BAB II
KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Hakekat Ilmu Pengetahuan Alam

Sains atau Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) sering diartikan sebagai ilmu yang mempelajari fenomena alam, gejala alam beserta interaksinya. Patta Bundu (2006: 9) kata "sains" diterjemahkan sebagai Ilmu Pengetahuan Alam yang berasal dari kata *natural science. Natural* berarti alamiah dan *science* artinya ilmu pengetahuan. Sehingga sains secara harfiah dapat disebut sebagai ilmu pengetahuan tentang alam atau yang mempelajari peristiwa-peristiwa yang terjadi di alam.

Hewitt *et al*. (2006: 1) "*science is an organized body of knowledge about nature. It is the product of observations, common sense, rational thinking, and (sometimes) brilliant insights"*. Sains merupakan susunan bangunan pengetahuan tentang alam. Sains merupakan produk dari observasi, akal sehat, berfikir rasional dan terkadang wawasan yang brilian.

I Made Alit dan Wandy Praginda (2009: 6) mendefinisikan hakekat Ilmu pengetahuan Alam (IPA) sebagai makna alam dan berbagai fenomena/ perilaku/karakteristik yang dikemas menjadi sekumpulan teori maupun konsep melalui serangkaian proses ilmiah yang dilakukan manusia. Sedangkan Patta Bundu (2006: 9) mendefinisikan sains secara harfiah dapat

disebut sebagai ilmu pengetahuan tentang alam atau yang mempelajari peristiwa-peristiwa yang terjadi di alam.

Chiappeta dan Koballa (2012: 105) pada hakekatnya sains terdiri dari empat elemen, yaitu sains merupakan cara berpikir *(a way of thingking),* cara untuk penyelidikan *(a way of investigating),* kumpulan pengetahuan *(a body of knowledge),* dan sains dan interaksinya dengan teknologi dan masyarakat (*science and its interactions with technology and society).* Lebih lanjut Patta Bundu (2006: 11) menjelaskan bahwa secara garis besar sains memiliki tiga komponen yaitu 1) proses ilmiah yang merupakan keterampilan untuk mengkaji fenomena alam dengan cara-cara tertentu untuk memperoleh ilmu, 2) produk ilmiah yang berisi prinsip-prinsip, hukum-hukum, dan teori-teori yang dapat menjelaskan dan memahami alam dan berbagai fenomena yang terjadi di dalamnya 3) sikap ilmiah merupakan sikap yang dimiliki ilmuan dalam mencari dan mengembangkan pengetahuan baru. Carin & Sun (1989: 5) menegaskan bahwa terdapat tiga elemen dari sains yaitu proses atau metode yang meliputi cata penyelidikan masalah, observasi, membuat hipotesis, mendesain dan melakukan eksperimen, mengevaluasi data dan perhitungan, 2) produk yang meliputi fakta, prinsip, hukum, teori, 3) sikap yang meliputi kepercayaan, nilai-nilai, dan pendapat.

Berdasarkan uraian mengenai sains atau Ilmu Pengetahuan Alam dan hakitat IPA di atas dapat disimpulkan bahwa hakekat IPA merupakan ilmu yang mempelajari fenomena alam, gejala alam beserta interaksinya yang

memuat elemen proses, produk, sikap dan kaitannya dengan teknologi dan masyarakat.

2. Pembelajaran IPA

Pembelajaran merupakan proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar, sedangkan IPA pada hakekatnya merupakan merupakan ilmu yang mempelajari fenomena alam, gejala alam beserta interaksinya yang memuat elemen proses, produk, sikap dan kaitannya dengan teknologi dan masyarakat. Asih Widi W. & Eka Sulistyowati (2015: 26) mendefinisikan pembelajaran IPA sebagai interaksi antara komponen-komponen pembelajaran dalam bentuk proses pembelajaran untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Proses pembelajaran IPA harus memperhatikan karakteristik IPA sebagai proses dan IPA sebagai produk.

Menurut Parsaoran Siahaan dan Iyon Suyana (2010: 3) pembelajaran sains baiknya menekankan pada proses, dimana peserta didik aktif dalam serangkaian kegiatan pembelajaran untuk membangun pengetahuannya sendiri. Menurut Bambang Sutedjo (2009: 5) terdapat tiga kemampuan dalam IPA yaitu, 1) kemampuan untuk mengetahui apa yang diamati, 2) kemampuan untuk memprediksi apa yang belum diamati, dan kemampuan untuk menguji tindak lanjut hasil eksperimen, dan 4) dikembangkannya sikap ilmiah. Kegiatan pembelajaran IPA yang berlangsung mencakup pengembangan kemampuan dalam mengajukan pertanyaan, mencari jawaban, memahami jawaban, menyempurnakan jawaban tentang gejala alam maupun karakteristik

alam sekitar melaui cara-cara sistematis yang akan diterapkan dalam lingkungan dan teknologi.

Menurut Bambang Sutedjo (2009: 6) pembelajaran IPA di sekolah sebaiknya 1) memberikan pengalaman pada peserta didik sehingga mereka kompeten melakukan pengukuran, 2) menanamkan pada peserta didik pentingnya pengamatan empiris dalam menguji suatu pernyataan ilmiah (hipotesis), 3) latihan berpikirkuantitatif yang mendukung kegiatan belajar matematika, 4) memperkenalkan dunia teknologi.

Berdasarkan pendapat beberapa ahli terkait dengan pembelajaran IPA, maka pembelajaran IPA yang baik yaitu proses pembelajaran dimana peserta didik ditekankan pada proses mendapatkan ilmu pengetahuan, tidak diberikan pengetahuan konten secara langsung, sehingga peserta didik dapat menemukan pengetahuannya sendiri melalui beberapa aktivitas ilmiah.

3. Bahan Ajar

Abdul Majid (2008: 173) mendefinisikan bahan ajar sebagai segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru/instruktor dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Pengertian bahan ajar menurut Depdiknas (2008: 6) yaitu segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru/instruktor dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar, sedangkan menurut Bruri, dkk (2009: 2) bahan ajar merupakan informasi, alat, dan teks tertulis maupun tidak tertulis yang tersusun secara sistematis,

digunakan untuk membantu dalam kegiatan belajar mengajar sehingga tercipta lingkungan/ suasana yang memungkinkan peserta didik untuk belajar.

Terdapat jenis-jenis bahan ajar sesuai dengan kegunaannya. Menurut Abdul Majid (2008: 174) terdapat empat jenis bahan ajar yaitu 1) bahan ajar cetak seperti *handout*, buku, modul, Lembar Kerja Siswa (LKS), brosur, *leaflet*, foto dan gambar, 2) bahan ajar audio (dengar) seperti kaset, radio, dan piringan hitam, 3) bahan ajar audio visual seperti video dan film, dan 4) bahan ajar interaktif seperti *compact disk* interaktif.

Menurut Chomsin dan Jasmadi (2008: 42) bahan ajar harus dikembangkan sesuai dengan kaidah-kaidah pengembangan bahan ajar. Beberapa aspek penting yang harus dituangkan dalam pembuatan bahan ajar yaitu (1) bahan ajar harus disesuaikan dengan karakteristik peserta didik (2) bahan ajar diharapkan mampu mengubah tingkah laku peserta didik, (3) mencakup tujuan kegiatan pembelajaran spesifik. (4) mencakup materi pembelajaran secara rinci. (5) terdapat evaluasi sebagai umpan balik dan alat untuk mengukur tingkat keberhasilan peserta didik

Berdasarkan pengertian dan jenis-jenis bahan ajar, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar merupakan segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran di kelas. Bahan ajar dapat berupa bahan ajar cetak, audio maupun audio visual. Pada penelitian ini, bahan ajar yang dikembangkan yaitu bahan ajar cetak berupa modul.

4. Modul

Menurut Ryandra Asyhar (2012: 155) modul adalah salah satu bentuk bahan ajar cetak yang dirancang untuk belajar secara mandiri oleh peserta didik yang dilengkap dengan petunjuk belajar. Menurut Abdul majid (2013: 176) modul adalah sebuah buku yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru.

Modul berfungsi sebagai sarana belajar peserta didik secara mandiri, sehingga modul harus memiliki karakteristik dari bahan ajar yang lainnya, terdapat lima karakteristik modul menurut Ryandra Asyhar (2012: 155-156) yaitu sebagai berikut:

a. *Self intructional*, yaitu mampu membelajarkan peserta didik secara mandiri. Modul dapat dibelajarkan dengan maupun tanpa guru.
b. *Self Contained,* yaitu seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi atau sub kompetensi yang dipelajari termuat di dalam satu modul secara utuh, sehingga peserta didik dapat belajar secara tuntas.
c. *Stand Alone,* yaitu modul tidak bergantung dengan media pebelajaran lain. Modul tidak digunakan bersama-sama dengan media lain atau dengan bahan ajar yang lain.
d. *Adaptive,* memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi. Modul harus disesuaikan dengan perkembangan pengetahuan ilmu agar isi modul lebih akurat dan faktual.

e. *User Friendly*, artinya setiap instruksi dan paparan informasi yang ditampilkan bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainya termasuk bahasa, gambar dan format penyajiannya.

Menurut Chomsin dan Jasmadi (2008: 43) pembuatan bahan ajar berupa modul ajar harus bertujuan memperjelas dan mempermudah penyajian agar tidak bersifat sangat verbal. Modul juga harus mampu mengatasi keterbatasan waktu, ruang dan daya indera. Modul ajar juga diharapkan mampu membuat peserta didik lebih aktif untuk belajar mandiri sesuai dengan kemampuan.

Stuktur penulisan modul menurut Daryanto (2013: 26) yaitu, bagian awal modul memuat 1) halaman sampul berisi: label/kode, bidang/program studi keahlian dan kompetensi keahlian, judul modul, gambar ilustrasi (mewakili kegiatan yang dilaksanakan pada pembahasan modul), dan tahun awal modul disusun, 2) kata pengantar memuat informasi tentang peran modul dalam proses pembelajaran, 3) daftar isi memuat kerangka modul dan dilengkapi dengan nomor halaman, 4) peta kedudukan modul memuat diagram yang menunjukkan kedudukan modul dalam keseluruhan program pembelajaran, 4) Glosarium memuat penjelasan tentang arti dari setiap istilah, kata-kata sulit dan asing yang digunakan dan sisusun menurut abjad.

Bagian Pendahuluan memuat 1) standar kompetensi yang akan dipelajari pada modul, 2) deskripsi merupakan penjelasan singkat tentang nama dan ruang lingkup isi modul, 3) waktu yang digunakan untuk

menguasai kompetensi, 4) prasyarat memuat kemampuan yang diprasyaratkan untuk mempelajari modul, 5) petunjuk penggunaan modul memuat panduan tatacara menggunakan modul, 6) tujuan akhir yang hendak dicapai peserta didik, 7) cek penguasaan standar kompetensi berisi tentang daftar pertanyaan yang akan mengukur peguasaan awal kompetensi peserta didik, 8) Lembar Kerja Praktik berisi petunjuk atau prosedur kerja suatu kegiatan praktik yang harus dilaksanakan peserta didik.

Bagian Pembelajaran memuat kegiatan belajar yang berisi 1) kompetensi yang hendak dipelajari, 2) tujuan yang harus dikuasai, 3) uraian materi berisi uraian pengetahuan/konsep/prinsip tentang kompetensi yang sedang dipelajari, 4) tugas berisi instruksi tugas yang bertujuan untuk penguatan pemahaman terhadap konsep/pengetahuan/prinsip-prinsip penting yang dipelajari. Bentuk tugas dapat berupa kegiatan observasi, studi kasus, kajian materi, latihan-latihan, 5) tes berisi tes tertulis sebagai bahan pengecekan bagi peserta didik dan guru untuk mengetahui sejauh mana penguasaan materi.

Penyusunan bahan ajar dalam bentuk buku yang baik dan terstruktur menurut Chomsin dan Jasmadi (2008: 57-69)

1. Sampul depan buku ajar terdiri atas judul buku ajar, kode buku ajar, ilustrasi sampul.
2. Kata pengantar memuat penjelasan peran dan fungsi buku ajar dalam kegiatan belajar-mengajar

3. Daftar isi memuat outline dari buku ajar beserta halamannya.
4. Bab Pendahluan berisi

   Deskripsi tentang isi buku ajar, prasyarat kompetensi dasar yang disyaratkan untuk mempelajari bahan ajar, petunjuk penggunaan, tujuan akhir, kompetensi menguraikan kompetensi yang akan dicapai oleh peserta didik
5. Bab Pembelajaran

   Pendahuluan, uraian materi berisi uraian atau penjelasan secara terperinci dari materi dan contoh-contoh konkrit, rangkuman memuat hal penting yang patut menjadi perhatian peserta didik, tugas, tes formatif dan kunci jawaban, lembar kerja.

Menurut Chomsin dan Jasmadi (2008: 44) Standar Kompetensi dan rencana kegiatan belajar mengajar harus ditetapkan terlebih dahulu untuk mendapatkan sebuah pijakan awal dari sebuah proses belajar-mengajar. Tahapan pembuatan modul sebagai berikut.

a. Analisis kebutuhan modul

   Analisis kebutuhan modul merupakan kegiatan menganalisis kompetensi untuk menentukan jumlah dan judul modul yang dibutuhkan untuk mencapai suatu kompetensi tersebut.
b. Penyusunan draft

   Penyusunan draft pada dasarnya adalah sebuah kegiatan untuk menyusun dan mengorganisasi materi pembelajaran untuk mencapai

sebuah kompetensi tertentu atau bagian dari kompetensi (sub-kompetensi) menjadi sebuah kesatuan yang tertata secara sistematis.

c. Uji coba

Tujuan uji coba adalah untuk mengetahui kemampuan peserta didik dalam mengikuti materi yang diberikan dalam moul serta kemudahan peserta didik dalam memahami materi dan kemudahan dalam menggunakan modul yang akan dibuat.

Modul yang dirancang harus berperan efektif dalam pembelajaran di kelas maupun secara mandiri. Sehingga modul dirancang dan dikembangkan dengan menyaratkan beberapa elemen. Komponen evaluasi mencakup kelayakan isi, kebahasaan, sajian, dan kegrafikan menurut Depdiknas (2008: 28) sebagai berikut.

Komponen kelayakan isi mencakup, antara lain:

1. Kesesuaian dengan SK, KD
2. Kesesuaian dengan perkembangan anak
3. Kesesuaian dengan kebutuhan bahan ajar
4. Kebenaran substansi materi pembelajaran
5. Manfaat untuk penambahan wawasan
6. Kesesuaian dengan nilai moral, dan nilai-nilai sosial

Komponen Kebahasaan antara lain mencakup:

1. Keterbacaan
2. Kejelasan informasi
3. Kesesuaian dengan kaidah Bahasa Indonesia yang baik dan benar
4. Pemanfaatan bahasa secara efektif dan efisien (jelas dan singkat)

Komponen Penyajian antara lain mencakup:

1. Kejelasan tujuan (indikator) yang ingin dicapai
2. Urutan sajian
3. Pemberian motivasi, daya tarik
4. Interaksi (pemberian stimulus dan respond)

5.Kelengkapan informasi

Komponen Kegrafikan antara lain mencakup:

1.Penggunaan font; jenis dan ukuran
2.Lay out atau tata letak
3.Ilustrasi, gambar, foto
4.Desain tampilan

Menurut Daryanto (2013: 13) elemen yang mensyaratkan modul yaitu, format, organisasi, daya tarik, ukuran huruf, spasi kosong, dan konsistensi. Format modul yang baik yaitu menggunakan 1) format kolom (tunggal atau multi) yang proporsional. Format kolom disesuaikan degan bentuk dan ukuran kertas yang digunakan. Memperhatikan jarak dan perbandingan antara kolom secara proporsional, 2) menggunakan format kertas vertikal maupun horiozntal dengan tepat, dengan memperhatikan tata letak maupun format pengetikan, 3) menggunakan tanda-tanda *(icon)* untuk menekankan hal-hal yang dianggap penting atau khusus misalnya berupa gambar, cetak mirirng, cetak tebal, warna huruf dan sebagainya.

Organisasi dalam modul berupa 1) menampilkan peta konsep yang menggambarkan cakupan materi yang akan dibahasa dalam modul, 2) mengorganisasikan isi materi pembelajaran dengan urutan dan susunan yang sistematis, 3) menempatkan naskah, gambar maupun ilustrasi agar dimengeri oleh peserta didik, 4) mengatur organisasi antar judul, subjudul dan uraian sehingga mudah dipahami oleh peserta didik

Daya tarik berfungsi untuk menarik perhatian peserta didik agar senang dan tidak merasa bosan. Beberapa bagian yang dapat menarik

perhatian siswa yaitu, 1) bagian sampul depan, kombinasi warna gambar (ilustrasi), bentuk, dan ukuran huruf yang serasi, 2) bagian isi modul dapat diberikan rangsangan-rangsangan berupa gambar atau ilustrasi, pencetakan huruf tebal, miring, garis bawah, maupun warna, 3) latihan soal, tugas dan latihan soal harus dikemas semenarik mungkin sehingga peserta didik merasa tertarik tertantang mau mengerjakan soal latihan yang diberikan.

Penyusunan modul juga memperhatikan bentuk dan ukuran huruf. 1) memperhatikan penggunaan bentuk dan ukuran huruf yang mudah dibaca dan sesuai dengan karakteristik umum peserta didik, 2) perbandingan huruf yang proporsional antara judul, subjudul dan isi naskah, 3) menghindari penggunaan huruf kapital untuk seluruh teks.

Menggunakan ruang (spasi kosong) untuk menambah kontras penampilan modul. Spasi kosong yang proporsional berfungsi untuk menambahkan catatan penting dan memberikan kesempatan jeda kepada peserta didik. Penempatan ruang kosong dapat dilakukan di 1) ruangan sekitar judul bab dan subbab, 2) batas tepi, 3) spasi antar kolom, 4) pergantian antara paragraf dimulai dengan huruf kapital, 5) pergantian antar bab atau bagian.

Modul dibuat dengan memperhatikan konsistensi bentuk dan ukuran huruf dari halaman ke halaman, dan tidak menggunakan bentuk dan ukuran huruf yang terlalu banyak variasi, menggunakan spasi yang konsisten, jarak antara judul dengan baris pertama, antara judul dengan teks utama, jarak

baris yang tidak sama menimbulkan kesan tidak rapi, menggunakan tata letak pengetikan yang konsisten, baik pola pengetikan manupun margin/batas-batas pengetikan.

Menurut Karina Syahrul Hudda (2016: 247) komponen kelayakan modul IPA yaitu 1) aspek kebahasaan meliputi, kesesuaian dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD), kesesuaian dengan tunjuan pembelajaran, materi sesuai persoalan ilmiah dalam kehidupan sehari-hari, materi sesuai dengan karakteristik peserta didik, materi yang disajikan sesuai dengan kebenaran konsep, konsep materi yang disampaikan runtut sesuai dengan rantai kognitif, 2) aspek penyajian meliputi, sistematika penyajian terhadap karakteristik materi, penyajian gambar, penyajian petunjuk penggunaan, penyajian pertanyaan, penyajian daftar pustaka, pemberian motivasi dan daya tarik dan kejelasan tujuan, 3) aspek kebahasaan meliputi, kesesuaian dengan EYD, kesesuaian dengan penggunaan istilah, efektifitas dan efisiensi bahasa, kejelasan informasi, penggunaan bahasa yang komunikati, dan konsistensi penggunaan istilah, nama ilmiah dan bahasa asing, 4) aspek Kegrafisan meliputi, penggunaan *font*, layout/tata letak, ilustrasi gambar, desain cover/sampul modul, dan ilustrasi cover/ sampul modul.

Menurut Kumalasari Diah Ayu P. (2016: 266) komponen dalam pengembangan bahan ajar berupa LKPD yaitu 1) kesesuaian materi meliputi, kesesuaian dengan SK dan KD SMP/MTs, keterpaduan materi

IPA, kebenaran konsep, penyajian menuntut peserta didik belajar aktif, penyajian materi menimbulkan suasana menyenangkan, penekanan pada pendekatan inkuiri terbimbing, penekanan nilai moral, penekanan pada penerapan keterampilan proses dan penekanan pada penerapan keterampilan sosial, 2) kesesuaian dengan syarat konstruksi meliputi, penggunaan bahasa yang tepat, penggunaan kalimat yang tepat, pertanyaan dalam LKPD, dan kegiatan/percobaan dalam LKPD, 3) kesesuaian dengan syarat teknis meliputi, kemenarikan tampilan, konsistensi tulisan yang digunakan, dan penggunaan gambar yang tepat.

Berdasarkan definisi para ahli dapat disimpulkan bahwa modul merupakan bahan ajar yang dirancang untuk belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru yang disusun secara sistematis. Struktur modul yang digunakan dalam penelitian yaitu, 1) bagian pendahuluan meliputi judul, kata pengantar, daftar isi, peta kompetensi, peta konsep, petunjuk penggunaan modul, 2) bagian pembelajaran meliputi tujuan, uraian materi, LKPD, rangkuman, tes formatif, 3) bagian penutup meliputi tes uji kompetensi, glosarium, daftar pustaka, kunci jawaban. Modul dirancang dengan memenuhi 1) kelayakan isi meliputi ketercakupan materi, penekanan muatan NOS, penekanan literasi sains, 2) penyajian meliputi penyajian penyelidikan dan struktur modul, 3) kebahasaan meliputi kesesuaian dengan kaidah bahasa indonesia, 4) kegrafisan meliputi jenis font, konsistensi tulisan, ilustrasi gambar, dan desain *cover*.

5. *Nature of Science*

Istilah *Nature of Science* (Lederman, 1992) merujuk pada epistimologi sains, yaitu sains sebagai cara untuk mengetahui atau nilai dan kayakinan yang melekat pada perkembangan pengetahuan ilmiah. Secara lengkap Lederman (2006) menyatakan bahwa *"NOS refer to epistemological underpinnings of the activities of science and the characterictics of the resulting knowledge".* NOS merujuk pada epistimologi dari aktivitas sains dan karakteristik dari proses pembentukan pengetahuan.

Lederman (2006) membagi NOS menjadi beberapa aspek, yaitu terkait pemahaman sains: 1) membedakan antara observasi dan inferensi, 2) membedakan antara hukum dan teori, 3) merupakan hasil imajinasi dan kreativitas manusia,4) bersifat subjektif/ *theory–laden*, 5) merupakan produk dari kebudayaan, 6) bersifat *tentative* dan dapat berubah, 7) berdasarkan bukti empiris. Lebih lanjut dalam dokumen *Next Generation Science Standars* (2013: 4) terdapat aspek NOS yang dijabarkan beserta bagaimana untuk memahaminya, yaitu sebagai berikut.

Tabel 1. Aspek dan Indikator NOS

Aspek NOS	Indikator
Investigasi ilmiah menggunakan metode bervariasi	1. Investigasi sains menggunakan metode dan alat yang bervariasi untuk melakukan pengukuran dan observasi. 2. Investigasi sains membimbing seperangkat nilai-nilai untuk memastikan keakuratan pengukuran dan objektivan temuan.

Aspek NOS	Indikator
	3. Sains bergantung pada usulan penjelasan evaluasi. 4. Nilai-nilai sains berfungsi sebagai kriteria untuk membedakan antara sains dan non sains
Model, hukum, mekanisme dan teori ilmiah menjelaskan fenomena alam	1. Teori menjelaskan fenomena yang dapat diamati 2. Teori ilmiah didasarkan pada perkembangan bukti-bukti dari waktu ke waktu 3. Hukum merupakan keteraturan atau deskripsi matematika dari fenomena alam 4. Hipotesis digunakan ilmuan sebagai sebuah ide yang mungkin memberikan kontribusi pengetahuan baru yang penting untuk mengevaluasi teoriilmiah 5. Istilah teori yang digunakan dalam sains sangat berbeda penggunaannya untuk diluar sains
Pengetahuan ilmiah berdasarkan bukti empiris	1. Ilmu pengetahuan yang didasarkan pada logika dan konseptual dihubungkan antara antara bukti-bukti dan penjelasan 2. Disipin ilmu memberikan aturan umum dan mengevaluasi bukti-bukti empiris
Sains merupakan cara untuk mengetahui	1. Sains merupakan suatu kumpulan pengetahuan, proses dan prktik digunakan untuk menambah pengetahuan 2. Pengetahuan sains merupakan kumulatif dan banyak orang,dari berbagai generasi dan bangsa, telah memberikan kontibusi untuk

Aspek NOS	Indikator
	pengetahuan sains 3. Sains merupakan cara untuk mengetahui dengan melibatkan banyak orang, tidak hanya ilmuan
Sains merupakan usaha keras manusia	1. Laki-laki dan perempuan dari berbeda sosial, budaya, dan etnik latar belakang bekerja sebagai ilmuan dan insinyur 2. Ilmuan dan insinyur bergantung pada kualitas manusia seperti ketekunan, ketelitian, penalaran logika, imajinasi, dan kreativitas 3. Ilmuan dan insinyur berpedoman pada kebiasaan pikiran seperti kejujuran intelektual, toleransi ambiguitas, skeptisisme dan keterbukaan untuk ide-ide baru 4. Kemajuan teknologi mempengaruhi kemajuan ilmu pengetahuan dan ilmu pengetauan mempengaruhi teknologi

Abd-El-Khalick, Lederman dalam Mensure A. Kucukaydin (2015) menjelaskan bahwa "*explicit-reflective approachis a kind of successful approach which was found effective on teaching the Nature of Science to a lot of group"* dapat disarikan bahwa pendekatan eksplisit-reflektif merupakan jenis pendekatan sukses yang efektif digunakan untuk mengajarkan NOS. Lebih lanjut Richard A. Duschl & Richard Grandy (2012) menjelaskan bahwa eksplisit merujuk pada istilah peserta didik yang mendalami pengetahuan, epistemik dan peraturan sosial dan mempraktikan

sains yang melibatkan membangun dan menyaring pertanyaan, mengukur, menggambarkan, memodelkan dan menjelaskan. Khishfe & Khalick (2002) pendekatan ekspisit-reflektif menekankan agar peserta didik menyadari aspek NOS dalam kaitanya dengan aktivitas belajar sains dimana mereka turut terlibat di dalamnya, dan refleksi yang dilakukan peserta didik terkait aspek NOS yang mereka lakukan berdasarkan aktivitas belajar IPA yang mereka ikuti.

Driver *et al.* dalam Lederman (2006: 831-832) memberikan pendapat bahwa pemahaman NOS penting untuk membuat, mengelola dan memproses objek teknologi dalam kehidupan sehari-hari, mengambil keputusan pada *socioscientific issues*, menghargai nilai sains sebagai budaya masa kini, membantu mengembangkan pemahaman terhadap norma-norma dari komunitas ilmiah untuk mewujudkan komitmen moral yang bernilai umum untuk masyarakat, serta memberikan fasilitas pokok persoalan pembelajaran sains. Berdasarkan hal tersebut, maka NOS berkaitan erat dengan literasi sains. Lebih lanjut Menurut Wenning (2006: 4) menjelaskan bahwa:

> *"Individual with board understanding of the nature of science will possess knowledge of the content and history of at least once science dicipline, plus knowledge of associated scientific nomenclature, intellectual process skills, rules of scientific evidence..."*

Dapat disarikan bahwa seseorang yang paham NOS secara luas akan memiliki pengetahuan dari konten yang diperoleh, ditambah dengan pengetahuan yang berkaitan dengan tatanama ilmiah, aturan terkait fakta

ilmiah dan memiliki keterampilan proses intetelektual dalam melakukan penyelidikan berupa observasi maupun eksperimen.

Dokumen NGSS (2013: 7) bagaimana mengimplementasikan NOS, dalam dokumen ini disebutkan bahwa "*they should have opportunities to think about what they have done and why*:" yang dimaksud yaitu siswa diberikan kesempatan untuk berfikir apa yang telah mereka lakukan dan mengapa itu dapat terjadi. Mereka juga harus diberikan kesempatan untuk membandingkan pendekatan yang dia ambil dengan temannya maupun dengan ilmuan profesional. Menurut Lederman & Lederman (2004: 37) "*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",* dapat disarikan bahwa hampir semua aktivitas sains dapat dimodifikasi untuk membelajarkan NOS secara eksplisit tanpa usaha yang berat, waktu yang lama, maupun kehilangan perhatian pada konten materi yang dibelajarkan.

Lederman & Lederman (2004: 38) menyatakan bahwa "*NOS become visible through the careful use of reflective question"*, yang artinya bahwa NOS dapat terlihat melalui pertanyaan reflektif. Sebagai contoh dalam membelajarkan NOS pada materi mitosis. Pada awal aktivitas peserta didik diberikan gambaran tentang tahap-tahap mitosis dan siklus sel, kemudian guru memberikan pertanyaan bagaimana menentukan tahap akhir dan awal siklus dan bagaimana ilmuan menentukan urutan siklusnya. Peserta didik

akan menjawab sepengetahuan peserta didik. Pada titik ini, guru mengarahkan peserta didik untuk menyadari bahwa sains bersifat subjektif. Peserta didik akan mempertahankan jawaban mereka bagaimana mengklasifikasikan urutan mitosis dan mengapa jawaban berbeda-beda. Guru menggunakan moment ini untuk mengeksplisitkan bahwa orang dengan perbedaan latar belakang, perspektif, dan pengetahuan akan memberikan kesimpulan yang berbeda-beda karena berbeda dalam menginterpretasikan data. Peserta didik diminta untuk menumpulkan data berdasarkan pengamatan dan penyelidikan. Perbedaan antara hasil penyelidikan dan jawaban siswa pada awal pembelajaran dapat digunakan untuk merefleksikan bahwa sains bersifat tentatif.

Pemahaman NOS dapat dilakukan dengan pembelajaran inkuiri dan inkuiri lab. Wenning (2006: 7) menegaskan bahwa "*inquiry lessons are a great way to teach NOS explicitly"* yang artinya pembelajaran inkuiri merupakan cara terbaik untuk mengekspisitkan NOS. Wenning (2006: 8) menegaskan bahwa*"pre and post labs provide opportunities for explicit instruction about NOS"* yang artinya bahwa kesempatan mengekspisitkan NOS dapat dilakukan sebelum dan sesudah kegiatan lab. Pembelajaran inkuiri lab membantu peserta didik belajar dan memahami proses intelektual dan keterampilan ilmiah.

Berdasarkan pendapat dari beberapa ahli dapat disimpulkan bahwa *Nature of Science* merujuk pada epistimologi dari aktivitas sains dan

karakteristik dari proses pembentukan pengetahuan. Aspek NOS yang digunakan dalam penelitian pengembangan modul IPA ini yaitu investigasi ilmiah menggunakan metode-metode yang bervariasi; pengetahuan ilmiah didasarkan pada bukti empiris; model, hukum, mekanisme,dan teori ilmiah menjelaskan fenomena alam; sains merupakan cara mengetahui; dan sains merupakan usaha keras manusia. NOS efektif bila dibelajarkan secara eksplisit-reflektif yaitu secara tersurat dan diberi penekanan kembali pada setiap kegiatan pembelajaran. Untuk membantu peserta didik dalam memahami aspek-aspek NOS dapat difasilitasi dengan pembelajaran inkuiri.

6. Literasi Sains

Secara harfiah, literasi berarti "melek", sedangkan sains berarti pengetahuan alam. Literasi berarti memahami sains dan apikasinya bagi kebutuhan masyarakat. Holbrook and Rannikmae (1997) mendefinisikan literasi sains sebagai "*developing the ability to creatively utilise sound science knowledge in everyday life or in a career, to solve problems, make decisions and hence improve the quality of life"*. Dapat disarikan bahwa literasi merupakan mengembangkan kemampuan untuk kreafif dalam memanfaatkan ilmu pengetahuan dalam kehidupan sehari-hari, memecahkan masalah, membuat keputusan dan untuk meningkatkan kualitas hidup.

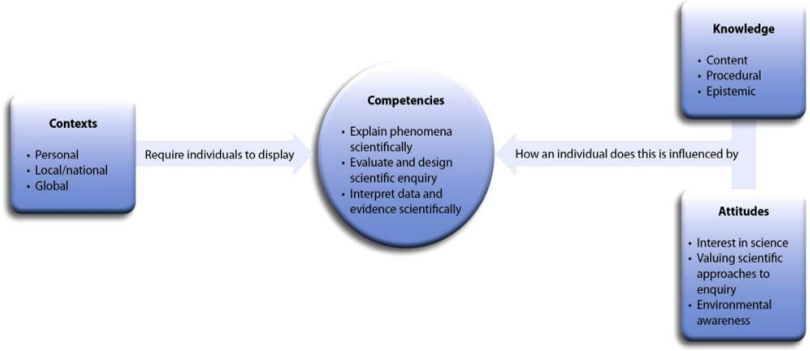
Lebih lanjut OECD (1999) PISA *study* melihat literasi sains sebagai

> *The capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence- based conclusions in order to understand and help*

make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity.

Dapat disarikan bahwa literasi sains merupakan kemampuan menggunakan pengetahuan sains, untuk mengidentifikasi pertanyaan dan menarik kesimpulan berdasarkan fakta/bukti dalam rangka memahami dan membuat keputusan tentang alam dan perubahan yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Lebih lanjut dalam dokumen *National Science Education Standards* (NESS) literasi sains didefinisikan sebagai pengetahuan dan pemahaman dari konsep dan proses ilmiah yang dibutuhkan untuk membuat keputusan, partisipasi dalam masyarakat dan kebudayaan serta produktivitas ekonomi.

Sementara itu menurut Jack Holbrook and Miia Rannikmae (2009: 278) terdapat dua point dalam memahami literasi sains "*a) those that advocate a central role for the knowledge of science; and b) those who see scientific literacy referring to a society usefulness".* Mereka yang berperan penting dalam pengetahuan sains, dan mereka yang melihat literasi sains mengacu kepada kebermanfaatan masyarakat.



Gambar 1. *Framework for PISA 2015 Scientific Literacy Assessment*
Sumber: Dokumen PISA 2015 (2013: 12)

Menurut OECD (2013: 11) penilaian literasi sains didasarkan pada empat aspek yang saling berhubungan yaitu,

1. Aspek Konteks

   Penilaian PISA tidak hanya berfokus pada konteks sekolah saja. Namun mengarah pada situasi yang berhubungan dengan diri sendiri, keluarga dan kelompok individu (personal), komunitas (lokal dan nasional), dan kehidupan lintas negara (global). Permasalahan-permasalahan yang diambil sekitar tentang: kesehatan dan bencana, sumber daya alam, mutu lingkungan, bahaya dan perkembangan sains dan teknolgi.

2. Aspek Konten

   Memahami fakta utama, konsep dan penjelasan teori yang membentuk dasar pengetahuan. Mencakup pengetahuan dunia alam dan teknologi (pengetahuan konten), pengetahuan tentang bagaimana ide diperoleh (pegetahuan prosedural) dan pengatahuan tentang konstruksi dan mendefinisikan aspek penting dalam proses pembangunan pengetahuan ilmiah dan peranannya dalam membenarkan pengetahuan yang dihasilkan oleh ilmu pengetahuan atau menjustifikasi pengetahuan ilmiah (pengetahuan epistemik).

3. Aspek Kompetensi

   Kemampuan untuk menjelaskan fenomena ilmiah, mengevaluasi dan merancang penyelidkan ilmiah dan menginterpretasikan data dan bukti-

bukti ilmiah. OECD (2013: 15-16) menjabarkan 3 kompetensi literasi sains dan memiliki indikator tersendiri yang meliputi,

a. Menjelaskan suatu fenomena secara ilmiah, dapat dilihat dari kemampuan:
    1) Mengingat kembali dan menerapkan ilmu-ilmu ilmiah
    2) Mengidentifikasi, menggunakan dan menggeneralisasikan model-model yang bersifat menjelaskan dan merepresentasikan
    3) Membuat dan membenarkan preiksi-prediksi dengan tepat
    4) Menawarkan hipotesis dengan penjelasan-penjelsannya
    5) Menjelaskan penerapan yang potensial dari ilmu-ilmu pengetahuannya untuk masyarakat.
b. Mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah, ditandai dengan kemampuan:
    1) Mengidentifikasi pertanyaan penyelidikan yang dari pembelajaran ilmiah
    2) Membedakan pertanyaan-pertanyaan yang mungkin untuk diselidiki secara ilmiah
    3) Mengusulkan cara untuk menyelidiki pertanyaan yang diberikan secara ilmiah
    4) Mengevaluasi cara menyelidiki pertanyaan yang diberikan secara ilmiah

5) Mendeskripsikan dan mengevaluasi cara-cara ilmiah yang digunakan untuk memastikan reliabilitas data dan objektifitas dan generalisasi dari penjelasan-penjelasannya.

c. Menginterpretasikan data dan bukti-bukti ilmiah, ditandai dengan kemampuan:

1) Mengubah data dari satu representasi ke yang lain
2) Menganalisis dan menginterpretasi data dan membuat kesimpulan yang tepat
3) Mengidentifikasi asumsi-asumsi, bukti-bukti dan alasan-alasan yang dihubungkan dengan literatur
4) Membedakan antara argumen yang berdasarkan bukti-bukti ilmiah dan teori yang keduanya berdasarkan pertimbangan-pertimbangan lain
5) Mengevaluasi argumen ilmiah dan bukti-bukti dari sumber-sumber lain.

4. Aspek Sikap

Sikap-sikap sains berperan penting dalam keputusan siswa untuk mengembangkan pengetahuan sains. Sikap-sikap sains berupa, ketertarikan terhdap sains dan teknologi, persepsi dan kesadaran akan isu-isu lingkungan.

Carl J. Wenning (2006: 10) menyatakan bahwa peserta didik menjadi melek sains merupakan hasil dari keikutsertaan dalam aktivitas inkuiri dan

dengan mengembangkan pemahaman dasar dari konsep dasar sains dan teknologi yang berhubungan dengan individu dan masyarakat. Lebih lanjut Carl J. Wenning mengkategorikan unsur-unsur dari literasi sains yaitu:

> *The element of scientific literacy fall into six categories according to the NSES that is science as inquiry, science content, science and technology, science in personal and social perspectives, history and nature of science and unifying concepts and processes.*

Dapat disarikan bahwa terdapat delapan unsur yang mendukung literasi sains berdasarkan NSES yaitu sains sebagai inkuiri, konten sains, sains dan teknologi, sains dalam personal dan perspektif masyarakat, sejarah dan hakekat IPA, dan kesatuan dari konsep dan proses. Berdasarkan dokumen NSES tersebut NOS dapat mendukung literasi sains.

Berdasarkan definisi literasi menurut ahli, dengan demikian literasi sains merupakan kemampuan menggunakan pengetahuan sains, untuk mengidentifikasi pertanyaan dan menarik kesimpulan berdasarkan fakta/bukti dalam rangka memahami dan membuat keputusan tentang alam dan perubahan yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Komponen literasi sains yang menjadi penekanan dalam penelitian ini yaitu aspek kompetensi dengan indikator 1) menjelaskan fenomena alam meliputi mengingat kembali dan menerapkan ilmu-ilmu ilmiah, membuat dan membenarkan prediksi-prediksi dengan tepat, menawarkan hipotesis dengan penjelasan-penjelasannya, 2) merancang penyelidikan ilmiah meliputi membedakan pertanyaan-pertanyaan yang mungkin untuk diselidiki secara ilmiah, mengusulkan cara untuk

menyelidiki pertanyaan yang diberikan secara ilmiah, 3) mengevaluasi penyelidikan ilmiah meliputi mengevaluasi cara menyelidiki pertanyaan yang diberikan secara ilmiah, mendeskripsikan dan mengevaluasi cara-cara ilmiah yang digunakan untuk memastikan reliabilitas data dan objektifitas dan generalisasi dari penjelasan-penjelasannya, dan 4) menginterpretasikan data dan bukti-bukti ilmiah meliputi mengubah data dari satu representasi yang lain, menganalisis, mengidentifikasi asumsi-asumsi, bukti-bukti dan alasan-alasan yang dihubungkan dengan literatur dan menginterpretasi data dan membuat kesimpulan yang tepat.

B. Kajian Keilmuan

Materi "Pencemaran Lingkungan" pada pengembangan modul berdasarkan kurikulum 2013 dengan Kompetensi Inti 3.8 Menganalisis terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya bagi ekosistem dan 4.8 membuat tulisan tentang gagasan penyelesaian masalah pencemaran di lingkungannya berdasarkan hasil pengamatan. Pencemaran lingkungan dibagi menjadi 3 macam yaitu, pencemaran Udara, pencemaran air, dan pencemaran tanah.

Lingkungan adalah seluruh faktor luar yang mempengaruhi suatu organisme. Faktor luar tersebut berupa organisme hidup dan variabel-variabel yang tidak hidup (Mulyanto, 2007: 1). Interaksi yang terjadi antara organisme-organisme dengan kedua faktor tersebut membentuk suatu

ekosistem. Organisme-organisme dan lingkungan berinteraksi terus menerus, dan keduanya megalami perubahan.

1. Pencemaran Lingkungan

Menurut Fuad Amsyari (1986:50) Pencemaran akan terjadi apabila dalam lingkungan hidup manusia terdapat suatu "bahan" dalam konsentrasi sedemikian besar, yang dihasilkan oleh proses aktivitas manusia, yang akhirnya merugikan eksistensi manusia juga. Beberapa persoalan yang mengancam lingkungan sebagai berikut.

a. Pencemaran Udara

Menurut Wisnu A. Wardhana (2004: 27) pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya.

Tabel 2. Unsur-unsur Udara Bersih dan Kering

Unsur	**% Volume**	**Kandungan ppm**
Nitrogen	78.09	780.900
Oksigen	20.94	209.400
Karbondioksida	0.0318	318
Nitrogen oksida	0.000025	0.25
Karbon monoksida	0.00001	0.1
Ozone	0.000002	0.0002
Hidrogen	0.00005	0.5

(Wisnu A. Wardhana, 2004:181)

Udara merupakan campuran berbagai gas-gas yang perbandingannya tidak tetap, udara bergantung pada keadaan suhu, tekanan dan lingkungan sekitar. Udara merupakan komponen yang

sangat penting bagi keberlangsungan kehidupan makhluk hidup. Komponen oksigen berperan dalam pernapasan, karbondioksida dimanfaatkan tanaman untuk melakukan proses fotosintesis, sedangkan ozon digunakan untuk menahan sinar ultra violet. Udara yang bersih merupakan gas yang tidak tampak, tidak berbau, tidak berwarna maupun berasa. Apabila susunan udara mengalami perubahan dari keadaan normal dan menganggu kehidupan makhluk hidup maka udara tersebut telah tercemar (Wisnu A. Wardhana, 2004:27-28).

Penyebab pencemaran udara dibagi menjadi 2 yaitu

1) Karena faktor internal (secara alamiah) contohnya:
   a) debu yng beterbangan akibat tiupan angin
   b) abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi
   c) proses pembusukan sampah organik, dll
2) karena 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

(Wisnu A. Wardhana, 2004:28)

Komponen pencemar udara yaitu Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO_x), Belerang Oksida (SO_x), Hidro Karbon (HC), dan partikel (Wisnu A. Wardhana, 2004: 115)

1) Gas CO sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil (minyak maupun batu bara) dengan udara, berupa gas buangan pada mesin-mesin penggerak transportasi dan dapat pula terbentuk dari proses industri. Gas CO tidak berbau, tidak berasa dan tidak

berwarna. Apabila gas CO terhirup ke dalam paru-paru akan ikut peredaran darah karena gas ini mudah bereaksi dengan darah membentuk COHb (Karboksihemoglobin) dan akan menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh. Ikatan COHb 140 kali lebih kuat dari pada ikatan oksigen O_2Hb (Oksihemoglobin) sehingga menyebabkan darah tidak berfungsi normal sebagai pengangkut oksigen.

2) Gas nitrogen oksida bertambah kadarnya di udara karena kegiatan seperti pembuangan sampah, generator pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar gas alam dan transportasi. Paru-paru yang terkontaminasi gas NO_2 akan membengkak sehingga penderita sulit bernafas yang dapat mengakibatkan kematian.

3) Peningkatan belerang oksida disebabkan oleh penggunaan bahan bakar batu bara pada kegiatan industri, transportasi dan lainnya. Carter N. Lane (2003: 1-2) menjelaskan bahwa sulfur dioksida dan nitrogen oksida merupakan penyebab utama hujan asam. Hujan asam terjadi ketika gas di atmosfer bereaksi dengan air, oksigen dan bahan kimia lainya yang dapat membentuk komponen asam. Air murni memiliki pH 7, hujan normalnya bersifat asam karena adanya karbon dioksida yang larut menyebabkan air hujan memiliki pH sekitar 5,5. Hujan asam yang terbentuk oleh berubahnya sulfur dioksida dan oksida nitrogen menjadi asam

belerang dan asam nitrat di atmosfer yang kemudian jatuh ke bumi bersama air hujan. Hujan asam ini telah mengubah beberapa danau menjadi sangat asam yang tidak lagi dapat dihuni populasi ikan, hal ini juga terjadi pada ekosistem-ekosistem hutan (Mulyanto, 2007:14-15)

4) Hidro karbon merupakan pencemar udara dengan penyusun utamanya atom karbon dan atom hidrogen. Sumber pencemar Hidro karbon dapat berasal dari transportasi mobil bensin kebakaran hutan, dan lainnya sedangkan partikel berasal dari pembakaran batu bara yang menghasilkan partikel berupa karbon, debu silika, debu alumina dan oksida-oksida besi. Dalam keadaan gas, HC dapat menyebabkan iritasi pada membran mukosa.
5) Sumber pencemaran partikel berasal dari debu, pembakaran batubara, minyak dan proses industri. Pada umumnya udara yang tercemar oleh partikel dapat menimbulkan berbagai macam penyakit saluran pernapasan.

Andrew Farmer (1997) menjelaskan mengenai pembakaran karbon.

> *Combustion of the carbon in fossil fuels leads to be production of large quantities of carbon dioxide, however not all such combustion is complete, and partial oxidation of the carbon can lead to the production of carbon monoxide, which toxic to human.*

Dapat disarikan bahwa pembakaran karbon pada bahan bakar fosil menghasilkan karbon dioksida dalam jumlah besar, tidak semua

pembakaran terjadi secara sempurna, oksidasi parsial dari karbon dapat menyebabkan produksi gas karbon monoksida yang beracun untuk manusia.

Sebagian besar industri dan transportasi membakar bahan bakar fosil, seperti batubara dan bahan bakar minyak. Pada bahan pembakaran bahan bakar fosil, bahan-bahan kimia dan butiran-butiran padatan dan abu terlepas ke udara menimbulkan polusi udara terutama yang mengandung karbon, sulfur dan nitrogen. (Mulyanto, 2007:14)

Pencemaran udara dengan berbagai bahan kimia dapat menyababkan kerusakan langsung pada paru-paru hingga kanker paru-paru. Pencemaran dengan partikel-partikel kecil (debu) seperti jelaga, debu batu bara menyebabkan kerusakan paru-paru dan penyekit infeksi lainnya (Moh.Soerjani, Rofiq & Rozy, 1987: 209)

b. Pencemaran Air

Air yang ada dibumi tidak dalam keadan murni bersih, selalu ada senyawa atau mineral (unsur) lainnya yang terlarut di dalamnya. Air hujan mengandung: SO_4, Cl, NH_3, CO_2, N_2, C, O_2 dan debu, sedangkan air dari mata air mengandung: Na, Mg, Ca, Fe, O_2 (Wisnu A. Wardhana, 2004: 72).

Menurut Wisnu A. Wardhana (2004: 73) air tercemar apabila air tersebut telah menyimpang dari keadaan normalnya. Keadaan normal air masih tergantung pada faktor, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal

sumber air. Ukuran air disebut bersih atau tidak tercemar tidak ditentukan oleh kemurnian air.

1) Indikator air lingkungan telah tercemar

Berikut merupakan indikator atau tanda air tercemar, meliputi perubahan warna, bau rasa, perubahan suhu, perubahan pH air, dan adanya mikroorganisme.

a) Perubahan warna, bau dan rasa air

Bahan buangan industri yang bersifat organik atau bahan buangan dan air limbah dari kegiatan industri menimbulkan bau yang menyengat. Mikroba di dalam air akan mengubah bahan buangan organik terutama gugus protein, secara degradasi menjadi bahan yang mudah menguap dan berbau. Menurut Hefni Effendi (2003: 61) warna perairan disebabkan oleh bahan organik dan anorganik, karena keberadaan plankton, humus dan ion-ion logam. Oksidasi besi menyebabkan air berwarna kemerahan sedangkan oksidasi mangan menyebabkan air berwarna kecoklatan atau kehitaman. Air bersih 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 maupun ion-ion logam yang dapat mengubah konsentrasi ion hidrogen dalam air. Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 tahun 1990 yang mensyaratkan air bersih tidak

berasa, tidak berbau, memiliki warna maksimal 15 TCU, dan kekeruhan maksimal 5 NTU.

b) Perubahan suhu air

Air sungai yang suhunya naik akan mengganggu kehidupan hewan air dan organisme air lainnya karena kadar oksigen yang terlarut dalam air akan turun bersamaan dengan kenaikan suhu. Semakin tinggi kenaikan suhu air maka semakin sedikit oksigen yang terlarut di dalamnya. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 tahun 1990 syarat air bersih memiliki suhu air yaitu suhu udara $\pm$ 3℃. Menurut Hefni Effendi (2003: 57) peningkatan suhu menyebabkan 1) peningkatan viskositas, evaporasi dan reaksi kimia, 2) penurunan kelarutan gas dalam air misalnya gas O_2 dan CO_2, 3) peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air, sehingga mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen, dan 4) terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba (suhu optimal bagi pertumuhan fitoplankton diperairan adalah 20℃-30℃).

c) Perubahan pH atau Konsentrasi Ion Hidrogen

Air normal memiliki pH berkisar antara 6,5-7,5. Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke sungai

akan mengubah pH air yang akhirnya dapat menganggu kehidupan organisme di dalam air.

d) Adanya mikroorganisme

Bahan buangan dari kegiatan industri ke lingkungan air akan didegradasi oleh mikroorganisme. Mikroorganisme akan berkembangbiak, dan tidak menutup kemungkinan mikroba patogen juga akan berkembang biak, mikroba patogen inilah yang berpotensi menyebabkan berbgai penyakit. Menurut peraturan menteri kesehatan No. 416 tahun 1990 syarat air bersih dengan jumlah mikrobiologik meliputi total koliform yaitu 0 jumlah/100 ml

2) Bahan buangan zat kimia

Bahan buangan zat kimia yang mencemari lingkungan yakni sabun (detergen, sampo, dan bahan pembersih lainnya), bahas pemberantas hama (insektisida), dan zat warna kimia. Larutan sabun akan menaikkan pH air sehingga dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air. Bahan insektisida bersifat racun dan sulit untuk dipecah oleh mikroorganisme, sedangkan zat warna kimia bersifat racun bagi tubuh manusia karena zat warna tersusun dari unsur/senyawa yang berbahaya bagi tubuh manusia, kecusli bahan zat warna tertentu misalnya zat warna makanan. Zat warna tersusun dari Chromogen dan Auxochrome, Chromogen merupakan senyawa aromatik yang berisi chromopore, yaitu zat pemberi warna yang berasal dari radikal kimia (Wisnu A. Wardhana 2004: 82-86*)*.

Bahan pencemar yang mengandung fosfat berpotensi menimbulkan eutrofikasi air tawar. Eutrofikasi didefinisikan sebagai pengayaan (*enrichment*) air dengan nutrien atau unsur hara berupa bahan anorganik yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan mengakibatkan terjadinya peningkatan produktivitas tumbuhan di perairan (Hefni Effendi, 2003: 230). Menurut Gerry Best (1999: 30) *"Phosphorus is known as a limiting nutrient, nutrient required by the plant and alga"* . Dapat disarikan bahwa fosfat diketahui sebagai nutrisi yang terbatas, nutrisi ini dibutukan oleh tanaman dan alga sehingga bila terdapat fosfat berlebihan dapat menyebabkan pertumbuhan alga maupun enceng gondok tidak terkendali.

Polusi air berasal dari aktivitas manusia, dari industri dibuang melewai pipa-pipa atau bocoran pipa-pipa dan tangki penyimpanannya. Air tercemar dapat berasal dari pertambangan ketika rembesan air melarutkan dan tercemar zat-zat kimia sisa proses produksi dan sisa galian (Mulyanto, 2007:16).

3) DO, BOD dan COD

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) dibutuhkan oleh semua makhluk hidup untuk pernapasan, proses metabolisme, oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik (Salmin, 2005: 22). BOD merupakan singkatan dari *Biological Oxygen Demand*, atau kebutuhan oksigen biologis, merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecah bahan buangan organik yang ada

dalam lingkungan air (Wisnu A. Wardhana 2004: 91). COD merupakan singkatan dari *Chemical Oxygen Demand* atau kebutuhan oksigen kimia, merupakan jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Sumber oksigen berasal dari senyawa kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) (Wisnu A. Wardhana 2004: 92).

c. Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah disebabkan oleh menumpuknya senyawa-senyawa kimia yang beracun, garam-garam, organisme patogen yang membawa penyakit atau bahan radioaktif yang dapat merugikan kehidupan tanaman dan satwa (Mulyanto, 2007:16-17).

Menurut Wisnu A. Wardhana (2004: 97*)* daratan mengalami pencemaran apabila ada bahan-bahan asing, baik yang bersifat organik maupun bersifat anorganik, berada di permukaan tanah yang menyebabkan daratan menjadi rusak, tidak dapat memberikan daya dukung bagi kehidupan manusia. Dikatakan mengalami pencemaran bila menimbulkan gangguan terhadap kehidupan manusia, hewan maupun tanaman. Penyebab pencemaran tanah karena faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yaitu pencemaran yang disebabkan oleh peristiwa alam, seperti debu, pasir, batuan letusan gunung berapi, sedangkan faktor eksternal yaitu pencemaran daratan karena ulah dan aktivitas manusia.

Pencemaran daratan umumnya berasal dari limbah berbentuk padat yang dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Bahan buangan terdiri

dari berbagai macam komponen baik bersifat organik maupun yang anorganik, dengan perbandingan 70%:30%, semakin banyak buangan organik semakin baik dipandang dari sudut pelestarian lingkungan, karena bahan organik mudah didegradasi dan menyatu kembali dengan lingkungan alam (Wisnu A. Wardhana 2004: 101).

Sampah dibedakan menjadi sampah organik dan sampah anorganik. Menurut Basriyanta (2007: 18-19) sampah organik merupakan sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan hayati yang dapat didegradasi oleh mikroba atau bersifat biodegradable. Sampah ini mudah diuraikan melalui proses alam, sedangkan sampah anorganik merupakan sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non hayati, baik berupa produk sintetik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang. Sebagian sampah anorganik tidak dapat diuraikan dalam waktu yang lama.

Selain sampah terdapat bahan pencemar lainya seperti yang dijelaskan oleh Shafi (2005:263) yaitu,

> *"Though fertilizers are meant to increase fertility, but they have been found contaminate to soil variying extent due to containment of side ingredients which get mixed with soil as impurities and react as toxic chemical"*

Dapat disarikan bahwa meskipun pupuk digunakan untuk meningkatkan kesuburan, namun telah ditemukan tanah yang terkontaminasi oleh bahan-bahan samping yang tercampur dengan tanah sebagai pengotor dan bereaksi sebagai bahan kimia beracun.

Pengolahan lahan dengan pupuk, fungisida dan pestisida kimia menganggu proses alami yang terjadi didalamnya dan menghancurkan organisme-organisme yang bermanfaat seperti bakteri, jamur cacing, dan lain-lainnya (Mulyanto, 2007:16-17).

Tabel 3. Limbah Padat dan Pemanfaatannya

Limbah	Pemanfatan kembali
Kertas	1. Dibuat bubur pulp lagi untuk bahan kertas,cardboard 2. Dihancurkan untuk dipakai ebagai bahan pengisi, bahan isolasi 3. Diinsenerasi sebagai penghasil panas
Bahan Organik	1) Dibuat kompos untuk pupuk tanaman 2) Diinsenerasi sebagai penghasil panas
Tekstil/pakaian bekas	3) Dihancurkan untuk dipakai sebagai bahan pengisi, bahan isolasi 4) Diinsenerasi sebagai penghasil panas 5) Disumbangkan kepada yang memerlukan
Gelas	1) Dibersihkan untuk dipakai lagi 2) Dihancurkan untuk digunakan lagi sebagai bahan pembuat gelas baru 3) Dihancurkan dan dicampur aspal untuk pengerasan jalan 4) Dihancurkan da dicampur pasir dan batu uuntuk pembuatan bata semen
Logam	5) Dicor untuk pembuatan logam baru 6) Langsung digunakan bila kondisiya masih baik
Karet, kulit dan plastik	7) Dihancurkan untuk dipakai sebagai bahan pengisi, isolasi 8) Diinsenerasi sebagai penghasil panas

(Wisnu A. Wardhana 2004: 102)

2. Usaha menanggualangi pencemaran lingkungan

Beberapa usaha yang dapat dilakukan untuk menanggualangi pencemaran lingkungan (Fuad Amsyari, 1986: 57-62) yaitu,

a) Monitori dari WHO yang bertujuan untuk mengukur kadar zat pencemar secara teratur, mengamati trend dari kadar zat pencemar, dan mengevaluasi hasil atau manfaat beberapa usaha-usaha menanggulangi pencemaran yang sudah diterapkan
b) Menetapkan standar kualitas yang dimuat dalam 4 kategori yaitu, Tingkat I: bila zat pencemar baik konsentrasi maupun *exposure time* nya tidak membawa akibat yang merugikan manusia, Tingkat II: bila zat pencemar sudah mengakibatkan iritasi alat indera dan mengakibatkan kerusakan lingkungan hidup yang luas, Tingkat III: bila zat pencemar membawa akibat kesakitan yang bersifat khronis/menahun, dan Tingkat IV: bila zat pencemar sudah mengakibatkan penyakit akut dan kematian di lingkungannya.
c) Usaha penghijauan kota industri
d) Pengontrolan kepadatan lalu-lintas kendaraan
e) Beberapa undang-undang atau peraturan yang dapat dikategorikan sebagai *"Pollution Legislation"*
f) Usaha-usaha daur ulang untuk zat-zat buangan manusia atau pabrik-pabrik
g) Usaha pelestarian terhadap pencemaran air dengan melakukan treatment air misalnya netralisasi, koagulasi, oksidasi-reduksi. Untuk penyemaran tanah perunya pemulihan tanah kritis dengan dan remediasi.

C. Penelitian yang Relevan

Penelitian yang dilakukan peneliti relevan dengan penelitian yang dilakukan Hanno Michel dan Irene Neumann (2017) dengan judul *"The Relation Between Students' Nature of Science Understanding and Their Learning About the Concept of Energy"*. Dalam penelitian tersebut hasilnya menunjukkan bahwa peserta didik dengan pemahaman NOS yang tinggi, terlihat lebih mampu belajar bagaimana untuk menghubungkan berbagai bentuk konsep energi.

Penelitian yang dilakukan oleh Fatimah az zahro (2015) dengan judul "*Penerapan Pendekatan Pembelajaran Nature of Science pada Konsep Ekosistem untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Kelas VII MTs Salafiyah"*. Berdasarkan penelitian tersebut menunjukkan bahwa aktivitas belajar peserta didik saat diterapkan pendekatan NOS meningkat pada setiap pertemuan, terdapat perbedaan peningkatan literasi sains yang signifikan dengan nilai rata-rata signifikansi N-Gain kurang dari 0,05 pada aspek konteks, pengetahuan dan kompetensi antara kelas yang menerapkan pendekatan pembelajaran NOS dan kelas yang tidak menerapkan pendekatan pembelajaran NOS.

D. Kerangka Berfikir

Pekembangan abad 21 menuntut lulusan peserta didik cakap dalam mengelola perkembangan IPTEK manupun mampu mengelola dampak yang ditimbulkan dari perkembangan IPTEK. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu membekai siswa dengan kemampuan berliterasi. Dengan literasi sains

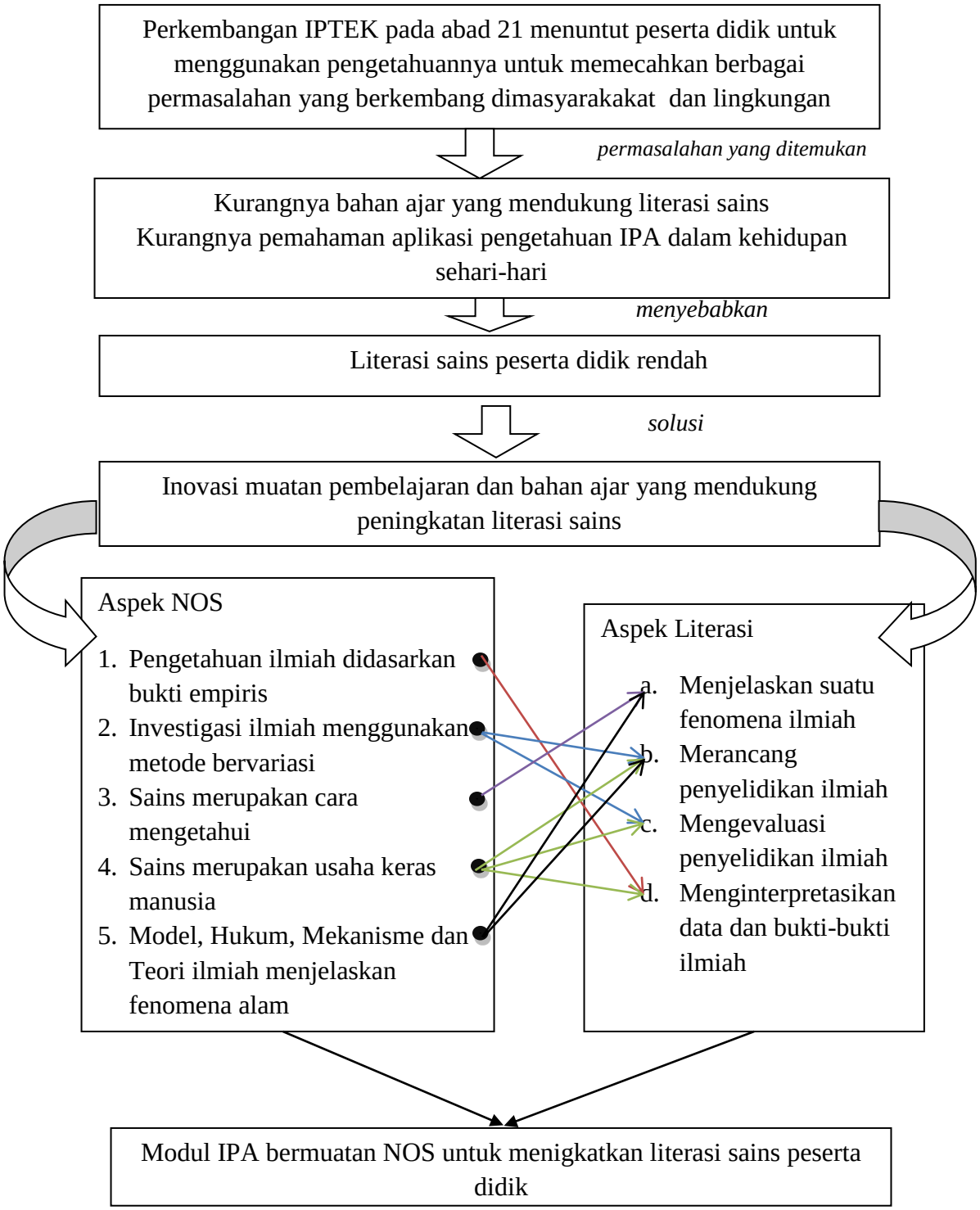
diharakan peserta didik dapat menyelesaikan segala permasalahan yang ada dikehidupan sehari-hari dengan menggunakan pengetahuan yang dimiliki.

Peningkatan literasi sains peserta didik tidak dapat terjadi bila peserta didik tidak dirangsang untuk dapat memecahkan permasalahan di lingkungan sekitarnya, selain itu perlu adanya inovasi muatan pembelajaran dan bahan ajar akan mendukung peningkatan literasi sains. Melalui kajian literatur, literasi sains dapat ditingkatkan dengan pemahaman *Natute of Science* (NOS), karena NOS merujuk pada epistemologi dari aktivitas sains dan karakteristik dari proses pembentukan pengetahuan.

Penggunaan NOS dalam pembelajaran disesuaikan dengan materi pelajaran, dalam hal ini peneliti mengambil 5 aspek NOS, sebagai berikut: Beberapa aspek NOS yaitu 1) investigasi ilmiah menggunakan metode-metode yang bervariasi dapat mendukung literasi pada indikator merancang penyelidikan ilmiah dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah, 2) pengetahuan ilmiah didasarkan pada bukti empiris dapat mendukung literasi pada indikator menginterpretasi data dan bukti-bukti ilmiah, 3) model, hukum, mekanisme dan teori ilmiah menjelaskan fenomena alam dapat mendukung literasi pada indikator menjelaskan fenomena alam dan merancang penyelidikan ilmiah, 4) sains merupakan cara mengetahui dapat mendukung literasi pada indikator menjelaskan fenomena alam, 5) sains merupakan usaha keras manusia dapat mendukung literasi pada indikator merancang penyelidikan ilmiah dan menginterpretasikan data dan bukti-bukti ilmiah. NOS dimuatkan secara

eksplisit-reflektif yang berarti bahwa terdapat aspek-aspek NOS yang tersurat dalam modul dan diberi penekanan kembali.

Muatan pembelajaran tersebut dituangkan dalam bentuk Modul. Modul merupakan bahan ajar yang dirancang untuk belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru dan membantu peserta didik melakukan tujuan yang telah dirancang dengan baik. Pemanfaatan modul dalam pembelajaran IPA diharapkan dapat meningkatkan literasi sains peserta didik SMP. Modul hasil pengembangan tersebut diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif pemecahan masalah agar pembelajaran IPA di SMP dapat memuat Konsep *Nature of Science,* sehingga literasi sains siswa dapat ditingkatkan.



Gambar 2. Kerangka Berpikir

E. Pertanyaan Peneliti

1. Bagaimana kelayakan modul IPA bermuatan NOS untuk meningkatkan literasi sains peserta didik menurut dosen ahli?
2. Bagaimana kelayakan modul IPA bermuatan NOS untuk meningkatkan literasi sains peserta didik menurut guru IPA?
3. Bagaimanakah keterlaksanaan pembelajaran bermuatan *nature of science* dengan menggunakan modul IPA*?*
4. Bagaimana peningkatan literasi sains peserta didik setelah menggunakan modul?
5. Bagaimana respon keterbacaan peserta didik terhadap modul IPA yang dikembangkan?