keunggulan untuk mendorong peserta didik untuk memiliki kemampuan *problem solving* dan merefleksikan masalah dalam kehidupan sehari-hari. *Inquiry learning* memiliki keunggulan mendorong kemampuan *problem solving* dan sikap ingin tahu peserta didik.

Pembelajaran IPA berbasis *authentic inquiry learning* dapat berjalan dengan baik dengan adanya suatu bahan ajar yang sesuai. Penggunaan bahan ajar akan lebih mengarahkan pencapaian kompetensi pembelajaran dan mengarahkan langkah-langkah *authentic inquiry learning* dengan jelas. Bahan ajar berbasis *authentic inquiry learning* yang dapat meningkatkan kemampuan *problem solving* dan sikap ingin tahu peserta didik yaitu berupa lembar kegiatan peserta didik (LKPD). LKPD IPA penting dikembangkan pada pembelajaran berbasis *authentic inquiry learning* karena LKPD IPA dapat memandu peserta didik untuk melakukan kegiatan penyelidikan dan pemecahan masalah (*problem solving*). Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan LKPD IPA berbasis *authentic inquiry learning* untuk meningkatkan kemampuan *problem solving* dan sikap ingin tahu peserta didik.

Materi yang cocok digunakan berdasarkan potensi lokal SMP Negeri 2 Imogiri adalah pencemaran udara karena lokasinya dekat dengan jalan raya. Materi ini terkandung dalam Standar Kompetensi nomor 7 dan terkait dengan Standar Kompetensi nomor 2. Kompetensi Dasar yang sesuai adalah nomor 7.4, 2.1, 2.3. Materi yang terkandung dalam Kompetensi Dasar ini dapat dilakukan dengan observasi dan eksperimen sehingga diperlukan suatu LKPD IPA dengan tema "*Protecting Our Earth from Air Pollution*".



Gambar 6. Bagan Kerangka Berpikir