

## **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

### **A. Kajian Teori**

#### **1. IPA dan Pembelajarannya**

Asih Widi Wisudawati & Eka Sulistyowati (2014: 22) mendefinisikan IPA sebagai ilmu yang mempelajari tentang fenomena alam yang faktual (*factual*), baik berupa kenyataan (*reality*) atau kejadian (*events*) dan hubungan sebab-akibatnya. Lebih lanjut, Susilowati (2015: 1) menyatakan bahwa IPA merupakan pengetahuan yang rasional mengenai alam semesta dengan segala isinya yang diperoleh melalui proses ilmiah.

IPA diperoleh melalui prosedur tertentu yang bersifat sistematis. Carin & Sund (1983: 4) menyatakan bahwa “*Science is the system of knowing about the universe through data collected by observation and controlled experimentation*”. IPA merupakan pengetahuan sistematis tentang alam yang diperoleh melalui pengumpulan data dengan observasi dan eksperimen.

Chiappetta & Koballa (2010: 105) membagi IPA menjadi empat dimensi, yaitu *a way of thinking, a way of investigating, a body of knowledge*, serta *science and it's interaction with technology and society*. IPA merupakan cara berpikir dalam memecahkan persoalan yang berkaitan dengan objek alam, cara menyelidiki berbagai fenomena dan persoalan alam, kumpulan pengetahuan, dan kaitannya dengan teknologi

serta masyarakat. Hal ini diperkuat dengan pendapat Carin & Sund (1983:

5) bahwa:

*Science has three major elements: processes or methods, products, and human attitudes. 1) Processes or methods is certain ways of investigating problems, for example observing, making hypotheses, designing and carrying out experiments, evaluating data, measuring, and so on. 2) Products are facts, principles, laws, theories, for example the scientific principle that metals expand when heated. 3) Human attitude is certain beliefs, values, opinions, for example suspending judgement until enough data have been collected.*

IPA terdiri dari tiga unsur utama, yaitu proses atau metode ilmiah, produk ilmiah, dan sikap ilmiah. Proses atau metode ilmiah merupakan cara tertentu dalam menyelidiki masalah, seperti mengobservasi, membuat hipotesis, merancang dan melakukan eksperimen, mengevaluasi data, mengukur, dan sebagainya. Produk ilmiah merupakan kumpulan pengetahuan yang tersusun atas fakta, prinsip, hukum, dan teori, seperti hukum ilmiah tentang pemuaian logam akibat dipanaskan. Sikap ilmiah merupakan keyakinan, nilai, dan pendapat tertentu yang melekat dalam proses ilmiah, seperti menangguhkan keputusan hingga terkumpul cukup data.

Pusat Kurikulum (2007: 4) menambahkan satu unsur untuk melengkapi rumusan unsur IPA yang dikemukakan oleh Carin & Sund tersebut, yaitu aplikasi. Dalam hal ini, aplikasi merupakan penerapan metode ilmiah dan konsep IPA dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan pemaparan definisi IPA dari beberapa ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa IPA merupakan ilmu pengetahuan yang

mempelajari tentang alam dan fenomena alam yang diperoleh melalui serangkaian kegiatan penyelidikan ilmiah. IPA terdiri dari empat unsur, yaitu proses ilmiah, produk ilmiah, sikap ilmiah, dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.

Pembelajaran IPA di tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP) memiliki karakteristik tertentu. Menurut Trianto (2014: 152), pembelajaran IPA menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi peserta didik dalam memahami alam melalui proses “mencari tahu” dan “berbuat”. Hal tersebut dapat membantu peserta didik untuk memperoleh pemahaman terhadap alam sekitar dengan lebih mendalam.

Objek dan persoalan alam dalam pembelajaran IPA hendaknya disajikan sesuai dengan rumusan unsur IPA. Menurut Pusat Kurikulum (2007: 4), keempat unsur dalam IPA merupakan ciri IPA yang utuh dan tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Oleh karena itu, pembelajaran IPA tidak hanya menekankan pada penguasaan IPA sebagai kumpulan pengetahuan (*a body of knowledge*) atau produk ilmiah saja. Pembelajaran IPA hendaknya menekankan pada penguasaan IPA sebagai produk ilmiah, proses ilmiah, sikap ilmiah, dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari secara utuh.

Pendekatan pembelajaran IPA yang sesuai untuk memfasilitasi pemberian pengalaman langsung dan menekankan pada empat unsur IPA (produk, proses, sikap, dan aplikasi) adalah pendekatan inkuiri. *National*

*Research Council* (1996: 2) menyatakan bahwa “*Inquiry is central to science learning*”. Inkuiri merupakan pusat pembelajaran IPA.

Merujuk pada beberapa pendapat ahli tentang pembelajaran IPA tersebut, dapat disarikan bahwa karakteristik utama pembelajaran IPA di tingkat SMP adalah membelajarkan IPA secara utuh (produk ilmiah, proses ilmiah, sikap ilmiah, dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari) dan memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik melalui pendekatan inkuiri. Dengan demikian, peserta didik dapat terlibat aktif dalam proses pembelajaran.

## **2. Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD)**

Menurut Abdul Majid (2013: 371), LKPD merupakan salah satu jenis bahan ajar yang bertujuan untuk memicu dan membantu peserta didik melakukan kegiatan belajar dalam rangka menguasai suatu pemahaman, keterampilan, dan/atau sikap. Salah satu jenis kegiatan belajar yang mendominasi proses pembelajaran IPA adalah kegiatan penyelidikan dalam rangka memecahkan masalah. Hal ini sesuai dengan pendapat Trianto (2009: 222-223) bahwa LKPD adalah panduan yang digunakan peserta didik dalam kegiatan penyelidikan atau pemecahan masalah untuk mengembangkan seluruh aspek pembelajaran sesuai dengan indikator pencapaian hasil belajar yang harus ditempuh. Lebih lanjut, Yildirim, Kurt, & Ayas (2011: 45) menyatakan bahwa “*Worksheets are materials by which students are given transaction steps regarding what they are supposed to learn*”. LKPD adalah bahan ajar

yang berisi langkah-langkah yang dilakukan peserta didik sesuai dengan apa yang akan dipelajari peserta didik.

Sebagai bahan ajar, LKPD memiliki beberapa fungsi dalam pembelajaran IPA. Menurut Slamet Suyanto, Paidi, & Insih Wilujeng (2011: 4), beberapa fungsi LKPD antara lain:

- a. sebagai panduan peserta didik dalam melakukan kegiatan penyelidikan dan percobaan,
- b. sebagai panduan peserta didik melakukan diskusi dalam rangka konseptualisasi,
- c. sebagai wahana untuk melatih peserta didik berpikir lebih kritis, dan
- d. meningkatkan minat peserta didik untuk belajar.

Pengembangan LKPD mengacu pada struktur penulisan LKPD. Menurut Depdiknas (2008: 24), struktur LKPD minimal memuat enam komponen, yaitu judul dan identitas, petunjuk belajar peserta didik, kompetensi yang akan dicapai, informasi pendukung, langkah kerja, dan penilaian. Struktur penulisan LKPD yang lebih spesifik dipaparkan oleh Trianto (2009: 223) bahwa LKPD tersusun atas delapan komponen utama, yaitu judul, tujuan, teori singkat tentang materi, alat dan bahan, prosedur percobaan, data hasil pengamatan, pertanyaan diskusi, dan kesimpulan. Hal ini sesuai dengan pendapat Poppy Kamalia Devi, Renny Sofiraeni, & Khairuddin (2009: 32-33) bahwa struktur LKPD umumnya terdiri dari tujuh komponen, yaitu judul, pengantar (uraian singkat tentang konsep

yang akan dipelajari), tujuan, alat dan bahan, langkah kegiatan, tabel pengamatan, dan pertanyaan diskusi.

Kualitas dan tingkat kelayakan bahan ajar yang dikembangkan dapat diketahui dengan melakukan penilaian terhadap berbagai komponen. Menurut Depdiknas (2008: 28), komponen evaluasi bahan ajar meliputi kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafikan. Setiap komponen evaluasi tersebut dijabarkan dalam beberapa aspek. Adapun rincian aspek pada setiap komponen evaluasi bahan ajar dijabarkan dalam uraian berikut.

- a. Komponen kelayakan isi, mencakup aspek:
  - 1) kesesuaian dengan SK dan KD,
  - 2) kesesuaian dengan perkembangan anak,
  - 3) kesesuaian dengan kebutuhan bahan ajar,
  - 4) kebenaran substansi materi pembelajaran,
  - 5) manfaat untuk penambahan wawasan, dan
  - 6) kesesuaian dengan nilai moral dan nilai sosial.
- b. Komponen kebahasaan, mencakup aspek:
  - 1) keterbacaan,
  - 2) kejelasan informasi,
  - 3) kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar, serta
  - 4) pemanfaatan bahasa secara efektif dan efisien.
- c. Komponen penyajian, mencakup aspek:
  - 1) kejelasan tujuan yang ingin dicapai,
  - 2) urutan sajian,
  - 3) pemberian motivasi dan daya tarik,
  - 4) interaksi (pemberian stimulus dan respon), serta
  - 5) kelengkapan informasi.
- d. Komponen kegrafikan, mencakup aspek:
  - 1) penggunaan *font* (jenis dan ukuran),
  - 2) *lay out* atau tata letak,
  - 3) ilustrasi, gambar, foto, dan
  - 4) desain tampilan.

Selain memenuhi kriteria komponen evaluasi menurut Depdiknas, LKPD yang baik juga harus memenuhi berbagai persyaratan, yaitu

didaktik, konstruksi, dan teknis (Hendro Darmodjo & Jenny R.E. Kaligis, 1992: 41-46). Adapun rincian syarat didaktik, konstruksi, dan teknis dijabarkan dalam uraian berikut.

**a. Syarat Didaktik**

LKPD yang memenuhi persyaratan didaktik adalah LKPD yang mengikuti asas-asas pembelajaran yang efektif dengan beberapa kriteria. Adapun uraian kriteria tersebut adalah sebagai berikut.

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

**b. Syarat Konstruksi**

Syarat konstruksi adalah syarat yang berkenaan dengan penggunaan bahasa, susunan kalimat, kosa kata, tingkat kesukaran, dan kejelasan LKPD. Adapun uraian kriteria pada syarat konstruksi adalah sebagai berikut.

- 1) Menggunakan bahasa yang sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif dan psikologi peserta didik.
- 2) Menggunakan struktur kalimat yang jelas.

- 3) Memiliki tata urutan materi yang sesuai dengan tingkat kemampuan peserta didik.
- 4) Menggunakan kalimat yang sederhana dan pendek.
- 5) Menggunakan lebih banyak ilustrasi berupa gambar daripada kata-kata.
- 6) Dilengkapi dengan identitas untuk mempermudah administrasi.

**c. Syarat Teknis**

Syarat teknis berkenaan dengan pengaturan tulisan, gambar, dan penampilan LKPD. Adapun uraian kriteria pada syarat teknis adalah sebagai berikut.

- 1) Menggunakan huruf cetak.
- 2) Menggunakan huruf tebal dengan ukuran yang cukup besar untuk judul topik.
- 3) Menggunakan tidak lebih dari 10 kata dalam satu baris.
- 4) Menggunakan bingkai untuk membedakan kalimat perintah dengan jawaban peserta didik.
- 5) Memperhatikan perbandingan ukuran gambar dan ukuran huruf.
- 6) Memilih jenis gambar yang dapat menyampaikan pesan secara efektif sesuai dengan tahap perkembangan kognitif peserta didik.
- 7) Memperhatikan kombinasi gambar dan tulisan agar dapat membangkitkan motivasi peserta didik dalam melakukan percobaan.



Berdasarkan pemaparan para ahli mengenai LKPD tersebut, dapat disimpulkan bahwa LKPD merupakan bahan ajar cetak yang memuat langkah-langkah kegiatan pembelajaran yang digunakan peserta didik untuk menguasai suatu pemahaman sesuai dengan indikator pencapaian kompetensi tertentu. Pengembangan LKPD IPA dalam penelitian ini berpedoman pada empat komponen evaluasi bahan ajar, yaitu kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafikan. Komponen kelayakan isi ditinjau dari lima aspek, yaitu kesesuaian dengan SK dan KD SMP/MTs, kebenaran substansi materi pembelajaran, kebermanfaatan bagi peserta didik dalam proses pembelajaran, penekanan muatan NOS, dan penekanan literasi sains. Komponen kebahasaan ditinjau dari dua aspek, yaitu penggunaan Bahasa Indonesia yang baik dan benar serta penggunaan kalimat yang tepat. Komponen penyajian ditinjau dari tiga aspek, yaitu penyajian kegiatan pembelajaran yang berurutan dan sistematis, penyajian pertanyaan, dan penyajian materi menimbulkan suasana menyenangkan. Komponen kegrafikan ditinjau dari tiga aspek, yaitu desain tampilan, konsistensi tulisan, dan penggunaan gambar yang tepat. Setiap aspek tersebut dijabarkan menjadi indikator-indikator yang lebih spesifik. Adapun rincian indikator pada setiap aspek tersaji dalam kisi-kisi LKPD IPA bermuatan NOS untuk meningkatkan literasi sains yang dapat dilihat pada Lampiran 3.3.

### 3. *Nature of Science* (NOS)

*Nature of Science* (NOS) merupakan epistemologi dari IPA sebagai suatu ilmu pengetahuan. *National Research Council* (2012: 79) menyatakan bahwa “*Epistemic knowledge is knowledge of the constructs and values that are intrinsic to science*”. Pengetahuan epistemik pada IPA merupakan pengetahuan tentang konsepsi-konsepsi dan nilai-nilai yang melekat pada IPA. Hal ini sesuai dengan pendapat Bell (2009: 1) yang menyatakan bahwa “*The nature of science has variously been defined as science epistemology, the characteristics of scientific knowledge, and science as a way of knowing*”. NOS telah didefinisikan secara luas sebagai epistemologi IPA, karakteristik IPA, dan IPA sebagai cara mengetahui.

Lederman & Lederman (2004: 36) menyatakan bahwa “*The phrase nature of science typically refers to the values and assumptions inherent to scientific knowledge and the development of scientific knowledge*”. NOS mengacu pada nilai-nilai dan asumsi-asumsi yang melekat pada pengetahuan ilmiah dan perkembangannya.

Lederman & Lederman (2004: 37) membagi NOS menjadi tujuh aspek. Aspek tersebut dapat diintegrasikan dalam kurikulum dan pembelajaran IPA. Aspek NOS yang harus dipahami peserta didik menurut Lederman & Lederman dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Aspek NOS Menurut Lederman & Lederman

No.	Aspek NOS	Penjelasan
1.	Perbedaan penting antara hasil observasi dengan hasil inferensi	Hasil observasi adalah pernyataan deskriptif tentang fenomena alam yang dapat diindra secara langsung. Sebaliknya, hasil inferensi adalah pernyataan tentang suatu fenomena yang tidak dapat diamati secara langsung. Inferensi diperoleh melalui proses penjelasan dan pendugaan hasil observasi.
2.	Perbedaan antara hukum ilmiah dan teori ilmiah	Hukum ilmiah adalah pernyataan atau deskripsi hubungan di antara fenomena yang dapat diobservasi. Teori ilmiah berisi penjelasan hukum ilmiah.
3.	IPA bersifat empiris	IPA berlandaskan dan/atau diperoleh dari observasi terhadap fenomena alam.
4.	IPA melibatkan imajinasi dan kreativitas manusia	Imajinasi dan kreativitas diperlukan ilmuwan dalam mendesain suatu penyelidikan, menginterpretasikan hasil penyelidikan untuk menghasilkan suatu penjelasan, dan memunculkan ide-ide baru.
5.	IPA bersifat subjektif ( <i>theory laden</i> )	Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja ilmuwan dalam melakukan penyelidikan dan menginterpretasikan hasil penyelidikan antara lain komitmen, kepercayaan, pengetahuan awal, pelatihan, pengalaman, dan ekspektasi.
6.	IPA mempengaruhi dan dipengaruhi oleh aspek sosial dan budaya	IPA mempengaruhi dan dipengaruhi oleh berbagai elemen, seperti politik, ekonomi, filsafat, dan agama. Nilai-nilai budaya juga menentukan apa dan bagaimana IPA dilakukan, diinterpretasikan, diterima, dan digunakan.
7.	IPA bersifat tentatif	Badan pengetahuan dalam IPA (fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori) dapat berubah seiring dengan ditemukannya bukti baru.

(Sumber: Lederman & Lederman, 2004: 37)

Sementara itu, *Next Generation Science Standard* (2013: 4) menyatakan bahwa pemahaman dasar tentang NOS terbagi menjadi delapan aspek. Pemahaman tentang NOS tersebut dibagi berdasarkan jenjang pendidikan. Aspek NOS yang harus dipahami peserta didik SMP menurut *Next Generation Science Standard* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Aspek NOS Menurut *Next Generation Science Standard*

No.	Aspek NOS	Indikator
1.	Penyelidikan ilmiah menggunakan metode yang bervariasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Penyelidikan ilmiah menggunakan berbagai metode dan alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran dan observasi.</li> <li>b. Penyelidikan ilmiah dipandu oleh seperangkat nilai-nilai untuk memastikan keakuratan pengukuran, observasi, dan objektivitas temuan.</li> <li>c. IPA tergantung pada evaluasi penjelasan yang diusulkan.</li> <li>d. Nilai-nilai ilmiah berfungsi sebagai kriteria dalam membedakan IPA dan non-IPA.</li> </ul>
2.	IPA didasarkan pada bukti empiris	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. IPA didasarkan pada hubungan logis dan konseptual antara bukti dan penjelasannya.</li> <li>b. IPA memiliki aturan umum untuk memperoleh dan mengevaluasi bukti empiris.</li> </ul>
3.	IPA bersifat terbuka terhadap perbaikan apabila ditemukan bukti baru	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Penjelasan IPA dapat direvisi dan diperbaiki apabila ditemukan bukti baru.</li> <li>b. Kepastian dan ketahanan temuan IPA bervariasi.</li> <li>c. Temuan IPA sering direvisi dan/atau ditafsirkan kembali berdasarkan bukti baru.</li> </ul>
4.	Model, hukum, mekanisme, dan teori	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Teori merupakan penjelasan tentang fenomena alam yang dapat diamati.</li> </ul>

No.	Aspek NOS	Indikator
	IPA menjelaskan fenomena alam	<ul style="list-style-type: none"> <li>b. Teori ilmiah didasarkan pada kumpulan fakta yang berkembang dari waktu ke waktu.</li> <li>c. Hukum adalah keteraturan atau deskripsi matematis tentang fenomena alam.</li> <li>d. Sebuah hipotesis digunakan oleh para ilmuwan sebagai sebuah ide yang mungkin menyumbangkan pengetahuan baru yang penting untuk evaluasi teori ilmiah.</li> <li>e. Istilah "teori" dalam IPA sangat berbeda dengan penggunaan umum di luar IPA.</li> </ul>
5.	IPA merupakan sebuah cara mengetahui	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. IPA merupakan kumpulan pengetahuan sekaligus proses ilmiah. Kumpulan pengetahuan dihasilkan dari proses ilmiah.</li> <li>b. Ilmuwan dari berbagai generasi dan bangsa telah memberikan kontribusi untuk pengetahuan IPA.</li> <li>c. IPA sebagai cara untuk mengetahui telah digunakan oleh banyak orang, bukan hanya para ilmuwan.</li> </ul>
6.	IPA mengasumsikan adanya urutan dan konsistensi dalam sistem alam	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. IPA mengasumsikan bahwa objek dan peristiwa dalam sistem alam terjadi dalam pola yang konsisten dan dapat diketahui melalui pengukuran serta observasi.</li> <li>b. IPA mempertimbangkan dan mengevaluasi anomali dalam data dan bukti secara hati-hati.</li> </ul>
7.	IPA merupakan hasil usaha manusia	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Pria dan wanita dari latar belakang sosial, budaya, dan etnis yang berbeda bekerja sebagai ilmuwan.</li> <li>b. Ilmuwan mengandalkan berbagai kualitas manusia, seperti ketekunan, ketelitian, penalaran, logika, imajinasi, dan kreativitas.</li> </ul>

No.	Aspek NOS	Indikator
		c. Ilmuwan dipandu oleh berbagai kebiasaan berpikir, seperti kejujuran intelektual, toleransi ambiguitas, skeptisisme, dan keterbukaan untuk ide-ide baru. d. Kemajuan teknologi mempengaruhi kemajuan ilmu pengetahuan, begitu pula sebaliknya.
8.	IPA menjawab pertanyaan tentang alam	a. Pengetahuan IPA dibatasi oleh kapasitas manusia, teknologi, dan bahan. b. IPA membatasi penjelasan untuk sistem yang memungkinkan untuk dilakukan observasi dan pengumpulan bukti empiris. c. IPA dapat menjelaskan konsekuensi dari tindakan tetapi tidak bertanggung jawab atas keputusan masyarakat.

(Sumber: *Next Generation Science Standard*, 2013: 4)

Aspek NOS nomor 1 hingga nomor 4 berkaitan dengan kegiatan praktik, sedangkan aspek NOS nomor 5 hingga nomor 8 berkaitan dengan pembentukan konsep.

Pemilihan aspek-aspek NOS yang akan disisipkan dalam LKPD IPA didasarkan pada karakteristik materi pembelajaran. Hal ini sesuai dengan pendapat Lederman & Lederman (2004: 39) bahwa *“All aspects of NOS need not, and should not, be addressed in every lesson or activity. Focusing on a few aspects that best fit the lesson at hand is much better”*. Seluruh aspek NOS tidak harus muncul dalam setiap aktivitas pembelajaran. Fokus pada beberapa aspek NOS yang sesuai dengan materi pembelajaran justru lebih baik. Dalam penelitian ini, dasar

pemilihan aspek-aspek NOS yang disisipkan dalam LKPD IPA pada konten materi Zat Aditif Makanan disajikan pada Tabel 14.

NOS dapat diajarkan kepada peserta didik baik secara implisit maupun eksplisit. Namun, beberapa penelitian menegaskan bahwa membelajarkan NOS secara eksplisit-reflektif merupakan strategi terbaik. Secara spesifik, Abd-El-Khalic, *et al.* dalam Abd-El-Khalick (2012: 2090) menyatakan bahwa “*Effective NOS instruction is better achieved through an explicit-reflective framework*”. Instruksi NOS yang efektif dicapai dengan lebih baik melalui kerangka kerja eksplisit-reflektif. Integrasi muatan NOS secara eksplisit mengandung arti bahwa muatan NOS disisipkan pada konten materi Zat Aditif Makanan secara gamblang dalam pembelajaran IPA dan LKPD IPA yang dikembangkan. Selanjutnya, Lederman & Lederman (2004: 39) menegaskan bahwa kerangka kerja eksplisit-reflektif tersebut dilakukan dengan metode diskusi. Melalui diskusi, guru dapat membimbing peserta didik untuk mengingat kembali hal yang telah dipelajari terkait muatan NOS yang terintegrasi secara eksplisit pada materi Zat Aditif Makanan.

Pembelajaran Zat Aditif Makanan dapat dimodifikasi untuk membelajarkan aspek NOS secara eksplisit-reflektif dengan beberapa kelebihan. Lederman & Lederman (2004: 37) menyatakan bahwa “*Almost any science activity can be modified to explicitly teach some aspects of NOS, without much effort, loss of class time, or loss of attention to important subject matter*”. Hampir semua kegiatan IPA dapat

dimodifikasi untuk membelajarkan aspek-aspek NOS secara eksplisit, tanpa usaha yang berat, waktu yang lama, maupun kehilangan perhatian pada konten materi yang diajarkan.

Penyajian NOS secara eksplisit-reflektif dalam pembelajaran IPA dan bahan ajar yang digunakan dapat meningkatkan literasi sains peserta didik. Dengan kata lain, NOS merupakan komponen kunci dalam meningkatkan literasi sains peserta didik. Kaitan antara NOS dengan literasi sains telah dibahas oleh beberapa ahli. Holbrook & Rannikmae (2009: 281) menyatakan bahwa “*An understanding of Nature of Science (NOS) plays an important role in the development of scientific literacy*”. Pemahaman tentang NOS memainkan peranan penting dalam pengembangan literasi sains. Lebih lanjut, Abd-El-Khalick & BouJaoude (1997: 673) menyatakan bahwa “*A scientifically literate person should develop an understanding of the nature of science*”. Pemahaman tentang NOS ditetapkan sebagai salah satu karakteristik yang diharapkan dari seseorang yang memiliki literasi sains.

Kaitan antara NOS dengan literasi sains juga dibahas oleh Driver, Leach, & Millar dalam Bell (2009: 1) bahwa “*Teaching about the nature of science can increase student interest, as well as developing awareness of the impacts of science in society*”. Membelajarkan NOS dapat meningkatkan minat peserta didik dan mengembangkan kesadarannya terhadap dampak IPA dalam masyarakat. Hal ini diperkuat dengan pendapat Lederman, Lederman, & Antink (2013: 138) bahwa “*The*



*integration of explicit, reflective instruction about nature of science (NOS), and scientific inquiry (SI) in traditional science content is addressed as a means through which the development of scientific literacy is fostered*'. Integrasi NOS dan inkuiri ilmiah secara eksplisit melalui instruksi reflektif dalam konten IPA mampu membantu pengembangan literasi sains peserta didik.

Pemilihan inkuiri ilmiah sebagai pendekatan dalam pembelajaran IPA bermuatan NOS juga didasarkan pada pendapat Flick & Lederman dalam Sri Rahayu (2014: 9) bahwa dengan melakukan inkuiri, peserta didik memperoleh pengalaman dasar untuk merefleksikan muatan NOS. Oleh karena itu, integrasi dan refleksi muatan NOS dalam pembelajaran IPA akan lebih optimal apabila dilakukan dengan pendekatan inkuiri.

Merujuk pada pendapat para ahli tentang NOS tersebut, dapat disimpulkan bahwa NOS merupakan landasan epistemik IPA yang memuat nilai-nilai dan asumsi-asumsi yang melekat pada IPA dan perkembangannya. Aspek-aspek NOS yang dipilih dalam penelitian ini meliputi IPA didasarkan pada bukti empiris, penyelidikan ilmiah menggunakan metode yang bervariasi, IPA merupakan sebuah cara mengetahui, IPA merupakan hasil usaha manusia, dan IPA menjawab pertanyaan tentang alam. Adapun kisi-kisi NOS dapat dilihat pada Lampiran 3.1.

#### 4. Literasi Sains

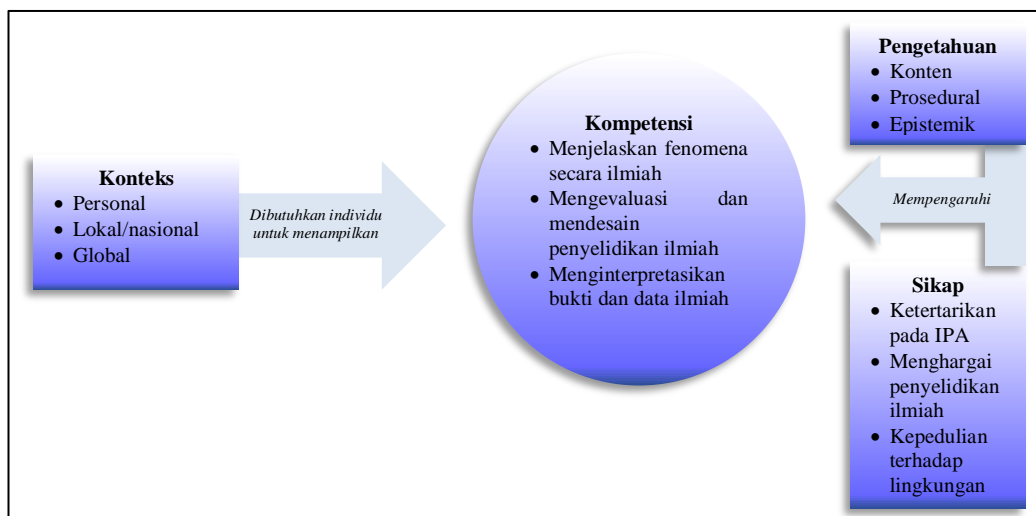
DeBoer (2000: 582) menyatakan bahwa istilah literasi sains telah digunakan sejak akhir tahun 1950 oleh para ahli. Walaupun demikian, pengertian-pengertian yang dikemukakan mengenai istilah tersebut tidak selalu sama. Menurut *Organization of Economic Development* (2013: 7), “*Scientific literacy is the 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.

Secara lebih spesifik, *National Research Council* (1996: 22) menyatakan 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*”. 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.

Menurut Holbrook & Rannikmae (2009: 286), “*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*”.

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.

Sistem penilaian literasi sains versi terbaru diatur oleh OECD pada tahun 2013 dalam *Draft Science Framework PISA 2015*. OECD menetapkan tiga 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 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Kerangka Kerja Penilaian Literasi Sains PISA 2015  
(Sumber: OECD, 2013: 12)

**a. 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); serta kehidupan lintas negara (global).

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 kesehatan dan penyakit, sumber daya alam, kualitas lingkungan, bahaya, dan batasan IPA serta teknologi. Deskripsi konteks penilaian PISA 2015 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Konteks Penilaian Literasi sains PISA 2015

Bidang Terapan	Situasi		
	Personal	Lokal/Nasional	Global
<b>Kesehatan dan Penyakit</b>	Pemeliharaan kesehatan, kecelakaan, dan nutrisi	Pengendalian penyakit, transmisi sosial, pilihan makanan, dan komunitas kesehatan	Wabah penyakit dan penularan penyakit infeksi
<b>Sumber Daya Alam</b>	Konsumsi bahan alam dan energi secara personal	Pemeliharaan populasi manusia, kualitas hidup, keamanan, produksi dan distribusi makanan, serta penyediaan energi	Sistem alam yang dapat diperbaharui dan tidak dapat diperbaharui, pertumbuhan populasi, dan pelestarian makhluk hidup

Bidang Terapan	Situasi		
	Personal	Lokal/Nasional	Global
<b>Kualitas Lingkungan</b>	Tindakan ramah lingkungan, penggunaan dan pembuangan materi serta peralatan	Distribusi populasi, pembuangan sampah, dan dampak lingkungan	Keanekaragaman hayati, pelestarian ekologi, pengendalian pencemaran, dan produksi serta konsumsi biomassa
<b>Bahaya</b>	Penilaian resiko dari pilihan gaya hidup	Perubahan yang cepat (seperti gempa bumi, cuaca buruk), perubahan yang lambat dan progresif (seperti abrasi dan sedimentasi), serta penilaian resiko	Perubahan iklim dan pengaruh komunikasi modern
<b>Batasan IPA dan Teknologi</b>	Aspek ilmiah dari hobi, teknologi personal, dan aktivitas musikal serta olahraga	Materi baru, peralatan dan proses, modifikasi genetik, teknologi kesehatan, dan transportasi	Kepunahan makhluk hidup, eksplorasi ruang angkasa, dan asal serta 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 disajikan dalam LKPD IPA, yaitu zat aditif makanan dan pengaruhnya terhadap kesehatan manusia. Dengan demikian, konteks penilaian literasi sains dalam penelitian ini mencakup bidang terapan berupa kesehatan dan penyakit.

**b. Domain Kompetensi Ilmiah (*Scientific Competencies*)**

PISA 2015 menetapkan tiga kompetensi ilmiah dalam penilaian literasi sains. Julukan “*scientifically literate person*” atau “orang yang memiliki literasi sains” ditujukan kepada seseorang yang memahami dan mampu melakukan tiga kompetensi ilmiah, yaitu menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi dan mendesain penyelidikan ilmiah, dan menginterpretasikan bukti serta data ilmiah. Deskripsi indikator untuk setiap kompetensi ilmiah dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Indikator Kompetensi Ilmiah Literasi Sains PISA 2015

No.	Kompetensi Ilmiah	Indikator
1.	Menjelaskan fenomena secara ilmiah	<ul style="list-style-type: none"><li>a. Mengingat dan menerapkan pengetahuan ilmiah yang sesuai dengan situasi tertentu.</li><li>b. Mengidentifikasi, menggunakan, dan membuat model dan gambaran sederhana untuk menjelaskan fenomena ilmiah yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.</li><li>c. Membuat prediksi yang sesuai.</li><li>d. Menawarkan hipotesis yang bersifat menjelaskan.</li><li>e. Menjelaskan keterlibatan potensial pengetahuan ilmiah bagi masyarakat.</li></ul>
2.	Mengevaluasi dan mendesain penyelidikan ilmiah	<ul style="list-style-type: none"><li>a. Mengidentifikasi pertanyaan yang diselidiki dalam studi ilmiah tertentu.</li><li>b. Membedakan pertanyaan yang memungkinkan diselidiki secara ilmiah.</li><li>c. Mengusulkan sebuah cara untuk menyelidiki pertanyaan ilmiah (rumusan masalah).</li></ul>

No.	Kompetensi Ilmiah	Indikator
		<ul style="list-style-type: none"> <li>d. Mengevaluasi suatu metode penyelidikan ilmiah.</li> <li>e. Mendeskripsikan dan mengevaluasi cara yang digunakan ilmuwan untuk memastikan reliabilitas data dan objektivitas suatu penjelasan.</li> <li>f. Mengenali unsur-unsur penting dalam penyelidikan ilmiah (hal apa yang harus dibandingkan, variabel, prosedur kerja, dan informasi tambahan).</li> </ul>
3.	Menginterpretasikan bukti dan data ilmiah	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Mengubah data dari satu bentuk menjadi bentuk lain (diagram, grafik, dan lain sebagainya).</li> <li>b. Menganalisis dan menginterpretasikan data untuk menarik kesimpulan.</li> <li>c. Mengidentifikasi asumsi, bukti, dan alasan dalam teks yang berkaitan dengan IPA.</li> <li>d. Membedakan argumen yang didasarkan pada bukti dan teori ilmiah dengan argumen yang didasarkan pada pertimbangan.</li> <li>e. Mengevaluasi argumen dan bukti ilmiah dari berbagai sumber (koran, internet, jurnal).</li> <li>f. Memilih alternatif kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah.</li> <li>g. Memberi alasan yang mendukung atau menolak suatu rumusan kesimpulan.</li> </ul>

(Sumber: OECD, 2013: 14-16)

Penilaian literasi sains peserta didik dalam penelitian ini dilakukan dengan teknik tes. 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 Zat Aditif Makanan yang kemudian dituangkan dalam kisi-kisi soal literasi sains.

**c. Domain Pengetahuan Ilmiah (*Scientific Knowledge*)**

Kemampuan peserta didik untuk mendemonstrasikan tiga kompetensi ilmiah PISA 2015 tergantung pada penguasaan tiga jenis pengetahuan ilmiah. Dalam upaya memahami dan melakukan kompetensi ilmiah, peserta didik membutuhkan pengetahuan konten, prosedural, dan epistemik.

**1) Pengetahuan Konten**

Pengetahuan konten merupakan pengetahuan tentang fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori dalam IPA yang meliputi berbagai bidang kajian seperti fisika, kimia, biologi, dan ilmu bumi serta antariksa. Terdapat tiga kriteria pemilihan pengetahuan konten dalam penilaian literasi sains PISA 2015, yaitu:

- a) relevan dengan situasi kehidupan nyata,
- b) menggambarkan pengetahuan penting yang penggunaannya berjangka panjang, dan
- c) sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik usia 15 tahun.

Deskripsi topik untuk setiap bidang kajian dalam pengetahuan konten dapat dilihat pada Tabel 5.



Tabel 5. Cakupan Pengetahuan Konten Literasi Sains PISA 2015

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

No.	Bidang Kajian	Topik
		<p>(seperti lempeng tektonik, siklus geokimia, gaya konstruktif, dan gaya destruktif)</p> <p>d. Sejarah bumi (seperti fosil, asal mula bumi, dan evolusi)</p> <p>e. Bumi dalam ruang angkasa (seperti gravitasi, sistem matahari, dan galaksi)</p> <p>f. Sejarah dan skala alam semesta (seperti satuan tahun cahaya dan teori Big Bang)</p>

(Sumber: OECD, 2013: 18)

Pengetahuan konten dalam penilaian literasi sains peserta didik pada materi pembelajaran Zat Aditif Makanan berada dalam bidang kajian sistem hidup. Topik sistem hidup yang relevan dengan materi pembelajaran tersebut adalah manusia dan kesehatan sistem pencernaan makanan.

## 2) Pengetahuan Prosedural

Pengetahuan prosedural merupakan pengetahuan tentang prosedur yang digunakan ilmuwan 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 serta mengkomunikasikan data.

### 3) Pengetahuan Epistemik

Pengetahuan epistemik merupakan pemahaman tentang peran setiap badan pengetahuan IPA dan penentuan unsur-unsur esensial pada proses pembentukan 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 IPA.

Pada dasarnya, NOS merupakan pengetahuan epistemik IPA. Hal ini diperkuat dengan pendapat Lederman (2006: 835) bahwa "*NOS refers to the epistemological underpinnings of the activities of science and the characteristics of the resulting knowledge*". NOS mengacu pada landasan epistemologi dari aktivitas IPA dan karakteristik pengetahuan ilmiah yang dihasilkan. Dengan demikian, orang yang memiliki literasi sains adalah orang yang memahami NOS sebagai landasan epistemologi IPA.

Berdasarkan pemaparan para ahli mengenai literasi sains tersebut, dapat disimpulkan bahwa literasi sains adalah kemampuan seseorang untuk menjelaskan fenomena secara ilmiah, mendesain penyelidikan ilmiah, mengevaluasi penyelidikan ilmiah, dan menginterpretasikan bukti serta data ilmiah dalam rangka mengambil keputusan sebagai bagian dari masyarakat. Adapun kisi-kisi literasi sains dapat dilihat pada Lampiran 3.2.

## **5. LKPD IPA Bermuatan NOS untuk Meningkatkan Literasi Sains**

LKPD IPA bermuatan NOS merupakan bahan ajar cetak yang memuat langkah-langkah kegiatan pembelajaran yang digunakan peserta didik untuk menguasai pemahaman tentang konten materi IPA sesuai dengan indikator pencapaian kompetensi tertentu dan pemahaman tentang landasan epistemik IPA yang terdiri dari beberapa aspek. Adapun aspek NOS yang diintegrasikan secara eksplisit-reflektif dalam LKPD IPA yang dikembangkan meliputi IPA didasarkan pada bukti empiris, penyelidikan ilmiah menggunakan metode yang bervariasi, IPA merupakan sebuah cara mengetahui, IPA merupakan hasil usaha manusia, dan IPA menjawab pertanyaan tentang alam. Selain itu, kompetensi literasi sains yang ditekankan dalam LKPD IPA bermuatan NOS meliputi menjelaskan fenomena secara ilmiah, mendesain penyelidikan ilmiah, mengevaluasi penyelidikan ilmiah, dan menginterpretasikan bukti serta data ilmiah.

Pengembangan LKPD IPA bermuatan NOS dalam penelitian ini mengacu pada empat komponen evaluasi, yaitu kelayakan isi, kebahasaan, penyajian, dan kegrafikan. Komponen kelayakan isi ditinjau dari lima aspek, yaitu kesesuaian dengan SK dan KD SMP/MTs, kebenaran substansi materi pembelajaran, kebermanfaatan bagi peserta didik dalam proses pembelajaran, penekanan muatan NOS, dan penekanan literasi sains. Komponen kebahasaan ditinjau dari dua aspek, yaitu penggunaan Bahasa Indonesia yang baik dan benar serta penggunaan kalimat yang tepat. Komponen penyajian ditinjau dari tiga aspek, yaitu penyajian

kegiatan pembelajaran yang berurutan dan sistematis, penyajian pertanyaan, dan penyajian materi menimbulkan suasana menyenangkan. Komponen kegrafikan ditinjau dari tiga aspek, yaitu desain tampilan, konsistensi tulisan, dan penggunaan gambar yang tepat. Setiap aspek tersebut dijabarkan menjadi indikator-indikator yang lebih spesifik. Adapun rincian indikator pada setiap aspek tersaji dalam kisi-kisi LKPD IPA bermuatan NOS untuk meningkatkan literasi sains yang dapat dilihat pada Lampiran 3.3.

## 6. Pendekatan Inkuiri Terbimbing

*National Research Council* (1996: 23) mendefinisikan inkuiri ilmiah sebagai berikut.

*Scientific inquiry refers to the diverse ways in which scientists study the natural world and propose explanation based on the evidence derived from their work. Inquiry also refers to the activities of students in which they develop knowledge and understanding of scientific ideas, as well as an understanding of how scientists study the natural world.*

Inkuiri ilmiah merujuk pada berbagai cara yang digunakan ilmuwan untuk mempelajari alam dan mengusulkan penjelasan berdasarkan bukti yang berasal dari kerja mereka. Inkuiri juga mengacu pada kegiatan peserta didik yang mengembangkan pengetahuan dan pemahaman tentang ide ilmiah serta pemahaman tentang bagaimana ilmuwan mempelajari alam. Secara spesifik, W. Gulo (2008: 84-85) mendefinisikan pendekatan inkuiri sebagai suatu rangkaian kegiatan belajar yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan peserta didik untuk mencari dan

menyelidiki secara sistematis, kritis, logis, analitis, sehingga mereka dapat merumuskan sendiri penemuannya dengan penuh percaya diri.

Pembelajaran berpendekatan inkuiri memiliki beberapa tahapan pelaksanaan. Menurut Asri Widowati (2011: 58), terdapat tujuh tahapan pendekatan inkuiri yang dapat diterapkan dalam pembelajaran, yaitu:

- a. mengenal dan merumuskan problem terkait dengan percobaan,
- b. merumuskan hipotesis, dan memilih satu atau lebih hipotesis untuk testing dan verifikasi,
- c. mengumpulkan serta menyusun informasi-informasi yang relevan,
- d. merancang percobaan,
- e. melakukan percobaan,
- f. menyatakan atau menarik kesimpulan-kesimpulan (yang berdasarkan eksperimen), dan
- g. mengembangkan permasalahan baru.

Sementara itu, W. Gulo (2008: 95) menyatakan bahwa pendekatan inkuiri memiliki lima tahapan pelaksanaan, yaitu:

- a. merumuskan masalah,
- b. merumuskan jawaban sementara (hipotesis),
- c. menguji jawaban tentatif,
- d. menarik kesimpulan, dan
- e. menerapkan kesimpulan serta generalisasi.

Lebih lanjut, I.D. Kurniawati, Wartono, & M. Diantoro (2014: 39) menyatakan bahwa terdapat lima tahapan yang harus ditempuh dalam melaksanakan pembelajaran berbasis inkuiri, yaitu:

- a. identifikasi dan perumusan masalah,
- b. membuat hipotesis,
- c. menguji hipotesis melalui eksperimen,
- d. interpretasi data, dan
- e. membuat kesimpulan.

Berdasarkan pemaparan para ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa pendekatan inkuiri merupakan pendekatan pembelajaran yang melibatkan peserta didik untuk melakukan penyelidikan secara sistematis dalam rangka mengembangkan pengetahuan dan pemahamannya tentang alam. Adapun tahapan pembelajaran dengan pendekatan inkuiri dalam penelitian ini meliputi: a) orientasi, b) merumuskan masalah, c) merumuskan hipotesis, d) melakukan percobaan, e) menganalisis data, dan f) menyimpulkan.

Pendekatan inkuiri dapat dibedakan menjadi beberapa macam berdasarkan porsi bimbingan guru dalam proses pembelajaran. Martin (2002: 35-37) membagi pendekatan inkuiri menjadi empat macam, yaitu *structured inquiry*, *coupled inquiry*, *guided inquiry*, dan *open inquiry*. Dalam pembelajaran berpendekatan *structured inquiry*, peserta didik membutuhkan bimbingan dan pengarahan guru dalam porsi yang paling besar. Sementara itu, dalam pembelajaran berpendekatan *open inquiry*,

peserta didik sudah memiliki kemampuan untuk melakukan penyelidikan secara mandiri.

Bonnstetter (1998) juga membagi pendekatan inkuiri menjadi empat macam, yaitu *structured inquiry*, *guided inquiry*, *student directed inquiry*, dan *student research*. Adapun perbedaan keempat macam pendekatan inkuiri tersebut disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbedaan Empat Macam Pendekatan Inkuiri

<i>Aspek</i>	<i>Structured Inquiry</i>	<i>Guided Inquiry</i>	<i>Student Directed Inquiry</i>	<i>Student Research</i>
<b>Topik</b>	Guru	Guru	Guru	Guru
<b>Rumusan masalah</b>	Guru	Guru	Guru	Peserta didik
<b>Alat &amp; bahan</b>	Guru	Guru	Peserta didik	Peserta didik
<b>Prosedur</b>	Guru	Guru	Peserta didik	Peserta didik
<b>Analisis data</b>	Guru	Peserta didik	Peserta didik	Peserta didik
<b>Kesimpulan</b>	Peserta didik	Peserta didik	Peserta didik	Peserta didik

(Sumber: Diadaptasi dari Bonnstetter, 1998)

Jenis pendekatan inkuiri yang dipilih untuk membelajarkan muatan NOS pada konten Materi Zat Aditif Makanan secara eksplisit-reflektif dalam penelitian ini adalah inkuiri terbimbing (*guided inquiry*). Pendekatan inkuiri terbimbing dipilih karena jenis pendekatan inkuiri tersebut sesuai dengan karakteristik peserta didik kelas VIII D SMP N 2 Mlati yang masih membutuhkan bimbingan guru dalam porsi cukup besar. Dalam pendekatan inkuiri terbimbing, peserta didik menyelidiki pertanyaan yang diberikan oleh guru, dengan prosedur kerja yang telah tersedia. Lebih lanjut, Zion & Mendelovici (2012: 384) menambahkan bahwa dalam pendekatan inkuiri terbimbing, peserta didik memimpin



proses inkuiri pada tahapan tertentu, yaitu melakukan percobaan, menganalisis data, dan membuat kesimpulan.

Berdasarkan pemaparan para ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa pendekatan inkuiri terbimbing merupakan pendekatan pembelajaran yang melibatkan peserta didik untuk melakukan penyelidikan secara sistematis dalam rangka mengembangkan pengetahuan dan pemahamannya tentang alam, yang dalam pelaksanaannya masih membutuhkan bimbingan dan pengarahan guru secara luas. Adapun tahapan pembelajaran dengan pendekatan inkuiri terbimbing dalam penelitian ini meliputi: a) orientasi, b) merumuskan masalah, c) merumuskan hipotesis, d) melakukan percobaan, e) menganalisis data, dan f) menyimpulkan. Tahapan perumusan masalah dilakukan oleh guru, sedangkan tahapan perumusan hipotesis, percobaan, analisis data, dan penarikan kesimpulan dilakukan oleh peserta didik dengan bimbingan guru. Topik kegiatan, alat dan bahan, serta prosedur kerja telah disediakan dalam LKPD IPA yang dikembangkan.

## **7. Karakteristik Perkembangan Kognitif Peserta Didik SMP**

Perkembangan kognitif peserta didik SMP dengan rentang usia 13-16 tahun berada pada tahap operasional formal berdasarkan teori Piaget. Tahap operasional formal yang muncul di usia 11-15 tahun merupakan tahap perkembangan kognitif terakhir dari keseluruhan tahap perkembangan kognitif yang dicetuskan Piaget.

Menurut Santrock (2014: 50), peserta didik yang telah memasuki tahap operasional formal mampu berpikir dengan cara yang abstrak, idealis, dan logis. Sebagai pemikir operasional formal, karakteristik berpikir peserta didik lebih seperti ilmuwan. Istilah dari Piaget mengenai penalaran hipotesis-deduktif mewujudkan konsep bahwa peserta didik SMP dapat mengembangkan hipotesis mengenai cara untuk memecahkan masalah hingga mencapai kesimpulan secara sistematis.

Muhibbin Syah (2013: 72) menyatakan bahwa peserta didik yang telah memasuki tahap pemikiran operasional formal telah memiliki kemampuan mengkoordinasikan dua ragam kemampuan kognitif, yaitu kapasitas menggunakan hipotesis dan kapasitas menggunakan prinsip-prinsip abstrak. Dengan kapasitas menggunakan hipotesis, peserta didik akan mampu berpikir mengenai pemecahan masalah menggunakan anggapan dasar yang relevan dengan masalah tersebut. Sementara itu, dengan kapasitas menggunakan prinsip-prinsip abstrak, peserta didik akan mampu mempelajari materi-materi pelajaran yang abstrak.

Lebih lanjut, perilaku peserta didik yang telah memasuki tahap operasional formal menurut Woolfolk (2008) dalam Rita Eka Izzaty, *et al.* (2013: 37) adalah mampu mengatasi masalah abstrak dengan logis dan mampu berpikir sebab-akibat secara ilmiah. Implikasi karakteristik perilaku peserta didik tersebut dalam proses pembelajaran adalah memberikan kesempatan peserta didik untuk mengeksplorasi berbagai pertanyaan hipotetis dan menyelesaikan masalah secara ilmiah.

Guru harus menyadari bahwa beberapa peserta didik yang masih tergolong remaja awal belum mampu berpikir operasional formal secara penuh (Santrock, 2014: 53). Dengan kata lain, tahap perkembangan kognitif remaja awal adalah peralihan dari operasional konkret menuju operasional formal. Hal ini didukung oleh Ratna Yudhawati & Dany Haryanto (2011: 137) yang menyatakan bahwa remaja awal sudah mampu mengoperasikan kaidah logika formal yang bersifat abstrak, namun masih terbatas. Setelah memasuki usia remaja akhir, peserta didik sudah mampu mengoperasikan kaidah logika formal disertai kemampuan membuat generalisasi yang lebih bersifat konklusif dan komprehensif.

Merujuk pada pendapat para ahli mengenai karakteristik perkembangan kognitif peserta didik SMP tersebut, dapat disimpulkan bahwa peserta didik SMP telah mampu memecahkan masalah secara logis dan sistematis serta mampu mempelajari materi yang bersifat abstrak. Karakteristik perkembangan kognitif peserta didik tersebut dijadikan sebagai acuan dalam pengembangan LKPD IPA bermuatan NOS.

## **B. Kajian Keilmuan**

Pengembangan LKPD IPA bermuatan NOS pada materi Zat Aditif Makanan mengacu Standar Kompetensi 4 (memahami kegunaan bahan kimia dalam kehidupan) dan Kompetensi Dasar 4.3 (mendeskripsikan bahan kimia alami dan bahan kimia buatan dalam kemasan yang terdapat dalam bahan makanan) pada KTSP IPA SMP. Adapun uraian materi Zat Aditif Makanan dijabarkan sebagai berikut.

## **1. Pengertian Zat Aditif Makanan**

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 33 Tahun 2012 tentang Bahan Tambah Pangan, zat aditif makanan atau bahan tambahan pangan didefinisikan sebagai bahan yang ditambahkan ke dalam pangan untuk mempengaruhi sifat atau bentuk pangan. Dalam pasal 2, pemerintah juga menetapkan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi zat aditif makanan. Persyaratan tersebut meliputi:

- a. zat aditif makanan tidak dimaksudkan untuk dikonsumsi secara langsung dan/atau tidak diperlakukan sebagai bahan baku pangan;
- b. zat aditif makanan dapat mempunyai atau tidak mempunyai nilai gizi, yang sengaja ditambahkan ke dalam pangan untuk tujuan teknologis pada pembuatan, pengolahan, perlakuan, pengepakan, pengemasan, penyimpanan dan/atau pengangkutan pangan untuk menghasilkan atau diharapkan menghasilkan suatu komponen atau mempengaruhi sifat pangan tersebut, baik secara langsung atau tidak langsung;
- c. zat aditif makanan tidak termasuk cemaran atau bahan yang ditambahkan ke dalam pangan untuk mempertahankan atau meningkatkan nilai gizi.

## **2. Tujuan Penggunaan Zat Aditif Makanan**

I Made Siaka (2009: 87) menyatakan bahwa penambahan zat aditif ke dalam makanan merupakan hal yang dipandang perlu untuk meningkatkan mutu suatu produk sehingga mampu bersaing di pasaran. Lebih lanjut, Regina Tutik Padmaningrum (2009: 2-3) menyatakan bahwa tujuan penggunaan zat aditif makanan dapat dibedakan menjadi tujuan umum dan tujuan khusus. Tujuan penggunaan zat aditif makanan secara umum yaitu:

- a. meningkatkan nilai gizi makanan,
- b. memperbaiki nilai sensori makanan, dan
- c. memperpanjang umur simpan (*shelf life*) makanan

Secara khusus, penggunaan zat aditif makanan bertujuan untuk memproduksi makanan bagi kelompok konsumen tertentu, seperti penderita diabetes, pasien yang baru mengalami operasi, orang-orang yang menjalankan diet rendah kalori atau rendah lemak, dan lain sebagainya.

### 3. Klasifikasi Zat Aditif Makanan Berdasarkan Fungsinya

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 33 Tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Pangan, zat aditif yang digunakan dalam makanan terdiri dari beberapa golongan. Adapun daftar golongan zat aditif makanan tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Golongan Zat Aditif Makanan

No.	Zat Aditif Makanan	No.	Zat Aditif Makanan
1.	Antibuih ( <i>Antifoaming agent</i> )	15.	Pengembang ( <i>Raising agent</i> )
2.	Antikempal ( <i>Anticaking agent</i> )	16.	Pengemulsi ( <i>Emulsifier</i> )
3.	Antioksidan ( <i>Antioxidant</i> )	17.	Pengental ( <i>Thickener</i> )
4.	Bahan pengkarbonasi ( <i>Carbonating agent</i> )	18.	Pengeras ( <i>Firming agent</i> )
5.	Garam pengemulsi ( <i>Emulsifying salt</i> )	19.	Penguat rasa ( <i>Flavour enhancer</i> )
6.	Gas untuk kemasan ( <i>Packaging gas</i> )	20.	Peningkat volume ( <i>Bulking agent</i> )
7.	Humektan ( <i>Humectant</i> )	21.	Penstabil ( <i>Stabilizer</i> )
8.	Pelapis ( <i>Glazing agent</i> )	22.	Peretensi warna ( <i>Colour retention agent</i> )

No.	Zat Aditif Makanan	No.	Zat Aditif Makanan
9.	Pemanis ( <i>Sweetener</i> )	23.	Perisa ( <i>Flavouring</i> )
10.	Pembawa ( <i>Carrier</i> )	24.	Perlakuan tepung ( <i>Flour treatment agent</i> )
11.	Pembentuk gel ( <i>Gelling agent</i> )	25.	Pewarna ( <i>Colour</i> )
12.	Pembuih ( <i>Foaming agent</i> )	26.	Propelan ( <i>Propellant</i> )
13.	Pengatur keasaman ( <i>Acidity regulator</i> )	27.	Sekuestran ( <i>Sequestrant</i> )
14.	Pengawet ( <i>Preservative</i> )		

(Sumber: Kementerian Kesehatan RI, 2012)

Berdasarkan fungsinya, zat aditif makanan dapat dibedakan menjadi pengawet, pewarna, pemanis, penyedap rasa dan aroma, pemantap, antioksidan, pengemulsi, antigumpal, pemucat, dan pengental (F. G. Winarno, 1989: 214). Adapun penjelasan mengenai zat pengawet, zat pewarna, zat pemanis, zat penyedap rasa, dan zat pemberi aroma dijabarkan dalam uraian berikut.

#### a. Zat Pengawet

Badan Kesehatan Nasional dan Penelitian Kedokteran Australia mendefinisikan zat pengawet sebagai zat yang dapat menghambat, memperlambat, menutupi atau menahan proses fermentasi, pembusukan, pengasaman atau dekomposisi lainnya di dalam atau pada setiap bahan pangan (Buckle, *et al.* 2013: 173). Menurut Peraturan Kepala BPOM RI No. 36 Tahun 2013 tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Tambahan Pangan Pengawet, zat pengawet adalah bahan tambahan pangan untuk mencegah atau

menghambat fermentasi, pengasaman, penguraian, dan perusakan lainnya terhadap pangan yang disebabkan oleh mikroorganisme.

Menurut F. G. Winarno (1989: 224-226), zat pengawet makanan terdiri dari senyawa organik dan anorganik dalam bentuk asam atau garamnya. Oleh karena itu, zat pengawet dapat dibedakan menjadi zat pengawet organik dan zat pengawet anorganik.

### 1) Zat Pengawet Organik

Zat pengawet organik lebih banyak digunakan daripada zat pengawet anorganik karena zat ini lebih mudah dibuat. Zat organik digunakan baik dalam bentuk asam maupun garamnya. Zat organik yang sering dimanfaatkan sebagai pengawet meliputi asam sorbat, asam propionat, asam benzoat, asam asetat, dan epoksida. Bentuk senyawa dan aktivitas zat pengawet organik tersebut dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Bentuk Senyawa dan Aktivitas Zat Pengawet Organik

No.	Golongan	Bentuk Senyawa	Aktivitas
1.	Asam sorbat	Natrium sorbat dan kalium sorbat	Mencegah pertumbuhan kapang dan bakteri
2.	Asam propionat	Natrium propionat dan kalsium propionat	Mencegah pertumbuhan kapang dan beberapa khamir
3.	Asam benzoat	Natrium benzoat	Mencegah pertumbuhan khamir dan bakteri
4.	Asam asetat	Cuka (larutan 4% asam asetat dalam air)	Mencegah pertumbuhan kapang
5.	Epoksida	Etilen oksida dan propilen oksida	Mencegah pertumbuhan mikroba termasuk spora dan virus

(Sumber: F. G. Winarno, 1989: 224-225)

## 2) Zat Pengawet Anorganik

Zat pengawet anorganik yang masih sering digunakan adalah sulfat, nitrat, dan nitrit. Bentuk senyawa dan aktivitas zat pengawet anorganik tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Bentuk Senyawa dan Aktivitas Zat Pengawet Anorganik

No.	Golongan	Bentuk Senyawa	Aktivitas
1.	Sulfat	Gas SO <sub>2</sub> , natrium sulfat, kalium sulfat, bisulfat, dan metabisulfat	Mencegah pertumbuhan mikroba
2.	Nitrat dan nitrit	Garam nitrat dan garam nitrit	Mencegah pertumbuhan mikroba dan mempertahankan warna daging serta ikan

(Sumber: F. G. Winarno, 1989: 225-226)

Sementara itu, pemerintah telah menetapkan beberapa jenis zat pengawet yang diijinkan digunakan dalam bahan pangan dengan memperhatikan takaran batas maksimum penggunaannya. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 33 Tahun 2012, zat pengawet tersebut meliputi golongan asam sorbat dan garamnya, asam benzoat dan garamnya, etil para-hidroksibenzoat, metil para-hidroksibenzoat, sulfat, nisin, nitrit, nitrat, asam propionat dan garamnya, serta lisozim hidroklorida. Spesifikasi senyawa-senyawa yang termasuk ke dalam setiap golongan tersebut dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Zat Pengawet yang Dijinkan Digunakan dalam Pangan

No.	Golongan Zat Pengawet	Senyawa
1.	Asam sorbat dan garamnya	a. Asam sorbat b. Natrium sorbat c. Kalium sorbat d. Kalsium sorbat



No.	Golongan Zat Pengawet	Senyawa
2.	Asam benzoat dan garamnya	a. Asam benzoat b. Natrium benzoat c. Kalium benzoat d. Kalsium benzoat
3.	Etil para-hidroksibenzoat	Etil para-hidroksibenzoat
4.	Metil para-hidroksibenzoat	Metil para-hidroksibenzoat
5.	Sulfit	a. Belerang dioksida b. Natrium sulfit c. Natrium bisulfit d. Natrium metabisulfit e. Kalium metabisulfit f. Kalium sulfit g. Kalsium bisulfit h. Kalium bisulfit
6.	Nisin	Nisin
7.	Nitrit	a. Kalium nitrit b. Natrium nitrit
8.	Nitrat	a. Natrium nitrat b. Kalium nitrat
9.	Asam propionat dan garamnya	a. Asam propionat b. Natrium propionat c. Kalsium propionat d. Kalium propionat
10.	Lisozim hidroklorida	Lisozim hidroklorida

(Sumber: Kementerian Kesehatan RI, 2012)

Selain menetapkan zat pengawet yang aman digunakan dalam makanan, pemerintah juga menetapkan beberapa zat pengawet yang dilarang digunakan dalam makanan. Zat pengawet yang tidak diperuntukkan bagi makanan tersebut adalah asam borat dan senyawanya (termasuk boraks) dan formalin.

#### **b. Zat Pewarna**

La Ode Sumarlin (2010: 274) menyatakan bahwa warna merupakan daya tarik terbesar untuk menikmati makanan setelah

aroma. Pewarna dalam pangan dapat meningkatkan penerimaan konsumen terhadap suatu produk. Oleh karena itu, produsen berlomba-lomba menawarkan aneka produknya dengan tampilan yang menarik dan warna-warni.

Menurut Nuri Andarwulan, Feri Kusnandar, & Dian Herawati. (2011: 231), zat pewarna yang ditambahkan ke dalam bahan pangan dapat berasal dari ekstrak pigmen alami atau pewarna buatan (sintetis). Oleh karena itu, zat pewarna dapat dibedakan menjadi zat pewarna alami dan zat pewarna buatan.

### 1) **Zat Pewarna Alami**

Zat pewarna alami diperoleh dari ekstrak bagian tumbuhan atau hewan tertentu. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 33 Tahun 2012, pewarna alami dibuat melalui proses ekstraksi, isolasi, atau derivatisasi (sintesis parsial) dari tumbuhan, hewan, mineral atau sumber alami lain, termasuk pewarna identik alami. Beberapa pewarna alami yang sering digunakan pada makanan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Sumber Pewarna Alami

No.	Warna	Sumber
1.	Kuning	Kunyit
2.	Jingga	Wortel
3.	Coklat	Gula aren, gula pasir yang dipanaskan, karamel, biji kakao
4.	Hijau	Daun suji, daun pandan, daun katuk
5.	Merah	Kulit cabai merah, buah tomat, daun bayam merah, mahkota bunga mrambos

No.	Warna	Sumber
6.	Merah keunguan	Buah naga, buah anggur, bit
7.	Merah kecoklatan	Daun jati, kayu secang
8.	Hitam	Isi biji keluak, biji kopi yang telah disangrai

(Sumber: Setijo Pitojo & Zumiati, 2009)

Wisnu Cahyadi (2012: 68) menyatakan bahwa pewarna identik alami merupakan pewarna yang dihasilkan dengan cara sintesis kimia. Pewarna identik alami tidak dihasilkan dengan cara ekstraksi atau isolasi. Namun demikian, pewarna identik alami memiliki komposisi yang identik dengan pewarna alami. Jenis pewarna identik alami yang banyak diproduksi antara lain beta karoten, cantoxantin, dan apo karotenal.

Zat pewarna alami cenderung lebih aman untuk dikonsumsi karena tidak melalui proses kimiawi. Namun demikian, pewarna alami mempunyai beberapa keterbatasan apabila dibandingkan dengan pewarna buatan. Menurut Alsuhendra & Ridawati (2013: 234), keterbatasan pewarna alami tersebut yaitu:

- a) sumber zat warna terbatas;
- b) warna yang dihasilkan lebih pudar dan tidak homogen;
- c) variasi warnanya terbatas;
- d) kurang stabil karena mudah dipengaruhi oleh suhu, cahaya, pH, dan lain-lain;
- e) jumlah yang dibutuhkan untuk mendapatkan warna yang cerah relatif banyak;
- f) harga relatif mahal;
- g) memberikan rasa dan flavor khas yang tidak diinginkan.

## 2) Zat Pewarna Buatan

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 33 Tahun 2012, pewarna buatan adalah pewarna yang diperoleh secara sintesis kimiawi. Saat ini, produsen pangan lebih memilih menggunakan pewarna buatan untuk membuat aneka makanan yang berwarna. Zat pewarna buatan dipilih karena memiliki beberapa keunggulan dibanding zat pewarna alami, yaitu harganya murah, praktis dalam penggunaan, warnanya lebih kuat, macam warnanya lebih banyak, dan warnanya tidak rusak karena pemanasan.

Menurut F. G. Winarno (1989: 184), suatu zat pewarna buatan harus melalui berbagai prosedur pengujian sebelum dapat digunakan sebagai zat pewarna makanan. Proses pengujian ini disebut proses sertifikasi. Proses sertifikasi tersebut meliputi pengujian kimia, biokimia, toksikologi, dan analisis media terhadap zat warna tersebut.

Zat pewarna yang telah lolos uji dan diijinkan penggunaannya dalam makanan disebut sebagai *permitted color* atau *certified color*. Zat pewarna buatan yang diijinkan digunakan dalam produk pangan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 33 Tahun 2012 dapat dilihat Tabel 12.

Tabel 12. Pewarna Buatan yang Diiijinkan Digunakan dalam Pangan

No.	Nama Zat	Nomor Indeks
1.	Tartrazin	19140
2.	Kuning kuinolin	47005
3.	Kuning FCF	15985
4.	Karmoisin	14720
5.	Ponceau 4R	16255
6.	Eritrosin	45430
7.	Merah allura	16035
8.	Indigotin	73015
9.	Biru berlian FCF	42090
10.	Hijau FCF	42053
11.	Coklat HT	20285

(Sumber: Kementerian Kesehatan RI, 2012)

Walaupun sudah diatur secara jelas dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 33 Tahun 2012, kasus penyalahgunaan zat pewarna dalam bidang pangan masih sering dijumpai di masyarakat, seperti pemakaian pewarna tekstil merah (rhodamin B) pada bahan pangan. Hal ini jelas berbahaya bagi kesehatan karena rhodamin B mengandung residu logam berat. Apabila digunakan dalam makanan, rhodamin B telah terbukti menyebabkan kanker yang gejalanya tidak dapat terlihat langsung setelah dikonsumsi (Supli Effendi, 2012: 163).

Rhodamin B dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui cara inhalasi, kontak pada kulit dan mata, serta tertelan ke dalam saluran pencernaan. Efek negatif yang mungkin terlihat adalah terjadinya iritasi pada kulit, saluran pencernaan, saluran pernapasan, dan saluran ekskresi (urin berwarna merah). Efek

negatif lain dari keracunan rhodamin B antara lain dapat mengakibatkan pembesaran organ berupa peningkatan berat hati, ginjal, dan limpa. Hal ini dapat mengganggu fungsi organ-organ tersebut (Alsuhehndra & Ridawati, 2013: 242).

### **c. Zat Pemanis**

Zat pemanis merupakan salah satu komponen yang sering ditambahkan dalam bahan pangan. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 33 Tahun 2012, zat pemanis adalah bahan tambahan pangan berupa pemanis alami dan pemanis buatan yang memberikan rasa manis pada produk pangan.

#### **1) Zat Pemanis Alami**

Zat pemanis alami biasanya berasal dari tanaman. Tanaman penghasil zat pemanis yang utama adalah tebu (*Saccharum officinarum*) dan bit (*Beta vulgaris*). Bahan pemanis yang dihasilkan dari kedua tanaman tersebut dikenal sebagai gula alam atau sukrosa. Beberapa zat pemanis alami yang sering digunakan dalam bahan pangan adalah sukrosa, laktosa, maltosa, galaktosa, D-glukosa, D-fruktosa, sorbitol, manitol, gliserol, dan glisina (Wisnu Cahyadi, 2012: 77).

#### **2) Zat Pemanis Buatan**

Menurut Abdul Rohman & Sumantri (2013: 252), zat pemanis buatan merupakan zat yang dapat menimbulkan rasa manis atau dapat membantu mempertajam penerimaan terhadap

rasa manis tersebut, sementara kalori yang dihasilkan jauh lebih rendah daripada gula. Pada umumnya, zat pemanis buatan mempunyai struktur kimia yang berbeda dengan struktur polihidrat gula alam. Adapun zat pemanis buatan yang diijinkan digunakan dalam produk pangan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 33 Tahun 2012 meliputi asesulfam-K, aspartam, asam siklilat, kalsium siklilat, natrium siklilat, sakarin, kalsium sakarin, kalium sakarin, natrium sakarin, sukralosa, dan neotam.

Penggunaan zat pemanis buatan yang berlebihan dapat membahayakan kesehatan. Salah satu contoh zat pemanis buatan yang membahayakan kesehatan tersebut adalah sakarin. Dari hasil penelitian di Kanada, didapatkan informasi bahwa penggunaan 5% sakarin dalam ransum tikus dapat merangsang terjadinya tumor di kandung kemih (F.G. Winarno, 1989: 218).

Selain menetapkan zat pemanis buatan yang aman digunakan dalam makanan, pemerintah juga menetapkan zat pemanis buatan yang dilarang digunakan dalam makanan. Zat pemanis buatan yang tidak diperuntukkan bagi makanan tersebut adalah dulisin. Menurut Wisnu Cahyadi (2012: 254), dosis dulisin yang dapat menyebabkan kematian pada anjing dewasa adalah sebesar 1,0 g/l setiap 2 kg berat badan. Karena sifat beracunnya inilah dulisin tidak diijinkan oleh FDA (*Food and Drug*

*Administration*) untuk digunakan sebagai pemanis bahan pangan di Amerika Serikat.

#### **d. Zat Penyedap Rasa**

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 33 Tahun 2012, zat penyedap rasa atau zat penguat rasa adalah bahan tambahan pangan yang digunakan untuk memperkuat atau memodifikasi rasa yang telah ada dalam bahan pangan tanpa memberikan rasa baru. Berdasarkan sumbernya, zat penyedap rasa dapat dikelompokkan menjadi zat penyedap rasa alami dan buatan.

##### **1) Zat Penyedap Rasa Alami**

Zat penyedap rasa alami berasal dari bahan alami, seperti bumbu, herba, daun, minyak esensial, dan oleoresin (Supli Effendi, 2012: 129). Bumbu dapat didefinisikan sebagai jenis bahan yang dapat bersifat *pungent* (tajam) dan dalam jumlah sedikit sudah efektif sebagai penyedap. Contoh bumbu antara lain bawang putih, merica, kayu manis, pala, jahe, dan cengkih. Penyedap berupa herba dan daun dipergunakan dalam bentuk segar maupun kering, seperti sereh dan daun salam. Minyak esensial dapat didefinisikan sebagai zat aromatik yang berbentuk minyak cair, padat, dan setengah padat. Minyak esensial dihasilkan dari bagian-bagian tanaman seperti bunga (minyak neroli), tunas (minyak cengkih), biji (merica, ketumbar, adas), dan sebagainya. Sementara itu,



oleoresin dibuat dari proses perkolasi zat pelarut yang bersifat volatil terhadap bumbu atau herba yang telah digiling.

## 2) Zat Penyedap Rasa Buatan

Zat penyedap rasa buatan merupakan hasil sintesis zat-zat kimia (Supli Effendi, 2012: 129). Terdapat dua golongan penyedap rasa buatan yang umum ditambahkan dalam bahan pangan, yaitu golongan asam amino L atau garamnya seperti monosodium glutamat (MSG) serta golongan 5'-nukleotida seperti inosin 5'-monofosfat (5'-IMP) dan guadinin 5'-monofosfat (5'-GMP) (F.G. Winarno, 1989: 209).

Zat penyedap rasa buatan yang paling umum digunakan adalah MSG. Menurut Wisnu Cahyadi (2012: 110), beberapa pendapat tentang mekanisme kerja MSG sebagai *flavour enhancer* meliputi:

- a) MSG dapat menyebabkan rasa daging karena adanya reaksi hidrolisis protein dalam mulut;
- b) MSG dapat meningkatkan cita rasa dengan mengurangi rasa yang tidak diinginkan, seperti rasa bawang putih yang tajam, rasa sayuran mentah, dan rasa pahit dari sayuran.

Konsumsi makanan yang mengandung MSG dalam jumlah berlebihan dapat berakibat buruk terhadap kesehatan, seperti munculnya gejala *Chinese Restaurant Syndrome* (CRS) dan kerusakan sel-sel saraf di bagian hipotalamus (F.G. Winarno, 1989:

211). Gejala CRS meliputi kesemutan pada bagian penggung leher, rahang bawah, leher bagian bawah; sesak pada dada bagian bawah; pusing; dan wajah berkeriat.

**e. Zat Pemberi Aroma**

Zat pemberi aroma dapat berasal dari bahan alam, seperti ekstrak buah. Selain diperoleh dari ekstrak buah, aroma buah-buahan juga dapat diperoleh dari berbagai senyawa ester flavormatik yang bersifat volatil. Adapun senyawa ester flavormatik dan aroma buah yang ditimbulkan beserta takaran penggunaannya dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Senyawa Ester Flavormatik dan Aroma Buah yang Ditimbulkan beserta Takaran Penggunaannya

No.	Senyawa Ester Flavormatik	Aroma	Takaran Penggunaan (ppm)
1.	Amil asetat	Pisang	78,4
2.	Amil kaproat	Apel dan nanas	4,4
3.	Benzaldehida	<i>Cherry</i>	84,8
4.	Benzilasetat	<i>Strawberry</i>	8,8
5.	Vanilin	Vanili	31,5

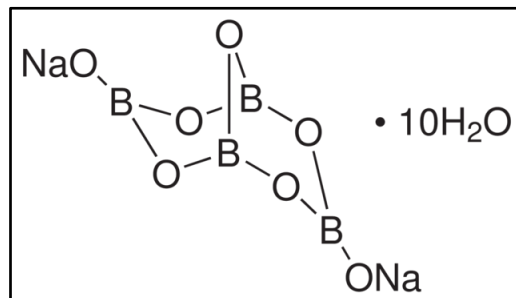
(Sumber: Janovsky, 1950 dalam F.G. Winarno, 1989: 208)

**4. Boraks sebagai Zat Aditif Berbahaya**

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 722/Menkes/PER/IX/1988 tentang Bahan Tambahan Makanan, bahan yang dilarang digunakan dalam pangan meliputi asam borat dan senyawanya, asam salisilat dan garamnya, dietilpirokarbonat, dulsin, kalium klorat, kloramfenikol, minyak nabati yang dibrominasi, nitrofurazon, dan formalin. Lebih lanjut, pemerintah menambahkan

beberapa bahan tambahan pangan yang dilarang dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 33 Tahun 2012, yaitu kalium bromat, dulkamara, kokain, nitrobenzen, sinamil antranilat, dihidrosafrol, biji tonka, minyak kalamus, minyak tansi, dan minyak sasafra. Menurut Abdul Rohman & Sumantri (2013: 260), bahan-bahan tersebut tentu berbahaya bagi tubuh manusia sehingga penggunaannya dilarang oleh pemerintah, terutama boraks.

Boraks merupakan senyawa kimia berbentuk serbuk kristal putih, tidak berbau, larut dalam air, tidak larut dalam alkohol, memiliki pH 9,5, memiliki berat molekul 381,37, titik lebur dari bentuk kristal 743°C, dan densitas 1,73 g/cm<sup>3</sup>. Boraks adalah senyawa hidrat dari garam natrium tetraborat dekahidrat (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O). Natrium tetraborat merupakan garam natrium dari asam piroborat. Asam piroborat sendiri adalah salah satu jenis dari senyawa asam borat (Alsuhendra & Ridawati, 2013: 184).



Gambar 2. Rumus Struktur Natrium Tetraborat  
(Sumber: Alsuhendra & Ridawati, 2013: 184)

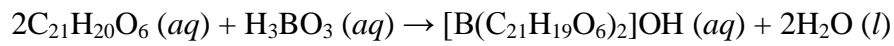
Karena mengandung unsur logam berat boron (B), boraks disebut sebagai senyawa kimia turunan turunan boron. Persentase boron dalam boraks adalah 11,34%.

Boraks merupakan bahan kimia terlarang yang biasanya dicampurkan pada bakso sebagai pengawet dan pengenyal. Padahal, zat ini bukan diperuntukkan sebagai bahan tambahan pangan. Pada dasarnya, boraks digunakan sebagai pengawet kayu dan rotan, penghalus gelas, dan bahan pengontrol kecoa.

Supli Effendi (2012: 161-162) menyatakan bahwa mengonsumsi boraks dalam makanan tidak secara langsung berakibat buruk, tetapi sifatnya terakumulasi sedikit demi sedikit dalam organ hati, otak, ginjal, dan testis. Boraks tidak hanya diserap melalui sistem pencernaan, namun juga dapat diserap melalui kulit. Boraks yang dikonsumsi cukup tinggi dalam satu waktu dapat menyebabkan keracunan dengan berbagai gejala seperti pusing, mual, muntah, diare berlendir dan berdarah, kejang, dan bercak-bercak pada kulit. Untuk pemakaian jangka panjang dengan jumlah akumulasi yang besar, boraks menyebabkan anuria, merusak susunan saraf pusat, depresi, apatis, sianosis, tekanan darah menurun, kerusakan ginjal, pingsan, koma, bahkan kematian. Menurut Wisnu Cahyadi (2012: 253), kematian dapat terjadi pada dosis 15-25 gram untuk orang dewasa dan 5-6 gram untuk anak-anak.

Kandungan boraks dalam makanan dapat dideteksi secara sederhana menggunakan ekstrak kunyit. Kandungan utama kunyit adalah kurkumin. Reaksi antara boron yang terkandung dalam boraks dengan kurkumin akan menghasilkan senyawa kompleks berwarna merah yang disebut rososianin (*rosocyanine*). Mekanisme pembentukan rososianin

adalah satu atom boron membentuk ikatan koordinasi dengan gugus metoksi dan gugus hidroksil dari molekul kurkumin (Hardcastle, 1960: 4-5). Adapun reaksi kimia antara boron dengan kurkumin adalah sebagai berikut:



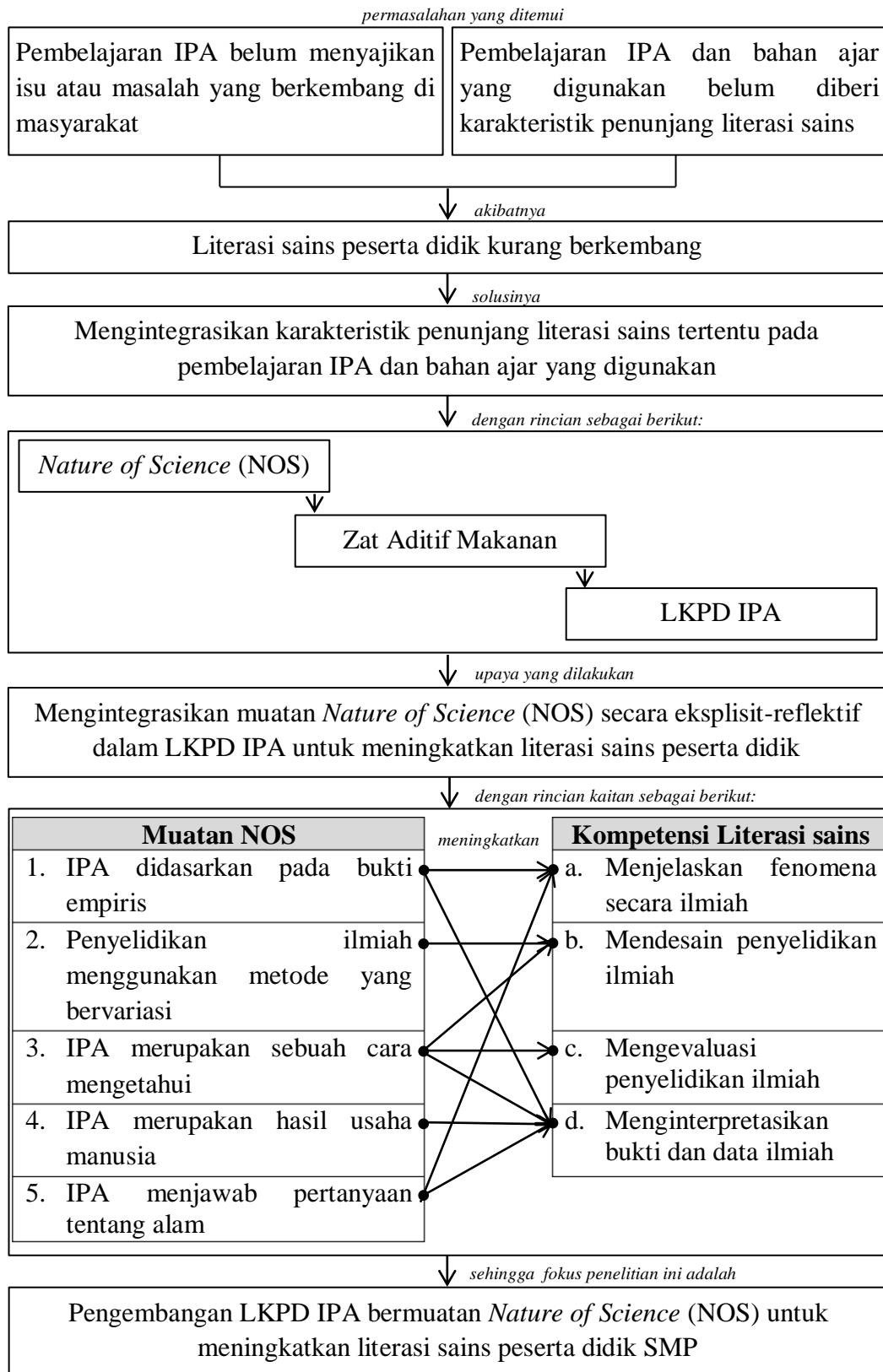
### C. Penelitian yang Relevan

1. Yulius Lumban Tobing (2016) mengembangkan bahan ajar IPA bermuatan *Nature of Science* (NOS) pada topik pemanasan global dan perubahan iklim. Bahan ajar IPA yang dikembangkan dinyatakan valid dengan nilai CVI rata-rata 0,99. Berdasarkan hasil validasi ahli, bahan ajar IPA hasil pengembangan memperoleh nilai rata-rata 4,46 dengan kategori sangat baik. Berdasarkan hasil uji keterbacaan, bahan ajar IPA hasil pengembangan memperoleh nilai rata-rata 91,54% dengan kategori sangat mudah/praktis digunakan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai literasi sains peserta didik sebelum dan sesudah mempelajari bahan ajar berdasarkan perbedaan nilai rata-rata *pretest* dan *posttest*.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Ilma Wiryanti (2014) menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran biologi berbasis *Nature of Science* (NOS) terbukti dapat meningkatkan pengetahuan, keterampilan proses IPA, dan sikap ilmiah peserta didik kelas X. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan dinyatakan sangat valid berdasarkan hasil validasi ahli dan praktisi, dengan skor rata-rata validasi buku peserta didik 4,36 dan buku pegangan

guru 4,38. Selain itu, perangkat pembelajaran tersebut telah memenuhi kriteria sangat praktis berdasarkan hasil keterlaksanaan perangkat pembelajaran, dengan nilai rata-rata respon guru 4,22 dan respon peserta didik 4,55. Perangkat pembelajaran tersebut telah memenuhi kriteria efektifitas berdasarkan hasil uji coba, yang ditunjukkan oleh aktivitas peserta didik dalam pembelajaran dan pencapaian kompetensi peserta didik. Hal ini terlihat dari nilai tes pengetahuan rata-rata 82,15 dengan ketuntasan belajar 91,30%. Nilai rata-rata keterampilan proses IPA meningkat dari 69,63 menjadi 84,13 dan sikap ilmiah dari 73,51 menjadi 89,81.

3. Ulfaturrohmi, Hunaepi, & Puri Indah Lesmana (2014) melakukan penelitian tindakan kelas tentang implementasi model *Nature Of Science* (NOS) untuk meningkatkan kemampuan kognitif dan kemampuan literasi sains peserta didik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan ketuntasan belajar dan kemampuan literasi sains peserta didik. Hasil ketuntasan belajar peserta didik pada siklus pertama sebesar 61,53% dan pada siklus kedua sebesar 85,00%. Hasil rata-rata kemampuan literasi sains peserta didik pada siklus pertama sebesar 72,00 dan pada siklus kedua sebesar 85,93.

#### D. Kerangka Berpikir



Gambar 3. Diagram Alir Kerangka Pikir Penelitian

Literasi sains peserta didik dapat ditingkatkan melalui pembelajaran IPA dan bahan ajar yang digunakan. Pembelajaran IPA dan bahan ajar yang berorientasi pada peningkatan literasi sains peserta didik adalah pembelajaran IPA dan bahan ajar yang mengakomodasi: 1) penyajian isu atau masalah dalam bidang sains dan teknologi yang relevan dengan materi pembelajaran dan 2) pemberian karakteristik penunjang literasi sains.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan, diperoleh informasi bahwa pembelajaran IPA dan bahan ajar yang digunakan di SMP N 2 Mlati belum berorientasi pada peningkatan literasi sains peserta didik. Pembelajaran IPA belum menyajikan isu atau masalah dalam bidang sains dan teknologi yang sedang berkembang di masyarakat. Selain itu, pembelajaran IPA dan bahan ajar belum memiliki karakteristik tertentu yang sesuai untuk menunjang peningkatan literasi sains peserta didik secara optimal. Hal ini menyebabkan literasi sains peserta didik kurang berkembang.

*Nature of Science* (NOS) merupakan landasan epistemik IPA yang memuat nilai-nilai dan asumsi-asumsi yang melekat pada IPA dan perkembangannya. NOS merupakan komponen kunci dalam meningkatkan literasi sains peserta didik. Berbagai penelitian membuktikan bahwa integrasi muatan NOS pada konten IPA secara eksplisit-reflektif dalam pembelajaran IPA dan bahan ajar yang digunakan dapat meningkatkan literasi sains peserta didik secara optimal. Lebih lanjut, salah satu konten IPA yang dapat digunakan untuk membelajarkan literasi sains kepada peserta didik adalah materi Zat Aditif Makanan. Bahan ajar yang sesuai untuk mengemas materi



Zat Aditif Makanan sesuai dengan tuntutan Standar Kompetensi 4 (memahami kegunaan bahan kimia dalam kehidupan) dan Kompetensi Dasar 4.3 (mendeskripsikan bahan kimia alami dan bahan kimia buatan dalam kemasan yang terdapat dalam bahan makanan) adalah LKPD IPA. Oleh karena itu, solusi yang dapat ditawarkan untuk meningkatkan literasi sains peserta didik adalah mengintegrasikan muatan NOS secara eksplisit-reflektif dalam LKPD IPA.

Berdasarkan uraian tersebut, perlu dilakukan upaya pengembangan LKPD IPA bermuatan NOS untuk meningkatkan literasi sains peserta didik. Muatan NOS yang diintegrasikan secara eksplisit-reflektif dalam LKPD IPA meliputi IPA didasarkan pada bukti empiris, penyelidikan ilmiah menggunakan metode yang bervariasi, IPA merupakan sebuah cara mengetahui, IPA merupakan hasil usaha manusia, dan IPA menjawab pertanyaan tentang alam. Pemilihan muatan NOS tersebut disesuaikan dengan karakteristik materi Zat Aditif Makanan. Adapun alasan pemilihan setiap muatan NOS tersebut dapat dilihat pada Tabel 14.

Lima muatan NOS tersebut dapat meningkatkan kompetensi literasi sains peserta didik tertentu. Rincian kaitan antara muatan NOS dengan kompetensi literasi sains yang dikembangkan dijabarkan dalam uraian berikut.

1. “IPA Didasarkan pada Bukti Empiris” Meningkatkan Kompetensi “Menjelaskan Fenomena Secara Ilmiah”

Bukti empiris yang diperoleh melalui pengamatan dan percobaan perlu dijelaskan secara logis dan konseptual berdasarkan referensi dan

pengetahuan yang dimiliki peserta didik. Hal ini dilakukan agar bukti empiris tersebut lebih bermakna. Dengan demikian, apabila peserta didik memperoleh bukti empiris dalam pembelajaran IPA maupun kehidupan sehari-hari, peserta didik akan terbiasa untuk menjelaskan bukti empiris tersebut agar lebih bermakna bagi dirinya dan masyarakat di sekitarnya.

2. “IPA Didasarkan pada Bukti Empiris” Meningkatkan Kompetensi “Menginterpretasikan Bukti dan Data Ilmiah”

Penemuan konsep IPA oleh ilmuwan diawali dengan penemuan bukti empiris. Agar dapat membuat kesimpulan yang tepat maka bukti empiris tersebut harus dianalisis dan diinterpretasikan terlebih dahulu. Dengan demikian, apabila peserta didik memperoleh bukti empiris dalam pembelajaran IPA maupun kehidupan sehari-hari, peserta didik akan terbiasa untuk menganalisis dan menginterpretasikan bukti empiris tersebut dalam rangka membuat kesimpulan yang tepat.

3. “Penyelidikan Ilmiah Menggunakan Metode yang Bervariasi” Meningkatkan Kompetensi “Mendesain Penyelidikan Ilmiah”

Sinergi antara pemahaman muatan NOS “IPA merupakan sebuah cara mengetahui” dan “penyelidikan ilmiah menggunakan metode yang bervariasi” membantu peserta didik dalam mendesain penyelidikan ilmiah.

4. “IPA merupakan Sebuah Cara Mengetahui” Meningkatkan Kompetensi “Mendesain Penyelidikan Ilmiah”

Muatan NOS “IPA merupakan sebuah cara mengetahui” menekankan pada penguasaan proses ilmiah (metode ilmiah) oleh peserta didik. Oleh karena

itu, esensi integrasi muatan NOS ini adalah melatih peserta didik untuk melakukan inkuiri ilmiah sesuai dengan langkah-langkah metode ilmiah yang baik dan benar. Dengan mengetahui rincian langkah metode ilmiah beserta idealita pada setiap langkah tersebut maka kemampuan peserta didik dalam mendesain penyelidikan ilmiah dapat berkembang.

5. “IPA merupakan Sebuah Cara Mengetahui” Meningkatkan Kompetensi “Mengevaluasi Penyelidikan Ilmiah”

Esensi integrasi muatan NOS ini adalah melatih peserta didik untuk melakukan inkuiri ilmiah sesuai dengan langkah-langkah metode ilmiah yang baik dan benar. Peserta didik dapat mengetahui faktor pendukung keberhasilan atau faktor penyebab kegagalan penyelidikan dengan membandingkan idealita dan realita pada setiap langkah metode ilmiah yang telah dilakukan. Dengan demikian, peserta didik juga dapat mengusulkan saran untuk mengatasi faktor penyebab kegagalan penyelidikan tersebut.

6. “IPA merupakan Sebuah Cara Mengetahui” Meningkatkan Kompetensi “Menginterpretasikan Bukti dan Data Ilmiah”

Esensi integrasi muatan NOS ini adalah melatih peserta didik untuk melakukan inkuiri ilmiah sesuai dengan langkah-langkah metode ilmiah yang baik dan benar. Langkah metode ilmiah yang secara spesifik melatih kompetensi menginterpretasikan bukti dan data ilmiah adalah menganalisis data. Dengan terbiasa menganalisis data hasil penyelidikan

maka kemampuan peserta didik dalam menginterpretasikan bukti dan data ilmiah dapat berkembang.

7. “IPA merupakan Hasil Usaha Manusia” Meningkatkan Kompetensi “Menginterpretasikan Bukti dan Data Ilmiah”

Ilmuwan mengandalkan ketelitian dan logika dalam usahanya untuk menganalisis dan menginterpretasikan data hasil penyelidikan agar diperoleh kesimpulan yang tepat. Dengan memahami hal tersebut, peserta didik akan senantiasa berusaha untuk menganalisis dan menginterpretasikan data hasil penyelidikan secara teliti dan logis agar diperoleh kesimpulan yang tepat.

8. “IPA Menjawab Pertanyaan tentang Alam” Meningkatkan Kompetensi “Menjelaskan Fenomena secara Ilmiah”

Peserta didik dapat memahami konsep IPA dengan menjawab pertanyaan tentang alam dan menguraikan penjelasannya. Dengan memahami hal tersebut maka apabila peserta didik menjumpai pertanyaan tentang alam dalam pembelajaran IPA atau kehidupan sehari-hari, peserta didik akan terbiasa untuk menjawab pertanyaan tersebut dan menguraikan penjelasannya dengan referensi dan pengetahuan yang mereka miliki dan menjadikan jawaban tersebut sebagai bekal dalam mengambil keputusan.

9. “IPA Menjawab Pertanyaan tentang Alam” Meningkatkan Kompetensi “Menginterpretasikan Bukti dan Data Ilmiah”

Muatan NOS ini menuntun dan membiasakan peserta didik untuk menjawab pertanyaan diskusi dengan baik dan benar agar mereka dapat

membuat kesimpulan dengan tepat. Kegiatan ini sama halnya dengan menginterpretasikan bukti dan data ilmiah. Dengan kata lain, kemampuan peserta didik dalam menginterpretasikan bukti dan data ilmiah akan berkembang karena kebiasaannya menjawab pertanyaan tentang alam melalui pertanyaan diskusi.

Pada dasarnya, setiap muatan NOS dapat meningkatkan empat kompetensi literasi sains. Untuk menghindari kompleksitas kegiatan refleksi muatan NOS dalam pembelajaran IPA dan LKPD IPA yang dikembangkan maka hanya dipilih sembilan kaitan antara NOS dan kompetensi literasi sains yang telah dijabarkan di atas.

#### **E. Pertanyaan Penelitian**

Berdasarkan kajian teori dan hasil penelitian yang relevan maka dirumuskan pertanyaan penelitian berikut.

1. Bagaimana kelayakan LKPD IPA bermuatan *Nature of Science* (NOS) menurut dosen ahli?
2. Bagaimana kelayakan LKPD IPA bermuatan *Nature of Science* (NOS) menurut guru IPA?
3. Bagaimana keterlaksanaan pembelajaran IPA bermuatan *Nature of Science* (NOS)?
4. Bagaimana respon peserta didik terhadap LKPD IPA bermuatan *Nature of Science* (NOS)?
5. Bagaimana peningkatan literasi sains peserta didik setelah menggunakan LKPD IPA bermuatan *Nature of Science* (NOS)?