

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Hakikat IPA

Pada hakikatnya IPA meliputi empat unsur utama yaitu sikap, proses, produk dan aplikasi. Unsur sikap meliputi rasa ingin tahu tentang objek hidup maupun tak hidup, fenomena alam, makhluk hidup, serta hubungan sebab akibat yang dapat menimbulkan masalah baru sehingga dapat dipecahkan melalui prosedur yang benar. Unsur Proses merupakan prosedur pemecahan masalah melalui metode ilmiah yang meliputi penyusunan hipotesis, perancangan percobaan, evaluasi, pengukuran dan penarikan kesimpulan. Unsur produk merupakan sekumpulan fakta, prinsip, teori dan hukum. Unsur aplikasi merupakan penerapan metode ilmiah dan konsep IPA dalam kehidupan sehari-hari (Depdiknas, 2006).

Menurut Carin & Sund dalam Sutrisno (2006: 1-2), sains dibangun tiga elemen penting yaitu sikap, proses atau metode, dan produk. IPA sebagai produk untuk pengganti pernyataan IPA sebagai sebuah kumpulan pengetahuan ("*a body of knowledge*"), IPA sebagai sikap untuk pengganti pernyataan IPA sebagai cara atau jalan berpikir ("*a way of thinking*"), dan IPA sebagai proses untuk pengganti pernyataan IPA sebagai cara untuk penyelidikan ("*a way of investigating*"). Koballa dan Chiappetta dalam Zuhdan (2013) menyatakan bahwa sains merupakan proses/cara yang

didasarkan atas bukti-bukti empiris pada kegiatan yang dilakukan para saintis untuk mengetahui dunia dengan cara observasi dan eksperimen. Koballa dan Chiappetta mendefinisikan IPA sebagai *a way of thinking, a way of investigating, a body of knowledge* dan *science and its interaction with technology and society*. Lebih lanjut, I Made dan Wandu (2009:29) menjelaskan hakikat IPA sebagai berikut.

a. IPA sebagai kumpulan pengetahuan (*a body of knowledge*)

Hasil-hasil penemuan dari kegiatan kreatif para ilmuwan selama berabad-abad yang dikumpulkan dan disusun secara sistematis menjadi sekumpulan pengetahuan yang dikelompokkan sesuai dengan bidang kajiannya, yaitu fisika, biologi, kimia, dan sebagainya. Kumpulan pengetahuan tersebut berupa fakta, konsep, prinsip, hukum, teori, dan model.

b. IPA sebagai cara berpikir (*a way of thinking*)

IPA merupakan aktivitas manusia yang ditandai dengan proses berpikir yang berlangsung di dalam pikiran semua orang. Kegiatan mental para ilmuwan memberikan gambaran tentang rasa ingin tahu (*curiosity*) dan hasrat manusia untuk memahami fenomena alam. Kecenderungan para ilmuwan untuk melakukan penemuan nampaknya terdorong atau termotivasi oleh rasa percaya bahwa hukum-hukum alam dapat disusun dari hasil observasi dan dijelaskan melalui pikiran dan alasan.

c. IPA sebagai cara penyelidikan (*a way of investigating*)

IPA sebagai penyelidikan memberikan ilustrasi tentang pendekatan-pendekatan yang digunakan dalam menyusun pengetahuan. Sejumlah metode yang digunakan oleh para ilmuwan tersebut mendasarkan pada keinginan eksperimen yang memfokuskan pada hubungan sebab akibat.

d. *Science and its interaction with technology and society.*

Sains dan teknologi saling melengkapi satu dengan lainnya. Penemuan dalam sains memungkinkan pengembangan teknologi dengan menyediakan instrumen yang baru sehingga dapat mengadakan observasi dan percobaan dalam sains. Hurd dalam tulisannya berjudul “*A Rationale for Sains, Technology, and Society Theme ini Science Education*” menyatakan bahwa teknologi yang tinggi berdasarkan sains dan sains modern ditunjang oleh penemuan teknologi.

Dari uraian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa hakikat IPA dibangun oleh empat aspek: sikap yaitu IPA sebagai cara berpikir (“*a way of thinking*”), proses yaitu IPA sebagai cara untuk penyelidikan (“*a way of investigating*”), produk yaitu IPA sebagai kumpulan pengetahuan (“*a body of knowledge*”), dan aplikasi yaitu hubungan IPA dengan teknologi dan masyarakat (*science and its interaction with technology and society*).

2. Pembelajaran IPA

Kegiatan pembelajaran IPA terpadu mencakup pengembangan kemampuan dalam mengajukan pertanyaan, mencari jawaban, memahami jawaban, menyempurnakan jawaban tentang “apa”, “mengapa” dan “bagaimana” tentang gejala alam maupun karakteristik alam sekitar melalui cara-cara sistematis yang akan diterapkan dalam lingkungan dan teknologi. Pembelajaran IPA menekankan pada pengalaman langsung untuk mengembangkan potensinya sehingga peserta didik mampu memahami alam sekitar melalui proses “berbuat dan cari tahu” yang akan membantu peserta didik dalam memperoleh pengalaman tentang alam sekitar (Puskur, 2009:6).

Menurut Depdiknas (2006:2), tujuan pembelajaran IPA meliputi:

- a. mengembangkan pemahaman tentang berbagai macam gejala alam, konsep, dan prinsip IPA yang bermanfaat dan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.
- b. mengembangkan rasa ingin tahu, sikap positif, dan kesadaran terhadap adanya hubungan yang saling mempengaruhi antara IPA, lingkungan, teknologi, dan masyarakat.
- c. melakukan inkuiri ilmiah untuk menumbuhkan kemampuan berpikir, bersikap dan bertindak ilmiah, serta berkomunikasi.

Pada pembelajaran IPA secara konvensional, IPA diajarkan dengan mengandalkan olah pikir (*minds-on*) saja, yaitu memperlakukan IPA sebagai kumpulan pengetahuan (*a body of knowledge*) sehingga peserta

didik cenderung hanya menguasai konsep-konsep IPA dengan sedikit bahkan tanpa diperoleh dengan keterampilan proses. Hal ini berbeda dengan pembelajaran IPA yang dilakukan melalui kegiatan praktik (*practical work*) sehingga peserta didik tidak hanya melakukan olah pikir (*minds-on*) tetapi juga olah tangan (*hands-on*) (Zuhdan, 2013:8).

Menurut Kerr dalam Zuhdan (2013), kegiatan praktik merupakan percobaan yang disampaikan oleh guru dalam bentuk demonstrasi secara kooperatif oleh sekelompok peserta didik maupun percobaan dan observasi oleh peserta didik. Pendapat lain dikemukakan oleh Reid dan Hudson dalam Zuhdan (2013) yang menambahkan penggunaan komputer dan film video dalam pembelajaran IPA sebagai kegiatan praktik. Dalam era globalisasi ini, pemanfaatan komputer dan film video pada pembelajaran IPA akan sangat membantu karena keduanya memiliki kelebihan, seperti dapat melakukan simulasi percobaan IPA yang sukar atau bahkan tidak mungkin dilakukan secara langsung serta dapat digunakan untuk memberikan pengalaman kepada peserta didik tentang peristiwa yang jarang terjadi dan berbahaya.

Thomson dalam Zuhdan (2013) mengklasifikasikan kegiatan praktik menjadi 4 kelompok, yaitu eksperimen standar, eksperimen penemuan, demonstrasi, dan proyek yang dihadapkan pada problem/permasalahan. Khusus untuk proyek, dapat juga diidentikkan dengan pemecahan masalah atau *problem solving*. Masalah yang disajikan merupakan hal yang baru bagi peserta didik dan untuk menyelesaikannya

perlu melibatkan sejumlah investigasi dan penelitian yang mendalam serta untuk melakukannya memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan kegiatan praktik lainnya.

Dari uraian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa pembelajaran IPA merupakan kegiatan pembelajaran yang menekankan pengalaman langsung pada peserta didik sehingga dapat mengembangkan konsep IPA, sikap ilmiah, keterampilan berpikir, dan berkomunikasi. Proses pembelajaran IPA akan lebih bermakna jika peserta didik tidak hanya mengandalkan pada olah pikir saja namun juga mengandalkan olah tangan. Hal tersebut dapat dibantu melalui kegiatan praktik dengan menambahkan penggunaan komputer dalam pembelajaran IPA yang berisi masalah sehingga peserta didik dapat menyelesaikan masalah atau *problem solving*.

3. Pendekatan Sains Teknologi Masyarakat Lingkungan (STML)

a. Pengertian Pendekatan Sains Teknologi Masyarakat Lingkungan (STML)

Pendekatan Sains Teknologi Masyarakat (STM) merupakan dasar dari terbentuknya pendekatan Sains Teknologi Masyarakat Lingkungan (STML). Seiring waktu berjalan, peserta didik juga harus dapat mengerti masalah-masalah lingkungan sekitarnya. Atas dasar itulah pendekatan STM bertransformasi menjadi pendekatan STML dengan menambahkan aspek lingkungan di dalamnya. Pendekatan STML diharapkan dapat membuka wawasan peserta didik untuk memahami hakekat pendidikan

sains, lingkungan, teknologi dan masyarakat secara utuh. Maksudnya ialah pendekatan STML ditujukan untuk membantu peserta didik mengetahui sains, perkembangannya dan bagaimana perkembangan sains dapat mempengaruhi lingkungan, teknologi, dan masyarakat secara timbal balik (Binadja dalam Nuryanto dan Binadja, 2010).

Pendekatan SETS merupakan pembelajaran terpadu yang diharapkan mampu membelajarkan peserta didik untuk memiliki kemampuan memandang sesuatu secara terintegrasi dengan memperhatikan empat unsur yaitu sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat. Pada pendekatan Sains Teknologi Masyarakat Lingkungan, peserta didik dihadapkan pada suatu masalah yang terjadi di lingkungan sekitarnya sebagai akibat dari pengembangan atau penggunaan teknologi yang meresahkan kehidupan masyarakat. Dalam proses pembelajarannya, peserta didik diajak untuk mencari solusi untuk mengatasi masalah tersebut dengan menggunakan dasar atau menerapkan prinsip-prinsip sains (Binadja, 2002).

Sutarno dalam Isti Nur dkk (2013) menyatakan bahwa pendekatan SETS bertujuan agar peserta didik mengetahui cara menyelesaikan masalah-masalah yang timbul akibat berkembangnya masalah yang berkaitan dengan masyarakat. Pendekatan STM merupakan pendekatan yang menekankan pada konsep-konsep dan peranan sains serta teknologi dalam kehidupan masyarakat serta menumbuhkan rasa tanggung jawab sosial peserta didik terhadap dampak-dampak sains dan teknologi yang

terjadi dan sedang berlangsung di masyarakat. Pendekatan STM merupakan pendekatan yang menekankan pada pemanfaatan isu-isu sains yang ada di lingkungan sekitar siswa untuk dibahas dalam pembelajaran IPA melalui proses maupun produk sains (Poedjiadi, 2005).

Menurut *The National Science Teachers Association* (NSTA) dalam Rizema Siatava (2013), STM adalah kegiatan belajar dan mengajar sains dalam konteks pengalaman manusia. Pendekatan STM merupakan strategi pembelajaran yang memadukan pemahaman dan pemanfaatan sains, teknologi, dan masyarakat, dengan tujuan agar konsep sains dapat diaplikasikan melalui keterampilan yang bermanfaat bagi peserta didik dan masyarakat.

Menurut Iskandar dalam Rumansyah (2001: 103), sains teknologi masyarakat adalah suatu usaha untuk menyajikan sains dengan menggunakan masalah-masalah dari dunia nyata. Menurut Asy'ari dalam Jamil Suprihatiningrum (2012), pendekatan STM merupakan inovasi pembelajaran sains yang berorientasi bahwa sains sebagai bidang ilmu tidak terpisahkan dari realitas kehidupan masyarakat sehari-hari dan melibatkan siswa secara aktif dalam mempelajari konsep-konsep sains yang terkait.

Pendekatan STM merupakan suatu pendekatan yang melibatkan interaksi antar individu dengan lingkungan sosialnya. Pendekatan STM menyajikan masalah-masalah dari dunia nyata yang mencakup seluruh aspek pendidikan, yaitu tujuan, topik/ masalah yang disajikan, strategi

pembelajaran, evaluasi dan persiapan kinerja guru sehingga peserta didik mampu belajar menghargai teknologi serta memanfaatkannya demi kearifan umat manusia. STM dapat membekali peserta didik untuk terjun dalam kehidupan nyata sehingga ia mampu mengimplementasikan ilmu sains ke dalam bentuk teknologi dan memanfaatkannya demi kepentingan masyarakat (Jamil Suprihatiningrum, 2012:172-176).

John Lochhead dan Robert E. Yager (1996: 30) mengemukakan bahwa pembelajaran dengan pendekatan STM di dalamnya mengandung unsur pembelajaran konstruktivisme. Menurut Poedjiadi (2005: 126), pendekatan STM melibatkan peserta didik dalam aktivitas mengidentifikasi, menganalisis, dan menemukan solusi isu atau masalah-masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari; mendorong peserta didik untuk menerapkan konsep-konsep dan proses dasar sains serta teknologi dalam situasi kehidupan nyata; memberdayakan peserta didik sebagai warga negara yang dapat mengambil keputusan dan tindakan, melakukan perubahan, dan bertanggung jawab dalam kehidupan nyata saat ini dan pada masa depan; dan memberikan arahan pencapaian literasi ilmiah dan teknologi untuk semua.

Menurut Sumintono (2003), titik penekanan pembelajaran STM adalah mengembangkan hubungan antara pengetahuan ilmiah peserta didik dengan pengalaman kesehariannya. Paling tidak ada dua konteks dalam pendekatan STM, yaitu interaksi sehari-hari peserta didik dengan

lingkungan sekitarnya dan melibatkan cakupan yang lebih luas antara sains, teknologi, dan masyarakat.

Menurut Hidayat dalam Jamil Suprihatiningrum (2012), tiga landasan penting dari pendekatan STM, yaitu adanya keterkaitan yang erat antara sains, teknologi, dan masyarakat dengan proses belajar menganut pandangan konstruktivisme. Hal tersebut berarti bahwa peserta didik membentuk atau membangun pengetahuan melalui interaksinya dengan lingkungan. Dalam pembelajarannya, pendekatan STM meliputi lima ranah domain, yaitu ranah pengetahuan, ranah sikap, ranah proses sains, ranah kreativitas, dan ranah aplikasi.

Menurut Rumansyah (2001), pendekatan STM dilandasi tiga hal berikut:

- 1) Adanya keterkaitan yang erat antara sains, teknologi, dan masyarakat.
- 2) Proses belajar-mengajar menganut pandangan konstruktivisme, yaitu peserta didik membangun atau membentuk sendiri pengetahuannya melalui interaksi dengan lingkungan.
- 3) Dalam pengajarannya, terkandung lima ranah yaitu pengetahuan, sikap, proses sains, kreativitas, dan aplikasi.

Pendapat lain dikemukakan oleh Robert E. Yager (1996) yang mengemukakan bahwa pembelajaran STML meliputi enam ranah domain, yaitu:

- 1) Ranah konsep, meliputi konsep-konsep, fakta, prinsip, hukum, teori yang digunakan para ilmuwan;
- 2) Ranah proses, meliputi hal-hal yang berhubungan dengan cara memperoleh ilmu atau produk sains, misalnya melakukan observasi dan investigasi;
- 3) Ranah kreativitas, meliputi kombinasi objek atau ide dengan cara baru, cara menyelesaikan masalah, cara mendesain alat percobaan, dan sebagainya;
- 4) Ranah sikap, meliputi sikap positif terhadap ilmu dan ilmuwan (*scientific attitude*);
- 5) Ranah aplikasi, meliputi kemampuan menunjukkan contoh konsep ilmiah dalam kehidupan;
- 6) Ranah keterkaitan, cenderung untuk ikut berpartisipasi berupa tindakan nyata apabila terjadi sesuatu dalam lingkungan sekitarnya yang memerlukan keterlibatan.

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa pendekatan STML merupakan pendekatan pembelajaran IPA yang mencakup enam ranah domain (sikap, proses, kreativitas, konsep, aplikasi, dan keterkaitan) dengan memanfaatkan isu-isu atau masalah yang ada di masyarakat sebagai sumber dan objek pembelajaran sehingga peserta didik mampu mengusulkan solusi permasalahan (pemanfaatan teknologi) untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dan peserta didik dapat membangun

konsep IPA secara mandiri berdasarkan pengalaman dan interaksi dengan lingkungan sekitarnya.

b. Karakteristik Pendekatan Sains Teknologi Masyarakat Lingkungan (STML)

Sama dengan pendekatan pembelajaran lainnya, pendekatan STML memiliki beberapa karakteristik, antara lain bertujuan memberi pembelajaran sains secara kontekstual, peserta didik dibimbing memanfaatkan konsep sains ke bentuk teknologi untuk kepentingan masyarakat, peserta didik dibimbing untuk berpikir tentang berbagai kemungkinan akibat yang terjadi dalam proses transfer sains tersebut ke bentuk teknologi, menjelaskan hubungan antara unsur sains yang dibicarakan dengan unsur-unsur lain dalam STML yang mempengaruhi berbagai keterkaitan antar-unsur tersebut, dan mempertimbangkan manfaat atau kerugian dari penggunaan konsep sains jika diubah dalam bentuk teknologi. Dalam pendekatan STML tidak hanya menampilkan unsur sains saja, namun harus menampilkan unsur sains, teknologi, lingkungan, dan masyarakat (Nuryanto dan Binadja, 2010).

Anwar Miftakhul (2010), mengemukakan bahwa pendekatan SETS dalam pendidikan mempunyai implementasi agar peserta didik mempunyai kemampuan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking*). Menurut Fajar dalam Rizema Siatava (2013), pendekatan STM memiliki karakteristik atau ciri-ciri khusus yang membedakan dengan pendekatan pembelajaran lainnya, yaitu:

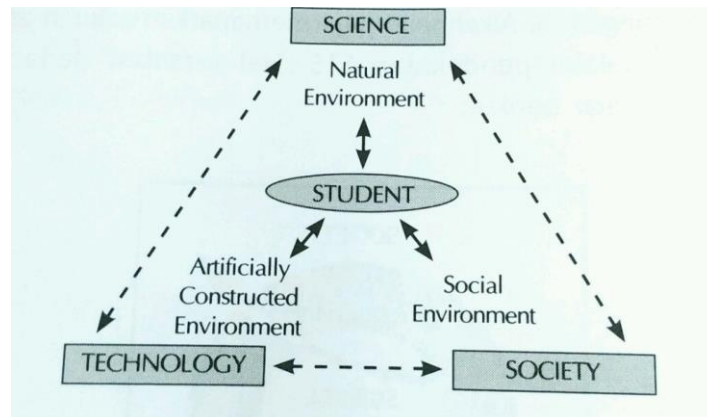
- 1) Identifikasi masalah-masalah setempat yang memiliki kepentingan dan dampak.
- 2) Penggunaan sumber daya setempat (manusia, benda, dan lingkungan) untuk mencari informasi yang dapat digunakan dalam memecahkan masalah.
- 3) Keikutsertaan yang aktif dari peserta didik dalam mencari informasi yang bisa diterapkan untuk memecahkan masalah-masalah dalam kehidupan sehari-hari.
- 4) Perpanjangan belajar di luar kelas dan sekolah.
- 5) Fokus pada dampak sains dan teknologi terhadap peserta didik.
- 6) Suatu pandangan bahwa isi sains bukan hanya konsep yang harus dikuasai peserta didik dalam tes.
- 7) Penekanan pada keterampilan proses, sehingga peserta didik dapat menggunakannya dalam memecahkan masalah.
- 8) Kesempatan peserta didik untuk berperan sebagai warga negara, sehingga dapat mencoba memecahkan masalah atau isu-isu yang telah diidentifikasi sebelumnya.
- 9) Identifikasi sejauh mana sains dan teknologi berdampak di masa depan.

Selain memiliki ciri khusus, Rizema Sitiatava (2013) mengemukakan bahwa pendekatan STM juga memiliki manfaat agar

terjadi literasi (*melek*) sains dan teknologi di masyarakat. Lebih lanjut, manfaat pendekatan STM bagi peserta didik antara lain:

- 1) Dapat menggunakan konsep-konsep sains, keterampilan proses, dan nilai ilmiah saat mengambil keputusan yang bertanggung jawab dalam kehidupan sehari-hari;
- 2) Mengetahui bagaimana masyarakat mempengaruhi sains dan teknologi, serta bagaimana sains dan teknologi mempengaruhi masyarakat;
- 3) Menyadari keterbatasan dan kegunaan sains serta teknologi untuk meningkatkan kesejahteraan manusia.
- 4) Memahami sebagian besar konsep-konsep sains, hipotesis, dan teori sains serta mampu menggunakannya;
- 5) Menghargai sains dan teknologi sebagai stimulus intelektual;
- 6) Mampu bersikap ilmiah dan menggunakan metode ilmiah dalam memecahkan masalah.

Menurut Alkenhead dalam Suyono dan Hariyanto (2015:77), pada hakikatnya pembelajaran STM adalah berbasis pembelajaran berbasis peserta didik. Artinya, dalam pendekatan STM ini peserta didik adalah sosok sentral dalam proses pembelajaran. Hal ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Hakikat Pembelajaran Sains Teknologi Masyarakat
(Sumber: Alkenhead dalam Suyono dan Hariyanto, 2015:77)

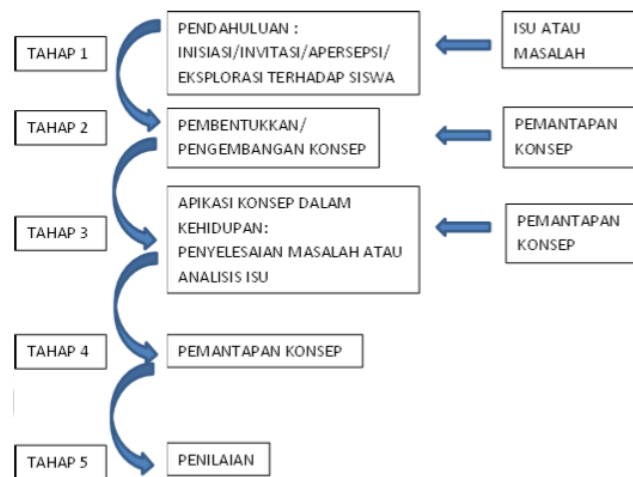
Sebagai sosok sentral dalam pendekatan STM, peserta didik harus paham mengenai lingkungan sosialnya, lingkungan yang terkonstruksi secara artifisial disekelilingnya atau disebut lingkungan buatan, serta lingkungan alamiahnya. Kajian terhadap lingkungan alami disebut sebagai sains, kajian terhadap lingkungan yang terkonstruksi secara artifisial disebut sebagai teknologi, sedangkan lingkungan sosial adalah masyarakat. Jadi pembelajaran sains melalui pendekatan STM adalah pembelajaran terkait fenomena alam yang berpengaruh terhadap lingkungan, teknologi, dan lingkungan sosial dari peserta didik.

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa karakteristik pendekatan STML antara lain peserta didik sebagai pusat dalam proses pembelajaran, menggunakan lingkungan sekitar sebagai sumber belajar, mengajak peserta didik membangun sendiri konsep-konsep sains, mempertimbangkan dampak penggunaan sains dalam bentuk teknologi

terhadap lingkungan, dan pembelajaran tidak hanya menampilkan unsur sains saja melainkan sains, teknologi, masyarakat, dan lingkungan.

c. Tahapan Pendekatan Sains Teknologi Masyarakat Lingkungan (STML)

Poedjiadi (2005) menyusun pembelajaran STM meliputi sejumlah langkah-langkah pembelajaran sesuai Gambar 2. berikut ini.



Gambar 2. Sintak pendekatan STM (Sumber: Poedjiadi, 2005:126)

Lebih lanjut, Suyono dan Hariyanto (2015) menjelaskan masing-masing tahap pembelajaran STM sebagai berikut.

- 1) Tahap 1 yaitu inisiasi/invitasi/apersepsi/eksplorasi. Kegiatan pembelajaran yang dilakukan yaitu mengemukakan isu-isu atau masalah yang ada di masyarakat yang dapat digali oleh peserta didik.
- 2) Tahap 2 yaitu pembentukan/pengembangan konsep. Pada tahap ini dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan atau metode, misalnya demonstrasi, eksperimen, dan sebagainya. Selain itu, tahap

pembentukan konsep dapat dilakukan dengan penguatan kognitif terhadap konsep terdahulu sehingga terjadi pula pematapan konsep.

- 3) Tahap 3 yaitu aplikasi konsep dalam kehidupan sehari-hari dan analisis isu. Konsep-konsep yang telah terbentuk dari tahap pembentukan konsep dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari untuk menyelesaikan isu permasalahan yang disajikan sebelumnya.
- 4) Tahap 4 yaitu pematapan konsep. Pada tahap ini diawali dengan analisis terhadap ada atau tidaknya miskonsepsi terhadap konsep sains yang sedang dikembangkan. Miskonsepsi terhadap konsep sains harus dideteksi oleh guru untuk diupayakan pelurusan.
- 5) Tahap 5 yaitu penilaian. Tahap penilaian pembelajaran hendaknya dilakukan terhadap proses maupun hasil akhir pembelajaran, yaitu berupa konsep sains yang benar dan yang telah dikuasai peserta didik.

Sejalan dengan pendapat Suyono dan Hariyanto (2015), Achmad dkk (2014) mengemukakan pembelajaran SETS terdiri dari lima langkah sebagai berikut: tahap inisiasi, yaitu kegiatan pembelajaran dengan mengemukakan isu-isu masalah yang ada di masyarakat yang dapat digali oleh peserta didik; tahap pembentukan/pengembangan konsep, yaitu pembelajaran yang dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti demonstrasi, eksperimen, observasi, dan lain-lain; tahap aplikasi konsep, yaitu konsep-konsep yang sudah diperoleh dari tahap sebelumnya diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari untuk memberikan solusi dari

permasalahan atau topik yang sudah ditentukan; tahap pemantapan konsep, yaitu guru melakukan konfirmasi dan meluruskan jika terdapat miskonsepsi selama pembentukan konsep dan penyelesaian masalah melalui penekanan pada konsep-konsep kunci; dan tahap evaluasi, yaitu dilakukan untuk mengetahui ketercapaian tujuan pembelajaran dan hasil belajar peserta didik.

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa pendekatan STML terdiri dari 5 tahap, yaitu inisiasi/apersepsi/invitasi/eksplorasi terhadap peserta didik, pembentukan dan pengembangan konsep, aplikasi konsep dalam kehidupan sehari-hari dan penyelesaian masalah, pemantapan konsep dan penilaian kemampuan memecahkan masalah.

4. Modul Elektronik

a. Pengertian Modul Elektronik

Modul merupakan bahan ajar yang dapat digunakan oleh siswa untuk belajar secara mandiri dengan bantuan seminimal mungkin dari orang lain. Modul terdiri atas tujuan, bahan dan kegiatan belajar, serta evaluasi (Munadi, Yudhi, 2013:99). Menurut Andi Prastowo (2012:106), modul merupakan bahan ajar yang disusun secara sistematis dengan bahasa yang mudah dipahami oleh siswa, sesuai usia dan tingkat pengetahuan mereka agar mereka dapat belajar secara mandiri dengan bimbingan minimal dari pendidik.

Modul adalah materi pembelajaran yang disusun dan disajikan secara tertulis sedemikian rupa sehingga peserta didik dapat menyerap

sendiri materi dengan sedikit mungkin bantuan dari orang lain (LKPP-UNHAS, 2015:12). Sukiman (2011:131) menyatakan bahwa modul merupakan bagian dalam proses belajar yang terencana dan dirancang untuk membantu peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran secara individual atau mandiri. Menurut Rudi Susilana dan Cepi Riyana (2008: 14) modul adalah suatu paket terprogram yang disusun sedemikian rupa untuk kepentingan belajar peserta didik. Dari uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa modul merupakan bahan ajar yang dirancang untuk membantu peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajarannya secara mandiri.

Dalam bidang pendidikan, komputer sebagai hasil teknologi modern sangat membuka kemungkinan untuk menjadi alat pendidikan. Khususnya dalam pembelajaran, komputer dapat digunakan sebagai alat untuk menyampaikan informasi atau ide-ide yang terkandung dalam pembelajaran kepada peserta didik. Selain itu, komputer juga dapat digunakan sebagai media yang memungkinkan peserta didik untuk belajar secara mandiri dalam memahami suatu konsep. Hal ini sangat memungkinkan karena komputer mempunyai kemampuan mengkombinasikan teks, suara, warna, gerak, gambar, dan video, serta memuat suatu kepintaran yang sanggup menyajikan proses interaktif (Deni Darmawan, 2012).

Pada umumnya, penggunaan teknologi berbasis komputer dalam bidang pendidikan merupakan cara untuk menghasilkan atau

menyampaikan materi menggunakan sumber-sumber yang berbasis mikroprosesor, dimana informasi atau materi yang disampaikan disimpan dalam bentuk digital, bukan dalam bentuk cetak (Deni Darmawan, 2012).

Pembelajaran berbasis komputer merupakan cara pembelajaran dengan menggunakan software komputer berupa program komputer yang berisi tentang muatan pembelajaran meliputi: judul, tujuan, materi pembelajaran, dan evaluasi pembelajaran. Sistem komputer dapat menyampaikan pembelajaran secara individual dan langsung kepada para peserta didik dengan cara berinteraksi dengan mata pelajaran yang diprogramkan ke dalam sistem komputer. Pembelajaran berbasis komputer merupakan suatu bentuk pembelajaran yang menempatkan komputer sebagai piranti sistem pembelajaran individual, di mana peserta didik dapat berinteraksi langsung dengan sistem komputer yang sengaja dirancang atau dimanfaatkan oleh guru. Kontrol pembelajaran dalam pembelajaran berbasis komputer ini sepenuhnya di tangan peserta didik (*student centered*) karena pembelajaran berbasis komputer menerapkan pola pembelajaran bermedia, yaitu secara utuh sejak awal hingga akhir menggunakan piranti sistem komputer yang dioperasikan oleh peserta didik (Rusman, dkk, 2011). Dari uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis komputer adalah pembelajaran dalam bentuk digital dan tidak dalam bentuk cetak yang memanfaatkan perangkat komputer sebagai alat pembelajaran dan peserta didik dapat berinteraksi secara

langsung dengan komputer sehingga pembelajaran berpusat pada peserta didik (*student centered learning*).

Dari uraian mengenai modul dan pembelajaran berbasis komputer, maka dapat disimpulkan bahwa modul elektronik merupakan bahan ajar dalam bentuk software (digital) atau bukan dalam bentuk cetak yang dapat memfasilitasi peserta didik untuk belajar secara mandiri dengan memanfaatkan perangkat elektronik yaitu komputer.

Berdasarkan pengertian modul elektronik dan pendekatan sains teknologi masyarakat lingkungan (STML), dapat disimpulkan bahwa modul elektronik berbasis STML adalah bahan ajar modul dalam bentuk digital dengan memanfaatkan perangkat elektronik yaitu komputer yang menyajikan isu-isu atau masalah yang terjadi di masyarakat sehingga peserta didik dapat mengusulkan solusi (pemanfaatan teknologi) untuk pemecahan masalah tersebut secara mandiri dan peserta didik dapat membangun konsep IPA secara mandiri berdasarkan pengalaman yang didapatkan dari lingkungannya.

b. Komponen Modul Elektronik

Menurut Sungkono (2003: 7-13) ada delapan komponen utama yang perlu terdapat dalam modul yaitu tinjauan mata pelajaran, pendahuluan, kegiatan belajar, latihan, rambu-rambu jawaban latihan, rangkuman, tes formatif, dan kunci jawaban tes formatif. Kedelapan komponen tersebut dijelaskan berikut ini.

1) Tinjauan Mata Pelajaran

Tinjauan mata pelajaran adalah paparan umum mengenai keseluruhan pokok-pokok isi mata pelajaran yang mencakup:

- a) Deskripsi mata pelajaran
- b) Kegunaan mata pelajaran
- c) Kompetensi dasar
- d) Bahan pendukung lainnya
- e) Petunjuk Belajar

Petunjuk belajar memuat antara lain penjelasan tentang berbagai macam kegiatan yang harus dilakukan, alat-alat yang perlu disediakan, dan prosedur yang dilakukan.

2) Pendahuluan

Pendahuluan merupakan pembukaan pembelajaran suatu modul. Oleh karena itu, dalam pendahuluan seyogyanya memuat hal-hal sebagai berikut:

- a) Cakupan isi modul dalam bentuk deskripsi singkat.
- b) Indikator yang ingin dicapai melalui sajian materi dan kegiatan modul.
- c) Deskripsi perilaku awal yang memuat pengetahuan dan keterampilan yang sebelumnya sudah diperoleh atau seyogyanya sudah dimiliki sebagai pijakan dari pembahasan modul.

- d) Relevansi, yang terdiri atas:
 - i) Keterkaitan pembahasan materi dan kegiatan dalam modul dengan materi dan kegiatan dalam modul lain dalam satu mata pelajaran atau dalam mata pelajaran.
 - ii) Pentingnya mempelajari materi modul dalam pengembangan dan pelaksanaan tugas guru secara profesional.
- e) Urutan butir sajian modul (kegiatan belajar) secara logis.
- f) Petunjuk belajar berisi panduan teknis yang mempelajari modul agar berhasil dikuasai dengan baik.

Komponen pendahuluan dalam modul harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a) Memenuhi dan merangsang rasa ingin tahu.
 - b) Urutan sajian yang logis.
 - c) Mudah dicerna dan enak dibaca.
- 3) Kegiatan Belajar

Bagian ini merupakan “daging” atau inti dalam pemaparan materi pelajaran. Kegiatan belajar memuat materi pelajaran yang harus dikuasai siswa. Materi tersebut disusun sedemikian rupa, sehingga dengan mempelajari materi tersebut, tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan dapat tercapai.

Dalam menyajikan materi, modul harus memperhatikan elemen uraian dan contoh sehingga dapat menumbuhkan proses belajar dalam

diri pembaca. Berikut merupakan penjelasan kedua elemen dasar yang ada dalam sajian materi modul.

a) Uraian

Uraian dalam sajian materi modul adalah paparan materi-materi pelajaran berupa: fakta/data, konsep, prinsip, generalisasi/dalil, teori, nilai, prosedur/metode, keterampilan, hukum, dan masalah.

Prinsip dalam penyajian uraian harus memenuhi syarat-syarat:

- i) Materi harus relevan dengan esensi kompetensi
- ii) Materi berada dalam cangkupan topik inti
- iii) Penyajiannya bersifat logis, sistematis, komunikatif/interaktif, dan tidak kaku
- iv) Memperhatikan latar/*setting* kondisi peserta didik
- v) Menggunakan teknik, metode penyajian yang menarik dan menantang.

b) Contoh

Contoh adalah benda, ilustrasi, angka, gambar dan lain-lain yang mewakili/mendukung konsep yang disajikan. Contoh bertujuan untuk memantapkan pemahaman pembaca tentang fakta/data, konsep, prinsip, generalisasi/dalil, hukum, teori, nilai, prosedur/metode, keterampilan dan masalah.

Prinsip dalam penyajian contoh hendaknya:

- i) Relevan dengan isi uraian

- ii) Konsistensi istilah, konsep, dalil, dan peran
- iii) Jumlah dan jenisnya memadai
- iv) Logis (masuk akal)
- v) Sesuai dengan realitas
- vi) Bermakna.

4) Latihan

Latihan adalah berbagai bentuk kegiatan belajar yang harus dilakukan oleh peserta didik setelah membaca uraian sebelumnya. Gunanya yaitu untuk memantapkan pengetahuan, keterampilan, nilai, dan sikap tentang fakta/data, konsep, prinsip, generalisasi/dalil, teori, prosedur, dan metode. Tujuan latihan adalah agar siswa benar-benar belajar secara aktif dan akhirnya menguasai konsep yang sedang dibahas dalam kegiatan belajar. Latihan disajikan secara kreatif sesuai dengan karakteristik setiap mata pelajaran. Latihan dapat ditempatkan di sela-sela uraian atau di akhir uraian.

Ada beberapa prinsip yang perlu diperhatikan dalam penyusunan latihan:

- a) Relevan dengan materi yang disajikan.
- b) Sesuai dengan kemampuan siswa.
- c) Bentuknya bervariasi, misalnya tes, tugas, eksperimen, dsb.
- d) Bermakna.
- e) Menantang peserta didik untuk berpikir dan bersikap kritis.
- f) Penyajiannya sesuai dengan karakteristik setiap mata pelajaran.

5) Rambu-rambu Jawaban latihan

Rambu-rambu jawaban latihan merupakan hal-hal yang harus diperhatikan oleh peserta didik dalam mengerjakan soal-soal latihan. Kegunaan rambu-rambu jawaban ini adalah untuk mengarahkan pemahaman siswa tentang jawaban yang diharapkan dari pertanyaan atau tugas dalam latihan dalam mendukung tercapainya kompetensi pembelajaran.

6) Rangkuman

Rangkuman adalah inti dari uraian materi yang disajikan pada kegiatan belajar suatu modul. Rangkuman berfungsi untuk menyimpulkan dan memantapkan pengalaman belajar (isi dan proses) yang dapat mengkondisikan tumbuhnya konsep atau skema baru dalam pikiran peserta didik.

Rangkuman hendaknya memenuhi ketentuan:

- a) Berisi ide pokok yang telah disajikan.
- b) Disajikan secara berurutan.
- c) Disajikan secara ringkas.
- d) Bersifat menyimpulkan.
- e) Dapat dipahami dengan mudah.
- f) Memantapkan pemahaman pembaca.
- g) Menggunakan bahasa Indonesia yang baku dan tidak menggunakan kata-kata yang sulit dipahami.

7) Tes Formatif

Pada setiap modul selalu disertai lembar evaluasi (evaluasi formatif) yang biasanya berupa tes. Evaluasi ini dilakukan untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan. Tes formatif ini bertujuan untuk mengukur tingkat penguasaan siswa terhadap materi sesuai dengan indikator yang telah ditetapkan. Hasil tes formatif digunakan sebagai dasar untuk melanjutkan ke pokok bahasan selanjutnya. Tes formatif secara prinsip harus memenuhi syarat-syarat:

- a) Mengukur kompetensi dan indikator yang sudah dirumuskan.
- b) Materi tes benar dan logis, baik dari segi pokok masalah yang dikemukakan maupun dari pilihan jawaban yang ditawarkan.
- c) Pokok masalah yang ditanyakan cukup penting.
- d) Butir tes harus memenuhi syarat-syarat penulisan butir soal.

8) Kunci Jawaban Tes Formatif dan Tindak Lanjut

Kunci jawaban tes formatif pada umumnya diletakkan di bagian paling akhir suatu modul. Jika kegiatan belajar berjumlah 2 buah, maka kunci jawaban tes formatif terletak setelah tes formatif kegiatan belajar 2, dengan halaman tersendiri. Tujuannya agar siswa benar-benar berusaha mengerjakan tes tanpa melihat kunci jawaban terlebih dahulu. Selain itu, bagian ini berisi petunjuk tentang cara peserta didik memberi nilai sendiri pada hasil jawabannya.

Dari uraian komponen modul di atas, dapat disimpulkan bahwa komponen modul elektronik IPA terdiri atas *cover*, petunjuk penggunaan modul elektronik IPA, tujuan pembelajaran, Kompetensi Dasar, indikator ketercapaian kompetensi, peta konsep materi pencemaran air dan udara, identitas peneliti, kegiatan belajar yang mengikuti langkah-langkah pendekatan STML, materi pembelajaran mengenai pencemaran air dan udara, latihan soal kemampuan memecahkan masalah, tes evaluasi kemampuan memecahkan masalah, dan daftar pustaka.

c. Kriteria Modul Elektronik yang Baik

Menurut Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan (2008: 4-7), modul yang akan dikembangkan harus memperhatikan lima karakteristik sebuah modul yaitu *self instruction*, *self contained*, *stand alone*, *adaptive*, dan *user friendly*. Lebih lanjut, Chomsin S.W dan Jasmadi (2008: 50) menjelaskan karakteristik modul yang baik sebagai berikut:

1) *Self Instruction*

Self instruction adalah sifat modul elektronik yang memfasilitasi seseorang atau peserta didik agar dapat belajar secara mandiri dan tidak tergantung pada pihak lain. Untuk memenuhi sifat *self instruction*, maka dalam modul elektronik harus:

- a) Berisi tujuan yang dirumuskan dengan jelas.
- b) Berisi materi pembelajaran yang dikemas ke dalam unit-unit kecil/spesifik.

- c) Menyediakan contoh dan ilustrasi yang mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran.
- d) Menampilkan soal-soal latihan, tugas dan sejenisnya yang memungkinkan pengguna memberikan respon dan mengukur tingkat penguasaannya.
- e) Menggunakan bahasa yang sederhana dan komunikatif.
- f) Terdapat rangkuman materi pembelajaran.
- g) Terdapat instrumen penilaian yang memungkinkan penggunaan melakukan pembelajaran mandiri.
- h) Terdapat instrumen penilaian yang dapat digunakan peneliti mengukur atau mengevaluasi tingkat penguasaan materi.
- i) Terdapat *feed back* atau umpan balik atas penilaian, sehingga penggunanya mengetahui tingkat penguasaan materi.

2) *Self Contained*

Self contained adalah sifat modul elektronik dimana seluruh materi yang diperlukan dalam pembelajaran dari satu unit standar kompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul secara utuh.

3) *Stand Alone* (Bediri Sendiri)

Modul yang dikembangkan tidak tergantung pada media pembelajaran lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan media pembelajaran lain. Dengan menggunakan modul, pembelajar tidak tergantung dan tidak harus menggunakan media lain untuk mempelajari dan atau mengerjakan tugas pada modul tersebut.

4) *Adaptive*

Adaptif yaitu sifat modul yang dapat menyesuaikan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta fleksibel untuk digunakan. Modul yang adaptif merupakan modul dengan isi materi pembelajaran yang dapat digunakan sampai dengan kurun waktu tertentu.

5) *User Friendly*

Modul mempunyai peran penting yaitu harus bersahabat dengan pemakainya. Setiap instruksi dan paparan informasi yang tampil bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainya, termasuk kemudahan pemakai dalam merespon, mengakses sesuai keinginan. Penggunaan bahasa yang sederhana, mudah dimengerti serta menggunakan istilah yang umum digunakan.

Pendapat lain terdapat dalam penelitian yang dilakukan Noveriyanti Uswatun (2014), terdapat 6 aspek penilaian kelayakan modul elektronik sehingga modul elektronik layak digunakan di lapangan, yaitu aspek tampilan meliputi keterbacaan teks dan tulisan, kualitas tampilan gambar/animasi, komposisi warna, dan kesesuaian warna dan tata letak *link*; aspek perangkat lunak meliputi situs dan pengoperasian serta ketepatan pemilihan tema/*template*; aspek karakteristik meliputi kelengkapan sumber informasi dan tingkat interaktifitas; aspek kelayakan isi meliputi kesesuaian SK & KD, kebenaran konsep yang disajikan, keakuratan fakta, kesesuaian gambar/animasi dengan materi, kesesuaian

video dengan materi, koherensi dan keruntutan alur pikir penyajian materi, keterpaduan materi IPA, pemilihan tema, materi mudah dipahami, dan kesesuaian evaluasi; aspek kebahasaan meliputi penggunaan bahasa Indonesia sesuai EYD, penggunaan kalimat efektif, penggunaan bahasa yang komunikatif, dan kebenaran penggunaan istilah, simbol, dan nama ilmiah; dan aspek penyajian meliputi penyajian gambar, kelengkapan keterangan gambar, penyajian video, kesesuaian *link* dengan materi, penyajian rangkuman, penyajian glosarium, dan penyajian daftar pustaka.

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa penilaian kelayakan modul elektronik yang baik meliputi 4 aspek penilaian, yaitu aspek kelayakan isi meliputi materi yang disajikan sesuai dengan KI & KD, kesesuaian dengan tujuan pembelajaran, materi yang disajikan sesuai dengan kebenaran fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori, kesesuaian gambar dan video dengan materi, dan keruntutan materi yang disajikan sesuai dengan rantai kognitif; aspek kebahasaan meliputi kalimat yang digunakan baku dan sesuai dengan EYD, kebenaran penggunaan istilah, simbol, dan nama ilmiah, dan bahasa yang digunakan komunikatif; aspek tampilan/kegrafikan meliputi keterbacaan teks atau tulisan, kualitas tampilan gambar dan video, komposisi warna tulisan terhadap *background*, dan kesesuaian *cover* modul elektronik dengan materi; dan aspek kemudahan dalam penggunaan meliputi sistematika penyajian modul elektronik, kemudahan penggunaan modul elektronik, fungsi

navigasi jelas dan mudah digunakan, dan penyajian petunjuk penggunaan jelas.

d. Manfaat Modul Elektronik

Menurut Sungkono (2003:2-3), manfaat bahan ajar modul yang digunakan dalam pembelajaran antara lain:

- 1) Menghemat waktu guru dalam mengajar.
- 2) Mengubah peran guru dari seorang pengajar menjadi seorang fasilitator.
- 3) Meningkatkan proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan interaktif.
- 4) Peserta didik dapat belajar tanpa kehadiran/harus ada guru dan belajar secara mandiri.
- 5) Peserta didik dapat belajar kapan saja dan dimana saja.

Menurut Hannafin dan Peck dalam Hamzah dan Nina (2010), potensi media komputer dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efektivitas proses pembelajaran antara lain:

- 1) Memungkinkan terjadinya interaksi langsung antara peserta didik dan materi pembelajaran.
- 2) Proses pembelajaran dapat berlangsung secara individual sesuai dengan kemampuan belajar peserta didik.

- 3) Mampu menampilkan unsur audio visual untuk meningkatkan minat belajar peserta didik.
- 4) Dapat memberikan umpan balik terhadap respon peserta didik dengan segera.
- 5) Mampu menciptakan proses belajar secara berkesinambungan.

Pembelajaran dengan bantuan komputer menurut Nasution dalam Deni Darmawan (2012) mempunyai sejumlah keuntungan, antara lain:

- 1) Komputer dapat membantu peserta didik dan guru dalam pembelajaran, karena komputer itu “sabar, cermat, mempunyai ingatan yang sempurna”.
- 2) Pembelajaran dengan bantuan komputer memiliki banyak kemampuan yang dapat dimanfaatkan segera seperti membuat hitungan atau memproduksi grafik, gambar, dan memberikan bermacam-macam informasi yang tak mungkin dikuasai oleh media atau manusia.
- 3) Pembelajaran dengan bantuan komputer sangat fleksibel dalam mengajar dan dapat diatur menurut keinginan perancang pengajaran atau penyusun kurikulum.
- 4) Komputer dapat menilai hasil pembelajaran dengan segera.

Dari uraian tentang manfaat modul elektronik di atas, dapat disimpulkan bahwa peranan modul elektronik antara lain: mengubah peran

guru dari seorang pengajar menjadi seorang fasilitator, meningkatkan proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan interaktif, peserta didik dapat belajar tanpa kehadiran/harus ada guru dan belajar secara mandiri, memungkinkan terjadinya interaksi langsung antara peserta didik dan materi pembelajaran, proses pembelajaran dapat berlangsung secara individual sesuai dengan kemampuan belajar peserta didik, dapat memberikan umpan balik terhadap respon peserta didik dengan segera, dan mampu menciptakan proses belajar secara berkesinambungan.

5. Kemampuan Memecahkan Masalah

a. Pengertian Kemampuan Memecahkan Masalah

Kemampuan pemecahan masalah merupakan kemampuan seorang siswa dalam menggunakan proses berpikirnya untuk memecahkan permasalahan melalui suatu tahapan sistematis (Woolfook dalam Sastrawati Eka, 2011). Kemampuan pemecahan masalah adalah suatu tindakan untuk menyelesaikan masalah atau proses yang menggunakan kekuatan dan manfaat ilmu pengetahuan dalam menyelesaikan masalah melalui tahap-tahap pemecahan masalah (Ariyanto dan Ondi Pasrianto, 2013:236).

Menurut Gagne Polya (1985), pemecahan masalah merupakan suatu proses untuk menemukan kombinasi dari sejumlah aturan yang dapat diterapkan dalam upaya mengatasi situasi yang baru. Pemecahan masalah tidak sekedar sebagai bentuk kemampuan menerapkan aturan-aturan (ilmu pengetahuan) yang telah dikuasai melalui kegiatan-kegiatan belajar

terdahulu, melainkan lebih dari proses untuk mendapatkan seperangkat aturan (pemecahan masalah) pada tingkat yang lebih tinggi.

Kemampuan memecahkan masalah bukan hanya berhubungan dengan disiplin ilmu sosial tertentu, tetapi berupa kemampuan yang bersifat umum dalam menghadapi masalah-masalah sehari-hari. Peserta didik dalam kehidupan nyata tidak lepas dan berkeharusan membuat berbagai macam keputusan. Kemampuan memecahkan masalah bermanfaat untuk mengembangkan kemampuan peserta didik dalam mendefinisikan, kemampuan berpikir alternatif, dan kemampuan mengambil keputusan berdasarkan alternatif yang diusulkan peserta didik. Kemampuan-kemampuan tersebut merupakan kemampuan yang melibatkan proses berpikir tingkat tinggi atau *high order thinking* (Etin Solihatin, 2012: 91).

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa kemampuan pemecahan masalah merupakan kemampuan peserta didik untuk memecahkan suatu masalah atau mengusulkan alternatif solusi pemecahan masalah dengan ilmu pengetahuan dan proses berfikir yang telah dimiliki peserta didik melalui tahapan dan indikator pemecahan masalah yang telah ditentukan.

b. Tahap Pemecahan Masalah

Menurut John Dewey dalam Wina Sanjaya (2006: 217), terdapat 6 langkah proses pemecahan masalah, yaitu sebagai berikut.

- 1) Merumuskan masalah, yaitu peserta didik menentukan masalah apa yang akan dipecahkan.
- 2) Menganalisa masalah, yaitu peserta didik menganalisis dan meninjau masalah secara kritis dari berbagai sudut pandang.
- 3) Merumuskan hipotesis, yaitu peserta didik merumuskan berbagai kemungkinan pemecahan masalah sesuai dengan pengetahuan yang dimilikinya.
- 4) Mengumpulkan data, yaitu peserta didik mencari dan menggambarkan informasi yang diperlukan untuk memecahkan masalah.
- 5) Pengujian hipotesis, yaitu peserta didik mengambil atau merumuskan kesimpulan sesuai dengan penerimaan dan penolakan hipotesis yang diajukan.
- 6) Merumuskan rekomendasi pemecahan masalah, yaitu peserta didik menggambarkan rekomendasi atau solusi yang dapat dan memungkinkan untuk dilakukan sesuai dengan rumusan hasil pengujian hipotesis dan rumusan kesimpulan.

Pendapat lain dikemukakan oleh Etin Solihatin (2012: 92-93) yang menyatakan bahwa inti dari suatu masalah adalah keputusan terbaik yang tersedia untuk menyelesaikan masalah tersebut. Oleh karena itu, dalam proses memecahkan masalah, kemampuan mengidentifikasi masalah merupakan langkah pertama yang sangat penting. Kegiatan mengidentifikasi masalah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu guru

langsung menyajikan masalah atau peserta didik sendiri yang merumuskan masalah, sedangkan guru hanya mengemukakan konteks untuk peserta didik mengidentifikasi masalah.

Langkah kedua yaitu pengembangan alternatif pemecahan masalah. Pada kegiatan ini, dapat dilakukan dengan membagi kelas dalam beberapa kelompok untuk membahas alternatif solusi penyelesaian dari suatu masalah. Kegiatan lain yang dapat dilakukan yaitu dengan penugasan individual.

Langkah selanjutnya yaitu kegiatan pengumpulan data yang dapat dikumpulkan dari berbagai sumber, yaitu data atau referensi yang mendukung kemungkinan penerapan alternatif pemecahan masalah. Setelah menemukan data terkait alternatif pemecahan masalah, langkah selanjutnya yaitu melihat kesesuaian data dengan alternatif solusi yang tersedia untuk menguji kesesuaian alternatif solusi pemecahan masalah. Dari sini dapat dilihat alternatif mana yang paling memungkinkan ditempuh untuk memecahkan masalah yang ada serta diikuti dengan kesimpulan tentang alternatif yang telah dipilih.

Menurut Pranata dalam Paidi (2010:3), langkah-langkah pemecahan masalah secara analitis, yaitu:

- 1) Menganalisis atau mendefinisikan masalah.
- 2) Membuat atau menemukan alternatif pemecahan masalah.
- 3) Mengevaluasi alternatif-alternatif pemecahan masalah.
- 4) Menerapkan solusi dan rencana tindak lanjut.

Secara operasional, Made Wina (2008: 52-57) menjelaskan kegiatan guru dan peserta didik selama proses pemecahan masalah yang ditunjukkan Tabel 1. sebagai berikut.

Tabel 1. Kegiatan Guru dan Peserta Didik Selama Proses Pembelajaran

| No | Tahap Pemecahan Masalah | Kegiatan Guru | Kegiatan Peserta Didik |
|----|-------------------------------------|---|--|
| 1. | Identifikasi masalah | Memberi permasalahan pada peserta didik | Memahami permasalahan |
| | | Membimbing peserta didik dalam melakukan identifikasi permasalahan | Melakukan identifikasi terhadap masalah yang dihadapi |
| 2. | Representasi/penyajian permasalahan | Membantu peserta didik untuk merumuskan dan memahami masalah dengan benar | Merumuskan dan pengenalan permasalahan |
| 3. | Perencanaan pemecahan | Membimbing peserta didik melakukan perencanaan pemecahan masalah | Melakukan perencanaan pemecahan masalah |
| 4. | Menerapkan perencanaan | Membimbing peserta didik menerapkan perencanaan yang telah dibuat | Menerapkan rencana pemecahan masalah |
| 5. | Menilai perencanaan | Membimbing peserta didik dalam melakukan penilaian terhadap perencanaan pemecahan masalah | Melakukan penilaian terhadap perencanaan pemecahan masalah |
| 6. | Menilai hasil pemecahan masalah | Membimbing peserta didik melakukan penilaian terhadap hasil pemecahan masalah | Melakukan penilaian terhadap hasil pemecahan masalah |

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan tahapan dari pemecahan masalah adalah mengidentifikasi masalah, mendefinisikan masalah, menemukan alternatif-alternatif solusi, menentukan alternatif solusi terbaik, mengevaluasi solusi yang telah ditentukan.

c. Indikator Kemampuan Memecahkan Masalah

Menurut Crebert dkk (2011: 24), indikator kemampuan memecahkan masalah antara lain:

- 1) *Identifying the problem;*
- 2) *Defining the problem;*
- 3) *Collecting, evaluating and organising information about the problem;*
- 4) *Creating or selecting a strategy to resolve the problem;*
- 5) *Allocating resources to solve the problem;*
- 6) *Monitoring the problem solving process; and*
- 7) *Evaluating the final solution.*

Menurut Paidi (2010:3), indikator kemampuan siswa dalam memecahkan masalah antara lain:

- 1) Mengidentifikasi masalah
- 2) Merumuskan (menganalisis) masalah
- 3) Menemukan alternatif-alternatif solusi
- 4) Memilih alternatif solusi terbaik
- 5) Kelancarannya memecahkan masalah
- 6) Kualitas hasil pemecahan masalah.

Berdasarkan uraian di atas, indikator kemampuan memecahkan peserta didik adalah mengidentifikasi masalah, merumuskan dan menganalisis masalah, menentukan alternatif-alternatif solusi permasalahan, dan memilih alternatif solusi permasalahan terbaik.

B. Kajian Keilmuan

Materi pencemaran air dan pencemaran udara merupakan salah satu materi dalam kurikulum 2013 kelas VII semester 2. Materi tersebut terangkum dalam Kompetensi Dasar (KD) yaitu 3.8 tentang menganalisis terjadinya pencemaran lingkungan dan dampaknya terhadap ekosistem.

Pencemaran lingkungan merupakan satu faktor yang mempengaruhi kualitas lingkungan (Arif Sumantri, 2015:195). Sedangkan menurut UU No. 23, pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan bentukannya (UU No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup pasal 1 ayat 12).

1. Pencemaran Air

Pencemaran air menurut Philip Kristanto (2002:72) yaitu adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Pencemaran air berakibat pada turunnya kualitas air.

Menurut PP No. 20/1990 dalam Arif Sumantri (2015: 222) tentang pengendalian pencemaran air, pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Menurut Wisnu Wardhana (2004: 72), pencemaran air dapat terjadi karena manusia yang kurang menyadari akan kerusakan lingkungan yang ditimbulkan. Ulah manusia membuat kualitas air menurun dan dapat memperngaruhi kelangsungan hidup manusia di masa yang akan datang.

Wiryono (2013:97-104) mengemukakan bahwa ada beberapa sumber pencemaran air, antara lain:

a. Sedimen

Pencemaran air sedimen berasal dari partikel anorganik tanah seperti pasir, debu, dan lempung yang tererosi dari permukaan tanah.

b. Nutrisi anorganik

Pencemar berupa nutrisi anorganik yang penting adalah nitrat dan fosfat. Sumber pencemaran fosfat dan nitrat adalah pupuk, limbah rumah tangga, dan limbah peternakan.

c. Polusi termal

Polusi termal bersumber pada instalasi pembangkit listrik, pabrik baja, dan pabrik kimia. Meningkatnya suhu di air akan mengurangi oksigen terlarut sehingga mengganggu organisme air.

d. Senyawa organik beracun

Sumber pencemar ini disebabkan oleh bakteri *coliform* yang ditemukan pada kotoran manusia dan hewan berdarah panas. Air sungai yang digunakan sebagai tempat pembuangan (BAB) akan memiliki konsentrasi bakteri *coliform* yang tinggi.

e. Logam berat

Pencemar air berupa logam berat yang utama adalah merkuri (air raksa) dan timbal. Logam berat tidak mudah diurai oleh bakteri sehingga akan bertahan lama dalam lingkungan air. Sumber pencemar logam berat yaitu industri pertambangan, pembangkit listrik berbahan batu bara, dan industri lainnya. Dampak mengonsumsi air yang mengandung logam berat bagi manusia antara lain kelelahan, sakit kepala, mati rasa pada kaki dan tangan, kehilangan ingatan, kesulitan berkonsentrasi, kerusakan ginjal, dan kematian.

f. Limbah organik yang membutuhkan oksigen

Bakteri di air membutuhkan energi untuk menguraikan limbah organik dengan bantuan oksigen. Semakin banyak limbah organik maka

semakin banyak oksigen yang dibutuhkan, sehingga volume oksigen yang terlarut dalam air berkurang. Jika oksigen terlarut habis maka kondisi air menjadi anaerobik, sehingga bakteri aerobik (bakteri yang memerlukan oksigen) akan mati dan proses penguraian limbah organik akan diambil alih oleh bakteri anaerobik. Kondisi anaerobik ini menghasilkan bau yang tidak enak.

g. Limbah yang meningkatkan kemasaman air

Jika deposisi asam (hujan asam, salju asam, dan partikel asam) mengenai badan air, maka air akan menjadi masam. Ketika kemasaman air sangat tinggi (pH air sangat rendah), maka biota air akan mati.

h. Tumpahan minyak

Tumpahan minyak biasanya disebabkan oleh kecelakaan pengeboran minyak dan kecelakaan kapal tanker.

Menurut Warlina Lina (2004:6), indikator yang umum diketahui pada pemeriksaan pencemaran air adalah pH atau konsentrasi ion hidrogen, oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen, DO*), kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemiycal Oxygen Demand, BOD*) serta kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand, COD*).

a. pH atau konsentrasi ion hidrogen

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5 – 7,5. Air akan bersifat asam atau basa

tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7 – 8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir pada pH yang rendah.

b. Oksigen terlarut (DO)

Tanpa adanya oksigen terlarut, banyak mikroorganisme dalam air tidak dapat hidup karena oksigen terlarut digunakan untuk proses degradasi senyawa organik dalam air. Oksigen dapat dihasilkan dari atmosfer atau dari reaksi fotosintesa alga. Oksigen yang dihasilkan dari reaksi fotosintesa alga tidak efisien, karena oksigen yang terbentuk akan digunakan kembali oleh alga untuk proses metabolisme pada saat tidak ada cahaya. Kelarutan oksigen dalam air tergantung pada temperatur dan tekanan atmosfer.

Kadar oksigen terlarut yang tinggi tidak menimbulkan pengaruh fisiologis bagi manusia. Ikan dan organisme akuatik lain membutuhkan oksigen terlarut dengan jumlah cukup banyak. Kebutuhan oksigen ini bervariasi antar organisme. Keberadaan logam berat yang berlebihan di perairan akan mempengaruhi sistem respirasi organisme akuatik, sehingga pada saat kadar oksigen terlarut rendah

dan terdapat logam berat dengan konsentrasi tinggi, organisme akuatik menjadi lebih menderita (Tebbut dalam Warlina Lina, 2004).

c. Kebutuhan oksigen biokimia (BOD)

Dekomposisi bahan organik terdiri atas 2 tahap, yaitu terurainya bahan organik menjadi anorganik dan bahan anorganik yang tidak stabil berubah menjadi bahan anorganik yang stabil, misalnya amonia mengalami oksidasi menjadi nitrit atau nitrat (nitrifikasi). Pada penentuan nilai BOD, hanya dekomposisi tahap pertama yang berperan, sedangkan oksidasi bahan anorganik (nitrifikasi) dianggap sebagai zat pengganggu. Dengan demikian, BOD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam lingkungan air untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik yang ada dalam air menjadi karbondioksida dan air. Pada dasarnya, proses oksidasi bahan organik berlangsung cukup lama.

d. Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)

COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi. Bahan buangan organik tersebut akan dioksidasi oleh kalium bichromat yang digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) menjadi gas CO₂ dan gas H₂O serta sejumlah ion chrom.

Seperti pada BOD, perairan dengan nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada

perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/L, sedangkan pada perairan tercemar dapat lebih dari 200 mg/L dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/L (UNESCO,WHO/UNEP dalam Warlina Lina, 2014).

Pencemaran air dapat berdampak sangat luas, misalnya dapat meracuni air minum, meracuni makanan hewan, menjadi penyebab ketidakseimbangan ekosistem sungai dan danau, pengrusakan hutan akibat hujan asam dsb. Dampak pencemaran air pada umumnya dibagi dalam 4 kategori (KLH, 2004).

a. Dampak terhadap kehidupan biota air

Banyaknya zat pencemar pada air limbah akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut dalam air tersebut. Sehingga akan mengakibatkan kehidupan dalam air yang membutuhkan oksigen terganggu serta mengurangi perkembangannya. Selain itu kematian dapat pula disebabkan adanya zat beracun yang juga menyebabkan kerusakan pada tanaman dan tumbuhan air. Akibat matinya bakteri-bakteri, maka proses penjernihan air secara alamiah yang seharusnya terjadi pada air limbah juga terhambat.

b. Dampak terhadap kualitas air tanah

Pencemaran air tanah oleh tinja yang biasa diukur dengan *faecal coliform* telah terjadi dalam skala yang luas, hal ini telah dibuktikan oleh suatu survei sumur dangkal di Jakarta. Banyak penelitian yang mengindikasikan terjadinya pencemaran tersebut.

c. Dampak terhadap kesehatan

Peran air sebagai pembawa penyakit menular bermacam-macam antara lain:

- 1) air sebagai media untuk hidup mikroba pathogen
- 2) air sebagai sarang insekta penyebar penyakit
- 3) jumlah air yang tersedia tidak cukup, sehingga manusia bersangkutan tak dapat membersihkan diri
- 4) air sebagai media untuk hidup vektor penyakit

Penyakit-penyakit ini dapat menyebar jika mikroba penyebabnya dapat masuk ke dalam sumber air yang dipakai masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Sedangkan jenis mikroba yang dapat menyebar lewat air antara lain, bakteri, protozoa dan metazoa. Agen dan penyebab penyakit akibat pencemaran air dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Agen dan Penyakit Akibat Pencemaran Air

| Agen | Penyakit |
|-------------------------------|-------------------|
| Protozoa | |
| <i>Entamuba histolytica</i> | Disentri amoeba |
| <i>Balantidia coli</i> | Balandiasis |
| <i>Giarda lamblia</i> | Giardiasis |
| Metazoa | |
| <i>Ascaris lumbricoides</i> | Ascariasis |
| <i>Clonorchis sinensis</i> | Clonorchiasis |
| <i>Diphyllobothrium latum</i> | Diphylobothriasis |
| <i>Taenia saginata s.</i> | Taeniasis |
| <i>Schistosoma</i> | Schistosomiasis |
| Virus | |
| <i>Rotavirus</i> | Diare pada anak |
| <i>Virus Hepatitis A</i> | Hepatitis A |
| <i>Virus Poliomyelitis</i> | Polio |

| Bakteri | |
|-----------------------------|----------------|
| <i>Vibrio cholera</i> | Cholera |
| <i>Eschericia coli</i> | Diare/disentri |
| <i>Enteropatogenik</i> | |
| <i>Salmonella typhi</i> | Tifus |
| <i>Salmonella paratyphi</i> | Paratifus |
| <i>Shigella dysenteriae</i> | Disentri |

Sumber: KLH, 2004

d. Dampak terhadap estetika lingkungan

Dengan semakin banyaknya zat organik yang dibuang ke lingkungan perairan, maka perairan tersebut akan semakin tercemar yang biasanya ditandai dengan bau yang menyengat disamping tumpukan yang dapat mengurangi estetika lingkungan. Masalah limbah minyak atau lemak juga dapat mengurangi estetika. Selain bau, limbah tersebut juga menyebabkan tempat sekitarnya menjadi licin. Sedangkan limbah detergen atau sabun akan menyebabkan penumpukan busa yang sangat banyak.

Pengolahan air yang tercemar (air limbah) dapat dilakukan dengan beberapa cara. Menurut Arif Sumantri (2015), pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan cara:

a. Kolam stabilisasi

Pengolahan air secara alami dengan kolam stabilisasi. Kolam stabilisasi dianjurkan untuk mengolah limbah karena biaya yang dikeluarkan cukup murah namun memerlukan area yang luas dan waktu yang cukup lama. Kolam stabilisasi terdiri dari tiga bagian yaitu kolam anaerobik untuk mengolah air limbah dengan kandungan bahan

organik yang sangat pekat, kolam fakultatif, dan kolam maturasi yang digunakan untuk mematikan mikroorganisme pathogen.

b. Pengolahan air limbah dengan peralatan (IPAL).

Terdapat 3 tahap proses pengolahan air limbah dengan IPAL, yaitu:

- 1) Pengolahan pertama (*primary treatment*) bertujuan memisahkan padatan dari air secara fisik, dilakukan dengan penyaringan dan/atau pengendapan air limbah.
- 2) Pengolahan kedua (*secondary treatment*) bertujuan untuk mengkoagulasi (penggumpalan) dan menghilangkan koloid serta menstabilkan zat organik dalam air limbah.
- 3) Pengolahan ketiga (*tertiary treatment*) bertujuan menghilangkan nutrisi atau unsur hara khususnya nitrat dan posfat serta pemusnahan bakteri pathogen dengan menambahkan klor pada air limbah.

c. Pengolahan excreta

Air limbah rumah tangga umumnya mengandung excreta. Excreta dapat mengandung mikroorganisme pathogen yang menjadi penyebab penyakit bawaan air. Dengan pengolahan excreta diharapkan excreta tidak menjadi tempat bersarangnya vektor penyakit. Pengolahan excreta dapat dilakukan pada *on-site* yaitu ditampung dan

diolah pada jamban setiap rumah, *off-site* yaitu excreta dialirkan ke tempat pengolahan untuk mengalami pengolahan, dan *community on-site* yaitu pengolahan excreta dilakukan pada sekelompok komunitas secara kolektif. Pengolahan excreta dapat dilakukan di dalam *septic tank* yang dikonversi secara anaerobik menjadi biogas.

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

- a. Membuang bahan – bahan limbah ke tempat khusus
- b. Dengan tindakan preventif mengusahakan agar limbah kota tidak mencemari air, dengan pengelolaan produksi yang sedikit menghasilkan limbah yang dapat didaur ulang.
- c. Dengan membersihkan air limbah industri yang mengandung polutan terlebih dahulu sebelum meninggalkan kompleks industri.
- d. Tidak mencuci kendaraan bermotor di sungai.
- e. Tidak mengonsumsi air sungai, danau, dan sumur tanpa dimasak.

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

- a. Syarat fisik

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

b. Syarat bakteriologis

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

c. Syarat Kimia

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

2. Pencemaran Udara

Menurut Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup RI. No.Kep-03/MENKLH/II/1991, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke udara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi sesuai dengan diperuntukkannya. Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normal (Wisnu Wardhana. 2004: 27).

Zat pencemar udara dibedakan mejadi 2:

- a. Pencemar primer adalah pencemar yang ditimbulkan langsung dari sumber pencemaran udara. Contoh: karbon monoksida yang merupakan hasil dari pembakaran.
- b. Pencemaran sekunder adalah pencemar yang terbentuk dari reaksi pencemar-pencemar primer di atmosfer. Contoh: SO_2 dan NO_2 .

Pencemaran udara dapat terjadi apabila udara mengandung satu atau lebih bahan pencemar yang diperoleh dari hasil proses kimiawi seperti gas CO , CO_2 , SO_2 , SO_3 , gas dengan konsentrasi tinggi atau kondisi fisik seperti suhu yang sangat tinggi bagi ukuran manusia, hewan, dan tumbuhan. Jika udara mengandung bahan pencemar tersebut akan mengganggu siklus yang ada di udara dan dengan sendirinya akan mengganggu sistem keseimbangan dinamik udara, sehingga dapat menyebabkan pencemaran udara.

Ada tiga sumber utama pencemaran udara, yaitu:

- a. Sumber buatan (kegiatan manusia)
 - 1) Transportasi yaitu gas buang kendaraan bermotor
 - 2) Debu/serbuk dari kegiatan industri
 - 3) Pembangkit listrik
 - 4) Pembakaran (perapian, kompor, furnace dengan berbagai jenis bahan bakar

5) Gas buang pabrik yang menghasilkan gas berbahaya seperti CFC.

b. Sumber alami

- 1) Letusan gunung berapi
- 2) Debu yang beterbangan akibat tiupan angin
- 3) Kebakaran hutan
- 4) Nitrifikasi dan denitrifikasi biologi
- 5) Pembusukan sampah organik.

c. Sumber-sumber lain

- 1) Transportasi ammonia
- 2) Kebocoran tangki klor
- 3) Timbulan gas metana dari lahan uruk/tempat pembuangan akhir sampah
- 4) Uap pelarut organik.

Menurut Arif Sumantri (2015:203), dampak pencemaran udara dapat berakibat pada kesehatan manusia dan lingkungan hidup.

- a. Bagi kesehatan antara lain gangguan saluran pernapasan (ispa/ infeksi saluran pernapasan akut, asma, bronkitis, dan kanker paru-paru), organ penglihatan, bahkan kematian.

b. Bagi lingkungan

1) Hujan asam

Hujan asam terjadi bila di udara terdapat bahan pencemar berupa gas SO_2 (Sulfur Dioksida) dan gas NO_x (Nitrogen Oksida). Gas SO_2 umumnya berasal dari bahan bakar misalnya batu bara dan bahan bakar fosil, sedangkan gas NO_x berasal dari emisi kendaraan bermotor, pabrik baja/ logam, dan pabrik pupuk. Gas SO_2 di udara bereaksi dengan uap air atau larut pada tetesan air membentuk H_2SO_4 yang merupakan komponen utama dari hujan asam. Dengan cara yang sama, gas NO_x diudara beraksi dengan uap air atau larut pada tetesan air membentuk HNO_3 yang juga merupakan komponen utama hujan asam. Hujan asam bersifat korosif sehingga dapat mengoksidasi benda-benda yang kontak dengannya. Selain itu hujan asam mengakibatkan terjadinya perubahan pH pada benda air dan tanah yang dilaluinya.

2) Kerusakan lapisan ozon

CFC merupakan senyawa yang sering digunakan dalam produk-produk pendingin (*freezer*, AC) dan aerosol. Ketika CFC terurai di atmosfer, maka akan memicu reaksi dengan oksigen penyusun ozon. Dengan demikian, ozon akan terurai yang menyebabkan lapisan ozon berlubang. Padahal lapisan ozon berfungsi sebagai pelindung bumi dari panas yang dipancarkan oleh Matahari. Sinar

UV yang dihasilkan oleh Matahari dapat memicu kanker, dengan adanya ozon, masuknya sinar UV ini akan diredam sehingga dampak yang ditimbulkan lebih sedikit.

3) Efek rumah kaca

Gas CO₂ yang dihasilkan dari proses pembakaran meningkatkan kadar CO₂ di atmosfer. Akibatnya, bumi diselubungi gas dan debu-debu pencemar. Gas CO₂ berasal dari kebakaran hutan, emisi kendaraan bermotor, dan pembangkit listrik tenaga fosil. Kandungan gas CO₂ yang tinggi dapat menghalangi proses keluarnya panas dari bumi, sehingga panas akan terkurung di dalam bumi akibatnya bumi akan semakin panas (Arif Zulkifli, 2014:55).

Menurut Kusuma dalam Arif Zulkifli (2014), ada beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi tingkat pencemaran udara:

- a. Mengembangkan substitusi (bahan bakar tanpa timbal atau gas) bahan bakar dengan tujuan mengurangi polutan
- b. Merencanakan tata ruang kota/ wilayah yang lebih baik
- c. Mengembangkan sumber tenaga alternatif yang rendah polusi (tenaga listrik, tenaga surya, ataupun tenaga angin)
- d. Menggunakan biogas sebagai bahan bakar untuk mengurangi gas rumah kaca dan polusi udara

- e. Mengembangkan sistem pembuangan yang lebih sempurna.

Saat emisi dikeluarkan dari suatu aktivitas tidak sesuai dengan baku mutu emisi, perlu dilakukan pengendalian terhadap emisi tersebut. Menurut Arif Sumantri (2015: 216-217) ada beberapa jenis alat pengendali emisi yaitu:

- a. Filter udara

Filter udara dimaksud untuk menyaring partikel yang ikut keluar pada cerobong, agar tidak terlepas ke lingkungan sehingga hanya udara bersih yang dikeluarkan. Pemilihan filter tergantung pada jenis dan ukuran partikel yang terdapat pada emisi.

- b. Pengendapan siklon

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

- c. Pengendapan sistem gravitasi

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

d. Pengendapan elektrostatik

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

e. Filter basah

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

C. Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian yang relevan mengenai modul elektronik berbasis STML untuk meningkatkan kemampuan memecahkan masalah siswa antara lain:

1. Penelitian yang dilakukan Nyoman Kartini, Putu Budi Adnyana, Ida Bagus Jelantik Swasta tahun 2014 hasilnya adalah terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah antara siswa yang belajar dengan pendekatan pembelajaran Sains-Teknologi-Masyarakat (STM) dan siswa yang belajar dengan model pembelajaran langsung ($F = 18,311$; $p < 0,05$). Kemampuan pemecahan masalah siswa yang dibelajarkan dengan pendekatan pembelajaran sains teknologi masyarakat lebih baik dibandingkan dengan model pembelajaran langsung. Hasil lainnya adalah terdapat perbedaan sikap ilmiah siswa antara siswa yang belajar dengan pendekatan pembelajaran Sains-Teknologi-Masyarakat (STM) dan siswa yang belajar dengan model pembelajaran langsung ($F = 11,470$; $p < 0,05$). Sikap ilmiah siswa yang dibelajarkan dengan pendekatan pembelajaran Sains-Teknologi-Masyarakat lebih baik dibandingkan dengan model pembelajaran langsung.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Restu Yunia P, Prof.Dr. IGP Suryadarma dan Eko Widodo, M.Pd tahun 2013 hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) penilaian oleh validator pada aspek kelayakan isi, bahasa, penyajian isi, STM, dan grafis termasuk dalam kategori sangat baik, sedangkan aspek kemampuan memecahkan masalah termasuk dalam kategori baik. Secara keseluruhan hasil penilaian oleh validator termasuk dalam kategori sangat

baik sehingga LKS IPA berbasis STM ini layak untuk digunakan dalam pembelajaran IPA, (2) karakteristik dari LKS yaitu merupakan LKS IPA terpadu, berbasis STM, dan ditekankan pada kemampuan memecahkan masalah, (3) LKS IPA berbasis STM ini dapat meningkatkan kemampuan memecahkan masalah siswa SMP kelas VII karena LKS ini memuat kegiatan-kegiatan memecahkan masalah/isu terkait pencemaran lingkungan yang terjadi di masyarakat dengan menghubungkan sains dengan teknologi.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Agustini, Subagia, dan Suardana tahun 2013, hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) terdapat perbedaan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah antara siswa yang mengikuti pembelajaran sains teknologi masyarakat dan model pembelajaran langsung, (2) terdapat perbedaan penguasaan materi antara siswa yang mengikuti pembelajaran sains teknologi masyarakat dan model pembelajaran langsung, (3) terdapat perbedaan keterampilan memecahkan masalah antara siswa yang mengikuti pembelajaran sains teknologi masyarakat dan model pembelajaran langsung. Berdasarkan hasil tersebut, pembelajaran dengan pendekatan sains teknologi masyarakat dapat direkomendasikan sebagai alternatif pembelajaran untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan memecahkan masalah.

Berdasarkan beberapa hasil penelitian yang relevan, dapat disimpulkan bahwa posisi penelitian ini yaitu penelitian yang dilakukan Nyoman Kartini, dkk memiliki perbedaan dengan penelitian ini yaitu jenis penelitian yang

dilakukan peneliti adalah pengembangan sedangkan penelitian yang dilakukan Nyoman Kartini, dkk adalah eksperimen, sedangkan persamaan dengan penelitian ini yaitu penggunaan pendekatan STM dalam pembelajaran dan kemampuan yang diukur yaitu kemampuan memecahkan masalah peserta didik. Penelitian yang dilakukan Restu Yunia, dkk memiliki perbedaan dengan penelitian ini yaitu bahan ajar yang dikembangkan berupa modul elektronik IPA sedangkan Restu Yunia, dkk mengembangkan LKS IPA, sedangkan persamaan dengan penelitian ini yaitu jenis penelitian yang sama yaitu pengembangan bahan ajar menggunakan pendekatan STM untuk meningkatkan kemampuan memecahkan masalah peserta didik. Penelitian yang dilakukan Agustini, dkk memiliki perbedaan dengan penelitian ini yaitu jenis penelitian yang dilakukan peneliti adalah R & D dan jenis penelitian yang dilakukan Agustini, dkk adalah eksperimen, sedangkan persamaan dengan penelitian ini yaitu penggunaan pendekatan STM untuk mengukur kemampuan memecahkan masalah peserta didik.

D. Kerangka Berfikir

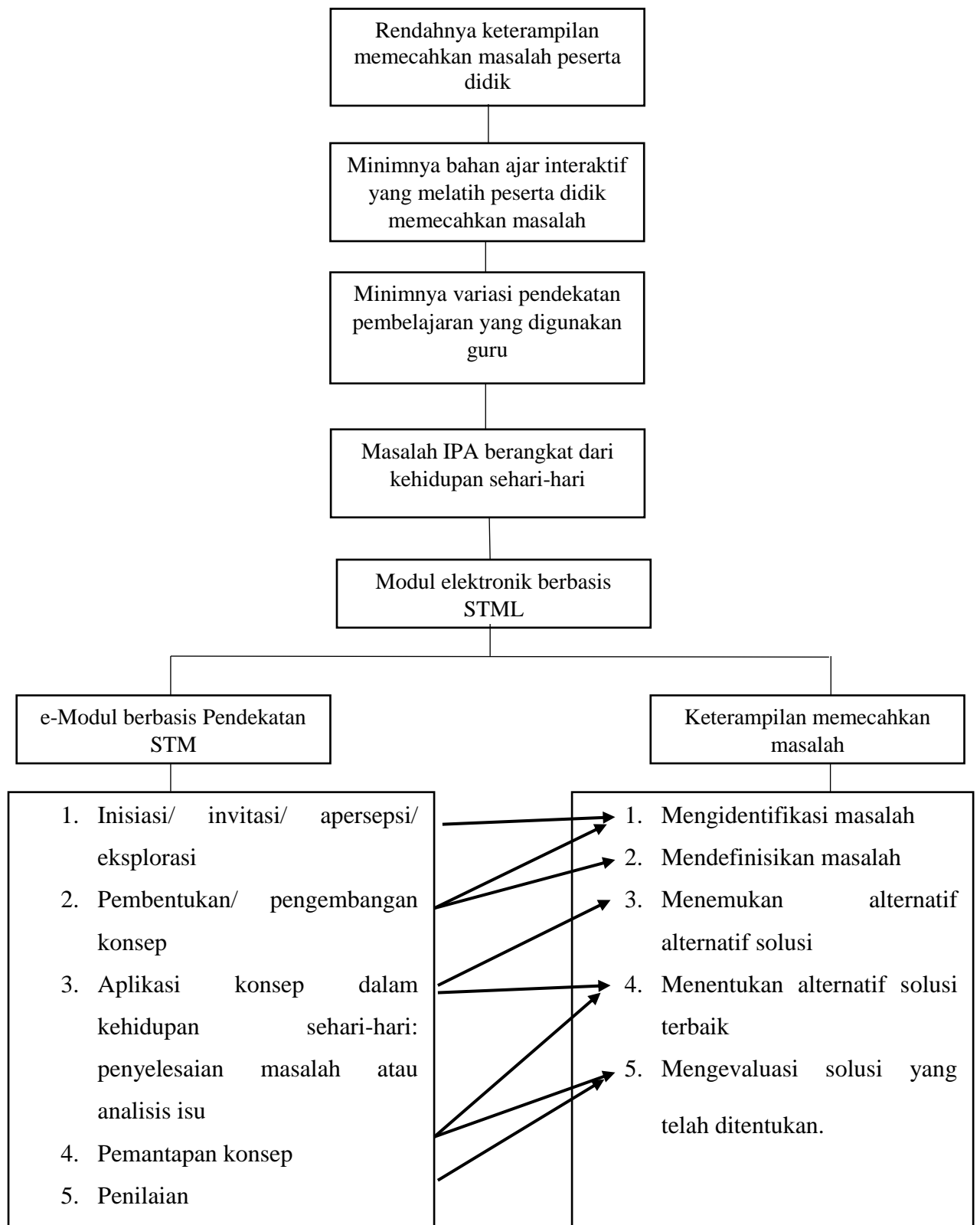
Kemampuan memecahkan masalah menurut Ariyanto dan Ondi (2013:236) merupakan suatu tindakan untuk menyelesaikan masalah atau proses yang menggunakan kekuatan dan manfaat ilmu pengetahuan dalam menyelesaikan masalah melalui tahap-tahap pemecahan masalah. Kemampuan memecahkan masalah bermanfaat untuk mengembangkan kemampuan peserta didik dalam hal mendefinisikan, menganalisis, kemampuan berfikir alternatif, dan kemampuan mengambil keputusan berdasarkan alternatif yang diusulkan peserta didik. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa kemampuan memecahkan masalah merupakan kemampuan yang penting dan harus dikuasai oleh peserta didik. Namun, kemampuan memecahkan masalah yang dimiliki peserta didik SMP masih tergolong rendah. Hal ini dapat disebabkan karena minimnya bahan ajar interaktif yang melatih kemampuan memecahkan masalah peserta didik.

Rendahnya tingkat kemampuan memecahkan masalah yang dimiliki peserta didik SMP disebabkan juga kurang tepatnya pendekatan pembelajaran yang digunakan guru. Kemampuan memecahkan masalah peserta didik dapat ditingkatkan menggunakan pendekatan pembelajaran sains teknologi masyarakat dan lingkungan (STML). Menurut Robert Yager (1996), pembelajaran menggunakan pendekatan STML meliputi enam ranah domain, salah satunya adalah ranah kreativitas yang meliputi kombinasi objek atau ide dengan cara baru, cara menyelesaikan masalah, dan sebagainya. Pendekatan STML merupakan pendekatan pembelajaran dengan mengangkat isu-isu

permasalahan yang ada di lingkungan sekitar peserta didik sehingga peserta didik akan dilatih untuk menganalisis permasalahan tersebut dan kemudian memecahkan masalah tersebut.

Bahan ajar diartikan sebagai seperangkat materi yang disusun secara sistematis baik tertulis maupun dalam bentuk digital sehingga dapat tercipta suasana yang memungkinkan peserta didik untuk belajar (Depdiknas, 2009:3). Bahan ajar dapat disajikan dalam beberapa bentuk, salah satunya modul elektronik IPA. Dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, penyajian bahan ajar dapat dalam bentuk digital dan memanfaatkan komputer untuk menggunakannya. Modul elektronik IPA berbasis pendekatan sains teknologi masyarakat dan lingkungan (STML) yang memfasilitasi peserta didik dalam meningkatkan kemampuan memecahkan masalah masih sangat terbatas. Kemampuan memecahkan masalah peserta didik dapat dilatih dengan mengikuti sintaks atau langkah-langkah pembelajaran menggunakan pendekatan STML. Diharapkan dengan pengembangan modul elektronik IPA berbasis sains teknologi masyarakat dan lingkungan (STML) dapat meningkatkan kemampuan memecahkan masalah peserta didik.

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dikembangkannya modul elektronik IPA berbasis pendekatan sains teknologi masyarakat dan lingkungan (STML) untuk meningkatkan kemampuan memecahkan masalah peserta didik. Kerangka berpikir penelitian ini dapat digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka Pikir Penelitian

E. Pertanyaan Penelitian

Dalam penelitian ini diajukan beberapa pertanyaan, antara lain:

1. Bagaimana kelayakan modul elektronik IPA SMP berbasis Pendekatan Sains Teknologi Masyarakat Lingkungan (STML) pada materi pencemaran air dan pencemaran udara untuk meningkatkan kemampuan memecahkan masalah peserta didik menurut dosen ahli?
2. Bagaimana kelayakan modul elektronik IPA SMP berbasis Pendekatan Sains Teknologi Masyarakat Lingkungan (STML) pada materi pencemaran air dan pencemaran udara untuk meningkatkan kemampuan memecahkan masalah peserta didik menurut guru?
3. Bagaimana peningkatan kemampuan memecahkan masalah peserta didik setelah menggunakan modul elektronik IPA SMP berbasis Pendekatan Sains Teknologi Masyarakat Lingkungan (STML) pada materi pencemaran air dan pencemaran udara?