

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Hakikat IPA

Sains berasal dari gejala-gejala yang terjadi di alam kemudian dengan rasa ingin tahu manusia dan keinginannya untuk mengamati, mencoba mempelajari sampai mencari tahu penjelasan atas gejala-gejala tersebut melalui proses penyelidikan. Patta Bundu (2006: 9) mengemukakan bahwa, sains berasal dari kata “*natural science*”. *Natural* artinya alamiah dan berhubungan dengan alam, sedangkan *science* memiliki arti ilmu pengetahuan, sehingga *natural science* adalah ilmu pengetahuan tentang alam atau yang mempelajari fenomena - fenomena yang terjadi di alam.

Pada hakikatnya IPA meliputi empat unsur utama yaitu sikap, proses, produk dan aplikasi. Unsur sikap meliputi rasa ingin tahu tentang objek hidup maupun tak hidup, fenomena alam, makhluk hidup, serta hubungan sebab akibat yang dapat menimbulkan masalah baru yang dapat dipecahkan melalui prosedur yang benar. Unsur proses merupakan prosedur pemecahan masalah melalui metode ilmiah yang meliputi penyusunan hipotesis, perancangan percobaan, evaluasi, pengukuran dan penarikan kesimpulan. Unsur produk merupakan sekumpulan fakta, prinsip, teori dan hukum. Unsur aplikasi merupakan penerapan metode ilmiah dan konsep IPA dalam kehidupan sehari – hari (Mendikbud, 2016: 1-2). Chiappetta & Koballa (2010: 105) menyatakan bahwa

pada hakikatnya IPA merupakan: (1) pengumpulan pengetahuan (*a body of knowledge*); (2) cara atau jalan berpikir (*a way of thinking*); (3) cara untuk melakukan penyelidikan (*a way to investigating*) dan hakikat IPA juga menyangkut IPA dan interaksi dengan teknologi dan sosial (*science and interaction with technology and society*).

Carin & Sund (1989: 2) menyatakan sains mempunyai tiga elemen penting yaitu sikap, proses dan produk.

Science has three major element: attitudes, processes or methods, and products. Attitudes are certain belief, value, opinions, for example, suspending judgment until enough data has been collected relative to the problem. Constantly endeavouring to be objective. Process or methods are certain ways of investigating problem, for example, making hypotheses, designing and carrying out experiments, evaluating data and measuring. Product are facts, principles, laws, theories, for example, the scientific principle: metals when heated expands (Carin & Sund, 1989: 2).

Pernyataan Carin & Sund di atas bahwa ilmu memiliki tiga unsur utama, yaitu sikap, proses atau metode, dan produk. Sikap adalah keyakinan, nilai, pendapat, misalnya menangguhkan penilaian sampai mendapatkan data yang cukup yang telah dikumpulkan relatif sesuai dengan masalah. Proses atau metode adalah langkah – langkah untuk menyelidiki atau memecahkan masalah, misalnya, merumuskan hipotesis, merancang dan melakukan percobaan, mengevaluasi data dan pengukuran. Produk adalah fakta, prinsip, hukum, teori, misalnya prinsip ilmiah: logam ketika dipanaskan akan mengembang.

IPA memiliki objek dan persoalan yang holistik sehingga IPA disajikan secara holistik dan menyeluruh. Pendekatan terintegrasi (*an integrated*

approach) melibatkan proses ilmiah, mengorganisasikan prinsip, mengorganisasikan integrasi alam dari pengetahuan ilmiah dan aplikasinya dalam kehidupan sehari – hari. Dalam pendekatan terintegrasi peserta didik diharapkan mampu mengaitkan dalam bidang lain meliputi fisika, astronomi, kimia, geologi, biologi, teknologi, lingkungan dan kesehatan keselamatan. (Trefil & Robert, 2007: xii)

Science is an organized body of knowledge about nature. It is the product of observation, common sense, rational thinking, and (sometimes) brilliant in-sights (Hewitt, et. al, 2006: 1)

Pernyataan Hewitt di atas menyatakan bahwa sains adalah sebuah kumpulan ilmu pengetahuan tentang alam. Sains merupakan produk pengamatan, akal sehat, berpikir rasional, dan (kadang – kadang) pandangan yang brilian.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa hakikat IPA adalah ilmu pengetahuan yang disajikan secara menyeluruh atau holistik yang mempelajari tentang fenomena dan gejala alam beserta kehidupan di dalamnya melalui serangkaian proses ilmiah yang dibangun atas dasar sikap ilmiah sehingga menghasilkan suatu produk ilmiah berupa konsep, prinsip, teori dan hukum.

2. Pendekatan Pembelajaran Inquiry

Pembelajaran *Inquiry* merupakan kegiatan pembelajaran yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan peserta didik untuk mencari dan menyelidiki sesuatu (benda, manusia atau peristiwa) secara sistematis, kritis, logis analitis sehingga mereka dapat merumuskan sendiri penemuannya dengan

penyuka percaya diri (Iif Khoiru Ahmadi dkk, 2011: 25). M. Hosnan (2014: 341) menyatakan bahwa pembelajaran *inquiry* merupakan rangkaian pembelajaran yang menekankan pada proses berpikir kritis dan analitis untuk mencari dan menemukan sendiri jawaban dari suatu masalah yang dipertanyakan. Throwbridge & Bybee (1986: 183) mengemukakan bahwa *Inquiry* merupakan proses mendefinisikan dan menyelidiki masalah – masalah, merumuskan hipotesis, merancang eksperimen, menemukan data dan menggambarkan kesimpulan masalah – masalah tersebut. Carin & Sund (1993: 64) mengemukakan bahwa “*Inquiry is the process of investigating a problem*”. Inkuiri oleh Carin & Sund diartikan sebagai proses menginvestigasi atau menyelidiki suatu masalah. Collette & Chiapepetta (1994: 86) “*Inquiry is the process of finding out by searching for knowledge and understanding*”. Inkuiri oleh Collette & Chiapepetta (1994: 86) memiliki arti sebagai proses penemuan melalui pencarian pengetahuan dan pemahaman. Esensi dari pembelajaran *inquiry* adalah menata lingkungan atau suasana belajar yang berpusat pada peserta didik dengan memberikan bimbingan secukupnya dalam menemukan konsep dan prinsip ilmiah.

Gulo (2002: 95) kemampuan yang dituntut dalam pembelajaran *inquiry* meliputi:

1. merumuskan masalah,
2. merumuskan hipotesis,
3. menguji jawaban tentatif,

4. menarik kesimpulan.

Dalam bukunya, Syaiful Sagala (2011: 197) menyatakan tahapan yang ditempuh dalam pendekatan *inquiry* ada 5 yaitu: (1) merumuskan masalah; (2) merumuskan hipotesis; (3) mengumpulkan data; (4) menarik kesimpulan jawaban atau generalisasi dan; (5) mengaplikasikan kesimpulan atau generalisasi dalam situasi baru.

Sund & Trowbridge (1973: 63) menyatakan ada 7 tahapan pendekatan *inquiry* meliputi yaitu:

1. mengajukan pertanyaan tentang fenomena alam;
2. merumuskan masalah;
3. merumuskan hipotesis;
4. merancang penyelidikan;
5. melakukan eksperimen;
6. mensintesis pengetahuan; dan
7. memiliki sikap ilmiah.

Nana Sudjana (1987: 155) menyatakan bahwa, ada 5 tahap yang ditempuh dalam melaksanakan pendekatan *inquiry* yaitu: (1) Merumuskan masalah untuk dipecahkan peserta didik; (2) Menetapkan jawaban sementara atau lebih dikenal dengan hipotesis; (3) Peserta didik mencari informasi, data, fakta yang diperlukan untuk menjawab hipotesis; (4) Menarik jawaban atau generalisasi dan; (5) Mengaplikasikan kesimpulan dalam situasi baru.

Trianto (2010: 17) menyatakan ada 6 tahapan pendekatan *guided inquiry* yaitu 1) menyajikan masalah, 2) membuat hipotesis, 3) merancang percobaan, 4) melakukan percobaan, 5) menganalisis data, dan 6) membuat kesimpulan.

Terdapat empat tipe pengelompokan *inquiry* berdasarkan tipe dominasi peran guru atau peserta didik yaitu inkuiri demonstrasi (*demonstrasi inquiry*), inkuiri terstruktur (*structured inquiry*), inkuiri terbimbing (*guided inquiry*), dan inkuiri penuh (*full inquiry*) (Llewellyn, 2011: 4).

a. Inkuiri Demonstrasi (*Demonstrasi Inquiry*)

Kegiatan pembelajaran dimana masalah atau topic pembelajaran berasal dari guru atau bersumber dari buku teks yang telah ditentukan oleh guru. Dalam hal ini, guru memegang kontrol penuh dalam pembelajaran, namun guru harus tetap memberikan peserta didik untuk aktif dalam proses pembelajaran (Llewellyn, 2011: 4).

b. Inkuiri Terstruktur (*Structured Inquiry*)

Pada kegiatan ini peserta didik difasilitasi untuk dapat mengidentifikasi masalah dan merancang penyelidikan. Peserta didik dimotivasi untuk mengemukakan gagasannya dan merancang cara untuk menguji gagasan tersebut. Untuk itu peserta didik perlu memiliki perencanaan yang baik dalam melatih keterampilan berpikir kritis seperti mencari informasi, menganalisis argumen dan data, membanugn dan mensitesis ide – ide baru, memanfaatkan ide - ide yang awalnya untuk

memecahkan masalah serta menggeneralisasikan data. Guru berperan mengarahkan peserta didik untuk membuat kesimpulan tentatif yang menjadikan kegiatan belajar lebih menyerupai kegiatan penelitian seperti yang biasa dilakukan para ahli (Llewellyn, 2011: 4).

c. Inkuiri Terbimbing (*Guided Inquiry*)

Inkuiri terbimbing (*guided inquiry*) adalah pembelajaran yang diawali dengan pengajuan materi atau bahan yang akan digunakan. Selanjutnya peserta didik melaksanakan prosedur penyelidikan. Peserta didik kemudian menarik kesimpulan dan menyusun penjelasan dari data yang dikumpulkan (Llewellyn, 2011: 4). Trowbridge & Bybee (1986: 185) menyatakan bahwa *guided inquiry* guru memberikan suatu permasalahan dan mendorong peserta didik untuk menyelesaikan permasalahan tersebut sesuai dengan pedoman yang telah diberikan. Pedoman yang diberikan berupa langkah – langkah untuk memperoleh data.

d. Inkuiri Penuh (*Full Inquiry*)

Peserta didik diberi kebebasan untuk menentukan masalah kemudian memecahkan masalah tersebut. Pada tahap ini peserta didik didorong untuk belajar secara mandiri dan tidak lagi hanya mengandalkan instruksi guru. Guru hanya berperan sebagai fasilitator selama proses pembelajaran berlangsung. (Llewellyn, 2011: 4-5)

Dapat disimpulkan bahwa pendekatan pembelajaran *guided inquiry* merupakan suatu pendekatan kegiatan pembelajaran yang didalamnya masih

dilakukan bimbingan dengan melibatkan kemampuan peserta didik secara maksimal melalui penyelidikan secara sistematis, kritis, logis, analitis sehingga peserta didik mampu mendapatkan pengetahuannya sendiri dengan langkah – langkah, yaitu merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis, dan merumuskan kesimpulan.

3. *Subject Specific Pedagogy (SSP)*

Subject Specific Pedagogy (SSP) secara harfiah terdiri dari tiga kata yaitu *subject*, *specific* dan *pedagogy*. Taat Hartati, dkk (2009: 6) menjelaskan bahwa *Subject Specific Pedagogy (SSP)* merupakan materi bidang studi yang dikemas dalam suatu perangkat pembelajaran yang mendidik, komprehensif dan solid yang mencakup kompetensi, subkompetensi, materi, metode, strategi, media dan evaluasi. *Subject* dalam kamus besar bahasa Indonesia memiliki makna, (1) pokok pembicaraan; pokok bahasan; (2) bagian klausa yang menandai apa yang dikatakan oleh pembicara; (3) pelaku; (4) mata pelajaran; (5) orang, tempat, atau benda yang diamati dalam rangka pembuntutan sebagai sasaran. Dalam hal ini *subject* merupakan suatu kata benda yang memiliki dengan makna materi dalam suatu bidang studi. *Specific* di dalam kamus besar bahasa Indonesia memiliki makna; khusus. *Specific* mengacu pada pemilihan standar kompetensi, kompetensi dasar, dan materi pokok. Dalam Zuhdan (2011: 3-4) mendefinisikan *pedagogy* sebagai ilmu yang di dalamnya mengandung makna cara atau metode yang digunakan oleh guru untuk mendidik membangun aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik peserta didik. Sehingga

dapat disimpulkan bahwa *Subject Specific Pedagogy* (SSP) merupakan materi bidang studi yang mengacu pada suatu kompetensi yang dikemas dalam perangkat pembelajaran dimana di dalamnya terdapat metode, strategi, media dan evaluasi yang digunakan oleh guru untuk mendidik membangun aspek kognitif, afektif dan psikomotorik peserta didik.

Komponen *Subject Specific Pedagogy* (SSP) yang dikembangkan meliputi:

a. Silabus

Trianto (2010: 96) menyatakan silabus merupakan rencana pembelajaran pada suatu dan/atau kelompok mata pelajaran atau tema tertentu yang mencakup Standar Kompetensi, Kompetensi Dasar, materi pokok/pembelajaran, kegiatan pembelajaran, indikator, pencapaian kompetensi untuk penilaian, alokasi waktu, dan sumber belajar. Lebih lanjut Mendikbud (2016: 5) mendefinisikan silabus merupakan acuan penyusunan kerangka pembelajaran untuk setiap bahan kajian mata pelajaran. Ada 10 komponen silabus yaitu: (1) identitas mata pelajaran; (2) identitas sekolah; (3) kompetensi inti; (4) kompetensi dasar; (5) tema; (6) materi pokok; (7) pembelajaran; (8) penilaian; (9) alokasi waktu; dan (10) sumber belajar (Mendikbud, (2016: 5).

Langkah-langkah pengembangan silabus (Trianto, 2010: 99):

- 1) Mengkaji Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar.
- 2) Mengidentifikasi Materi Pokok/Pembelajaran.

- 3) Mengembangkan Kegiatan Pembelajaran.
- 4) Merumuskan Indikator Pencapaian Kompetensi.
- 5) Menentukan Jenis Penilaian.
- 6) Menentukan Alokasi Waktu.
- 7) Menentukan Sumber Belajar.

Sedangkan Poppy Kamalia Devi (2009: 11-12) 9 langkah pengembangan silabus yaitu: (1) mengisi identitas; (2) menuliskan standar kompetensi; (3) menuliskan kompetensi dasar; (4) mengidentifikasi materi pembelajaran; (5) mengembangkan kegiatan pembelajaran; (6) merumuskan indikator pencapaian kompetensi; (7) penilaian; (8) menentukan alokasi waktu; dan (9) menentukan sumber belajar.

Berdasarkan langkah penyusunan dan komponen silabus di atas maka komponen silabus yang dikembangkan meliputi: (1) identitas mata pelajaran; (2) identitas sekolah; (3) kompetensi inti; (4) kompetensi dasar; (5) tema; (6) materi pokok; (7) kegiatan pembelajaran; (8) penilaian; (9) alokasi waktu; dan (10) sumber belajar. Komponen tersebut dapat disajikan dalam contoh format silabus berikut:

SILABUS								
Sekolah : Mata Pelajaran : Kelas : Kompetensi Inti : Alokasi Waktu :								
KD	Materi Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi	Penilaian			Alokasi Waktu	Sumber Belajar
				Teknik	Bentuk Instrumen	Contoh Instrumen		

Gambar 1. Format Pengembangan Silabus
(Diadaptasi dari Poppy Kamalia Devi, 2009: 9)

Ada 9 prinsip pengembangan silabus menurut Poppy Kamalia Devi (2009: 7-8) meliputi:

1. Ilmiah

Keseluruhan materi dan kegiatan yang menjadi muatan dalam silabus harus benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara keilmuan.

2. Relevan

Cakupan, kedalaman, tingkat kesukaran dan urutan penyajian materi dalam silabus sesuai dengan tingkat perkembangan fisik, intelektual, sosial, emosional, dan spiritual.

3. Sistemasi

Komponen – komponen silabus saling berhubungan secara fungsional dalam mencapai kompetensi.

4. Konsisten

Ada hubungan yang konsisten (ajeg, taat asas) antara kompetensi dasar, indikator, materi pokok, kegiatan pembelajaran, sumber belajar, dan sistem penilaian

5. Memadai

Cakupan indikator, materi pokok, kegiatan pembelajaran, dan sistem penilaian cukup untuk menunjang pencapaian kompetensi dasar.

6. Aktual dan kontekstual

Cakupan indikator, materi pokok, kegiatan pembelajaran, dan sistem penilaian memperhatikan perkembangan ilmu, teknologi, dan seni mutakhir dalam kehidupan nyata, dan peristiwa yang terjadi.

7. Fleksibel

Keseluruhan komponen silabus dapat mengakomodasi variasi peserta didik, pendidikan, serta dinamika perubahan yang terjadi di sekolah dan tuntutan masyarakat. Sementara itu, materi ajar ditentukan berdasarkan dan atau memperhatikan kultur daerah

masing – masing. Hal ini dimaksudkan agar kehidupan peserta didik tidak tercerabut dari lingkungannya.

8. Menyeluruh

Komponen silabus mencakup keseluruhan ranah kompetensi (kognitif, afektif dan psikomotorik)

9. Desentralistik.

Pengembangan silabus ini bersifat desentralistik. Maksudnya bahwa kewenangan pengembangan silabus bergantung pada daerah masing – masing, atau sekolah masing – masing.

b. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)

Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) adalah rencana kegiatan pembelajaran tatap muka untuk satu pertemuan atau lebih. RPP dikembangkan dari silabus untuk mengarahkan kegiatan pembelajaran peserta didik dalam upaya mencapai Kompetensi Dasar (KD) (Mendikbud, (2016: 6). Setiap pendidik pada satuan pendidikan berkewajiban menyusun RPP secara lengkap dan sistematis agar pembelajaran berlangsung secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, efisien, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik. RPP disusun berdasarkan KD atau subtema yang dilaksanakan kali pertemuan atau lebih.

Berdasarkan Mendikbud (2016: 6-7), komponen RPP terdiri dari: (1) identitas sekolah; (2) identitas mata pelajaran; (3) kelas; (4) materi pokok; (5) alokasi waktu; (6) tujuan pembelajaran; (7) kompetensi dasar; (8) materi pembelajaran; (9) metode pembelajaran; (10) media pembelajaran; (11) sumber belajar; (12) kegiatan pembelajaran; dan (13) penilaian. Adapun prinsip penyusunan RPP yang dijelaskan dalam Mendikbud meliputi:

- 1) Memperhatikan perbedaan individu peserta didik
- 2) Mendorong partisipasi aktif peserta didik
- 3) Berpusat pada peserta didik
- 4) Mengembangkan budaya membaca dan menulis proses pembelajaran
- 5) Pemberian umpan balik dan tindak lanjut RPP
- 6) Keterkaitan dan keterpaduan
- 7) Mengakomodasi pembelajaran tematik – terpadu
- 8) Penerapan teknologi informasi dan komunikasi

Poppy Kamalia Devi (2009: 24 – 30) langkah penyusunan RPP dimulai dari:

1. Mencantumkan identitas RPP

Terdiri dari nama sekolah, mata pelajaran, kelas, semester, standar kompetensi, kompetensi dasar, indikator dan alokasi waktu.

2. Menentukan tujuan pembelajaran,

Menentukan tujuan yang merupakan output (hasil langsung) dari suatu paket kegiatan. Format penulisan tujuan ABCD (*Audience, Behaviour, Condition, and Degree*).

3. Menentukan materi pembelajaran

Untuk memudahkan penetapan materi pembelajaran dapat diacu dari indikator.

4. Menentukan metode pembelajaran

Metode dapat diartikan benar – benar sebagai cara untuk mencapai tujuan, tetapi dapat pula diartikan sebagai model atau pendekatan pembelajaran, bergantung pada karakteristik pendekatan dan/atau strategi. Pendekatan pembelajaran dan metode yang dicantumkan terintegrasi dalam satu kegiatan pembelajaran peserta didik.

5. Langkah – langkah kegiatan pembelajaran

Untuk mencapai suatu kompetensi dasar harus dicantumkan langkah – langkah kegiatan setiap pertemuannya. Langkah kegiatan memuat unsur kegiatan pendahuluan/pembukaan, kegiatan inti, dan kegiatan penutup.

6. Sumber belajar

Pemilihan sumber belajar mengacu pada perumusan yang ada dalam silabus yang dikembangkan. Sumber belajar mencakup

sumber rujukan, lingkungan, media, narasumber, alat dan bahan. Sumber belajar dituliskan secara operasional, dan langsung dinyatakan bahan ajar apa yang digunakan.

7. Penilaian.

Penilaian dijabarkan atas teknik penilaian, bentuk instrumen, dan instrument yang dipakai.

c. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

LKPD menurut Abdul Majid (2008: 176) adalah suatu lembaran – lembaran berisi tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik. Lembar kerja biasanya berupa petunjuk, langkah – langkah untuk menyelesaikan suatu tugas. Tugas yang diperintahkan dalam lembar kegiatan harus jelas kompetensi dasar yang akan dicapainya. Dalam bukunya, Andi Prastowo (2011: 204) menyatakan, LKPD merupakan suatu bahan ajar cetak berupa lembar – lembar kertas yang berisi materi, ringkasan, dan petunjuk – petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran yang harus dikerjakan oleh peserta didik, yang mengacu pada kompetensi dasar yang harus dicapai. Lembar kerja peserta didik (LKPD) menurut Trianto (2010: 111) adalah panduan peserta didik yang digunakan untuk melakukan kegiatan penyelidikan atau pemecahan masalah. LKPD dapat berupa panduan untuk latihan pengembangan aspek kognitif maupun panduan untuk eksperimen atau demonstrasi. LKPD memuat sekumpulan kegiatan mendasar yang harus dilakukan peserta didik untuk

memaksimalkan pemahaman dalam upaya pembentukan kemampuan dasar sesuai indikator pencapaian hasil belajar yang harus ditempuh.

Pengembangan LKPD mengacu pada sistematika penulisan LKPD. Menurut Depdiknas (2008: 24), struktur LKPD minimal memuat 6 komponen, yaitu 1) judul dan identitas, 2) petunjuk belajar peserta didik, 3) kompetensi yang akan dicapai, 4) informasi pendukung, 5) langkah kerja, dan 6) penilaian.

Sistematika penulisan LKPD yang lebih spesifik dipaparkan oleh Trianto (2009: 223) bahwa LKPD tersusun atas 8 komponen utama, yaitu 1) judul, 2) tujuan, 3) teori singkat tentang materi, 4) alat dan bahan, 5) prosedur percobaan, 6) data hasil pengamatan, 7) pertanyaan diskusi, dan 8) kesimpulan. Hal ini sesuai dengan pendapat Poppy Kamalia Devi, dkk. (2009: 32-33) yang menyatakan bahwa sistematika LKPD umumnya terdiri dari 7 komponen, yaitu 1) judul, 2) pengantar (uraian singkat tentang konsep yang akan dipelajari), 3) tujuan, 4) alat dan bahan, 5) langkah kegiatan, 6) tabel pengamatan, dan 7) pertanyaan diskusi.

Hendro Darmodjo dan Jenny R.E. Kaligis (1992: 41-46) mengemukakan bahwa kriteria LKPD yang baik juga harus memenuhi berbagai persyaratan, antara lain syarat didaktik, syarat konstruksi, dan syarat teknis.

1) Syarat Didaktik

Syarat didaktik ini mengatur penggunaan LKPD yang bersifat universal dapat digunakan dengan baik untuk peserta didik yang lamban maupun yang pandai. LKPD lebih menekankan pada proses menemukan konsep. LKPD yang memenuhi persyaratan didaktik adalah LKPD yang mengikuti asas-asas pembelajaran yang efektif, dengan kriteria:

- a) Memperhatikan adanya perbedaan individual.
- b) Menekankan pada proses penemuan konsep.
- c) Memiliki variasi stimulus melalui berbagai media dan kegiatan peserta didik.
- d) Dapat mengembangkan kemampuan komunikasi sosial, emosional, dan moral, dan estetika pada diri peserta didik.
- e) Pengalaman belajar ditentukan oleh tujuan pengembangan pribadi peserta didik, bukan ditentukan oleh materi pelajaran.

2) Syarat Konstruksi

Syarat konstruksi adalah syarat yang berkenaan dengan penggunaan bahasa, susunan kalimat, kosa kata, tingkat kesukaran, dan kejelasan dalam LKPD, dengan kriteria:

- a) Menggunakan bahasa yang sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif dan psikologi peserta didik.

- b) Menggunakan struktur kalimat yang jelas.
- c) Memiliki tata urutan materi yang sesuai dengan tingkat kemampuan peserta didik.
- d) Menggunakan kalimat yang sederhana dan pendek.
- e) Menggunakan lebih banyak ilustrasi berupa gambar daripada kata-kata.
- f) Dilengkapi dengan identitas untuk mempermudah administrasi.

3) Syarat Teknis

Syarat teknis berkenaan dengan pengaturan tulisan, gambar, dan penampilan LKPD, dengan kriteria:

- a) Menggunakan huruf cetak.
- b) Menggunakan huruf tebal dengan ukuran yang agak besar untuk judul topik.
- c) Menggunakan tidak lebih dari 10 kata dalam satu baris.
- d) Menggunakan bingkai untuk membedakan kalimat perintah dengan jawaban peserta didik.
- e) Memperhatikan perbandingan ukuran gambar dan ukuran huruf.
- f) Memilih jenis gambar yang dapat menyampaikan pesan secara efektif sesuai dengan tahap perkembangan kognitif peserta didik.

- g) Memperhatikan kombinasi antara gambar dan tulisan agar dapat membangkitkan motivasi peserta didik dalam melakukan percobaan.

Lebih lanjut Depdiknas (2008: 28) menuliskan bahwa komponen evaluasi bahan ajar mencakup komponen kelayakan isi, komponen kebahasaan, komponen sajian, dan komponen kegrafikan. Untuk mengetahui kualitas dan tingkat kelayakan bahan ajar yang disusun, perlu dilakukan evaluasi terhadap berbagai komponen.

- 1) Komponen kelayakan isi, mencakup:
 - a) Kesesuaian dengan SK dan KD
 - b) Kesesuaian dengan perkembangan anak
 - c) Kesesuaian dengan kebutuhan bahan ajar
 - d) Kebenaran substansi materi pembelajaran
 - e) Manfaat untuk penambahan wawasan
 - f) Kesesuaian dengan nilai moral dan nilai sosial
- 2) Komponen kebahasaan, mencakup:
 - a) Keterbacaan
 - b) Kejelasan informasi
 - c) Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar
 - d) Pemanfaatan bahasa secara efektif dan efisien (jelas dan singkat)
- 3) Komponen penyajian, mencakup:
 - a) Kejelasan tujuan (indikator) yang ingin dicapai
 - b) Urutan sajian
 - c) Pemberian motivasi, daya tarik
 - d) Interaksi (pemberian stimulus dan respon)
 - e) Kelengkapan informasi
- 4) Komponen kegrafikan, mencakup:
 - a) Penggunaan font; jenis dan ukuran
 - b) *Lay out* atau tata letak
 - c) Ilustrasi, gambar, foto
 - d) Desain tampilan

LKPD *guided inquiry* adalah suatu panduan atau petunjuk kerja bagi peserta didik untuk menyelesaikan tugas atau suatu masalah yang mengacu pada kompetensi dasar yang harus dicapai hingga kesimpulan percobaan dengan ciri yaitu kegiatan pembelajaran yang didalamnya masih dilakukan bimbingan dengan melibatkan kemampuan peserta didik secara maksimal melalui penyelidikan secara sistematis, kritis, logis, analitis sehingga peserta didik mampu mendapatkan pengetahuannya sendiri.

Adapun komponen LKPD yang dikembangkan oleh peneliti meliputi 12 komponen yaitu: (1) judul dan identitas, (2) kompetensi dasar dan indikator pencapaian hasil belajar, (3) tujuan, (4) peta konsep, (5) pengantar berisi gambar isu permasalahan, (6) perumusan masalah, (7) perumusan hipotesis, (8) alat dan bahan, (9) langkah percobaan, (10) data hasil pengamatan, (11) pertanyaan diskusi, dan (12) kesimpulan. LKPD yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat dikatakan layak dan standar apabila memenuhi beberapa komponen evaluasi, seperti komponen penekanan *guided inquiry*, kelayakan isi, kebahasaan, penyajian dan kegrafikan. Komponen kelayakan isi ditinjau dari beberapa aspek, yaitu: (1) kesesuaian dengan KI dan KD SMP, (2) kebenaran konsep, (3) penyajian materi yang menuntuk peserta didik aktif dalam kegiatan pembelajaran, (4) penyajian materi yang menimbulkan suasana menyenangkan serta, (5) keakuratan fakta, dan

(6) penekanan literasi sains. Komponen kebahasaan ditinjau dari beberapa aspek, yaitu 1) penggunaan tata bahasa yang tepat dan 2) penggunaan kalimat yang tepat. Komponen penyajian ditinjau dari beberapa aspek, yaitu 1) kelengkapan unsur-unsur LKPD *Guided Inquiry*, 2) penyajian kegiatan dan materi pembelajaran yang berurutan dan sistematis, dan 3) penyajian pertanyaan. Komponen kegrafikan ditinjau dari beberapa aspek, yaitu 1) kemenarikan tampilan, 2) konsistensi tulisan, 3) penggunaan gambar yang tepat, dan 4) pemilihan format. Adapun kisi-kisi instrumen validasi LKPD terlampir pada tabel 9 (halaman X).

d. Instrumen Penilaian

Mendikbud (2016: 2) menjelaskan standar penilaian pendidikan adalah kriteria mengenai lingkup, tujuan, manfaat, prinsip, mekanisme, prosedur, dan instrumen penilaian hasil belajar peserta didik yang digunakan sebagai dasar dalam penilaian hasil belajar peserta didik pada pendidikan dasar dan pendidikan menengah. Penilaian adalah proses pengumpulan dan pengolahan informasi untuk mengukur pencapaian hasil belajar peserta didik. Pembelajaran adalah proses interaksi antar peserta didik, antara peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar.

Prinsip penilaian hasil belajar menurut Mendikbud (2016: 5)

adalah:

- a. sah, berarti penilaian didasarkan pada data yang mencerminkan kemampuan yang diukur;
- b. objektif, berarti penilaian didasarkan pada prosedur dan kriteria yang jelas, tidak dipengaruhi subjektivitas penilai;
- c. adil, berarti penilaian tidak menguntungkan atau merugikan peserta didik karena berkebutuhan khusus serta perbedaan latar belakang agama, suku, budaya, adat istiadat, status sosial ekonomi, dan gender.
- d. terpadu, berarti penilaian merupakan salah satu komponen yang tak terpisahkan dari kegiatan pembelajaran;
- e. terbuka, berarti prosedur penilaian, kriteria penilaian, dan dasar pengambilan keputusan dapat diketahui oleh pihak yang berkepentingan;
- f. menyeluruh dan berkesinambungan, berarti penilaian mencakup semua aspek kompetensi dengan menggunakan berbagai teknik penilaian yang sesuai, untuk memantau dan menilai perkembangan kemampuan peserta didik;
- g. sistematis, berarti penilaian dilakukan secara berencana dan bertahap dengan mengikuti langkah-langkah baku;

- h. beracuan kriteria, berarti penilaian didasarkan pada ukuran pencapaian kompetensi yang ditetapkan; dan
- i. akuntabel, berarti penilaian dapat dipertanggungjawabkan, baik dari segi mekanisme, prosedur, teknik, maupun hasilnya.

Penilaian hasil belajar oleh pendidik dilakukan dalam bentuk ulangan, pengamatan, penugasan, dan/atau bentuk lain yang diperlukan.

Penilaian hasil belajar oleh pendidik digunakan untuk:

- a. mengukur dan mengetahui pencapaian kompetensi peserta didik;
- b. memperbaiki proses pembelajaran; dan
- c. menyusun laporan kemajuan hasil belajar harian, tengah semester, akhir semester, akhir tahun. dan/atau kenaikan kelas.

Instrumen penilaian yang digunakan oleh pendidik dalam bentuk penilaian berupa tes, pengamatan, penugasan perseorangan atau kelompok, dan bentuk lain yang sesuai dengan karakteristik kompetensi dan tingkat perkembangan peserta didik (Mendikbud (2016: 11).

Menurut Sugihartono (2013: 141-143) Tes tertulis memiliki 2 jenis tes yaitu *essay test* dan *objective test*. *Essay test* merupakan suatu pertanyaan yang jawabannya diharapkan dari testee berupa uraian menurut kemampuan yang dimiliki. *Objective test* merupakan tes yang disusun sedemikian rupa sehingga jawaban yang diharapkan dari testee

berupa kata singkat atau bahkan hanya memberikan tanda – tanda. Tes pilihan ganda termasuk dalam *objective test*.

Penilaian merupakan proses pengumpulan dan pengolahan data untuk mengukur ketercapaian hasil belajar peserta didik. Penilaian yang digunakan oleh berisi tentang penilaian hasil belajar ketercapaian literasi sains yang terdiri dari instrument penilaian, bentuk penilaian dan contoh soal.

4. Literasi Sains

a. Definisi Literasi Sains

Istilah literasi sains telah digunakan sejak akhir tahun 1950 oleh para ahli (DeBoer, 2000: 582). Akan tetapi definisi literasi sains yang dikemukakan para ahli tidak selalu sama. *National Research Council* (1996: 22) menuliskan bahwa “*Scientific literacy is the knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for personal decision making, participation in civic and cultural affairs, and economic productivity*”. Pada *National Research Council* menjelaskan literasi sains adalah pengetahuan dan pemahaman tentang konsep dan proses IPA yang dibutuhkan seseorang untuk membuat suatu keputusan, berpartisipasi dalam masyarakat, budaya, dan pertumbuhan ekonomi.

“scientific literacy is an ability, to creatively utilise appropriate evidence-based scientific knowledge and skills, particularly with relevance for everyday life and a career, in solving personally challenging yet meaningful scientific problems as well as making, responsible socio-scientific decisions” (Holbrook & Rannikmae, 2009: 286).

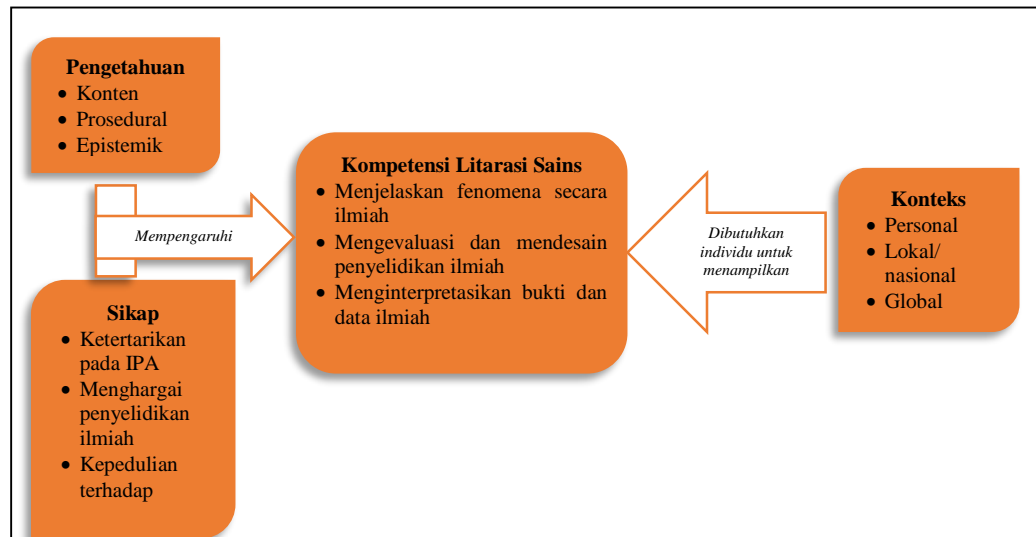
Holbrook & Rannikmae di atas menjelaskan literasi sains merupakan kemampuan seseorang untuk menggunakan pengetahuan dan keterampilan IPA berdasarkan bukti-bukti empiris secara kreatif, khususnya yang relevan dengan karir dan kehidupan sehari-hari dalam rangka memecahkan masalah dan mengambil keputusan sosio-saintifik. Menurut *Organization of Economic Development* (2013: 7), *“scientific literacy is the ability to engage with science-related issues, and with the ideas of science, as a reflective citizen”*. OECD mendefinisikan literasi sains sebagai kemampuan seseorang untuk terlibat dengan isu-isu IPA dan ide-ide IPA sebagai bagian dari masyarakat.

Dapat disimpulkan bahwa literasi sains adalah kemampuan seseorang untuk mengaplikasikan pengetahuan dan keterampilan sains yang dimilikinya dalam memecahkan suatu masalah dan mengambil keputusan sosio-saintifik yang merupakan bagian dari masyarakat.

b. Penilaian Literasi Sains

Sistem penilaian literasi sains versi terbaru diatur oleh OECD pada tahun 2013 dalam dokumen *Draft Science Framework PISA 2015*. OECD menetapkan 3 domain utama yang terlibat dalam penilaian

literasi sains, yaitu *contexts* (konteks), *scientific competencies* (kompetensi ilmiah), dan *scientific knowledge* (pengetahuan ilmiah). Bagan kerangka kerja PISA 2015 yang menghubungkan ketiga domain tersebut disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Kerangka Kerja Penilaian Literasi Sains PISA 2015
Sumber: OECD (2013: 12)

1) Domain Konteks (*Contexts*)

Penilaian literasi sains PISA 2015 menggunakan konteks berupa isu-isu saintifik yang relevan dengan kurikulum nasional negara partisipan. Butir soal penilaian PISA tersebut tidak terbatas pada situasi kehidupan di sekolah, melainkan fokus pada situasi yang berkaitan dengan individu, keluarga dan kelompok individu (personal), komunitas (lokal dan nasional), dan kehidupan lintas negara (global) (OECD, 2013:13).

Konteks penilaian PISA 2015 mencakup berbagai bidang terapan IPA dan teknologi yang diatur dalam situasi personal, lokal, nasional, dan global. Berbagai bidang terapan IPA dan teknologi tersebut meliputi: 1) kesehatan dan penyakit, 2) sumber daya alam, 3) kualitas lingkungan, 4) bahaya, dan 5) batasan IPA dan teknologi (OECD, 2013:13). Deskripsi konteks penilaian PISA 2015 disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Konteks Penilaian Literasi Sains PISA 2015

Bidang Terapan	Situasi		
	Personal	Lokal/Nasional	Global
Kesehatan dan Penyakit	Pemeliharaan kesehatan, kecelakaan, dan nutrisi	Pengendalian penyakit, transmisi sosial, pilihan makanan, dan komunitas kesehatan	Wabah penyakit, penularan penyakit infeksi
Sumber Daya Alam	Konsumsi bahan alam dan energi secara personal	Pemeliharaan populasi manusia, kualitas hidup, keamanan, produksi dan distribusi makanan, penyediaan energi	Sistem alam yang dapat diperbaharui dan tidak dapat diperbaharui, pertumbuhan populasi, pelestarian makhluk hidup
Kualitas Lingkungan	Tindakan ramah lingkungan, penggunaan	Distribusi populasi, pembuangan sampah,	Keanekaragaman hayati, pelestarian

Bidang Terapan	Situasi		
	Personal	Lokal/Nasional	Global
	dan pembuangan materi dan peralatan	dampak lingkungan	ekologi, pengendalian pencemaran, produksi dan konsumsi biomassa
Bahaya	Penilaian resiko dari pilihan gaya hidup	Perubahan yang cepat (seperti gempa bumi, cuaca buruk), perubahan yang lambat dan progresif (seperti abrasi, sedimentasi), penilaian resiko	Perubahan iklim, pengaruh komunikasi modern
Batasan IPA dan Teknologi	Aspek ilmiah dari hobi, teknologi personal, dan aktivitas musikal serta olahraga	Materi baru, peralatan dan proses, modifikasi genetik, teknologi kesehatan, transportasi	Kepunahan makhluk hidup, eksplorasi ruang angkasa, asal dan struktur alam semesta

Sumber: OECD (2013: 14)

Penilaian literasi sains PISA 2015 bukan merupakan penilaian domain konteks, melainkan penilaian domain kompetensi dan pengetahuan ilmiah pada konteks yang spesifik.

Penentuan konteks penilaian literasi sains dalam penelitian ini dihubungkan dengan materi pembelajaran yang dikembangkan dalam

SSP IPA, yaitu pencemaran lingkungan limbah gula madukismo pengaruhnya terhadap kesehatan manusia dan kesehatan lingkungan. Dengan demikian, penilaian literasi sains dalam penelitian ini mencakup situasi personal, lokal, dengan bidang terapan kualitas lingkungan.

2) Domain Kompetensi Ilmiah (*Scientific Competencies*)

PISA 2015 menetapkan 3 kompetensi ilmiah dalam penilaian literasi sains. “*scientifically literate person*” merupakan julukan yang ditujukan kepada seseorang yang memahami dan mampu melakukan 3 kompetensi ilmiah berupa: 1) menjelaskan fenomena secara ilmiah, 2) mengevaluasi dan mendesain penyelidikan ilmiah, dan 3) menginterpretasikan bukti dan data ilmiah (OECD, 2013:14). Deskripsi indikator untuk setiap kompetensi ilmiah disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Indikator Kompetensi Ilmiah PISA 2015

No.	Kompetensi Ilmiah	Indikator
1.	Menjelaskan fenomena secara ilmiah	a. Mengingat dan menerapkan pengetahuan ilmiah yang sesuai dengan situasi tertentu. b. Mengidentifikasi, menggunakan, dan membuat model dan gambaran sederhana untuk menjelaskan fenomena ilmiah yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. c. Membuat dan memberikan prediksi yang sesuai.

No.	Kompetensi Ilmiah	Indikator
		<ul style="list-style-type: none"> d. Menawarkan hipotesis yang bersifat menjelaskan. e. Menjelaskan keterlibatan potensial pengetahuan ilmiah bagi masyarakat.
2.	Mengevaluasi dan mendesain penyelidikan ilmiah	<ul style="list-style-type: none"> a. Mengidentifikasi pertanyaan yang diselidiki dalam studi ilmiah tertentu. b. Membedakan pertanyaan yang memungkinkan diselidiki secara ilmiah. c. Mengusulkan sebuah cara menyelidiki pertanyaan tertentu secara ilmiah. d. Mengevaluasi cara menyelidiki pertanyaan tertentu secara ilmiah. e. Mendeskripsikan dan mengevaluasi cara yang digunakan ilmuan untuk memastikan reliabilitas data dan objektivitas suatu penjelasan. f. Mengenali unsur-unsur penting dalam penyelidikan ilmiah (hal apa yang harus dibandingkan, variabel, prosedur kerja, informasi tambahan).
3.	Menginterpretasikan bukti dan data ilmiah	<ul style="list-style-type: none"> a. Mengubah data dari satu bentuk menjadi bentuk lain (diagram, grafik, dan lain sebagainya). b. Menganalisis dan menginterpretasikan data untuk menarik kesimpulan yang tepat.

No.	Kompetensi Ilmiah	Indikator
		<ul style="list-style-type: none"> c. Mengidentifikasi asumsi, bukti, dan alasan dalam teks yang berkaitan dengan IPA. d. Membedakan argumen yang didasarkan pada bukti dan teori ilmiah dengan argumen yang didasarkan pada pertimbangan. e. Mengevaluasi argumen dan bukti ilmiah dari berbagai sumber (koran, internet, jurnal). f. Memilih alternatif kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah. g. Memberi alasan yang mendukung atau menolak suatu rumusan kesimpulan.

Sumber: OECD (2013: 14-16)

Indikator yang digunakan dalam kompetensi menjelaskan fenomena secara ilmiah meliputi: mengingat dan menerapkan pengetahuan ilmiah yang sesuai dengan situasi tertentu; dan mengidentifikasi, menggunakan, dan membuat model dan gambaran sederhana untuk menjelaskan fenomena ilmiah yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Kompetensi mengevaluasi dan mendesain penyelidikan ilmiah meliputi: membedakan pertanyaan yang memungkinkan diselidiki secara ilmiah, dan mengusulkan sebuah cara menyelidiki pertanyaan tertentu secara ilmiah. Kompetensi menginterpretasi data dan bukti ilmiah meliputi, menganalisis dan menginterpretasikan data untuk menarik kesimpulan yang tepat.

Penilaian literasi sains peserta didik dalam penelitian ini dilakukan dengan teknik tes uraian. Penilaian literasi sains dengan teknik tes merupakan penilaian ranah kognitif yang mengacu pada indikator kompetensi ilmiah PISA 2015. Indikator kompetensi ilmiah tersebut dihubungkan dengan indikator pencapaian kompetensi dan indikator soal pada materi pembelajaran “Limbah Gula Madukismo” yang kemudian dituangkan dalam kisi-kisi soal tes tulis literasi sains.

3) Domain Pengetahuan Ilmiah (*Scientific Knowledge*)

Kemampuan peserta didik untuk mendemonstrasikan 3 kompetensi ilmiah PISA 2015 tergantung pada penguasaan 3 jenis pengetahuan ilmiah. Dalam upaya memahami dan melakukan kompetensi ilmiah, peserta didik membutuhkan pengetahuan konten, prosedural, dan epistemic (OECD, 2013:18).

a) Pengetahuan Konten

Pengetahuan konten merupakan pengetahuan tentang fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori dalam IPA yang meliputi berbagai bidang kajian seperti fisika, kimia, biologi, serta ilmu bumi dan antariksa. Kriteria pemilihan pengetahuan konten dalam penilaian literasi sains PISA 2015 antara lain: (1) relevan dengan situasi kehidupan nyata; (2) menggambarkan pengetahuan penting yang penggunaannya berjangka panjang; (3) sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik usia 13 tahun (OECD,

2013:18). Deskripsi topik untuk setiap bidang kajian dalam pengetahuan konten disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Cakupan Pengetahuan Konten dalam PISA 2015

No.	Bidang Kajian	Topik
1.	Sistem fisik	<ul style="list-style-type: none"> a. Struktur materi (seperti model partikel, ikatan kimia) b. Sifat materi (seperti perubahan wujud, konduktivitas termal dan listrik) c. Perubahan kimia materi (seperti reaksi kimia, perpindahan energi, asam/basa) d. Gerak dan gaya (seperti kecepatan, gaya gesek, gaya magnetik, gaya gravitasi, gaya elektrostatik) e. Energi dan perubahannya (seperti konservasi, disipasi, reaksi kimia) f. Interaksi antara energi dan materi (seperti gelombang cahaya dan radio, gelombang suara dan seismik)
2.	Sistem hidup	<ul style="list-style-type: none"> a. Sel (seperti struktur dan fungsi sel, DNA, sel tumbuhan dan hewan) b. Konsep makhluk hidup (seperti uniselular dan multiselular) c. Manusia (seperti kesehatan, sistem pencernaan, sistem pernapasan, sistem peredaran darah, sistem ekskresi, sistem reproduksi, dan hubungan sistem-sistem tersebut) d. Populasi (seperti spesies, evolusi, keanekaragaman hayati, variasi genetik)

No.	Bidang Kajian	Topik
		e. Ekosistem (seperti rantai makanan, aliran materi dan energi) f. Biosfer (seperti pelayanan ekosistem, pelestarian makhluk hidup)
3.	Sistem bumi dan ruang angkasa	a. Struktur sistem bumi (seperti litosfer, atmosfer, hidrosfer) b. Energi dalam sistem bumi (seperti sumber energi, iklim dunia) c. Perubahan dalam sistem bumi (seperti lempeng tektonik, siklus geokimia, gaya konstruktif dan destruktif) d. Sejarah bumi (seperti fosil, asal mula bumi dan evolusi) e. Bumi dalam ruang angkasa (seperti gravitasi, sistem matahari, galaksi) f. Sejarah dan skala alam semesta (seperti satuan tahun cahaya, teori Big Bang)

Sumber: OECD (2013: 18)

Berdasarkan pengetahuan konten dalam penilaian literasi sains peserta didik pada materi pembelajaran “Pencemaran Lingkungan limbah gula madukismo” mencakup bidang kajian sistem hidup dan sistem fisik. Topik sistem hidup yang relevan dengan materi pembelajaran tersebut adalah manusia dan kesehatan, sedangkan topik sistem fisik yang relevan dengan materi pembelajaran tersebut adalah perubahan kimia materi terutama dalam

mengidentifikasi indikator pencemaran pada kandungan kualitas air.

b) Pengetahuan Prosedural

Pengetahuan prosedural merupakan pengetahuan tentang prosedur yang digunakan ilmuan dalam membangun badan pengetahuan IPA. Pengetahuan ini merupakan pengetahuan tentang praktik dan konsep yang mendasari penyelidikan ilmiah, seperti pengulangan pengukuran untuk meminimalisir kesalahan dan mengurangi ketidakpastian, kontrol variabel, dan proses standar dalam menggambarkan dan mengkomunikasikan data (OECD, 2013:19).

c) Pengetahuan Epistemik

Pengetahuan epistemik merupakan pemahaman tentang peran setiap badan pengetahuan IPA dan penentuan unsur-unsur esensial pada proses pembentukan pengetahuan IPA. Cakupan pengetahuan epistemik meliputi pemahaman tentang fungsi pertanyaan, observasi, teori, hipotesis, model, dan argumen yang berperan dalam IPA, pengenalan berbagai macam bentuk penyelidikan ilmiah, dan peran tinjauan rekan sejawat dalam validasi pengetahuan IPA (OECD, 2013: 20).

Sehingga SSP IPA yang dikembangkan dalam penelitian ini meliputi silabus, RPP, LKPD dan Instrumen penilaian dengan materi limbah gula madukismo yang menjadi masalah dalam pencemaran lingkungan menggunakan *metode guided inquiry* untuk meningkatkan literasi sains pada 3 komponen literasi sains yaitu : 1) menjelaskan fenomena secara ilmiah, 2) mengevaluasi dan mendesain penyelidikan ilmiah, dan 3) menginterpretasikan bukti dan data ilmiah.

5. Kajian Materi

a) Limbah Gula Madukismo

Pabrik gula dalam proses produksinya mengeluarkan tiga jenis limbah yaitu limbah padat, cair dan gas. Masing-masing limbah tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda dan akibat yang ditimbulkan terhadap lingkungan juga berlainan. Limbah dari PGPS Madukismo terdiri dari tiga jenis limbah yaitu limbah padat, limbah cair dan limbah gas.

1. Limbah Padat

Limbah padat merupakan bahan – bahan buangan rumah tangga atau pabrik yang tidak digunakan lagi dalam bentuk padat. Sampah merupakan limbah padat yang paling banyak di lingkungan (Arif 2014: 19).

Limbah padat yang dihasilkan pabrik gula madukismo dari proses produksi berupa ampas blotong. Ampas tersebut diperoleh dari batang – batang tebu yang telah masuk ke rol gilingan (pisau tebu, penghancur tebu dan pemeras tebu). Untuk memperoleh ampas yang lembut dan cepat kering maka tebu harus dipotong – potong menjadi bagian kecil sebelum masuk rol gilingan.

Arif (2014: 26-29) mengemukakan bahwa proses pengolahan limbah padat ada tiga macam yaitu 1) penimbunan, 2) insinerasi, dan 3) daur ulang, yang masing – masing dijelaskan sebagai berikut:

a. Penimbunan

Terdapat dua cara penimbunan sampah yang umumnya dikenal yaitu metode penimbunan terbuka (*open dumping*) dan metode *sanitary landfill*. Pada metode penimbunan terbuka, sampah dikumpulkan dan ditimbun begitu saja dalam lubang pada suatu lahan. Metode penimbunan terbuka ini memberikan dampak negative yaitu hama dan kuman dapat berkembang biak, gas metan yang dihasilkan oleh pembusukan sampah organik dapat menyebar dan menimbulkan bau busuk, dan cairan yang tercampur akan merembes ke dalam tanah sehingga dapat mencemari tanah dan air.

Metode *sanitary landfill* merupakan pengembangan dari metode *open dumping*. Pada metode *sanitary landfill* sampah ditimbun pada lubang yang dialasi dengan lapisan lempung dan lembaran plastik untuk mencegah perembesan limbah ke tanah. Sampah yang tertimbun dipadatkan dan ditutupi dengan lapisan tanah tipis setiap hari, hal ini untuk mencegah tersebarnya gas metan.

b. Insinerasi

Insinerasi adalah pembakaran limbah padat menggunakan suatu alat yang disebut dengan insinerator. Kelebihan dari proses ini adalah volume sampah berkurang sangat banyak hingga mencapai 90% dan proses insinerasi menghasilkan panas yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik atau memanaskan ruangan. Kekurangan dari metode ini adalah tidak semua jenis sampah dapat dibakar dalam insinerator, biaya operasi mahal, dan menghasilkan asap buangan yang dapat mencemari udara serta abu pembakaran yang kemungkinan mengandung senyawa berbahaya.

c. Daur ulang

Berbagai jenis limbah padat dapat mengalami proses daur ulang menjadi produk baru. Proses daur ulang sangat berguna untuk mengurangi timbunan sampah karena bahan buangan

diolah menjadi bahan yang dapat digunakan kembali. Contoh beberapa jenis limbah padat yang dapat didaur ulang adalah kertas, kaca, plastik, karet, logam, dan sampah organik yang dapat dimanfaatkan menjadi produk baru. Ampas tebu yang sudah tidak dipakai dapat digunakan kembali seperti: 1) sebagai bahan bakar, 2) pembuatan briket, dan 3) pembuatan kompos.

2. Limbah cair

Menurut PP No. 82 Tahun 2001, limbah cair merupakan sisa suatu usaha atau kegiatan yang berwujud cair. Limbah cair adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat umum lainnya dan mengandung bahan atau zat – zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup (Arif, 2014: 20). Limbah cair merupakan penyebab utama terjadinya pencemaran air. Industri yang menghasilkan limbah cair wajib melakukan pengolahan air limbah agar memenuhi buku mutu yang ditetapkan pemerintah sehingga dapat langsung dibuang tanpa mencemari lingkungan.

Sumber pencemaran yang paling berat dari limbah pabrik gula berasal dari limbah cair. Tebu yang mengalami proses pencucian, penggilingan, pengendapan, dan seterusnya air dialirkan ke dalam proses produksi. Limbah cair berasal dari proses pembersihan atau pencucian dan pemasakan menghasilkan efek asam atau alkali

dengan menganadung kadar garam yang cukup tinggi. Limbah cair yang dihasilkan pabrik gula madukismo yaitu nira, air kurasan, air pendingin, air buangan minyak dan sisa larutan gula (Rendr, 2015: 3). Menurut Arif (2014: 30-31), terdapat 4 cara sederhana pengolahan air buangan (limbah) yaitu: 1) pengenceran, 2) kolam oksidasi, 3) irigasi, dan 4) filtrasi.

3. Limbah Gas

Pada umumnya limbah gas pabrik bersumber dari penggunaan bahan baku, proses dan hasil serta sisa pembakaran. Gas yang dihasilkan dari pabrik merupakan salah satu penyebab terjadinya pencemaran udara.

Sebagian gas maupun partikel yang terjadi pada ruang pembakaran, sebagai sisa yang tidak dapat dihindarkan dan karenanya harus dilepaskan melalui cerobong asap. Asap yang dikeluarkan melalui cerobong hasil pembakaran ini dapat digolongkan sebagai aerosol. Renda, (2015: 3) gas yang dihasilkan dari proses pembakaran stasiun ketel berupa gas CO_2 dan CO . Banyak jenis gas dan partikel gas lepas dari pabrik melalui cerobong asap ataupun penangkap debu harus ditekan sekecil meungkin dalam upaya mencegah kerusakan lingkungan.

b) Pencemaran Air

Dewasa ini air menjadi masalah yang perlu mendapat perhatian secara cermat. Untuk mendapatkan air yang baik sesuai dengan standar tertentu, saat ini menjadi barang yang mahal karena air sudah banyak tercemar oleh bermacam – macam limbah dari hasil kegiatan manusia, baik limbah dari kegiatan rumah tangga, limbah dari kegiatan industri dan kegiatan lainnya (Wisnu, 2004: 71).

Dalam PP No. 20/1990 tentang pengendalian pencemaran air, pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energy, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Arif, 2010: 222). Pengertian tingkat tertentu dalam definisi tersebut adalah tingkat kualitas air yang menjadi batas antara tingkat tak cemar (tingkat kualitas air belum sampai batas) dan tingkat cemar (kualitas air yang telah sampai batas atau melewati batas). Air yang aman adalah air yang sesuai dengan kriteria bagi peruntukan air tersebut. Misalnya, kriteria air yang dapat diminum secara langsung (air kualitas A) mempunyai kriteria yang berbeda dengan air yang dapat digunakan untuk air baku mium (kualitas B) atau air kualitas C untuk keperluan perikanan dan peternakan dan air kualitas D untuk keperluan pertanian serta usaha perkotaan , industri, dan pembangkit listrik tenaga air (Arif, 2010: 223).

Wisnu (2004: 72) menjelaskan bahwa pencemaran air dapat terjadi karena manusia yang kurang menyadari akan kerusakan lingkungan yang ditimbulkan. Ulah manusia membuat kualitas air menurun dan dapat mempengaruhi kelangsungan hidup manusia di masa yang akan datang.

Air seringkali mengandung bakteri atau mikroorganisme lainnya. Air yang mengandung bakteri atau mikroorganisme tidak dapat langsung digunakan sebagai air minum tetapi harus direbus terlebih dahulu agar bakteri atau mikroorganismenya mati. Indikator atau tanda bahwa air telah tercemar adalah adanya perubahan suhu, adanya perubahan pH atau konsentrasi ion Hidrogen, adanya perubahan warna, bau, dan rasa air, timbul endapan, koloidal, bahan terlarut, adanya mikroorganisme dan meningkatnya radioaktivitas air lingkungan (Wisnu, 2004: 74).

1. Adanya perubahan suhu air

Air sering digunakan sebagai medium pendingin dalam berbagai proses industri. Air pendingin akan mendapatkan panas dari bahan yang didinginkan dan kemudian akan dibuang kembali ke sungai atau sumber lainnya. Air buangan tersebut memiliki suhu lebih tinggi dari suhu air asalnya akibatnya oksigen yang terlarut (DO) akan semakin sedikit. Oksigen terlarut (*dissolved oxygen = DO*) dibutuhkan oleh semua makhluk hidup untuk pernapasan. Naiknya suhu air dapat menurunkan jumlah oksigen yang terlarut dalam air,

meningkatkan kecepatan reaksi kimia, mengganggu kehidupan biota perairan, dan bahkan apabila batas suhu mematikan terlampaui dapat mengakibatkan matinya komponen biotik. Air tercemar mempunyai suhu kurang lebih 3°C lebih tinggi dari suhu lingkungannya.

2. Adanya perubahan pH atau konsentrasi ion H

Air yang mempunyai syarat untuk kehidupan mempunyai pH berkisar 6,5 – 7,5. Air dapat bersifat asam atau basa, tergantung pada besar kecilnya pH air atau besarnya ion Hidrogen di dalamnya. Air yang mempunyai pH lebih kecil dari pada pH normal akan bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH lebih besar dari pada pH normal akan bersifat basa. Air limbah pabrik dari kegiatan industri yang dibuang ke sungai akan mengubah pH air yang akhirnya mengganggu kehidupan organisme di dalam air.

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

Bahan buangan dari kegiatan industri yang berupa bahan organik dan bahan anorganik seringkali larut dalam air. Apabila bahan buangan dan air limbah dapat larut dalam air dengan melebihi ambang batas maka akan terjadi perubahan warna air. Air dalam keadaan normal dan bersih tidak akan berwarna, sehingga tampak bening dan jernih. Selain itu degradasi bahan buangan industri dapat pula menyebabkan terjadinya perubahan warna air. Tingkat

pencemaran air tidak harus bergantung pada warna air, hal ini dikarenakan bahan buangan industri yang memberikan warna belum tentu berbahaya dari bahan buangan yang tidak memberikan warna.

Bau yang keluar dari dalam air dapat langsung berasal dari bahan buangan atau air limbah dari kegiatan industri, atau dapat pula berasal dari hasil degradasi bahan buangan oleh mikroba yang hidup di dalam air. Bahan buangan industri yang bersifat organik atau bahan buangan dan air limbah dari kegiatan industri pengolahan makanan seringkali menimbulkan bau yang sangat menyengat. Mikroba di dalam air akan mengubah bahan buangan organik, terutama gugus protein, secara degradasi menjadi bahan yang mudah menguap dan berbau. Timbulnya bau pada air dapat dipakai sebagai salah satu tanda terjadinya tingkat pencemaran yang cukup tinggi.

Air normal yang digunakan untuk suatu kehidupan pada umumnya tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Apabila air mempunyai rasa (kecuali air laut) maka hal itu berarti telah terjadi pelarutan sejenis garam – garaman. Air yang mempunyai rasa biasanya berasal dari garam – garam yang terlarut. Apabila hal ini terjadi maka telah ada pelarutan ion – ion logam yang dapat mengubah konsentrasi ion hydrogen dalam air. Adanya rasa pada

air umumnya diikuti dengan perubahan pH air (Wisnu, 2004: 75-76).

4. Timbulnya endapan, koloidal dan bahan terlarut

Endapan koloidal serta bahan terlarut berasal dari adanya bahan buangan industri yang berbentuk padat. Bahan buangan yang berbentuk padat kalau tidak dapat larut sempurna akan mengendap di dasar sungai dan yang dapat larut sebagian akan menjadi koloidal. Endapan sebelum sampai di dasar sungai akan melayang – laying di dalam air bersama dengan koloidal, sehingga dapat menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam lapisan air. Karena tidak ada sinar matahari maka proses fotosintesis tidak dapat berlangsung. Akibatnya kehidupan mikroorganisme di dalam air jadi terganggu.

Apabila endapan dan koloidal yang terjadi berasal dari bahan buangan organik, maka mikroorganisme dengan bantuan oksigen yang terlarut di dalam air akan melakukan degradasi bahan organik tersebut sehingga menjadi bahan yang lebih sederhana. Sehingga kandungan oksigen yang terlarut di dalam air akan berkurang, akibatnya organisme lain yang membutuhkan oksigen akan terganggu kehidupannya. Banyaknya oksigen yang diperlukan untuk proses degradasi biokimia disebut dengan *Biological Oxygen Demand* (BOD). Apabila bahan anorganik yang terlarut, maka air akan mendapatkan tambahan ion – ion logam yang berasal dari baha

anorganik. Banyaknya bahan anorganik yang memberikan ion – ion logam berat pada umumnya bersifat racun, seperti Cd, Cr, dan Pb (Wisnu, 2004: 76-77).

5. Adanya organisme

Mikroorganisme sangat berperan dalam proses degradasi bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke air lingkungan. Apabila bahan yang didegradasi cukup banyak, maka mikroorganisme akan ikut berkembang biak. Dalam perkembangbiakan mikroorganisme tidak menutup kemungkinan bahwa mikroba pantogen juga ikut berkembang biak. Mikroba pantogen adalah penyebab timbulnya macam penyakit. Pada industri pengolahan bahan makanan berpotensi untuk menyebabkan berkembangbiaknya mikroorganisme termasuk mikroba pantogen (Wisnu, 2004: 77).

6. Meningkatnya Radioaktivitas air lingkungan

Zat radioaktif dapat menyebabkan berbagai kerusakan biologis apabila tidak ditangani dengan benar, baik melalui efek langsung maupun efek tidak langsung. Maka tidak dibenarkan dan tidak etis bila ada yang membuang bahan sisa radioaktif ke lingkungan. Pembakaran batu bata adalah salah satu sumber yang dapat meningkatkan radioaktivitas lingkungan (Wisnu, 2004: 77 – 78).

Menurut Azrul Aswar (1986: 36) ada 3 hal syarat air yang dipandang baik yaitu syarat fisik, syarat bakteriologis, dan syarat kimia.

1. Syarat fisik

Air yang digunakan untuk minum adalah air yang tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau, jernih dengan suhu sebaiknya dibawah suhu udara sehingga menimbulkan rasa nyaman.

2. Syarat bakteriologis

Semua air minum haruslah dapat terhindar dari kemungkinan terkontaminasi dengan bakteri, terutama yang bersifat pantogen. Untuk mengukur suatu air minum bebas dari bakteri atau tidak, yang digunakan sebagai indikator adalah *E Coli*.

3. Syarat Kimia

Air minum yang baik adalah air yang tidak tercemar oleh zat – zat kimia ataupun mineral secara berlebihan, terutama zat – zat ataupun mineral yang berbahaya bagi kesehatan.

c) **Komponen Pencemaran Air**

Indikator atau tanda yang menunjukkan bahwa air lingkungan tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati. Komponen pencemaran air juga ikut menentukan bagaimana indikator tersebut terjadi. Menurut Wisnu (2004: 78-79) komponen pencemaran air meliputi bahan buangan padat, bahan buangan zat kimia, bahan

buangan organik, bahan buangan anorganik, bahan buangan olahan makanan, dan bahan buangan cairan minyak.

1. Bahan buangan padat

Bahan buangan padat dalam hal ini adalah bahan buangan yang berbentuk padat, baik yang kasar maupun yang halus. Kedua macam bahan buangan padat apabila dibuang ke air lingkungan dapat mengakibatkan:

- a. Pelarutan Bahan buangan padat oleh air
- b. Pengendapan bahan buangan padat di dasar air
- c. Pembentukan koloidal yang melayang di dalam air.

2. Bahan Buangan Zat Kimia

Keberadaan bahan buangan zat kimia di dalam air lingkungan jelas merupakan racun yang mengganggu dan bahkan dapat mematikan hewan air, tanaman air, dan juga manusia. Contoh dari bahan buangan zat kimia adalah

- a. Sabun (deterjen, sampo, dan bahan pembersih lainnya)
- b. Bahan pemberantas hama (insektisida)
- c. Zat warna kimia
- d. Larutan penyamak kulit

3. Bahan Buangan Organik

Bahan buangan organik berupa limbah yang membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme. Oleh karena itu bahan buangan

organik tidak dianjurkan untuk dibuang ke air lingkungan karena dapat menaikkan populasi mikroorganisme di dalam air. Dengan bertambahnya mikroorganisme di dalam air maka tidak tertutup pula kemungkinan untuk ikut berkembangnya bakteri patogen yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Bahan buangan organik sebaiknya dikumpulkan dan diproses menjadi pupuk buatan (kompos) yang berguna bagi tanaman. Pembuatan kompos berarti mendaur ulang limbah organik yang berdampak positif bagi lingkungan hidup manusia.

4. Bahan Buangan Anorganik

Bahan buangan anorganik pada umumnya berupa limbah yang tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Apabila bahan buangan anorganik dibuang ke dalam air, maka dapat meningkatkan jumlah ion logam di dalam air. Bahan buangan anorganik biasanya berasal dari industri yang melibatkan penggunaan unsur – unsur logam seperti, Timbal (Pb), Arsen (As), Kadmium (Cd), Raksa (Hg), Kromium (Cr), Nikel (Ni), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Kobalt (Co), dan lainnya. Kandungan ion Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) di dalam air menyebabkan air bersifat sadah. Kesadahan air yang tinggi dapat merugikan karena dapat merusak peralatan yang terbuat dari besi melalui proses perkaratan. Apabila ion – ion logam yang terjadi di dalam air berasal

dari logam berat maupun logam yang bersifat racun seperti Timbal (Pb), Arsen (As), dan Raksa (Hg), maka air akan mengandung ion – ion yang sangat berbahaya bagi tubuh manusia.

5. Bahan Buangan Olahan Bahan Makanan

Apabila bahan buangan olahan bahan makanan mengandung protein dan gugus amin, maka pada saat didegradasi oleh mikroorganisme akan terurai menjadi senyawa yang mudah menguap dan berbau busuk. Selain itu, air lingkungan yang mengandungn bahan buangan olahan bahan makanan akan mengandung banyak mikroorganisme, termasuk bakteri pantogen.

6. Bahan Buangan Cairan Berminyak

Bahan buangan cairan berminyak tidak dapat larut dalam air, sehingga akan mengapung menutupi permukaan air. Lapisan minyak di permukaan air lingkungan akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air. Hal ini disebabkan oleh:

- a. Lapisan minyak pada permukaan air menghalangi difusi oksigen dari udara ke dalam air sehingga jumlah oksigen yang terlarut did alam air berkurang.
- b. Adanya lapisan minyak pada permukaan air juga akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air, sehingga fotosintesis oleh tanaman air tidak dapat berlangsung.

- c. Tidak hanya hewan air yang terganggu akibat adanya lapisan minyak pada permukaan air, tetapi burung air pun ikut terganggu karena bulunya jadi lengket tidak bisa mengembang lagi akibat terkena minyak.

d) Upaya Mengganggu Pencemaran Air

Menurut Achmad (2004: 98), tindakan untuk mengatasi pencemaran air antara lain:

1. Membuang bahan – bahan limbah ke tempat khusus
2. Dengan tindakan preventif mengusahakan agar limbah kota tidak mencemari air, dengan pengelolaan produksi yang sedikit menghasilkan limbah yang dapat didaur ulang.
3. Dengan membersihkan air limbah industri yang mengandung polutan terlebih dahulu sebelum meninggalkan kompleks industri.
4. Tidak mencuci kendaraan bermotor di sungai.
5. Tidak mengkonsumsi air sungai, danau, dan sumur tanpa dimasak.

Menurut Arif (2014: 30-33) beberapa cara sederhana pengolahan air buangan antara lain:

1. Pengenceran

Air limbah diencerkan sampai tahap konsentrasi yang cukup rendah kemudian dibuang ke badan – badan air. Pertambahan penduduk diikuti dengan meningkatnya aktifitas manusia menyebabkan jumlah air limbah semakin banyak, akibatnya air yang

digunakan untuk pengenceran semakin banyak pula. Sehingga cara pengenceran tidak dapat dipertahankan. Dampak lain dari pengenceran yaitu masih ditemukan kontaminasi dan dapat terjadi pengendapan di dasar sungai yang dapat mengakibatkan pendangkalan sungai.

2. Kolam oksidasi atau *Oxidation Ponds*

Kolam oksidasi adalah proses memanfaatkan sinar matahari, ganggang, bakteri, dan oksigen untuk pembersih alamiah. Air limbah dialirkan ke dalam kolam besar dengan kedalaman 1-2 meter. Lokasi kolam harus jauh dari pemukiman dan di daerah terbuka sehingga dapat memungkinkan sirkulasi udara dengan baik. Cara kerja kolam oksidasi sebagai berikut:

- a. Empat faktor yang berperan dalam proses kolam oksidasi adalah sinar matahari, ganggang, bakteri dan oksigen. Ganggang dalam air limbah dengan bantuan butir *khlorophyl* (hijau daun) dan sinar matahari dapat melakukan proses fotosintesis sehingga tumbuhan subur
- b. Setelah proses fotosintesis terbentuk karbohidrat dan oksigen dari H₂O dan CO₂. Kemudian oksigen ini digunakan

oleh bakteri aerobik untuk melakukan dekomposisi zat – zat organik yang terdapat dalam air buangan.

- c. Dekomposisi zat organik akan menurunkan nilai BOD dari air limbah tersebut sehingga relatif aman bila akan dibuang ke dalam badan – badan air seperti selokan, sungai, danau, waduk dan sebagainya.

3. Irigasi

Air limbah dialirkan ke dalam parit terbuka kemudian air tersebut merembes masuk ke dalam tanah melalui dasar dan dinding parit tersebut. Pada kondisi tertentu, air buangan dapat digunakan untuk mengairi lading pertanian atau perkebunan. Air buangan tersebut berasal dari limbah industri rumah tangga, perusahaan susu sapi, rumah potong hewan, dan lainnya yang mengandung zat organik dan protein cukup tinggi yang diperlukan oleh tumbuhan.

4. Penyaringan (filtrasi)

Filtasi adalah proses penyaringan untuk menghilangkan zat padat tersuspensi dari air melalui media berpori – pori. Zat padat tersuspensi dihilangkan pada waktu air melalui suatu lapisan materi berbentuk butiran yang disebut media filtrasi. Media filtrasi biasanya pasir atau kombinasi pasir, *anthracite*, *garnet*, *polystyrene* dan *beads*. Filter dengan bahan *anthracite*, kecepatan filtrasinya dapat diperbesar menjadi 1,5-2 kali saringan pasir. Pasir yang paling

baik untuk bahan filtrasi adalah pasir yang mengandung kwarsa (SiO_2) lebih besar atau sama 90,8%.

Filter yang digunakan dalam proses filtrasi biasanya dianggap sebagai saringan yang menahan zat padat tersuspensi diantara media filter. Proses filtrasi tergantung pada gabungan dari mekanisme fisika dan kimia yang kompleks dan yang terpenting adanya adsorpsi. Pada waktu air melalui lapisan filter, zat padat terlarut bersentuhan dan melekat pada permukaan dari butiran media filter atau materi yang lebih dahulu melekat membentuk film. Di dalam proses filtrasi terdapat *carbon filter* yang berfungsi sebagai penyerap bau, rasa, warna, sisa chlor dan bahan organik. Semakin lama air yang di dalam *carbon filter* maka semakin banyak pula zat yang terserap. *Carbon filter* dapat dibuat batubara atau arang batok kelapa.

Hasil penyaringan air melalui media penyaringan berbanding lurus dengan ketebalan dan ukuran media saringan. Semakin tebal atau semakin kecil ukuran saringan, maka akan semakin banyak zat – zat yang tersaring. Teknik penyaringan sederhana menggunakan kerikil, tisu, serabut kelapa, batu, pasir halus, pasir kasar, ijuk dan arang.

e) Asam dan Basa

Pengertian asam dan basa mula – mula dikemukakan oleh Arthenius pada tahun 1887 dalam (Partana dkk, 2013:10). Menurut Arthenius, asam didefinisikan sebagai zat yang bila dilarutkan dalam air akan mengalami ionisasi dengan membentuk ion hydrogen (H^+) sebagai satu – satunya ion positif. Basa didefinisikan zat yang bila dilarutkan didalam air akan mengalami ionisasi dengan membentuk ion hidroksil (OH^-) sebagai satu – satunya ion negatif.

1. Identifikasi sifat asam, basa, dan garam

Berdasarkan pH, larutan dibedakan menjadi tiga golongan yaitu, asam, basa dan netral. Sifat larutan tersebut dapat ditunjukkan dengan menggunakan indikator asam – basa yaitu zat warna yang menghasilkan warna berbeda dalam larutan asam dan basa. Cara menentukan senyawa bersifat asam, basa, dan netral dapat menggunakan kerta lakmus, larutan indikator buatan maupun alami (Winarsih, 2008: 35).

Tabel 4. Warna Kertas Lakmus dalam Larutan

No	Indikator	Larutan Asam	Larutan Basa	Netral
1	Lakmus Merah	Merah	Biru	Merah
2	Lakmus Biru	Merah	Biru	Biru
3	Metil Merah	Merah	Kuning	Kuning
4	Metil Jingga	Jingga	Kuning	Kuning
5	Fenilftalin	Tidak berwarna	Merah	Tidak berwarna

Lakmus digunakan sebagai indikator asam basa karena memiliki beberapa kelebihan, yaitu:

- a. Lakmus dapat berubah warna dengan cepat saat bereaksi dengan beberapa asam ataupun basa
- b. Lakmus sukar bereaksi dengan oksigen dalam udara sehingga dapat tahan lama.
- c. Lakmus mudah diserap oleh kertas, sehingga digunakan dalam bentuk lakmus kertas.

2. Menentukan pH suatu larutan

Potensial Hidrogen (pH) suatu larutan dapat ditentukan menggunakan indikator universal, larutan indikator, dan pH meter.

a. Indikator Universal

Indikator yang berupa kertas serap dan tiap kotak kemasan indikator jenis ini dilengkapi dengan peta warna. Penggunaannya sangat sederhana, sehelai indikator dicelupkan ke dalam larutan yang akan diukur pH nya, kemudian dibandingkan dengan peta warna yang tersedia.

b. Larutan indikator

Salah satu contoh indikator universal jenis larutan adalah larutan metil jingga. Pada pH kurang dari 6 larutan ini berwarna jingga, sedangkan pada pH lebih dari 7 warnanya menjadi kuning.

c. pH meter

Pengujian sifat larutan asam basa dapat juga menggunakan pH meter. Penggunaan alat ini dengan cara dicelupkan pada larutan yang akan diuji. Pada pH meter akan muncul angka yang menunjukkan pH larutan yang akan diukur.

(Winarsih dkk, 2008: 45-47).

f) Pencemaran Udara

Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan – bahan atau zat – zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normal (Wisnu, 2004: 27). Adanya bahan atau zat asing di dalam udara yang cukup lama akan dapat mengganggu kehidupan makhluk hidup. Susunan udara bersih terdiri dari N₂ (Nitrogen) 78,09%, O₂ (Oksigen) 21,94%, Ar (Argon) 0,93% dan CO₂ (Karbon dioksida) 0,032%.

1. Penyebab Pencemaran Udara

Perkembangan dalam industri dan teknologi yang pesat, serta meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil (minyak) menyebabkan udara yang kita hirup menjadi tercemar oleh gas – gas buangan hasil pembakaran. Secara umum penyebab pencemaran udara ada 2 macam yaitu faktor internal dan faktor eksternal.

Faktor internal (secara ilmiah), contohnya:

- a. Debu yang berterbangan akibat tiupan angin.
- b. Abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi berikut gas – gas vulkanik.
- c. Proses pembusukan sampah organik.

Faktor eksternal (karena ulah manusia), contohnya:

- a. Hasil pembakaran bahan bakar fosil.
- b. Debu/serbuk dari kegiatan industri.
- c. Pemakaian zat – zat kimia yang disemprotkan ke udara.

Pencemaran pada suatu tingkat tertentu dapat merupakan campuran dari satu atau lebih bahan pencemar, baik berupa padatan, cairan, atau gas yang masuk tersipersi ke udaran dan kemudian menyebar ke lingkungan sekitarnya.

2. Komponen Pencemaran udara

Udara di daerah yang mempunyai kegiatan industri dan teknologi serta lalu lintas yang padat, udaranya relatif sudah tidak bersih lagi. Beberapa komponen pencemaran udara yang paling berpengaruh yaitu: karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), belerang oksida (SO_x), hidro karbon (HC) dan partikel (Wisnu, 2004: 31).

a. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) adalah suatu gas yang tak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Gas CO dapat

berbentuk cairan pada suhu dibawah -192°C . gas sebagian besar berasal dari pembakaran fosil dengan udara, berupa gas buangan. Efek terhadap kesehatan dari gas CO, dapat menggeser O_2 yang terikat pada hemoglobin (Hb) dan mengikat Hb menjadi carboxyhaemoglobin (COHb). Gas CO secara umum terbentuk melalui proses berikut, 1) Pembakaran bahan bakar fosil dengan udara yang reaksinya tidak stoikiometris, 2) pada suhu tinggi terjadi raski antara karbon dioksida (CO_2) dengan karbon C yang menghasilkan gas CO, dan 3) pada suhu tinggi, CO_2 dapat terurai kembali menjadi CO dan oksigen (Wisnu, 2004: 41).

b. Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen Oksida sering disebut NO_x berasal dari gas buangan hasil pembakaran yang keluar dari generator pembangkit listrik yang menggunakan gas alam. Nitrogen oksida mempunyai tiga macam bentuk yang sifatnya berbeda yaitu, Nitrous Oxide (N_2O), Nitric Oxide (NO), dan Nitrogen Dioksida (NO_2).

Nitrous Oxide (N_2O) merupakan gas yang tidak berwarna yang dapat menyerap sinar ultraviolet. Gas ini berperan penting dalam perubahan iklim. Nitric Oxide (NO) merupakan gas yang tidak stabil dan di udara selanjutnya

akan teroksidasi menjadi Nitrogen Dioksida (NO_2). Nitrogen Dioksida merupakan gas yang *toxic* bagi manusia dan umumnya mengganggu sistem pernapasan. Gas ini dapat masuk ke paru – paru dan membentuk asam nitrit (HNO_2) dan asam nitrat (HNO_3) yang merusak jaringan *mucous* (Wisnu, 2004: 43).

c. Belerang Oksida (SO_x)

Belerang Oksida sering ditulis dengan SO_x terdiri atas gas sulfur dioksida (SO_2) dan gas sulfur trioksida (SO_3) yang keduanya mempunyai sifat berbeda. Gas SO_2 yang berada di atmosfer menyebabkan iritasi saluran pernapasan dan kenaikan sekresi *mucous*. Dengan konsentrasi 500 ppm, gas ini dapat menyebabkan kematian pada manusia. Pencemaran SO_2 berasal dari sumber alamiah maupun buatan. Sumber alamiah adalah gunung berapi, pembusukan sampah organik oleh mikroba, dan reduksi secara biologis. Sumber buatan adalah pembakaran bahan bakar minyak, gas, dan terutama batu bara yang mengandung sulfur yang tinggi. Gas SO_3 bersifat reaktif, mudah bereaksi dengan uap air yang ada di udara untuk membentuk asam sulfat (H_2SO_4) sehingga dapat menimbulkan turunnya hujan asam (Wisnu, 2004: 47).

d. Hidro Karbon (HC)

Hidrokarbon sering disingkat dengan HC adalah pencemar udara yang dapat berupa gas, cairan maupun padatan. Dinamakan hidrokarbon karena penyusun utamanya adalah atom karbon dan atom hydrogen yang dapat terikat secara ikatan lurus atau terikat secara ikatan cincin (tertutup). Keberadaan HC di udara apabila tercampur dengan gas lain dapat membentuk semacam kabut minyak yang sangat mengganggu. Sumber HC berasal dari hasil pembakaran alat transportasi (Wisnu, 2004: 51).

e. Partikel

Partikel adalah pencemar udara yang dapat bersama – sama dengan bahan atau bantuk pencemar lainnya. Partikel dapat diartikan secara murni atau sempit sebagai bahan pencemar yang berbentuk padatan. Menurut Wisnu (2004: 57) partikel meliputi berbagai macam bentuk yang dapat berupa keadaan – keadaan berikut:

- 1) *Aerosol* adalah istilah umum yang menyatakan adanya partikel yang terhambur dan melayang di udara.
- 2) *Fog* atau kabut adalah aerosol yang berupa butiran – butiran air yang berada di udara.

- 3) *Smoke* atau asap adalah aerosol yang berupa campuran antara butiran padatan dan cairan yang terhabur melayang di udara karena adanya hembusan angin.
- 4) *Dust* atau debu adalah aerosol yang berupa butiran padat terhabur dan melayang di udara karena adanya hembusan.
- 5) *Mist* artinya mirip dengan kabut penyebabnya adalah butiran – butiran zat cair (bukan butiran air) yang terhabur dan melayang di udara.
- 6) *Fume* adalah aerosol yang berasal dari kondensasi uap logam.
- 7) *Plume* adalah asap yang keluar dari cerobong asap suatu industri.
- 8) *Haze* adalah setiap bentuk aerosol yang mengganggu pandangan di udara.
- 9) *Smog* adalah bentuk campuran antara *smoke* dan *fog*.
- 10) *Smaze* adalah bentuk campuran antara *smoke* dan *haze*

3. Pengendalian Kualitas Udara

Bila emisi dikeluarkan dari suatu aktivitas tidak sesuai dengan baku mutu emisi, perlu dilakukan pengendalian terhadap emisi tersebut. Satu cara yang masih banyak dilakukan adalah dengan

pemakaian alat pengendali emisi dan pengendalian khusus. Menurut Arif (2010: 216-217) ada beberapa jenis alat pengendali emisi yaitu:

a. Filter udara

Filter udara dimaksud untuk menyaring partikel yang ikut keluar pada cerobong, agar tidak terlepas ke lingkungan sehingga hanya udara bersih yang dikeluarkan. Pemilihan filter tergantung pada jenis dan ukuran partikel yang terdapat pada emisi. Filter udara yang dipasang harus secara tetap diamati sehingga kalau sudah jenuh harus diganti dengan yang baru.

b. Pendendapan Siklon

Pengendapan siklon adalah pengendap partikel yang ikut dalam emisi dengan memanfaatkan gaya sentrifugal dari partikel yang sengaja dihembuskan melalui tepi dinding tabung siklon sehingga partikel yang lebih berat akan jatuh ke bawah. Makin besar ukuran debu, maka makin cepa partikel tersebut diendapkan.

c. Pengendapan Sistem Gravitasi

Alat pengendap ini berupa ruang panjang sedemikian rupa yang dialiri dengan udara kotor yang mengandung partikel secara perlahan, sehingga memungkinkan terjadinya pengendapan partikel ke bawah akibat gaya beratnya sendiri.

d. Pengendapan elektrostatik

Pengendapan ini digunakan untuk mengendapkan partikel dengan ukuran di bawah 5 μm lebih. Alat penfendap elektrostatik digunakan untuk membersihkan udara kotor dalam jumlah yang relatif besar. Alat ini berupa tabung silinder yang ditengahnya dipasang kawat yang dialiri arus listrik. Akibat adanya perbedaan tegangan akan menimbulkan *corona discharge* di daerah sekitar pusat silinder. Hal ini menyebabkan udara menjadi ion negative dan akan mengalami ionisasi. Kotoran udara menjadi ion negative dan akan ditarik oleh dinding tabung sedangkan udara bersih akan berada di tengah – tengah silinder dan kemudian terhembus keluar.

e. Filter basah

Filter basah adalah *scrubber* atau *wet collector*. Untuk pencemar yang nonpartikel (gas dan uap) tidak dapat dipisahkan dengan filter biasa atau pengendap siklon. Prinsip kerja *scrubber* adalah melewati bahan pencemar melalui larutan penyerap. Sebagai akibat terjadinya kontak antara bahan pencemar dan larutan penyerap, akan terjadi penyerapan bahan pencemar di dalam larutan penyerap ini.

Pengendalian khusus beberapa pencemar dapat dikelola dengan metode yang lebih spesifik seperti:

a. Pengendalian Sulfur Diodida (SO_2)

Pengendalian sulfur dioksida terutama dilakukan dengan mengurangi penggunaan bahan bakar bersulfur tinggi atau menukarnya dengan bahan bakar yang lebih bersih lingkungan. Namun tidak selamanya pengurangan bahan bakar sulfur dapat dilakukan. Maka dapat dilakukan pemisahan sulfur dioksida dengan cara *absorber* dan *stripper*. Gas akan melewati *absorber*, yang merupakan tabung vertical di mana gas lewat dari bawah ke atas sedangkan cairan menyerap (*absorbent*) lewat atas ke bawah. Untuk menjamin kontak antara gas buang dan absorbent, di dalam absorber dilengkapi dengan packing. Setelah terjadi kontak, SO_2 dalam gas buang akan terikat di absorbent dan dibawa ke bawah sedangkan gas yang sudah bersih akan keluar melalui puncak absorber. Selanjutnya absorbent yang sudah mengandung SO_2 dimasukkan ke dalam *stripper* untuk pengolahan selanjutnya.

b. Pengendalian Oksida Nitrogen (NO_x)

Ada dua pendekatan utama dalam pengelolaan NO_x yaitu modifikasi proses pembakaran untuk mencegah

pembentukan NO_x dan memperlakukan gas buang secara kimia, untuk mengkonversi NO_x menjadi N_2 . Kebanyakan modifikasi dari pembakaran melibatkan bagian pencampuran udara dan bahan bakar. Pembakaran bahan bakar sebanyak mungkin, pemindahan panas dari pembakaran, dan penambahan udara dan mengakhiri pembakaran. Hal ini disebut dengan *two-stage combination* (pembakaran dua tingkat) atau *re-burning* (pembakaran kembali). Pada tingkat pertama, temperature maksimum diturunkan sebab tidak semua bahan bakar ikut terbakar, sehingga tidak cukup oksigen untuk membentuk NO. Pada tingkat kedua panas yang cukup yang dilepaskan dari tingkat pertama dipakai untuk mencapai temperature maksimum dengan kehadiran oksigen berlebih cukup rendah, sehingga pembentukan NO menjadi berlebih cukup rendah. Pada tahap *re-burning* sejumlah kecil bahan bakar ditambahkan pada tingkat kedua, sering bahan bakar bernitrogen rendah seperti methane jika bahan bakar utama mengandung kadar nitrogen yang tinggi.

g) Briket

Briket arang adalah arang yang diolah lebih lanjut menjadi bentuk yang mempunyai penampilan kemasan yang lebih menarik dan dapat

digunakan untuk keperluan energy alternative sehari – hari (Lafas, 2015: 2). Briket arang mempunyai banyak kelebihan yaitu briket mempunyai nilai ekonomi yang tinggi bila dikemas dengan menarik, memiliki panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan arang kayu, tidak berbau, memiliki aroma alami, segar dan tahan lama. Briket arang dapat dibuat dari berbagai macam bahan, misalnya sekam padi, kayu, serbuk gergaji, dan tempurung kelapa. Begitu pula dengan perekat yang digunakan di dalamnya sebagai contoh tepung kanji, tapioca, molase, daun tanaman.

Cara pembuatan briket yaitu

1. Perancangan alat cetak briket

Alat cetak ini digunakan untuk mencetak briket. Cetakan yang dipakai dengan menggunakan paralon berdiameter 3 cm. Kemudian alat press menggunakan kayu yang diameternya disesuaikan dengan diameter paralon.

2. Pengayakan

Pengayakan yang dimaksudkan untuk menghasilkan arang yang lembut dan halus dari bahan yang digunakan. Sebelum diayak, arang tempurung kelapa (bahan lainnya) dihaluskan terlebih dahulu dengan cara ditumbuk sampai menjadi butiran kecil. Kemudian butiran arang disaring dengan penyaring.

3. Persiapan perekat

Persiapan perekat dilakukan untuk membuat perekat yang akan digunakan untuk membuat briket. Perekat yang akan digunakan ditimbang 15 gram, kemudian divampurkan dengan air hangat sebanyak 100 ml sedikit demi sedikit hingga perekatnya merata sempurna.

4. Pencampuran media

Arang yang sudah diayak kemudian dicampur dengan perekat sesuai dengan variable dengan presentase perekat 15% dalam media. Kemudian diaduk hingga merata agar perekat tercampur secara merata.

5. Pencetakan briket.

Bahan yang telah dicampur dengan perekat tersebut kemudian dimasukkan ke dalam cetakan. Tekan hingga benar – benar padat. Kemudian dorong keluar hingga briket tercetak.

B. Penelitian yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Dyah Lukito Sari dengan judul Pengembangan Bahan Ajar IPA Terpadu Berbasis Literasi Sains Bertema Perpindahan Kalor dalam Kehidupan bertujuan 1) mengetahui tingkat kelayakan bahan ajar IPA Terpadu berbasis literasi sains dengan tema Perpindahan Kalor dalam Kehidupan yang telah

dikembangkan. 2) Mengetahui peningkatan kemampuan literasi sains siswa yang menggunakan bahan ajar berbasis literasi sains dengan tema Perpindahan Kalor dalam Kehidupan. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh perbandingan muatan literasi sains yang terkandung dalam bahan ajar adalah 40,4% untuk aspek sains sebagai batang tubuh, 21,5% untuk sains sebagai cara menyelidiki, 19,01% untuk sains sebagai cara berpikir dan 19,09% untuk interaksi sains teknologi dan masyarakat. Bahan ajar yang dikembangkan dinyatakan sudah layak digunakan dengan skor rata-rata kelayakan isi 87,5%, kelayakan penyajian 90,5%, kelayakan bahasa 87,5%, kelayakan grafis 91,7%, dan kelayakan literasi sains 88,9%. Bahan ajar yang dikembangkan juga memiliki tingkat keterbacaan yang tinggi dengan skor rata-rata 72,43%. Hal tersebut menunjukkan bahwa bahan ajar berbasis literasi sains mudah dipahami oleh siswa. Kemampuan literasi sains siswa yang menggunakan bahan ajar berbasis literasi sains meningkat sebesar 0,6 sedangkan siswa yang menggunakan bahan ajar sekolah meningkat sebesar 0,3. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa bahan ajar IPA terpadu berbasis literasi sains dapat meningkatkan kemampuan literasi sains siswa.

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Fuad Sya`ban ini bertujuan untuk mengembangkan SSP berbasis keunggulan lokal yang layak dipergunakan dalam meningkatkan literasi sains dan kepedulian lingkungan peserta didik MTs. Penelitian pengembangan ini menggunakan metode Borg & Gall. Subjek uji coba lapangan terdiri dari 50 orang peserta didik kelas VII MTs Manbaul Ulum. Hasil penelitian ini menunjukkan, bahwa SSP yang telah dikembangkan layak

dipergunakan, berdasarkan hasil penilaian validator “sangat baik” dan berdasarkan hasil uji beda antara kelas kontrol dan eksperimen yang menunjukkan adanya perbedaan rata-rata nilai literasi sains antara dua kelas tersebut yaitu terdapat peningkatan literasi sains peserta didik menggunakan SSP berbasis kearifan lokal yang dikembangkan.

C. Kerangka Berpikir

IPA adalah ilmu yang mempelajari peristiwa – peristiwa yang terjadi di alam, berhubungan dengan alam atau bersangkut paut dengan alam. Pembelajaran IPA hakikatnya merujuk pada tiga unsur utama hakikat IPA yaitu, produk, proses, dan sikap. Pembelajaran IPA akan lebih baik apabila proses pengetahuan dan aplikasi saling memiliki keterkaitan. Dimana pengetahuan yang diperoleh dapat diaplikasikan dalam kehidupan. Literasi sains merupakan salah satu cara yang dapat digunakan dalam pembelajaran mengaplikasikan proses pengetahuan. Dalam proses pembelajaran hendaknya membutuhkan suatu rancangan, dimana rancangan tersebut tertuang di dalam *Subject Specific Pedagogy* (SSP).

Berdasarkan observasi di sekolah, ditemukan beberapa masalah yaitu rendahnya kemampuan literasi sains ditunjukkan dengan rendahnya kemampuan peserta didik dalam menjelaskan fenomena secara ilmiah. Berkaitan dengan menjelaskan fenomena secara ilmiah perlu adanya suatu bimbingan yang berkaitan erat dengan proses mencari tau apa yang ada di alam sekitar serta bagaimana untuk menyikapinya. Maka untuk memfasilitasi rasa ingin tahu dengan dapat dilakukan dengan pendekatan *guided inquiry*. Oleh karena itu, untuk memfasilitasi

pembelajaran kedua aspek *guided inquiry* dan literasi sains maka diperlukan suatu perangkat pembelajaran. Perangkat pembelajaran berupa *Subject Specific Pedagogy* (SSP) yang meliputi silabus, RPP, LKPD dan instrument penilaian. Literasi sains yang

Penelitian ini dilakukan untuk memfasilitasi pembelajaran dengan melatih literasi sains peserta didik. Maka untuk melatih dan meningkatkan literasi sains peserta didik, penelitian ini mengembangkan produk *Subject Specific Pedagogy* (SSP) IPA materi Limbah Gula Madukismo berbasis *guided inquiry*. SSP IPA yang dikembangkan meliputi Silabus, RPP, LKPD dan instrument penilaian.

Permasalahan yang ditemukan

