

BAB II

PENERAPAN MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* (PBL) UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN *PERSISTING* SISWA PADA KONSEP PENCEMARAN LINGKUNGAN

A. Kajian Teori

Kajian teori pada penelitian yang berjudul “Penerapan Model *Problem Based Learning* (PBL) untuk Meningkatkan Kemampuan *Persisting* Siswa Pada Konsep Pencemaran Lingkungan” mencakup model *Problem Based Learning* (PBL), pembelajaran dan hasil belajar, *habits of mind* dan *persisting*, dan konsep pencemaran lingkungan.

1. Model *Problem Based Learning* (PBL)

Pendidikan pada abad ke-21 berhubungan dengan permasalahan baru yang ada di dunia nyata. Model *Problem Based Learning* (PBL) berkaitan dengan penggunaan intelegensi dari dalam diri individu yang berada dalam sebuah kelompok orang, atau lingkungan untuk memecahkan masalah yang bermakna, relevan, dan kontekstual (Rusman, 2016 hlm. 231).

Hasil pendidikan yang diharapkan meliputi pola kompetensi dan intelegensi yang dibutuhkan untuk berkiprah pada abad ke-21. Pendidikan bukan hanya menyiapkan masa depan, tetapi juga bagaimana menciptakan masa depan. Pendidikan harus membantu perkembangan terciptanya individu yang kritis dengan tingkat kreativitas yang sangat tinggi pula. Guru juga harus dapat memberi keterampilan yang dapat digunakan di tempat kerja. Guru akan gagal apabila mereka menggunakan proses pembelajaran yang tidak mempengaruhi pembelajaran sepanjang hayat (*life long education*) (Rusman, 2016, hlm, 231).

Pada bagian ini akan dijabarkan tentang pengertian model *Problem Based Learning* (PBL), karakteristik *Problem Based Learning* (PBL), strategi dalam *Problem Based Learning* (PBL), kelebihan *Problem Based Learning* (PBL), langkah-langkah pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL), dan sistem penilaian dalam *Problem Based Learning* (PBL).

a. Pengertian Model *Problem Based Learning* (PBL)

Boud dan Feletti (*dalam* Rusman, 2016, hlm. 231) mengemukakan bahwa *Problem Based Learning* (PBL) adalah inovasi yang paling signifikan dalam pendidikan. Margetson (*dalam* Rusman, 2016, hlm. 231) mengemukakan bahwa kurikulum *Problem Based Learning* (PBL) membantu untuk meningkatkan perkembangan keterampilan belajar sepanjang hayat dalam pola pikir yang terbuka, reflektif, kritis, dan belajar aktif. Kurikulum pembelajaran berbasis masalah memfasilitasi keberhasilan memecahkan masalah, komunikasi, kerja kelompok dan keterampilan interpersonal dengan lebih baik dibanding pendekatan yang lain.

Problem Based Learning (PBL) sering disebut dengan pembelajaran berbasis masalah. Pembelajaran berbasis masalah merupakan pembelajaran yang menghadapkan siswa pada suatu masalah nyata yang memacunya untuk meneliti, menguraikan, dan mencari penyelesaian. Pembelajaran berbasis masalah sangat berkaitan dengan realitas kehidupan nyata siswa sehingga siswa belajar tidak hanya wilayah pengetahuan, tetapi juga mengalami dan merasakan. Hal ini menyebabkan pembelajaran berbasis masalah cenderung lebih dapat diterima siswa dibanding dengan strategi pembelajaran lain (Widiasworo, 2017, hlm. 170).

Widiasworo (2017, hlm. 171) menerangkan bahwa pembelajaran berbasis masalah merupakan pembelajaran yang menyajikan masalah kontekstual sehingga merangsang siswa untuk belajar. Dalam penerapannya, siswa dikelompokkan ke dalam tim-tim yang bertugas untuk memecahkan masalah dunia nyata. Dengan model pembelajaran ini, diharapkan konsep-konsep pengetahuan dapat diperoleh dengan sendirinya oleh siswa melalui pemecahan masalah.

Pembelajaran berbasis masalah merupakan pembelajaran yang menantang siswa untuk “belajar bagaimana belajar”, bekerja secara berkelompok mencari solusi dari permasalahan dunia nyata. Masalah yang diberikan ini digunakan untuk mengikat rasa ingin tahu siswa tentang pembelajaran yang dimaksud. Masalah diberikan kepada siswa, sebelum siswa mempelajari konsep atau materi yang berkenaan dengan masalah yang harus dipecahkan.

Menurut Dewey (*dalam* Widiasworo, 2017, hlm. 171), pembelajaran berbasis masalah merupakan proses interaksi antara stimulus dan respon. Terdapat

dua arah dalam hal ini, yaitu siswa dan lingkungan yang saling bertemu. Kondisi lingkungan memberikan masukan bagi siswa berupa bantuan dan masalah, sedangkan siswa melalui otak mengolah dan menafsirkan bantuan tersebut secara efektif sehingga masalah yang dihadapi dapat diinvestigasi, dinilai, dianalisis, serta dicari solusinya. Dalam strategi ini, masalah kehidupan nyata dijadikan sebagai suatu cara meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan menyelesaikan masalah serta mendapatkan konsep-konsep pengetahuan yang penting.

Pembelajaran berbasis masalah bersandar pada psikologi kognitif. Kegiatan belajar yang bersandar pada psikologi kognitif akan memberikan perubahan tingkah laku melalui pengalaman. Proses belajar tidak hanya menyerap fakta dan informasi semata, namun belajar merupakan suatu proses interaksi antara peserta didik dengan lingkungan. Pengetahuan peserta didik yang dibangun melalui proses pengalaman akan sangat berbeda dengan hanya sekedar mendengarkan. Belajar dengan pengalaman akan melibatkan proses pengembangan mental secara lebih utuh, mulai dari kognitif, afektif, dan psikomotor (Widiasworo, 2017, hlm. 172).

b. Karakteristik *Problem Based Learning* (PBL)

Pembelajaran berbasis masalah menurut Widiasworo (2017, hlm. 172) memiliki karakteristik, yaitu mengorientasikan siswa pada masalah yang sebenarnya terjadi dan menghindari pembelajaran terisolasi; berpusat pada siswa; menciptakan pembelajaran interdisipliner; penyelidikan terintegrasi dengan dunia nyata dan pengalaman praktis; menghasilkan produk dan menyajikannya; mengajarkan pada siswa untuk mampu menerapkan ilmu yang dipelajari dalam kehidupannya untuk jangka panjang; pembelajaran secara kooperatif; guru berperan sebagai fasilitator, motivator dan pembimbing; masalah diformulasikan untuk memfokuskan dan merangsang pembelajaran; masalah digunakan untuk pengembangan keterampilan pemecahan masalah; dan informasi baru diperoleh melalui belajar mandiri.

c. Strategi dalam *Problem Based Learning* (PBL)

Menurut Widiaworo (2017, hlm. 173) terdapat lima strategi dalam penggunaan model pembelajaran berbasis masalah, yaitu permasalahan sebagai kajian, permasalahan sebagai penajakan pemahaman, permasalahan sebagai contoh, permasalahan sebagai bagian yang tak terpisahkan dari proses, permasalahan sebagai stimulus aktivitas autentik.

d. Kelebihan *Problem Based Learning* (PBL)

Menurut Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pendidikan dan Kebudayaan dan Penjamin Mutu Pendidikan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (*dalam* Widiaworo, 2017, hlm. 173), pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) memiliki beberapa kelebihan, antara lain sebagai berikut:

- 1) Dengan PBL akan terjadi pembelajaran bermakna. Siswa/mahasiswa yang belajar memecahkan suatu masalah maka mereka akan menerapkan pengetahuan yang dimilikinya atau berusaha mengetahui pengetahuan yang diperlukan. Belajar dapat semakin bermakna dan dapat diperluas ketika siswa/mahasiswa berhadapan dengan situasi dimana konsep diterapkan.
- 2) Dalam situasi PBL, siswa/mahasiswa mengintegrasikan pengetahuan dan keterampilan secara simultan dan mengaplikasikannya dalam konteks yang relevan.
- 3) PBL dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, menumbuhkan inisiatif siswa/mahasiswa dalam bekerja, motivasi internal untuk belajar, dan dapat mengembangkan hubungan interpersonal dalam bekerja kelompok.

Pada pembelajaran berbasis masalah (*problem based learning*), masing-masing komponen mempunyai peran tersendiri (Widiaworo, 2017, hlm. 174). Guru sebagai pelatih, siswa sebagai *problem solver*, dan masalah sebagai awal tantangan dan motivasi. Peran guru sebagai pelatih, yaitu, bertanya tentang pemikiran, mengawasi setiap tahap pembelajaran, menantang siswa untuk berpikir, menjaga agar siswa terlibat, mengatur dinamika kelompok, dan menjaga berlangsungnya pembelajaran. Peran siswa sebagai *problem solver*, yaitu peserta yang aktif dalam kegiatan pembelajaran, terlibat langsung dalam pembelajaran, dan

membangun konsep-konsep pengetahuan melalui kegiatan pembelajaran. Peran masalah sebagai awal tantangan dan motivasi, yaitu menarik untuk dipecahkan, menyediakan kebutuhan yang berhubungan dengan materi pelajaran.

e. Langkah-langkah Pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL)

Langkah-langkah operasional dalam pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) menurut Widiasworo (2017, hlm. 175), yaitu konsep dasar (*basic concept*), pendefinisian masalah (*defining the problem*), pembelajaran mandiri (*self learning*), pertukaran pengetahuan (*exchange knowledge*), dan penilaian (*assessment*). Langkah-langkah tersebut akan dijabarkan sebagai berikut:

1) Konsep Dasar (*basic concept*)

Fasilitator memberikan konsep dasar, petunjuk, referensi atau *link* dan *skill* yang diperlukan dalam pembelajaran tersebut. Hal ini dimaksudkan agar siswa lebih cepat masuk dalam atmosfer pembelajaran dan mendapatkan “peta” yang akurat tentang arah dan tujuan pembelajaran.

2) Pendefinisian Masalah (*defining the problem*)

Dalam langkah ini, fasilitator menyampaikan skenario atau permasalahan dan siswa melakukan berbagai kegiatan *brainstorming* dan semua anggota kelompok mengungkapkan pendapat, ide, dan tanggapan terhadap skenario bebas sehingga dimungkinkan muncul berbagai macam alternatif pendapat.

3) Pembelajaran Mandiri (*self learning*)

Siswa mencari berbagai sumber yang dapat memperjelas isu yang sedang diinvestigasi. Sumber yang dimaksud dapat berupa artikel tertulis yang tersimpan di perpustakaan, halaman web, atau bahkan pakar bidang yang relevan.

Tahap investigasi memiliki dua tujuan utama, yaitu:

- a) Agar siswa mencari informasi dan mengembangkan pemahaman yang relevan dengan permasalahan yang telah didiskusikan di kelas.
- b) Informasi dikumpulkan dengan satu tujuan yaitu dipresentasikan di kelas dan informasi tersebut haruslah relevan dan dapat dipahami.

4) Pertukaran Pengetahuan (*exchange knowledge*)

Setelah mendapatkan sumber untuk keperluan pendalaman materi dalam langkah pembelajaran mandiri, selanjutnya pada pertemuan berikutnya siswa berdiskusi dalam kelompoknya untuk mengklarifikasi capaiannya dan merumuskan solusi dan permasalahan kelompok. Pertukaran pengetahuan ini dapat dilakukan dengan cara siswa berkumpul sesuai kelompok dan fasilitatornya.

5) Penilaian (*assessment*)

Penilaian dilakukan dengan memadukan tiga aspek pengetahuan (*knowledge*), kecakapan (*skill*), dan sikap (*attitude*). Penilaian terhadap penguasaan konsep yang mencakup seluruh kegiatan pembelajaran yang dilakukan dengan ujian akhir semester (UAS), ujian tengah semester (UTS), kuis, PR, dokumen, dan laporan. Penilaian terhadap kecakapan dapat diukur dari penguasaan alat bantu pembelajaran, baik *software*, *hardware*, maupun kemampuan perancangan dan pengujian.

Terdapat tiga pandangan tentang tahapan pembelajaran berbasis masalah sebagai berikut:

- 1) Menurut John Dewey (*dalam* Widiaworo, 2017, hlm. 177)

Tabel 2.1
Tahapan Pembelajaran Berbasis Masalah Menurut John Dewey

| Tahapan | Kemampuan yang Diperlukan |
|---|---|
| Merumuskan masalah | Mampu mengetahui dan merumuskan masalah secara jelas |
| Mengkaji masalah | Menggunakan pengetahuan sebagai sudut pandang untuk menganalisis masalah. Pengetahuan yang luas itu lebih baik agar mampu digunakan untuk menganalisis dari berbagai sudut. |
| Merumuskan hipotesis | Mampu berimajinasi dan menghayati ruang lingkup, sebab akibat, dan alternatif penyelesaian. |
| Mengumpulkan dan mengelompokkan data sebagai bahan pembuktian hipotesis | Mempunyai kecakapan dalam mencari dan menyusun data serta menyajikan data dalam bentuk diagram, gambar, dan tabel. |
| Pembuktian hipotesis | Mempunyai kecakapan menelaah dan membahas data. Kecakapan menghubungkan dan menghitung, keterampilan mengambil keputusan dan kesimpulan. |
| Menentukan pilihan penyelesaian | Kecakapan membuat alternatif penyelesaian. Kecakapan menilai pilihan dengan memperhitungkan akibat yang akan terjadi pada setiap pilihan. |

Sumber: Widiaworo, 2017, hlm. 177

- 2) Menurut Agus Suprijono (*dalam* Widiaworo, 2017, hlm. 177)

Tabel 2.2
Tahapan Pembelajaran Berbasis Masalah Menurut Agus Suprijono

| Fase-fase | Perilaku Pendidik |
|--|---|
| Memberikan orientasi tentang permasalahan kepada siswa dengan baik | Pendidik menyampaikan tujuan pembelajaran, mendeskripsikan berbagai kebutuhan logistik penting, dan memotivasi siswa untuk terlibat dalam kegiatan mengatasi masalah. |
| Mengorganisasi siswa untuk meneliti | Pendidik membantu siswa mendefinisikan dan mengorganisasi tugas-tugas belajar terkait dengan permasalahannya. |
| Membantu investigasi mandiri dan kelompok | Pendidik mendorong siswa untuk mendapatkan informasi yang tepat, melaksanakan eksperimen, serta mencari penjelasan dan solusi. |
| Mengembangkan dan mempresentasikan artefak dan exhibit | Pendidik membantu siswa dalam merencanakan dan menyiapkan artefak-artefak yang tepat seperti laporan, rekaman video, dan model-model serta membantu mereka untuk menyampaikannya kepada orang lain. |
| Menganalisis dan mengevaluasi proses mengatasi masalah | Pendidik membantu siswa melakukan refleksi terhadap investigasinya dan proses-proses yang mereka gunakan. |

Sumber: Widiaworo, 2017, hlm. 177

- 3) Menurut Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pendidikan dan Kebudayaan dan Penjamin Mutu Pendidikan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (*dalam* Widiaworo, 2017, hlm. 178)

Tabel 2.3
Tahapan Pembelajaran Berbasis Masalah
Menurut Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI

| Fase-fase | Perilaku Guru |
|--|--|
| Fase 1 Orientasi siswa pada masalah | Menjelaskan tujuan pembelajaran, menjelaskan logistik yang diperlukan, memotivasi siswa untuk terlibat aktif dalam pemecahan masalah yang dipilih. |
| Fase 2 Mengorganisasikan siswa | Membantu siswa mendefinisikan dan mengorganisasikan tugas belajar yang berhubungan dengan masalah tersebut. |
| Fase 3 Membimbing penyelidikan individu dan kelompok | Mendorong siswa untuk mengumpulkan informasi yang sesuai, melaksanakan eksperimen untuk mendapatkan penjelasan dan pemecahan masalah. |
| Fase 4 Mengembangkan dan menyajikan hasil karya | Membantu siswa dalam merencanakan dan menyiapkan hasil karya sesuai seperti laporan, model dari berbagai tugas dengan teman. |
| Fase 5 Menganalisis serta mengevaluasi proses pemecahan masalah | Mengevaluai hasil belajar tentang masalah yang dipelajari/meminta kelompok presentasi hasil kerja |

Sumber: Widiaworo, 2017, hlm. 178

Beberapa pandangan tersebut pada dasarnya mempunyai kesamaan bahwa pembelajaran berbasis masalah mengedepankan proses pemecahan masalah yang disajikan dalam kegiatan pembelajaran. Tugas-tugas sebagai fasilitator adalah menyajikan permasalahan, merangsang peserta didik untuk mengembangkan rasa ingin tahunya, mengorganisasikan siswa dalam kelompok, membimbing siswa dalam kegiatan pembelajaran baik eksperimen, observasi atau kegiatan lain serta mengevaluasi hasil kerja siswa.

f. Sistem Penilaian dalam *Problem Based Learning* (PBL)

Penilaian hendaknya dilakukan dengan tetap memperhatikan tiga ranah, yaitu pengetahuan (kognitif), sikap (afektif), dan keterampilan (psikomotor). Penilaian terhadap kecakapan dari penguasaan alat bantu pembelajaran, baik *software*, *hardware*, maupun kemampuan perancangan dan pengujian. Sedangkan penilaian terhadap sikap dititikberatkan pada penguasaan *soft skill*, yaitu keaktifan dan partisipasi dalam diskusi, kemampuan bekerja sama dalam tim, dan kehadiran

dalam pembelajaran. Bobot penilaian untuk ketiga aspek tersebut ditentukan oleh guru mata pelajaran yang bersangkutan (Widiasworo, 2017, hlm. 180).

Penilaian pembelajaran dengan PBL dilakukan dengan *authentic assessment* (Widiasworo, 2017, hlm. 180) . Penilaian dapat dilakukan dengan portofolio yang merupakan kumpulan yang sistematis pekerjaan-pekerjaan siswa yang dianalisis untuk melihat kemajuan belajar dalam kurun waktu tertentu dalam kerangka pencapaian tujuan pembelajaran. Penilaian dalam pendekatan PBL dilakukan dengan cara evaluasi diri (*self-assessment*) dan *peer-assessment*.

1) *Self-assessment*

Penilaian yang dilakukan oleh pebelajar itu sendiri terhadap usaha-usahnya dan hasil pekerjaannya dengan merujuk pada tujuan yang ingin dicapai (*standard*) oleh pebelajar itu sendiri dalam belajar.

2) *Peer-assessment*

Penilaian dimana pebelajar berdiskusi untuk memberikan penilaian terhadap upaya dan hasil penyelesaian tugas-tugas yang telah dilakukannya sendiri maupun oleh teman dalam kelompoknya.

2. Pembelajaran dan Hasil Belajar

Kajian teori mengenai variabel dependen pada penelitian ini adalah hasil belajar siswa yang meliputi pemahaman siswa (kognitif), sikap (afektif), dan keterampilan (psikomotor) yang akan dijabarkan dalam beberapa penjelasan sebagai berikut:

a. Pembelajaran

Menurut Gagne, Briggs, dan Wager (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 6), pembelajaran adalah serangkaian kegiatan yang dirancang untuk memungkinkan terjadinya proses belajar pada siswa. Miarso (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 6) mengemukakan bahwa pembelajaran adalah suatu usaha yang disengaja, bertujuan, dan terkendali agar orang lain belajar atau terjadi perubahan yang relatif menetap pada diri orang lain. Usaha ini dapat dilakukan oleh seseorang atau suatu tim yang

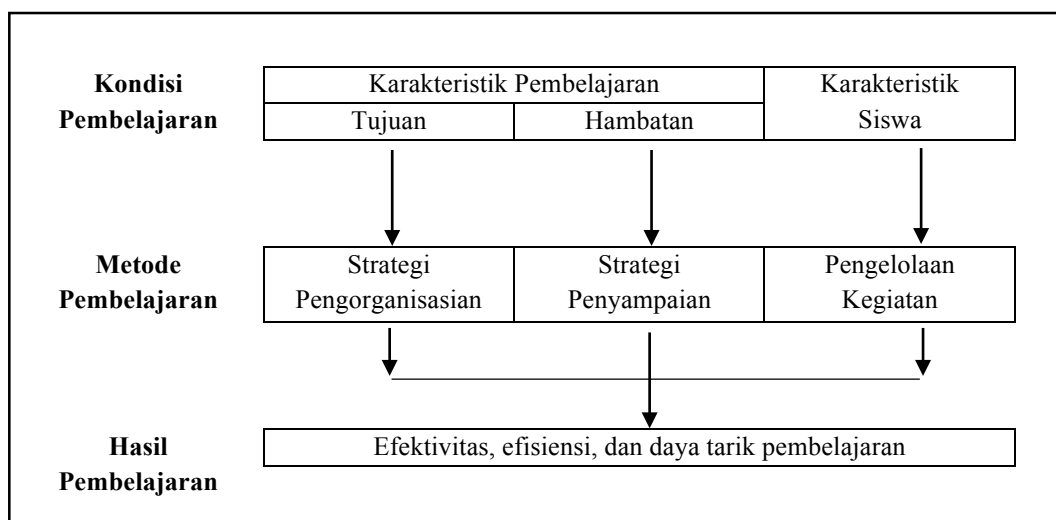
memiliki suatu kemampuan atau kompetensi dalam merancang dan atau mengembangkan sumber belajar yang diperlukan.

Pembelajaran tidak harus diberikan oleh seorang guru, karena itu dapat dilakukan oleh perancang dan pengembang sumber belajar, seperti seorang teknologi pembelajaran atau suatu tim yang terdiri atas ahli media dan ahli materi suatu mata pelajaran (Rusmono, 2014, hlm. 6).

Menurut Rusmono (2014, hlm. 6) bahwa dalam pembelajaran, faktor-faktor eksternal seperti lembar kerja siswa, media dan sumber-sumber belajar yang lain direncanakan sesuai dengan kondisi internal siswa. Perancang kegiatan pembelajaran berusaha agar proses belajar itu terjadi pada siswa yang belajar dalam mencapai tujuan pembelajaran tertentu.

Pendapat lain disampaikan oleh Kemp (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 6) bahwa pembelajaran merupakan proses yang kompleks, yang terdiri atas fungsi dan bagian-bagian yang saling berhubungan satu sama lain serta diselenggarakan secara logis untuk mencapai keberhasilan belajar. Keberhasilan dalam belajar adalah bila siswa dapat mencapai tujuan yang diinginkan dalam kegiatan belajarnya, sedangkan Smith dan Ragan (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 6) mengemukakan bahwa pembelajaran merupakan aktivitas penyampaian informasi dalam membantu siswa mencapai tujuan, khususnya tujuan-tujuan belajar, tujuan siswa dalam belajar. Dalam kegiatan belajar ini, guru dapat membimbing, membantu, dan mengarahkan siswa agar memiliki pengetahuan dan pemahaman berupa pengalaman belajar, atau suatu cara bagaimana mempersiapkan pengalaman belajar bagi siswa.

Berdasarkan uraian di atas, dapat dipahami bahwa pembelajaran merupakan suatu upaya untuk menciptakan suatu kondisi bagi terciptanya suatu kegiatan belajar yang memungkinkan siswa memperoleh pengalaman belajar yang memadai. Sedangkan strategi pembelajaran menurut Seels dan Richey (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 7) adalah perincian untuk memilih dan mengurutkan kejadian dan kegiatan dalam pembelajaran. Lebih lanjut, dengan mengutip Reigeluth, Miarso (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 7) mengemukakan kerangka teori pembelajaran yang dapat digambarkan sebagai berikut:



(Diadaptasi dari Reigeluth oleh Miarso (dalam Rusmono, 2014, hlm. 7))

Gambar 2.1
Kerangka Teori Pembelajaran

Proses pembelajaran menurut Reigeluth (dalam Rusmono, 2014, hlm. 7) memperlihatkan tiga hal, yaitu kondisi pembelajaran yang mementingkan perhatian pada karakteristik pelajaran, siswa, tujuan dan hambatan, serta apa saja yang perlu diatasi oleh guru. Dalam karakteristik pembelajaran ini, perlu diperhatikan pula pengelolaan pelajaran dan pengelolaan kelas. Hal ini terjadi, seperti pada waktu guru sedang memberikan pelajaran kemudian ada siswa yang bercakap-cakap dengan sesamanya dan tidak memperhatikan pelajaran, maka guru dapat menanyakan apa yang telah diajarkan kepada siswa yang bersangkutan, agar siswa mau memperhatikan kembali pelajaran yang disampaikan.

b. Hasil Belajar

Semua akibat yang dapat terjadi dan dapat dijadikan sebagai indikator tentang nilai dari penggunaan suatu metode di bawah kondisi yang berbeda menurut Reigeluth sebagaimana dikutip Keller (dalam Rusmono, 2014, hlm. 7) adalah merupakan hasil belajar. Akibat ini dapat berupa yang disengaja dirancang, karena itu ia merupakan akibat yang diinginkan dan bisa juga berupa akibat nyata sebagai hasil penggunaan metode pengajaran tertentu.

Snelbeker (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 8) mengatakan bahwa perubahan atau kemampuan baru yang diperoleh peserta didik setelah melakukan perbuatan belajar adalah merupakan hasil belajar, karena belajar pada dasarnya adalah bagaimana perilaku seseorang berubah sebagai akibat dari pengalaman. Hasil belajar, menurut Bloom (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 8), merupakan perubahan perilaku yang meliputi tiga ranah, yaitu ranah kognitif, afektif, dan psikomotor. Ranah kognitif meliputi tujuan-tujuan belajar yang berhubungan dengan memanggil kembali pengetahuan dan pengembangan kemampuan intelektual dan keterampilan. Ranah afektif meliputi tujuan-tujuan belajar yang menjelaskan perubahan sikap, minat, nilai-nilai, dan pengembangan apresiasi serta penyesuaian. Ranah psikomotor mencakup perubahan perilaku yang menunjukkan bahwa siswa telah mempelajari keterampilan manipulatif fisik tertentu.

Anderson dan Krathwohl (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 8) menyebut ranah kognitif dari taksonomi Bloom merevisi menjadi dua dimensi, yaitu dimensi proses kognitif dan dimensi pengetahuan. Dimensi proses kognitif terdiri atas enam tingkatan: (1) ingatan, (2) pemahaman, (3) penerapan, (4) analisis, (5) evaluasi, dan (6) menciptakan. Sedangkan dimensi pengetahuan terdiri atas empat tingkatan, yaitu (1) pengetahuan faktual, (2) pengetahuan konseptual, (3) pengetahuan prosedural, (4) pengetahuan metakognitif.

Hasil revisi terlihat bahwa Anderson dan Krathwohl (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 8) membagi taksonominya menjadi dua dimensi (proses kognitif dan pengetahuan) yang sebelumnya menurut Bloom hanya satu dimensi kognitif saja. Selain itu, pada dimensi proses kognitif ada perbedaannya dengan Bloom, yaitu dimensi pertama (ingatan sebelumnya pengetahuan), dimensi kelima (evaluasi sebelumnya sintesis), dan dimensi keenam (menciptakan sebelumnya evaluasi). Sedangkan pada dimensi pengetahuan (sebelumnya ada pada tingkatan pertama kawasan kognitif), Anderson dan Krathwohl (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 8) membaginya menjadi empat tingkatan, yaitu pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif.

Pengetahuan faktual menurutnya, terdiri atas elemen-elemen mendasar yang digunakan pakar dalam mengomunikasikan disiplin ilmunya, memahaminya, dan

mengorganisasikannya secara sistematis. Dua sub tipe pengetahuan faktual adalah pengetahuan terminologi dan pengetahuan mengenai rincian-rincian spesifik. Sedangkan pengetahuan konseptual adalah pengetahuan tentang kategori-kategori dan klasifikasi-klasifikasi serta hubungan di antara keduanya, yaitu bentuk-bentuk pengetahuan yang terorganisir dan lebih kompleks. Tiga sub tipe pengetahuan konseptual adalah pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori-kategori, pengetahuan mengenai prinsip-prinsip generalisasi, dan pengetahuan tentang teori, model, dan struktur.

Pengetahuan prosedural adalah pengetahuan bagaimana melakukan sesuatu, mungkin menyelesaikan latihan-latihan yang rutin untuk menyelesaikan masalah. Tiga sub tipe pengetahuan prosedural adalah pengetahuan mengenai keterampilan khusus, algoritma-algoritma, pengetahuan mengenai metode dan teknik khusus subjek, dan pengetahuan mengenai kriteria ketika akan menggunakan prosedur yang sesuai.

Pengetahuan metakognitif adalah pengetahuan mengenai pengertian umum dan kesadaran akan pengetahuan mengenai pengertian seseorang, misalnya bagaimana membuat siswa lebih menyadari dan bertanggung jawab akan pengetahuannya sendiri. Tiga sub tipe pengetahuan metakognitif adalah pengetahuan strategi, pengetahuan kondisional dan kontekstual, dan pengetahuan diri. Contoh pengetahuan diri, seperti pengetahuan seseorang yang dianggap cakap dalam beberapa bidang pekerjaan, tetapi tidak cakap di bidang pekerjaan lainnya.

Sementara itu, hasil belajar menurut Gagne, Briggs dan Wager (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 9) adalah kapabilitas atau penampilan yang diamati sebagai hasil belajar. Lebih lanjut dikatakan, mengkategorikan lima kemampuan sebagai hasil belajar, yaitu keterampilan intelektual, strategi kognitif, informasi verbal, sikap, dan keterampilan motorik. Keterampilan intelektual, yakni berupa keterampilan yang membuat individu mampu dan cakap berinteraksi dengan lingkungan menggunakan lambang, seperti kemampuan membedakan apa yang ditampakan oleh suatu benda dengan benda lain (*discrimination*), kemampuan mengidentifikasi objek dalam suatu lingkungan dengan memberikan nama tertentu atau konsep konkret (*concreet concept*), kemampuan mengidentifikasi konsep

(*defind concept*), kemampuan intelektual yang lebih luas, yaitu peraturan-peraturan (*rules*), dan kemampuan seseorang untuk mengetahui hal-hal yang dipelajari dan kemampuan menerapkannya untuk menyelesaikan suatu masalah (*higher-order rules-problem solving*). Sementara, Dick dan Carey (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 10) mengelompokkan keterampilan intelektual ke dalam empat tipe yang paling umum, yaitu membedakan (*discrimination*), pembentukan konsep (*forming concept*), penerapan rumus (*applying rules*), dan pemecahan masalah (*problem solving*). Strategi kognitif, yakni mengacu pada cara siswa menunjukkan perhatian, ingatan dan pikirannya atau kemampuan yang mengatur cara bagaimana siswa mengelola belajarnya.

Dick dan Carey (*dalam* Rusmono, 2014, hlm. 10) telah menghilangkan kemampuan strategi kognitif dengan berbagai alasan, diantaranya bahwa, strategi kognitif adalah metaproses yang digunakan untuk meyakinkan pembelajaran yang dilakukan. Informasi verbal, yakni kemampuan untuk memperoleh label atau nama, fakta dan bidang pengetahuan yang tersusun rapi. Sikap, yakni keadaan manusia yang kompleks yang memberikan efek pada perilaku terhadap masyarakat, benda, dan kejadian. Kemampuan yang mempengaruhi pilihan tindakan mana yang akan diambil. Keterampilan motorik, yakni kemampuan yang mendasari pelaksanaan perbuatan fisik secara mulus.

Hasil belajar adalah apa yang di peroleh peserta didik setelah melakukan aktivitas belajar. Menurut Syamsuduha. St dan Muh. Rapi (2012, hlm. 21) lebih lanjut mengatakan mengenai hasil belajar sebagai berikut:

Hasil belajar dimaksudkan untuk mengukur keberhasilan siswa yang berkaitan dengan aspek-aspek kognitif, afektif, dan psikomotor. Hasil belajar siswa dalam bidang studi tertentu dapat diketahui dengan melakukan pengukuran yang dikenal dengan istilah pengukuran hasil belajar. Pengukuran hasil belajar ialah suatu tindakan atau kegiatan untuk melihat sejauh mana tujuan intruksional dapat dicapai oleh siswa setelah menampilkan proses belajar mengajar. Berdasarkan pengertian hasil belajar yang telah dikemukakan di atas, maka dapat dipahami bahwa hasil belajar adalah ukuran yang menyatakan seberapa jauh tujuan pembelajaran yang telah dicapai.

Hasil belajar peserta didik pada hakikatnya adalah perubahan tingkah laku dari tidak tahu menjadi tahu, seperti telah dijelaskan dimuka. Tingkah laku sebagai hasil belajar dalam pengertian yang luas mencakup bidang kognitif, afektif dan psikomotor (Sudjana, 2014, hlm. 3).

Berdasarkan pengertian hasil belajar di atas, dapat disimpulkan bahwa hasil belajar merupakan perubahan tingkah laku yang dapat dilihat dari perilakunya baik perilaku dalam aspek pengetahuan, aspek sikap dan aspek keterampilan.

Menurut Suryabrata (*dalam* St. Syamsudduha dan Muh. Rapi, 2012, hlm. 21) faktor-faktor yang mempengaruhi hasil belajar ditinjau dari berbagai aspek sebagai berikut :

Faktor internal adalah faktor yang timbul dari diri individu, baik sebagai pendidik maupun sebagai siswa. Kedua unsur ini sangat berpengaruh terhadap hasil belajar. Keduanya merupakan unsur yang tak terpisahkan dalam kegiatan individu. Yang termasuk faktor internal yaitu: Aspek fisiologi (yang bersifat jasmani), aspek psikologis (yang bersifat rohani). Faktor eksternal adalah faktor yang timbul dari luar individu. Yang tergolong faktor eksternal adalah: (a) Lingkungan sosial yang terdiri atas: lingkungan keluarga, lingkungan sekolah, masyarakat dan kelompok, (b) Lingkungan non-sosial yang terdiri atas: lingkungan sekolah dan letaknya, rumah tempat tinggal keluarga siswa dan letaknya, alat-alat belajar.

3. Kemampuan *Habits of Mind* dan *Persisting*

Penelitian ini mengukur kemampuan *persisting* yang merupakan salah satu indikator dari kebiasaan pikiran (*habits of mind*). Berikut penjabaran kebiasaan pikiran (*habits of mind*) dan kemampuan *persisting*.

a. Pengertian dan Komponen-komponen *Habits of Mind*

Memiliki *habits of mind* yang baik berarti memiliki watak berperilaku cerdas (*to behave intelligently*) ketika menghadapi masalah, atau jawaban yang tidak segera diketahui (Costa & Kallick *dalam* Rustaman, 2012, hlm. 18). Masalah didefinisikan sebagai stimulus, pertanyaan, tugas (*task*), fenomena, ketidaksesuaian ataupun penjelasan yang tidak segera diketahui. Dalam memecahkan masalah yang kompleks, dituntut strategi penalaran, wawasan, ketekunan, kreativitas dan keahlian siswa. *Habits of mind* terbentuk ketika merespon jawaban pertanyaan atau masalah yang jawabannya tidak segera diketahui, sehingga kita bisa mengobservasi

bagaimana siswa mengingat sebuah pengetahuan dan bagaimana siswa menghasilkan sebuah pengetahuan. Kecerdasan manusia dilihat dari pengetahuan yang dimilikinya dan terlebih penting dilihat dari cara bagaimana seorang individu bertindak (Costa & Kallick, 2012 *dalam* Rustaman, 2012, hlm. 18).

Habits of mind dikembangkan melalui kerja Costa dan Kallick pada tahun 1985 dan selanjutnya dikembangkan oleh Marzano melalui *Dimensions of Learning* (Rustaman, 2012, hlm. 18). Pada awalnya Costa pada tahun 1985 membuat artikel mengenai “hierarki berpikir” pada *The Behaviours of Intelligence* (Campbell *dalam* Rustaman, 2012, hlm. 18). Hierarki berpikir ini meliputi konsep: *thinking skills* (membandingkan, mengklasifikasikan, berhipotesis); *thinking strategies* (memecahkan masalah, membuat keputusan); *creative thinking* (membuat model, berpikir metaphorical) dan *cognitive spirit* (berpandangan terbuka, mencari alternatif tidak men-*judgment*). Tulisan ini kemudian direvisi tahun 1991 dalam bukunya *Developing Minds: A Resource Book for Teaching Thinking*. Selanjutnya sejumlah penulis mengembangkan hal yang sama (Marzano *dalam* Rustaman, 2012, hlm. 18). Karena banyak yang mengembangkan *habits of mind*, maka deskripsi *habits of mind* ini menjadi bermacam-macam.

Tugas utama siswa adalah “mengumpulkan dan mengintegrasikan pengetahuannya” (*acquiring and integrating knowledge*) pada dimensi kedua. Melalui dimensi ini siswa harus dapat mengintegrasikan pengetahuan baru dan keterampilan-keterampilan yang telah diketahuinya. Di sini terjadi proses subjektif berupa interaksi dari informasi lama dan informasi baru. Kemudian sejalan proses waktu, siswa mengembangkan pengetahuan barunya melalui kegiatan yang membantu siswa “memperluas dan menghaluskan pengetahuannya” (*Extending and Refining Knowledge*) pada dimensi ketiga, dan pada akhir tujuan pembelajaran, siswa dapat “menggunakan pengetahuan dengan cara bermakna” (*Using Knowledge Meaningfully*) (dimensi keempat). Dimensi kedua, ketiga dan keempat bekerja seperti konser, satu sama lain tidak terpisahkan. Kelima dimensi belajar ini membentuk kerangka yang dapat digunakan untuk mengorganisasi kurikulum, instruksi pembelajaran dan asesmen (Rustaman, 2012, hlm. 19).

Marzano (*dalam* Rustaman, 2012, hlm. 19) membagi *habits of mind* ke dalam tiga kategori yaitu: *self regulation*, *critical thinking* dan *creative thinking*. *Self regulation* meliputi: (a) menyadari pemikirannya sendiri, (b) membuat rencana secara efektif, (c) menyadari dan menggunakan sumber-sumber informasi yang diperlukan, (d) sensitif terhadap umpan balik dan (e) mengevaluasi keefektifan tindakan. *Critical thinking* meliputi: (a) akurat dan mencari akurasi, (b) jelas dan mencari kejelasan, (c) bersifat terbuka, (d) menahan diri dari sifat impulsif, (e) mampu menempatkan diri ketika ada jaminan, (f) bersifat sensitif dan tahu kemampuan temannya. *Creative thinking* meliputi: (a) dapat melibatkan diri dalam tugas meski jawaban dan solusinya tidak segera nampak, (b) melakukan usaha semaksimal kemampuan dan pengetahuannya, (c) membuat, menggunakan, memperbaiki standar evaluasi yang dibuatnya sendiri, (d) menghasilkan cara baru melihat situasi yang berbeda dari cara biasa yang berlaku pada umumnya.

Habits of mind memerlukan banyak keterampilan majemuk, sikap, pengalaman masa lalu dan kecenderungan. Hal ini berarti bahwa kita menilai satu pola berpikir terhadap yang lainnya. Oleh karena itu hal tersebut menunjukkan bahwa kita harus memiliki pilihan pola mana yang akan digunakan pada waktu tertentu. Termasuk juga kemampuan apa yang diperlukan untuk mengatasi sesuatu di lain waktu, sehingga *habits of mind* dijabarkan sebagai berikut. Pertama, *value*, memilih menggunakan pola perilaku cerdas dari pada pola lain yang kurang produktif; (b) *Inclination*, kecenderungan, perasaan dan tendensi untuk menggunakan pola perilaku cerdas; (c) *Sensitivity*, tanggap terhadap kesempatan dan kelayakan menggunakan pola perilaku; (d) *Capability*, memiliki keterampilan dasar dan kapasitas dalam hubungannya dengan perilaku; (e) *Commitment* adalah secara konstan berusaha untuk merefleksi dan meningkatkan kinerja pola perilaku cerdas (Costa & Kallick *dalam* Rustaman, 2012, hlm. 19).

Hasil penelitian para ahli (Feuerstein, 1980; Glatthorn dan Baron, 1995; Stemberg, 1985; Perkins, 1985; Ennis, 1985 dalam Marzano, et al., 1993 *dalam* Rutaman, 2012, hlm. 19) yang meneliti tentang berpikir efektif dan berperilaku cerdas, menunjukkan bahwa ada karakteristik khas seorang pemikir efektif. Kemampuan berpikir efektif dan berperilaku cerdas tidak hanya dimiliki oleh para

saintis, seniman, ahli matematika ataupun orang kaya, tetapi juga dimiliki oleh tukang bengkel, guru, pengusaha, pedagang kaki lima dan orang tua serta semua orang yang menjalani kehidupan. Perilaku cerdas jarang tampak pada orang yang mengisolasi diri, karena kecerdasan perilaku ini akan muncul bila digunakan dalam menghadapi situasi kompleks yang menuntut berperilaku jamak. Sebagai contoh seseorang yang sedang mendengarkan kuliah dengan seksama, orang tersebut menggunakan kemampuan *flexibility*, metakognisi, bahasa yang tepat dan pertanyaan-pertanyaan (Anwar *dalam* Rustaman, 2012, hlm. 20).

Costa dan Kallick (*dalam* Rustaman, 2012, hlm. 20) mendeskripsikan 16 indikator *habits of mind* yang merupakan karakteristik yang muncul ketika manusia berhadapan dengan masalah yang pemecahannya tidak segera diketahui. Sebenarnya tidak hanya 16 indikator ini yang ada pada kecerdasan manusia, akan tetapi lebih banyak dari ini. Ke 16 indikator yang diajukan oleh Costa dan Kallick, ditabelkan oleh Campbell (*dalam* Rustaman, 2012, hlm. 20) pada tabel 2.4.

Tabel 2.4
Deskripsi dari *Habits of Mind*

| No | <i>Habits of Mind</i> | Deskripsi |
|----|--|---|
| 1 | <i>Persisting</i> | Tekun dalam tugas. Tidak mudah menyerah. Tahan menghadapi resiko. |
| 2 | <i>Managing impulsivity</i> | Mampu bertindak dengan baik. Dorongan hati sesaat. |
| 3 | <i>Listening with understanding and empathy</i> | Mampu mendengarkan orang lain. Berempati terhadap orang lain |
| 4 | <i>Thinking flexibly</i> | Berpikir fleksibel bukan berarti tidak disiplin melainkan tidak kaku. |
| 5 | <i>Metacognition</i> | Berlatih memaksimalkan otak dengan konsentrasi. |
| 6 | <i>Striving For Accuracy</i> | Kemampuan untuk tidak berbohong. |
| 7 | <i>Question and posing problem</i> | Kemampuan memiliki rasa ingin tahu. Menemukan pemecahan masalah dengan bertanya. |
| 8 | <i>Applying New Knowledge to New Situation</i> | Menerapkan pengetahuan lama pada situasi baru. Memanfaatkan ilmu dalam kehidupan. |
| 9 | <i>Thinking And Communicating with Clarity and Precision</i> | Kemampuan berkomunikasi untuk berfikir. |
| 10 | <i>Gathering Data Through all Sense</i> | Mengumpulkan data dengan perasaan, pendengaran dan penglihatan. |
| 11 | <i>Creating, Imagining and Innovating</i> | Mengembangkan ide-ide baru dengan menemukan, menciptakan berimajinasi sebuah idea tau gagasan.. |
| 12 | <i>Responding with wonderment and awe</i> | Menanggapi dengan rasa kekaguman. |
| 13 | <i>Taking responsible risk</i> | Mampu bertanggung jawab terhadap resiko. |
| 14 | <i>Finding humour</i> | Santai dan enjoy |
| 15 | <i>Thinking interdependently</i> | Mampu bekerja sama dengan teman lain |
| 16 | <i>Remaining open to continuous learning</i> | Tidak berhenti belajar. Mengakui ketidaktahuan. |

Sumber: Rustaman, 2012, hlm. 20

Apabila kita cermati indikator-indikator dari *habits of mind* yang dikemukakan oleh Marzano serta Costa dan Kallick (*dalam* Rustaman, 2012, hlm.20), terlihat bahwa indikator-indikator tersebut membekali individu dalam mengembangkan kebiasaan mental yang menjadi tujuan penting pendidikan agar siswa dapat belajar mengenai apapun yang mereka inginkan dan mereka butuhkan untuk mengetahui segala yang berkaitan dengan hidupnya. Bahkan Costa dan Kallick dan Campbell (*dalam* Rustaman, 2012, hlm. 20) mengklaim *habits of mind* sebagai karakteristik perilaku berpikir cerdas yang paling tinggi dalam memecahkan masalah dan merupakan indikator kesuksesan dalam akademik, pekerjaan dan hubungan sosial. Menurut Sriyati (2011, hlm. 78) sejumlah peneliti

mengklaim bahwa *habits of mind* dapat membantu siswa untuk melakukan *self regulation* dalam belajarnya dan menemukan solusi dalam hubungan sosial dan tempat bekerjanya.

b. Kemampuan *Persisting*

Salah satu indikator *habits of mind* yang dikemukakan Costa dan Kallick (2012, hlm. 18) yaitu *persisting*. *Persisting* merupakan kegigihan atau berteguh hati. Orang-orang efektif tekun mengerjakan tugas sampai selesai mereka tidak menyerah dengan mudah. Mereka menganalisis masalah, dan mereka membuat suatu sistem, struktur, atau strategi untuk memecahkannya. Mereka memiliki seperangkat strategi alternatif untuk memecahkan masalah, dan mereka menggunakan semua strategi ini. Mereka mengumpulkan bukti yang menunjukkan bahwa strategi pemecahan masalahnya berhasil bekerja, dan jika sebuah strategi gagal, mereka tahu bagaimana cara mengatasinya dan mencoba strategi lain. Mereka tahu kapan sebuah teori atau gagasan harus ditolak sedangkan teori atau gagasan lain diterima. Mereka memiliki metode sistematis untuk menganalisis suatu masalah, termasuk mengetahui bagaimana memulai, langkah apa yang harus diambil, data apa yang harus ada atau dicari, dan sumber daya apa yang ada untuk membantu mereka. Karena mereka mampu menjalankan proses pemecahan masalah dalam waktu yang lama, mereka terbiasa dengan situasi yang tidak jelas.

Costa dan Kallick (2012, hlm. 18) dalam bukunya menyatakan bahwa siswa seringkali menyerah ketika tidak tahu jawaban untuk sebuah masalah dengan segera. Mereka kadang merenyuk kertas kerja mereka dan membuangnya, sambil berteriak “Aku tak bisa melakukannya!” atau “Ini terlalu sulit!” Kadang mereka menulis jawaban asal-asalan supaya tugas selesai secepat mungkin. Beberapa siswa ini memiliki kekurangan daya perhatian. Mereka kesulitan untuk menjaga fokus dalam waktu yang lama, perhatian mereka sangat mudah teralihkan, atau mereka kurang mampu menganalisis suatu masalah dan membuat sistem, struktur, atau strategi pemecahan. Mereka menyerah karena memiliki seperangkat strategi pemecahan masalah yang terbatas, dan karena itu mereka hanya mempunyai sedikit alternatif jika strategi pertama mereka tidak berhasil.

Siswa yang teguh memiliki metode sistematis untuk menganalisis sebuah masalah. Mereka tahu bagaimana memulai, langkah-langkah apa yang harus diambil, dan data apa yang perlu dicari dan dikumpulkan. Mereka juga tahu kapan harus menafikan teori atau gagasan mereka, sehingga mereka dapat membuat yang baru (Costa dan Kallick, 2012, hlm. 194).

Para siswa menunjukkan pertumbuhan dalam berteguh hati ketika mereka meningkatkan penggunaan strategi pemecah masalah alternatif. Kita menyaksikan mereka mengumpulkan bukti yang menandakan bahwa sebuah strategi pemecah masalah sedang digunakan. Jika strategi ini tidak berhasil, mereka akan meninggalkannya dan memakai yang lain (Costa dan Kallick, 2012, hlm. 194).

Menurut Costa dan Kallick (2012, hlm. 194) siswa yang telah mengembangkan kebiasaan pikiran ini akan tahu bagaimana memanfaatkan berbagai sumber daya. Mereka meminta teman-temannya mengklarifikasi dan memberikan data. Mereka menggunakan sumber daya buku, kamus, pusat data, dan internet. Kadang-kadang mereka menengok ke belakang untuk membetulkan atau untuk menganalisis perkembangan suatu pekerjaan.

Siswa yang berteguh hati dapat menggunakan pengalaman masa lalu dan menerapkan pengetahuan itu untuk memecahkan permasalahan masa kini. Maka siswa yang seperti ini juga menunjukkan suatu kebiasaan pikiran yang lain yang sering kali terkait dengan keteguhan hati, menerapkan pengetahuan masa lalu di situasi baru. Banyak guru menemukan bahwa beberapa kebiasaan berpikir secara alamiah berkumpul bersama seperti ini. Ketika mencari indikator untuk suatu kebiasaan tertentu, Anda mungkin juga ingin mengetahui kebiasaan-kebiasaan lain yang terkait dengan kebiasaan itu (Costa dan Kallick, 2012, hlm. 195).

Perhatikan bagaimana indikator-indikator yang dideskripsikan oleh Costa dan Kallick (2012, hlm. 195) sesuai dengan daftar tilik seperti berikut ini:

- 1) Mendemonstrasikan metode-metode sistematis untuk menganalisis permasalahan.
- 2) Membedakan gagasan-gagasan yang berhasil dan yang tidak.
- 3) Mempertimbangkan banyak alternatif solusi saat berusaha memecahkan masalah.

4) Secara berkelanjutan mengklarifikasi pekerjaan sekaligus memantau kinerja.

Costa dan Kallick (2012, hlm. 223) menjabarkan rubrik kemampuan *persisting* sebagai berikut:

Tabel 2.5
Rubrik untuk Berteguh Hati (*Persisting*)

| Tingkat Kinerja | Kriteria |
|-----------------|---|
| Mahir | Pantang menyerah sesulit apapun, usaha menemukan solusi jawaban. Mengevaluasi penggunaan berbagai strategi untuk terus bertekun melakukan sebuah pekerjaan. |
| Pengguna | Pantang menyerah ketika berusaha menemukan jawaban atau solusi. Bertekun melakukan pekerjaan. |
| Pelajar | Berusaha menyelesaikan pekerjaan ketika jawaban dan solusi belum ditemukan, namun menyerah ketika pekerjaan itu selalu sulit. Mudah berhenti melakukan pekerjaan. |
| Pemula | Mudah dan lekas menyerah dalam melakukan pekerjaan sulit. |

Sumber: Costa dan Kallick, 2012, hlm. 223

4. Pencemaran Lingkungan

Kajian teori pada penelitian ini dapat menganalisis dan mengembangkan mengenai konsep pembelajaran yang terdiri dari konsep tersebut berada pada kurikulum dan penjelasan mengenai konsep, strategi dalam pembelajaran serta sistem penilaian.

a. Kedudukan dalam Kurikulum

Konsep pada penelitian ini adalah pencemaran lingkungan. Konsep pencemaran lingkungan merupakan salah satu konsep yang terdapat pada pelajaran biologi kelas X semester genap. Pembahasan konsep ini meliputi pengertian pencemaran, jenis pencemaran, dampak pencemaran dan penanggulangan dampak pencemaran lingkungan.

Berdasarkan penjabaran konsep tentu merupakan perluasan dari KI dan KD yang sudah ditetapkan, berikut ini adalah KI yang telah ditetapkan oleh Permendikbud No. 59 Tahun 2014 untuk SMA kelas X semester ganjil:

KI 1: Menghargai dan menghayati ajaran agama yang dianutnya.

KI 2: Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerja sama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam

serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

KI 3: Memahami pengetahuan (faktual, konseptual, dan prosedural) berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, terkait fenomena dan kejadian tampak mata.

KI 4: Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan.

Penjabaran konsep tentunya merupakan perluasan dari KI dan KD yang sudah ditetapkan, berikut adalah KD pada konsep pencemaran lingkungan yang telah ditetapkan oleh Permendikbud No 69 Th. 2013 untuk SMA kelas X semester genap:

KD 3.10 : Menganalisis data perubahan lingkungan dan dampak dari perubahan-perubahan tersebut bagi kehidupan.

KD 4.10 : Memecahkan masalah lingkungan dengan membuat desain produk daur ulang limbah dan upaya pelestarian lingkungan.

Penelitian ini akan menggunakan KD 3.10 dan 4.10 sebagai materi pembelajaran. Penelitian ini lebih berfokus pada KD 3.10 Menganalisis data perubahan lingkungan dan dampak dari perubahan-perubahan tersebut bagi kehidupan dan pada KD 4.10 Memecahkan masalah lingkungan dengan membuat desain produk daur ulang limbah dan upaya pelestarian lingkungan.

Kompetensi dasar pada kurikulum memiliki tingkat kesukaran berbeda-beda. Untuk memudahkan menentukan tingkat kesukaran konsep yang akan peneliti gunakan, perhatikan tabel berikut:

Tabel 2.6
Tingkat Kesukaran Kompetensi Dasar

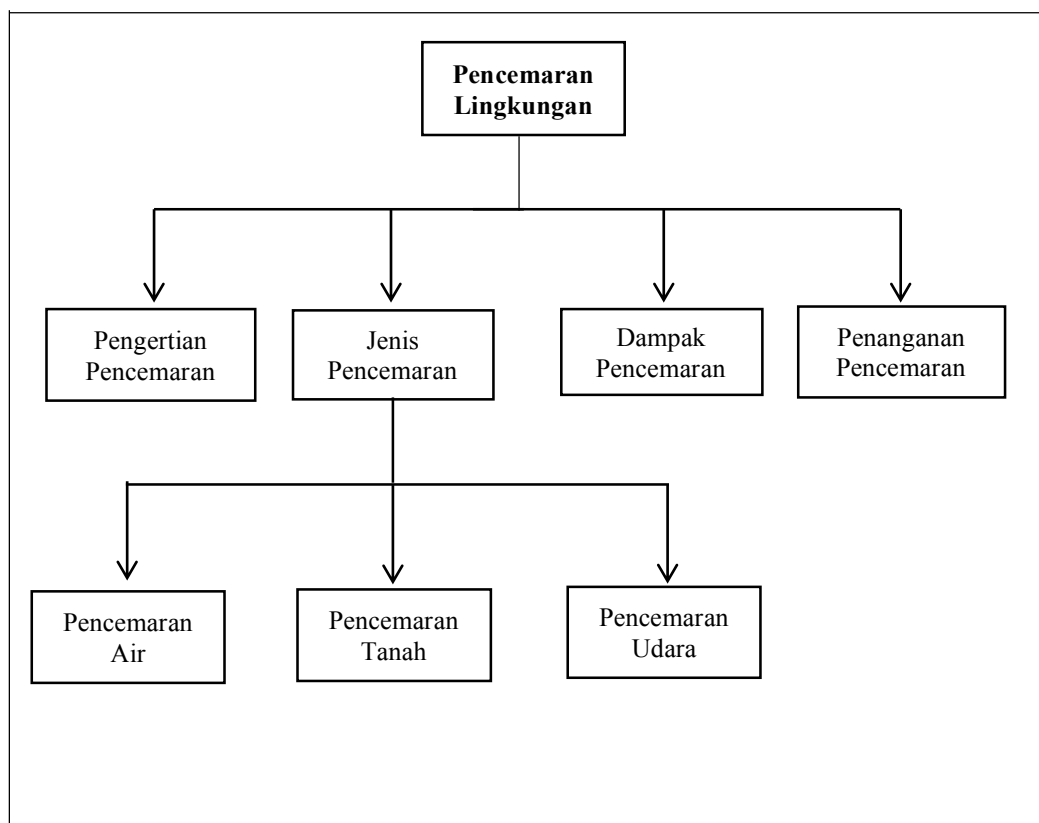
| Dimensi Pengetahuan | Kategori Dimensi Proses Kognitif | | | | | |
|---------------------|----------------------------------|----|--------|---------|-------|----|
| | Mudah | | Sedang | | Sukar | |
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
| Faktual | | | | | | |
| Konseptual | | | | | | |
| Prosedural | | | | KD 3.10 | | |
| Metakognitif | | | | | | |

Sumber: Dokumen Pribadi

Konsep yang akan peneliti terapkan dalam penelitiannya berdasarkan tabel di atas termasuk kategori sedang.

b. Konsep Pencemaran Lingkungan

Suatu konsep pada kurikulum tentu memiliki keluasaan dan kedalaman sebagai acuan untuk mencapai tujuan pembelajaran. Keluasaan dan kedalaman konsep yang peneliti terapkan dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2
Peta Konsep Pencemaran Lingkungan
 Sumber: Dokumen Pribadi

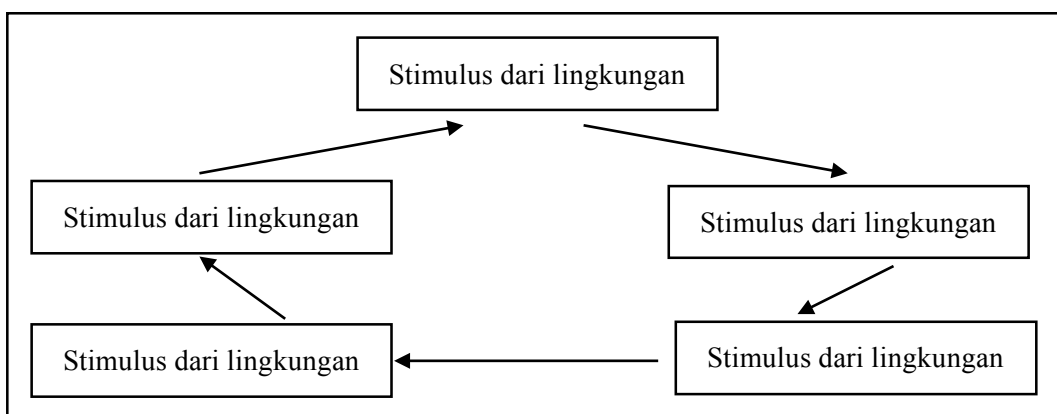
1) Pengertian Pencemaran

Mulyadi (2010, hlm. 148) menyatakan bahwa pencemaran terjadi bila dalam lingkungan terdapat bahan yang menyebabkan timbulnya perubahan yang tidak diharapkan baik yang bersifat fisik, kimiawi maupun biologis sehingga mengganggu kesehatan, eksistensi manusia, dan aktivitas manusia serta organisme

lainnya. Bahan penyebab pencemaran tersebut baik yang bersifat kimiawi, fisik, biologis maupun yang berbentuk perilaku manusia disebut bahan pencemar.

Secara garis besar terjadinya polusi tergantung dari empat faktor, yaitu jumlah penduduk, jumlah sumber daya alam yang dipakai oleh tiap individu, jumlah polutan yang dikeluarkan oleh tiap jenis sumber daya alam serta teknologi yang digunakan (Mulyadi, 2010, hlm. 148). Sekalipun bukan merupakan satu-satunya penyebab, polusi akan meningkat bila jumlah penduduk bertambah, polusi terjadi sebagai efek samping pemanfaatan materi dan energi, oleh karena itu polusi tergantung pada jumlah sumber daya alam yang digunakan. Hal ini memerlukan penjelasan selanjutnya karena beberapa jenis sumber daya alam menimbulkan polutan lebih banyak dari pada sumber daya alam lainnya. Untuk mempermudah aktivitas hidupnya manusia mengembangkan teknologi yang menyebabkan timbulnya zat sintetis yang sukar diuraikan oleh lingkungan sehingga menimbulkan pencemaran. Jenis dan jumlah zat sintetis yang dihasilkan tergantung pada teknologi yang digunakan, oleh karena itu polutan dipengaruhi pula oleh teknologi.

Pencemaran dapat terjadi secara alami, misalnya gunung Galunggung yang meletus menimbulkan pencemaran udara dan air, tetapi dapat terjadi aktivitas manusia. Pada hakekatnya antara aktivitas manusia dan timbulnya pencemaran terdapat hubungan melingkar berbentuk siklus (Laksmi Prihantoro *dalam* Mulyadi, 2010, hlm. 148).



Gambar 2.3

Siklus Pencemaran

Sumber: Mulyadi, 2010, hlm. 148

Agar dapat hidup dengan baik, manusia beradaptasi dengan lingkungannya, dan untuk mencukupi kebutuhan hidupnya manusia mengembangkan teknologi. Akibat samping pengembangan teknologi adalah timbulnya bahan pencemar yang menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan ini merupakan agar manusia menyesuaikan diri lagi terhadap lingkungan.

Berdasarkan mediumnya secara umum pencemaran dapat diklasifikasikan menjadi, pencemaran air, pencemaran tanah, pencemaran udara dan pencemaran sosial budaya (Mulyadi, 2010, hlm. 149). Pencemaran suara berdasarkan mediumnya termasuk klasifikasi pencemaran udara. Sedangkan berdasarkan lokasinya kita mengenal pula adanya pencemaran daerah pemukiman, pencemaran daerah industri dan sebagainya.

Tiap pencemaran mempunyai derajat pencemaran atau tahap pencemaran yang berbeda. Dengan menggunakan parameter konsentrasi zat pencemar dan waktu atau lamanya kontak antara bahan pencemar dengan lingkungan, WHO (*dalam* Mulyadi, 2010, hlm. 149) menetapkan empat tahapan pencemaran yaitu:

- a) Pencemaran tingkat pertama, yaitu pencemaran yang tidak menimbulkan kerugian pada manusia, baik dilihat dari kadar zat pencemarnya maupun kontakannya dengan lingkungan.
- b) Pencemaran tingkat kedua, yaitu pencemaran yang mulai menimbulkan iritasi ringan pada panca indera dan alat vegetatif lainnya serta telah menimbulkan gangguan pada komponen-komponen ekosistem lainnya.
- c) Pencemaran tingkat ketiga, yaitu pencemaran yang sudah mengakibatkan reaksi pada faal tubuh dan menyebabkan sakit yang kronis.
- d) Pencemaran tingkat keempat, yaitu pencemaran yang telah menimbulkan sakit bahkan kematian dalam lingkungan karena kadar pencemarannya terlalu tinggi.

2) Bahan Pencemar atau Polutan

Berdasarkan jenis atau sifatnya, bahan pencemar dapat digolongkan menjadi polutan fisik, polutan kimiawi, polutan biologis dan polutan yang berbentuk perilaku atau polutan sosial budaya. Polutan fisik misalnya pecahan keramik, pecahan botol, besi tua, yang fisiknya mencemari lingkungan. Polutan

kimiawi berbentuk senyawa kimia, baik senyawa sintetis maupun senyawa alami yang karena konsentrasinya cukup tinggi dapat menimbulkan pencemaran, misalnya gas CO, SO₂, Logam Pb dan Merkuri. Sedangkan yang dimaksud polutan biologis adalah polutan yang berbentuk makhluk hidup yang menimbulkan pencemaran, misalnya bakteri *E. coli*, tumbuhan gulma dan sebagainya. Polutan sosial budaya dapat berbentuk perilaku atau hasil budaya yang tidak sesuai dengan norma sosial budaya setempat, hingga mengganggu kehidupan sosial budaya masyarakat (Mulyadi, 2010, hlm. 149).

Berdasarkan asal mula terdapatnya bahan pencemar, polutan dapat diklasifikasikan menjadi polutan kuantitatif. Polutan kuantitatif adalah substansi yang secara alami terdapat di lingkungan, tetapi akibat aktivitas manusia kadarnya meningkat sehingga menimbulkan pencemaran. Contoh: secara alami udara mengandung gas CO₂ sebanyak 0,04%. Tetapi oleh aktivitas manusia, misalnya karena proses pembakaran bensin, kadar CO₂ meningkat menjadi 14% maka dapat menimbulkan pencemaran. Polutan kualitatif adalah polutan yang secara alami tidak terdapat di lingkungan, tetapi aktivitas manusia yang memasukkan polutan tersebut ke dalam lingkungan. Contohnya adalah plastik, kaleng makanan dan botol minuman (Mulyadi, 2010, hlm. 150).

Dipandang dari segi biologi, polutan dapat diklasifikasikan berdasarkan kemampuannya untuk diuraikan oleh organisme dalam lingkungan. Pencemaran dibagi menjadi pencemaran yang dapat terurai atau dapat diturunkan tingkat bahayanya (*degradable pollutant*) serta polutan yang tidak dapat terurai atau tidak dapat diturunkan tingkat bahayanya (*nondegradable pollutant*) (Mulyadi, 2010, hlm. 150).

Polutan yang dapat diturunkan tingkat bahayanya, berarti dapat diuraikan, dihilangkan ataupun diubah sehingga sampai pada tingkat yang dapat diterima oleh lingkungan, baik melalui proses alami maupun proses yang dilakukan manusia. Polutan ini dapat dibagi lagi menjadi polutan yang cepat terurai dan yang lambat terurai. DDT dan materi radioaktif merupakan polutan yang lambat terurai karena DDT memerlukan waktu empat tahun untuk menurunkan tingkat bahayanya hingga 25% dari tingkat semula.

Polutan yang tidak dapat terurai adalah polutan yang tidak dapat dipecah-pecah atau diturunkan tingkat bahayanya melalui proses alami. Umumnya polutan ini terdiri dari senyawa sintesis hasil rekayasa manusia. Contohnya adalah plastik, senyawa-senyawa merkuri dan timah hitam.

Perubahan lingkungan yang disebabkan oleh adanya polutan umumnya tidak dapat dirasakan secara langsung oleh manusia, tetapi terdapat gejala-gejala lain yang dapat digunakan sebagai indikator adanya pencemaran (Mulyadi, 2010, hlm. 150). Berdasarkan gejala tersebut, bahan pencemar dapat menimbulkan tiga macam efek, yaitu:

- a) Efek kronis yaitu efek yang timbul setelah waktu kontak dengan polutan berlangsung lebih dari satu tahun, hingga sukar dikenali bahwa gangguan tersebut berasal dari suatu polutan tertentu.
- b) Efek subakut adalah efek yang timbul setelah tiga bulan – satu tahun mengadakan kontak dengan suatu bahan pencemar. Hal ini disebabkan baru timbul bahaya tersebut setelah terjadi akumulasi polutan dalam tubuh pada tingkat tertentu.
- c) Efek akut yaitu efek yang timbul setelah kontak dengan polutan dalam waktu tiga – sembilan puluh hari. Gejala kelainan atau gejala tercemarnya dapat diketahui.

Setiap jenis polutan mempunyai daya racun yang berbeda, dan suatu polutan yang sama dapat menimbulkan akibat yang berbeda terhadap berbagai jenis makhluk hidup. Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kadar polutan menimbulkan efek yang merugikan lingkungan. Berdasarkan hasil penelitian ini bahaya suatu polutan terhadap manusia diukur oleh Nilai Ambang Batas (NAB) dan Nilai Kadar Tertinggi Diizinkan (KTD) (Mulyadi, 2010, hlm. 151).

KTD menunjukkan kadar tertinggi suatu zat yang mampu diterima oleh seseorang pada suatu saat tertentu, tanpa menimbulkan gangguan. Manusia mengalami gangguan bila kontak dengan zat tersebut pada kadar yang lebih tinggi dari KTD. Dengan demikian dapat kita simpulkan bahwa KTD lebih menekankan pada efek spontan dari suatu polutan (Mulyadi, 2010, hlm. 151).

NAB adalah kadar maksimum suatu zat yang seseorang sanggup menghadapinya tanpa menderita kelainan selama waktu kontak 40 jam kerja tiap minggu. Jadi NAB menunjukkan kadar polutan yang dapat diterima secara fisiologis oleh seseorang selama 40 jam kerja setiap minggu dan lebih menekankan pada efek kronisnya (Mulyadi, 2010, hlm. 151).

Berapa besar nilai NAB dan KTD ditentukan berdasarkan hasil percobaan dan dari pengalaman yang luas. Penentuan nilai KTD dan NAB tersebut dilakukan oleh suatu badan atau jawatan yang ditunjuk pemerintah. Bila suatu negara belum menentukan sendiri nilai KTD dan NAB, maka negara tersebut dapat menggunakan nilai yang dipakai negara lain atau ketentuan dari PBB (Mulyadi, 2010, hlm. 151).

3) Pencemaran Air

Planet bumi sebagian besar terdiri atas air karena luas daratan memang lebih kecil dibandingkan luas lautan. Makhluk hidup yang ada di bumi ini tidak dapat terlepas dari kebutuhan akan air. Air merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan di bumi ini (Mulyadi, 2010, hlm. 151). Tidak akan ada kehidupan di bumi ini jika tidak ada air. Air yang relatif bersih sangat didambakan oleh setiap manusia, baik untuk keperluan hidup sehari-hari, untuk keperluan industri, untuk kebersihan sanitasi kota, maupun untuk keperluan pertanian dan lain sebagainya.

Dewasa ini air menjadi masalah yang perlu mendapatkan perhatian yang seksama dan cermat. Untuk mendapatkan air yang baik sesuai dengan standar tertentu, saat ini menjadi barang yang mahal karena air sudah banyak tercemar oleh bermacam-macam limbah dari hasil kegiatan manusia, baik limbah dari kegiatan rumah tangga, limbah dari kegiatan industri dan kegiatan-kegiatan lainnya (Mulyadi, 2010, hlm. 152).

Menurut Mulyadi (2010, hlm. 152) untuk menetapkan standar air yang bersih tidaklah mudah karena tergantung pada banyak faktor penentu. Faktor penentu tersebut antara lain kegunaan air, yaitu air untuk minum, air untuk keperluan rumah tangga, air untuk industri, air untuk mengairi sawah, dan air untuk kolam perikanan, dll.; asal sumber air, yaitu air dari mata air di pegunungan, air danau, air sungai, air sumur, air hujan, dll.

Walaupun penetapan air yang bersih tidak mudah, namun kesepakatan bahwa air bersih tidak ditetapkan pada kemurnian air, akan tetapi didasarkan pada keadaan normalnya. Apabila terjadi penyimpangan dari keadaan normal maka hal itu berarti air tersebut telah mengalami pencemaran. Air dari mata air di pegunungan, apabila lokasi pengambilannya lain, akan menghasilkan keadaan normal yang lain pula (Mulyadi, 2010, hlm. 152).

Air yang ada di bumi ini tidak pernah terdapat dalam keadaan murni bersih, tetapi selalu ada senyawa atau mineral (unsur) lain yang terlarut di dalamnya (Mulyadi, 2010, hlm. 152). Hal ini tidak berarti bahwa semua air di bumi ini telah tercemar. Sebagai contoh air yang diambil dari mata air di pegunungan dan air hujan. Keduanya dapat dianggap sebagai air yang bersih, namun senyawa atau mineral (unsur) yang terdapat di dalamnya berlainan seperti tampak pada keterangan berikut ini:

Air hujan mengandung: SO_4 , Cl, NH_3 , CO_2 , N_2 , C, O_2 , debu

Air dari mata air mengandung: Na, Mg, Ca, Fe, O_2

Selain daripada itu air seringkali juga mengandung bakteri atau mikroorganisme lainnya. Air yang mengandung bakteri atau mikroorganisme tidak dapat digunakan sebagai air minum tetapi harus direbus dulu agar bakteri dan mikroorganismenya mati. Pada batas-batas tertentu air minum justru diharapkan mengandung mineral agar air itu terasa segar. Air murni tanpa mineral justru tidak enak untuk diminum (Mulyadi, 2010, hlm. 152).

a) Indikator Pencemaran Air

Mulyadi (2010, hlm. 153) menyatakan bahwa air merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia di bumi ini. Sesuai dengan kegunaannya, air dipakai sebagai air minum, air untuk mandi dan mencuci, air untuk pengairan pertanian, air untuk kolam perikanan, air untuk sanitasi dan air untuk transportasi, baik di sungai maupun di laut. Kegunaan air seperti tersebut di muka termasuk sebagai kegunaan air secara konvensional.

Selain penggunaan air secara konvensional, air juga diperlukan untuk meningkatkan kualitas hidup manusia, yaitu untuk menunjang kegiatan industri dan teknologi. Kegiatan industri dan teknologi tidak dapat terlepas dari kebutuhan akan

air. Dalam hal ini air sangat diperlukan agar industri dan teknologi dapat berjalan dengan baik. Mulyadi (2010, hlm. 153) menerangkan bahwa dalam kegiatan industri dan teknologi, air digunakan antara lain sebagai air proses, air pendingin, air ketel uap penggerak turbin, air utilitas dan sanitasi.

Apabila air yang diperlukan dalam kegiatan industri dan teknologi itu dalam jumlah yang cukup besar, maka perlu dipikirkan dari mana air tersebut diperoleh. Pengambilan air dari sumber air tidak boleh mengganggu keseimbangan air lingkungan. Faktor keseimbangan air lingkungan ini tidak hanya berkaitan dengan jumlah volume (debit) air yang diinginkan saja, tapi yang lebih penting lagi adalah bagaimana menjaga agar air lingkungan tidak menyimpang dari keadaan normalnya.

Kegiatan industri dan teknologi, air yang telah digunakan (air limbah industri) tidak boleh langsung dibuang ke lingkungan karena dapat menyebabkan pencemaran. Air tersebut harus diolah terlebih dahulu agar mempunyai kualitas yang sama dengan kualitas air lingkungan. Jadi air limbah industri harus mengalami proses daur ulang sehingga dapat digunakan lagi atau dibuang kembali ke lingkungan tanpa menyebabkan pencemaran air lingkungan. Proses daur ulang air limbah industri atau *water treatment recycle process* adalah satu syarat yang harus dimiliki oleh industri yang berwawasan lingkungan (Mulyadi, 2010, hlm. 153).

Apabila semua kegiatan industri dan teknologi memperhatikan dan melaksanakan pengolahan air limbah industri dan masyarakat umum juga tidak membuang limbah secara sembarangan maka masalah pencemaran air sebenarnya tidak perlu dikhawatirkan. Namun dalam kenyataannya masih banyak industri atau suatu pusat kegiatan kerja yang membuang limbahnya ke lingkungan melalui sungai, danau atau langsung ke laut. Pembuangan air limbah secara langsung ke lingkungan inilah yang menjadi penyebab utama terjadinya pencemaran air. Limbah (baik berupa padatan maupun cairan) yang masuk ke air lingkungan menyebabkan terjadinya penyimpangan dari keadaan normal air dan ini berarti suatu pencemaran (Mulyadi, 2010, hlm. 153).

Indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar menurut Mulyadi (2010, hlm. 154) adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati melalui,

adanya perubahan suhu air, adanya perubahan pH atau konsentrasi ion Hidrogen, adanya perubahan warna, bau dan rasa air, timbulnya endapan, koloidal, bahan terlarut, adanya mikroorganisme, meningkatnya radioaktivitas air lingkungan

Adanya tanda perubahan seperti tersebut di atas menunjukkan bahwa air telah tercemar. Uraian pada bagian selanjutnya akan menjelaskan mengapa air yang telah tercemar ditandai oleh adanya perubahan-perubahan tersebut di atas.

(1) Perubahan Suhu Air

Kegiatan industrial seringkali suatu proses disertai dengan timbulnya panas reaksi atau panas dari suatu gerakan mesin. Agar proses industri dan mesin-mesin yang menunjang kegiatan tersebut dapat berjalan baik maka panas yang terjadi harus dihilangkan. Penghilangan panas dilakukan dengan proses pendinginan air. Air pendingin akan mengambil panas yang terjadi. Air yang menjadi panas tersebut kemudian dibuang ke lingkungan. Apabila air yang panas tersebut dibuang ke sungai maka air sungai akan menjadi panas. Air sungai yang suhunya naik akan mengganggu kehidupan hewan air dan organisme air lainnya karena kadar oksigen yang terlarut dalam air akan menurun bersamaan dengan kenaikan suhu. Padahal setiap kehidupan memerlukan oksigen untuk bernapas. Oksigen yang terlarut dalam air berasal dari udara yang secara lambat berdifusi ke dalam air. Makin tinggi kenaikan suhu air makin sedikit oksigen yang terlarut di dalamnya (Mulyadi, 2010, hlm. 154).

(2) Perubahan pH atau Konsentrasi Ion Hidrogen

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH berkisar antara 6,5 – 7,5. Air dapat bersifat asam atau basa, tergantung pada besar kecilnya pH air atau besarnya konsentrasi ion Hidrogen di dalam air. Air mempunyai pH lebih kecil dari pH normal akan bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH lebih besar dari normal akan bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke sungai akan mengubah pH air yang pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Mulyadi, 2010, hlm. 154).

(3) Perubahan Warna, Bau dan Rasa Air

Bahan buangan dari air limbah kegiatan industri yang berupa bahan anorganik dan bahan organik seringkali dapat larut di dalam air. Apabila bahan buangan dan air limbah industri dapat larut dalam air maka akan terjadi perubahan warna air. Air dalam keadaan normal dan bersih tidak akan berwarna, sehingga tampak bening dan jernih.

Selain itu degradasi bahan buangan industri dapat pula menyebabkan terjadinya perubahan warna air. Tingkat pencemaran air tidak mutlak harus tergantung pada warna air, karena bahan buangan industri yang memberikan warna belum tentu lebih berbahaya dari bahan buangan industri yang tidak memberikan warna. Seringkali zat-zat yang beracun justru terdapat di dalam bahan buangan industri yang tidak mengakibatkan perubahan warna pada air sehingga air tetap tampak jernih (Mulyadi, 2010, hlm. 155).

Bau yang keluar dari dalam air dapat langsung berasal dari bahan buangan atau limbah dari kegiatan industri, atau hasil degradasi bahan buangan oleh mikroba yang hidup di dalam air. Bahan buangan industri yang bersifat organik atau bahan buangan dan air limbah dari kegiatan industri pengolahan bahan makanan seringkali menimbulkan bau yang sangat menyengat hidung. Mikroba di dalam air akan mengubah bahan buangan organik, terutama gugus protein, secara degradasi menjadi bahan yang mudah menguap dan berbau. Timbulnya bau pada air lingkungan secara mutlak dapat dipakai sebagai salah satu tanda terjadinya tingkat pencemaran air yang cukup tinggi (Mulyadi, 2010, hlm. 155).

Air normal dapat digunakan untuk suatu kehidupan pada umumnya tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa (Mulyadi, 2010, hlm. 155). Apabila air mempunyai rasa (kecuali air laut) maka hal itu berarti telah terjadi pelarutan sejenis garam-garaman. Air yang mempunyai rasa biasanya berasal dari garam-garam yang terlarut. Bila hal ini terjadi maka berarti juga telah ada pelarut ion-ion logam yang dapat mengubah konsentrasi ion Hidrogen dalam air. Adanya rasa pada air pada umumnya diikuti pula dengan perubahan pH air.

(4) Timbulnya Endapan, Koloidal dan Bahan Terlarut

Endapan dan koloidal serta bahan terlarut berasal dari adanya bahan buangan industri yang berbentuk padat. Bahan buangan industri yang berbentuk padat kalau tidak dapat larut sempurna akan mengendap di dasar sungai dan yang dapat larut sebagian akan menjadi koloidal. Endapan sebelum sampai ke dasar sungai akan melayang di dalam air bersama-sama dengan koloidal. Endapan dan koloidal yang melayang di dalam air akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam lapisan air. Padahal sinar matahari sangat diperlukan oleh mikroorganisme untuk melakukan proses fotosintesis. Karena tidak ada sinar matahari maka proses fotosintesis tidak dapat berlangsung. Akibatnya, kehidupan mikroorganisme jadi terganggu (Mulyadi, 2010, hlm. 155).

Apabila endapan dan koloidal yang terjadi berasal dari bahan buangan organik, maka organisme, dengan bantuan oksigen yang terlarut di dalam air, akan melakukan degradasi bahan organik tersebut sehingga menjadi bahan yang lebih sederhana. Dalam hal ini kandungan oksigen yang terlarut di dalam air akan berkurang sehingga organisme lain yang memerlukan oksigen akan terganggu pula. Banyaknya oksigen yang diperlukan untuk proses degradasi biokimia disebut dengan *biological oxygen demand* atau disingkat BOD (Mulyadi, 2010, hlm. 156).

(5) Adanya Mikroorganisme

Seperti telah dibahas pada bagian sebelumnya, bahwa mikroorganisme sangat berperan dalam proses degradasi bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke air lingkungan, baik sungai, danau maupun laut (Mulyadi, 2010, hlm. 156). Kalau bahan buangan yang didegradasi cukup banyak, berarti mikroorganisme akan ikut berkembang biak. Pada perkembangbiakan mikroorganisme tidak tertutup kemungkinan bahwa mikroorganisme patogen ikut berkembang pula. Mikroorganisme patogen adalah penyebab timbulnya berbagai macam penyakit. Pada umumnya industri pengolahan bahan makanan berpotensi untuk menyebabkan berkembangbiaknya mikroorganisme termasuk patogen.

(6) Meningkatnya Radioaktivitas Air Lingkungan

Akhir-akhir ini pemanfaatan dan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir dalam berbagai bidang kegiatan sudah banyak dijumpai. Aplikasi teknologi nuklir antara lain dapat dijumpai pada bidang kedokteran, farmasi, biologi, pertanian, hidrologi, pertambangan, industri dan lain-lain (Mulyadi, 2010, hlm. 156).

Mengingat bahwa zat radioaktif dapat menyebabkan berbagai macam kerusakan biologis apabila tidak ditangani dengan benar, baik melalui efek langsung maupun efek tertunda, maka tidak dibenarkan dan sangat tidak etis bila ada yang membuang bahan sisa radioaktif ke lingkungan. Walaupun secara alamiah radioaktivitas lingkungan sudah ada sejak terbentuknya bumi ini, namun kita tidak boleh menambah radioaktivitas lingkungan dengan membuang secara sembarangan bahan sisa radioaktif ke lingkungan. Pembakaran batu bara adalah salah satu sumber yang dapat menaikkan radioaktivitas lingkungan. Secara nasional sudah ada pertauran perundangan yang mengatur masalah bahan sisa (limbah) radioaktif. Mengenai hal ini Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) secara aktif mengawasi pelaksanaan peraturan perundangan tersebut (Mulyadi, 2010, hlm. 156).

b) Komponen Pencemaran Air

Berbagai macam kegiatan industri dan teknologi yang ada saat ini apabila tidak disertai dengan program pengelolaan limbah yang baik akan memungkinkan terjadinya pencemaran air, baik secara langsung maupun tidak langsung. Bahan buangan dan air limbah yang berasal dari kegiatan industri adalah penyebab utama terjadinya pencemaran air. Komponen pencemar air menurut Mulyadi (2010, hlm 157) dikelompokkan sebagai berikut:

(1) Bahan Buangan Padat

Bahan buangan padat yang dimaksud di sini adalah bahan buangan yang berbentuk padat, baik secara kasar (butiran besar) maupun yang halus (butiran kecil). Kedua macam bahan buangan padat tersebut apabila dibuang ke air lingkungan (sungai) maka kemungkinan yang dapat terjadi adalah:

(a) Pelarut Bahan Buangan Padat oleh Air

Apabila bahan buangan padat larut dalam air, maka kepekatan air atau berat jenis cairan akan naik. Adakalanya pelarutan bahan buangan padat di dalam air akan disertai pula dengan perubahan warna air. Air yang mengandung larutan pekat dan berwarna gelap akan mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam air. Akibatnya, proses fotosintesis tanaman dalam air menjadi terganggu. Jumlah oksigen yang terlarut di dalam air juga akan berkurang. Hal ini sudah barang tentu berakibat pula terhadap kehidupan organisme yang hidup di dalam air.

(b) Pengendapan Bahan Buangan Padat di Dasar Air

Kalau bahan buangan padat berbentuk kasar (butiran besar) dan berat serta tidak larut dalam air maka bahan buangan tersebut akan mengendap di dasar sungai. Terjadinya endapan di dasar sungai tersebut sangat mengganggu kehidupan organisme di dalam air karena endapan akan menutupi permukaan dasar air yang mungkin mengandung telur ikan sehingga telur ikan tersebut tidak akan menetas.

Adanya endapan tersebut juga menghalangi sumber makanan yang ada di dasar sungai sehingga jumlah makanan bagi ikan menjadi berkurang. Populasi ikan akan menyusut. Endapan juga dapat menghalangi datangnya sinar matahari sehingga fotosintesis terganggu.

(c) Pembentukan Koloidal yang Melayang di Dalam Air

Koloidal terjadi karena bahan buangan padat yang berbentuk halus (butiran kecil) sebagian ada yang larut dan sebagian lagi tidak dapat larut dan tidak dapat mengendap. Koloidal ini melayang di dalam air sehingga menjadi keruh. Kekeruhan ini akan menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air. Akibatnya, fotosintesis tanaman di dalam air tidak dapat berlangsung. Kandungan oksigen yang terlarut di dalam air juga akan menurun. Menurunnya kandungan oksigen yang terlarut dalam air akan mempengaruhi kehidupan hewan air.

(2) Bahan Buangan Organik

Bahan buangan organik pada umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme. Oleh karena itu sangat bijaksana apabila bahan buangan yang termasuk kelompok ini tidak dibuang ke air lingkungan karena akan dapat menaikkan populasi mikroorganisme di dalam air. Dengan bertambahnya mikroorganisme di dalam air maka tidak menutup kemungkinan untuk ikut berkembangnya bakteri patogen yang berbahaya bagi manusia. Bahan buangan organik sebaiknya diproses menjadi pupuk buatan (kompos) yang berguna bagi tanaman.

(3) Bahan Buangan Anorganik

Bahan buangan anorganik pada umumnya berupa limbah yang tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Apabila bahan buangan anorganik ini masuk ke air lingkungan maka akan terjadi peningkatan jumlah ion logam di dalam air. Bahan buangan anorganik biasanya berasal dari industri yang melibatkan unsur-unsur logam seperti Timbal (Pb), Arsen (As), Kadmium (Cd), Air Raksa (Hg), Kromium (Cr), Nikel (Ni), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Kobalt (Co) dan lain-lain.

Kandungan ion Kalsium (Ca) dan ion Magnesium (Mg) di dalam air menyebabkan air bersifat sadah. Kesadahan air yang tinggi dapat merugikan karena dapat merusak peralatan yang terbuat dari besi, yaitu melalui proses pengkaratan (korosi), juga mudah menimbulkan endapan atau kerak pada peralatan proses, seperti tangki/bejana air, ketel uap, pipa penyaluran dan lain sebagainya.

Apabila ion-ion logam yang terjadi di dalam air berasal dari logam berat maupun logam bersifat racun, maka air tersebut sangat berbahaya bagi tubuh manusia. Air tersebut tidak dapat digunakan sebagai air minum.

(4) Bahan Buangan Olahan Bahan Makanan

Sebenarnya bahan buangan olahan makanan ini termasuk juga ke dalam kelompok bahan buangan organik, namun seringkali menimbulkan bau busuk yang menyengat pada hidung. Apabila bahan buangan olahan bahan makanan

mengandung protein dan gugus amin, maka pada saat didegradasi oleh mikroorganisme akan terurai menjadi senyawa yang mudah menguap dan bau busuk. Air lingkungan yang sudah tercemar oleh bahan ini akan mengandung banyak mikroorganisme, termasuk pula di dalamnya bakteri patogen.

(5) Bahan Buangan Cairan Berminyak

Bahan buangan cairan berminyak yang dibuang ke lingkungan tidak dapat larut di dalam air, sehingga akan mengapung menutupi permukaan air. Lapisan minyak yang menutupi permukaan air dapat juga terdegradasi oleh mikroorganisme tertentu, namun memerlukan waktu yang cukup lama.

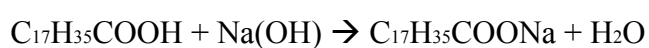
Lapisan minyak di permukaan air akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air. Hal ini disebabkan oleh: (1) lapisan minyak akan menghalangi difusi oksigen dari udara ke dalam air sehingga jumlah oksigen yang terlarut di dalam air menjadi berkurang; (2) menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air sehingga fotosintesis oleh tanaman air tidak dapat berlangsung; (3) kehidupan hewan air jadi terganggu termasuk burung airpun ikut terganggu karena bulunya jadi lengket.

(6) Bahan Buangan Zat Kimia

Bahan buangan zat kimia banyak ragamnya, tetapi yang dimaksudkan dalam kelompok ini adalah bahan pencemar air yang berupa sabun, bahan pemberantas hama, zat warna kimia, larutan penyamak kulit, zat radioaktif.

(a) Sabun

Adanya bahan buangan yang berupa sabun (detergen, sampo dan bahan pembersih lainnya) yang berlebih di dalam air ditandai dengan timbulnya buih-buih sabun pada permukaan air. Sabun berasal dari asam lemak (stearat, palmitat atau oleat) yang direaksikan dengan basa Na(OH) atau K(OH), berdasarkan reaksi kimia berikut.



Asam asetat basa sabun

Beberapa sifat sabun antara lain adalah sebagai berikut: larutan sabun mempunyai sifat membersihkan karena mengemulsikan kotoran yang melekat pada badan atau pakaian; sabun sukar membuih (membentuk emulsi) dengan air sadah (air yang mengandung ion Ca dan/atau ion Mg); sabun dengan air sadah akan membentuk endapan; larutan sabun bereaksi basa karena terjadi hidrolisis sebagian.

Sedangkan detergen adalah juga bahan pembersih seperti halnya sabun, akan tetapi dibuat dari senyawa petrokimia. Detergen punya kelebihan dibandingkan dengan sabun, karena dapat bekerja pada air sadah. Bahan detergen yang umum digunakan adalah *dodecylbenzensulfonat*.

Bahan buangan berupa sabun dan detergen di dalam air lingkungan akan mengganggu karena akan menaikkan pH air sehingga dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air. Detergen yang menggunakan bahan non-Fosfat akan menaikkan pH air sampai 10,5 – 11; bahan antiseptik yang ditambahkan ke dalam sabun/detergen, juga mengganggu kehidupan mikroorganisme di dalam air, bahkan dapat mematikan; Ada sebagian bahan sabun/detergen yang tidak dapat dipecah (didegradasi) oleh mikroorganisme yang ada di dalam air. Keadaan ini sudah barang tentu akan merugikan lingkungan. Namun akhir-akhir ini mulai banyak digunakan bahan yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme.

(b) Bahan Insektisida

Pemakaian bahan insektisida pada lahan pertanian seringkali meliputi wilayah yang sangat luas, sehingga sisa bahan insektisida pada daerah pertanian tersebut cukup banyak. Sisa bahan insektisida tersebut dapat sampai ke air lingkungan melalui pengairan sawah, melalui hujan yang jatuh pada daerah pertanian kemudian mengalir ke sungai atau danau sekitarnya. Bahan insektisida di dalam air sulit untuk dipecah oleh mikroorganisme, walaupun bisa hal itu akan berlangsung dalam waktu yang lama. Waktu degradasi oleh mikroorganisme berselang dalam waktu yang lama. Waktu degradasi oleh mikroorganisme berselang antara beberapa minggu sampai dengan beberapa tahun.

(c) Zat Warna Kimia

Semua zat warna adalah racun bagi tubuh manusia. Oleh karena itu pencemaran zat warna ke air lingkungan perlu mendapat perhatian yang sungguh-sungguh agar tidak sampai masuk ke dalam tubuh manusia melalui air minum. Ada zat warna tertentu yang relatif aman bagi manusia, yaitu zat warna yang di gunakan padan industri bahan makanan dan minuman, industri farmasi/obat-obatan.

Zat warna tersusun dari:

Zat warna = Chromogen + Auxochrome

Chromogen adalah senyawa aromatik yang berisi *chromopore* yaitu zat pemberi warna yang berasal dari radikal kimia, seperti:

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| Kelompok nitroso | : -NO |
| Kelompok nitro | : -NO ₂ |
| Kelompok azo | : -N=N |
| Kelompok ethylene | : >C = C< |
| Kelompok carbonyl | : >C = O |
| Kelompok carbon-nitrogen | : >C = NH dan -CH = N- |
| Kelompok belerang | : > C = S dan ->C-S-S-C<- |

Macam-macam warna dapat diperoleh dari penggabungan radikal kimia tersebut di atas dengan senyawa kimia lain. Agar zat warna dapat masuk dan meresap dengan baik ke dalam bahan yang akan diberi warna diperlukan bantuan *auxochrome*, yaitu radikal yang memudahkan terjadinya pelarutan: -COOH atau -SO₃H. Auxochrome dapat juga berupa kelompok pembentuk garam: -NH₂ atau -OH.

Zat warna dapat juga diperoleh dari senyawa anorganik dan dari mineral alam seperti yang digunakan pada cat. Zat warna yang diperoleh dari senyawa anorganik dan dari mineral alam sering disebut dengan pigment. Beberapa contoh warna pigment yang berasal dari senyawa anorganik dan mineral alam adalah warna putih (titanium dioksida, seng oksida, seng sulfide, timbal sulfat), warna merah (besi oksida, kadmium merah, timbal merah, toners dan lak), warna biru (graphite, carbon black, lengas lampu, magnetite black), warna kuning (seng kromat, ferit

kuning, kadmium lithopone, ocher), warna metalik (aluminium, debu seng, serbuk tembaga).

Melihat susunan bahan pembentuk zat warna, kiranya mudah dipahami bahwa hampir semua zat warna kimia adalah racun. Selain bersifat racun, zat warna kimia apabila masuk ke dalam tubuh manusia juga akan bersifat *cocarsinogenik*, yaitu ikut merangsang (penyebab) tumbuhnya kanker.



Gambar 2.4
Pencemaran Air

Sumber: www.google.com

(d) Larutan Penyamak Kulit

Industri penyamakan kulit, senyawa Chromium merupakan bahan penyamak kulit yang banyak digunakan. Apabila sisa larutan penyamak kulit di buang ke air lingkungan, berarti menambah jumlah ion logam pada air lingkungan. Air lingkungan yang mengandung ion logam yang berlebihan pada umumnya tidak dapat dikonsumsi sebagai air minum.

(e) Zat Radioaktif

Pembuangan sisa zat radioaktif ke air lingkungan secara langsung jelas tidak diperbolehkan. Akan tetapi mengingat bahwa aplikasi teknologi nuklir yang menggunakan zat radioaktif pada berbagai bidang sudah begitu banyak, seperti teknologi nuklir pada bidang pertanian, peternakan, kedokteran, hidrologi, farmasi,

pertambangan, industri, dan lain sebagainya, maka tidak tertutup kemungkinan bahwa zat radioaktif ikut terbawa ke air lingkungan.

Terjadinya kenaikan zat radioaktif di air lingkungan, hal itu sudah barang tentu berbahaya bagi lingkungan dan kehidupan manusia karena zat radioaktif dapat menyebabkan kerusakan biologis, baik melalui efek langsung maupun melalui efek tertunda.

4) Pengertian COD dan BOD

Kehidupan mikroorganisme, seperti ikan dan hewan lainnya, tidak terlepas dari kandungan oksigen yang terlarut di dalam air, tidak berbeda dengan manusia dan makhluk hidup lainnya yang ada di darat, yang juga memerlukan oksigen dari udara agar tetap dapat bertahan. Air yang tidak mengandung oksigen tidak akan memberikan kehidupan bagi mikroorganisme, ikan dan hewan air lainnya. Oksigen yang terlarut di dalam air sangatlah penting artinya bagi kehidupan (Mulyadi, 2010, hlm. 162)

Melihat kandungan oksigen yang terlarut di dalam air dapat ditentukan seberapa jauh tingkat pencemaran air lingkungan telah terjadi. Cara yang ditempuh untuk maksud tersebut menurut Mulyadi (2010, hlm. 163) adalah dengan cara uji:

- a) COD, singkatan dari *Chemical Oxygen Demand* atau kebutuhan oksigen kimia untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan di dalam air.
- b) BOD, singkatan dari *Biological Oxygen Demand* atau kebutuhan oksigen biologis untuk memecah bahan buangan di dalam air oleh mikroorganisme.

Melalui kedua cara tersebut dapat ditentukan tingkat pencemaran air lingkungan.

5) Pencemaran Daratan

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. Dalam keadaan normal daratan harus dapat memberikan daya dukung bagi kehidupan manusia, baik untuk pertanian, peternakan, kehutanan, maupun untuk pemukiman (Mulyadi, 2010, hlm. 163).

Apabila bahan-bahan asing tersebut berada di daratan dalam waktu yang lama dan menimbulkan gangguan terhadap kehidupan manusia, hewan maupun tanaman, maka dapat dikatakan bahwa daratan telah mengalami pencemaran (Mulyadi, 2010, hlm. 163). Kalau hal ini terjadi maka kenyataan hidup, yang merupakan sasaran peningkatan kualitas hidup, tidak dapat dicapai.

a) Penyebab Pencemaran Daratan

Kemajuan industri dan teknologi yang berkembang pesat dewasa ini selain dapat menimbulkan pencemaran terhadap udara dan air, dapat juga menimbulkan pencemaran terhadap daratan (Mulyadi, 2010, hlm. 163).

Pencemaran daratan relatif lebih mudah diamati (dikontrol) dibandingkan dengan pencemaran udaran maupun pencemaran air. Menurut Mulyadi (2010, hlm. 163) secara garis besar pencemaran daratan dapat disebabkan oleh:

(1) Faktor Internal

Faktor internal yaitu pencemaran yang disebabkan oleh peristiwa alam, seperti letusan gunung berapi yang memuntahkan debu, pasir, batu dan bahan vulkanik lainnya yang menutupi dan merusak daratan sehingga daratan menjadi tercemar. Pencemaran karena faktor internal ini tidak terlalu menjadi beban pemikiran dalam masalah lingkungan karena dianggap sebagai musibah bencana alam.

(2) Faktor Eksternal

Faktor eksternal yaitu pencemaran daratan karena ulah dan aktivitas manusia. Pencemaran ini merupakan masalah yang perlu mendapat perhatian yang seksama dan sungguh-sungguh agar daratan tetap dapat memberikan daya dukung alamnya bagi kehidupan manusia.

b) Komponen Pencemaran Daratan

Segala macam organisme yang ada di alam ini selalu menghasilkan limbah atau bahan buangan. Sebagian besar limbah yang dihasilkan oleh organisme yang ada di alam ini bersifat organik, kecuali limbah yang berasal dari aktivitas manusia yang dapat bersifat organik maupun anorganik. Tidak ada organisme yang ada di

alam ini yang menghasilkan begitu banyak limbah atau bahan buangan seperti yang di hasilkan oleh manusia. Limbah atau bahan buangan seperti yang dihasilkan oleh berbagai macam kegiatan manusia sering dinamakan juga dengan *Anthropogenic pollutants*. Penamaan demikian ini sekedar untuk membedakan bahwa selain manusia masih ada juga makhluk hidup lainnya (organisme) yang menghasilkan limbah (Mulyadi, 2010, hlm. 164).



Gambar 2.5
Pencemaran Tanah
Sumber: *www.google.com*

Bentuk dan macam limbah yang dihasilkan manusia tergantung pada tingkat peradaban manusia. Sebelum manusia mengenal kemajuan industri dan teknologi, limbah atau bahan buangan yang dihasilkan dari kegiatan manusia pada umumnya bersifat organik. Ditinjau dari kepentingan kelestarian lingkungan, limbah yang bersifat organik lebih menguntungkan karena dengan mudah dapat didegradasi atau dipecah oleh mikroorganisme, menjadi bahan yang mudah menyatu kembali dengan alam tanpa menimbulkan pencemaran pada lingkungan (Mulyadi, 2010, hlm. 164).

Kemajuan industri dan teknologi ternyata telah menambah jenis limbah manusia yang semula sebagian besar bersifat organik menjadi bersifat organik dan juga anorganik. Bagaimana peranan atau pengaruh kemajuan industri dan teknologi terhadap macam limbah yang dihasilkan? Akan menghasilkan limbah sesuai dengan komposisi bahan yang digunakan dalam industri tersebut (Mulyadi, 2010, hlm. 164).

Pencemaran daratan pada umumnya berasal dari limbah berbentuk padat yang dikumpulkan pada suatu tempat penampungan yang sering disebut dengan TPA (Tempat Pembuangan Akhir) atau *Dump Station*. Bahan buangan padat terdiri dari berbagai macam komponen baik yang bersifat organik maupun anorganik. Bahan buangan padat kota besar di negara industri padat akan berbeda dengan bahan buangan yang di hasilkan oleh kota kecil yang tidak ada kegiatan industrinya (Mulyadi, 2010, hlm. 165). Susunan komponen pencemar daratan yang berasal dari bahan buangan atau limbah kota-kota besar di negara industri dapat dilihat pada tabel 2.7.

Komposisi bahan buangan organik dan bahan buangan anorganik perbandingannya kurang lebih 70% : 30% (Mulyadi, 2010, hlm 165). Makin banyak bahan buangan organik dibandingkan dengan bahan anorganik akan makin baik dipandang dari sudut pelestarian lingkungan, karena bahan organik lebih mudah didegradasi dan menyatu kembali dengan lingkungan alam.

Bahan buangan anorganik yang sulit didegradasi oleh mikroorganisme dipisahkan dari bahan buangan organik dan dikumpulkan sesuai dengan sifat dan jenisnya. Pemisahan ini seringkali sudah dimulai sejak bahan buangan akan dijadikan limbah, dengan menyediakan tempat limbah (sampah) yang sudah dibagi sesuai dengan sifat dan jenisnya. Cara ini akan sangat membantu proses daur ulang bahan buangan sehingga menjadi bahan yang masih dapat dimanfaatkan lagi bagi kehidupan manusia (Mulyadi, 2010, hlm. 165).

Tabel 2.7
Komponen Pencemar Daratan

| Komponen | Prosentase |
|---------------------------|------------|
| Kertas | 41% |
| Limbah bahan makanan | 21% |
| Gelas | 12% |
| Logam (besi) | 10% |
| Plastik | 5% |
| Kayu | 5% |
| Karet dan kulit | 3% |
| Kain (serat tekstil) | 2% |
| Logam lainnya (aluminium) | 1% |

Sumber: Mulyadi, 2010, hlm. 165

c) Masalah Daur Ulang Limbah Padat

Walaupun sudah disediakan tempat pembuangan akhir untuk menimbun limbah (sampah) padat yang dihasilkan oleh warga kota, namun karena limbah yang dihasilkan terus bertambah maka tempat pembuangan akhir (TPA) makin meluas. Dengan bertambah luasnya tempat pembuangan akhir berarti akan makin mengurangi luas daratan yang dapat dimanfaatkan untuk daerah pemukiman, daerah industri, daerah pertanian dan lain-lainnya. Mengingat akan hal ini maka perlu pemikiran lebih lanjut bagaimana mengurangi jumlah limbah padat dengan memanfaatkan kembali limbah padat tersebut untuk kepentingan manusia melalui proses daur ulang limbah (bahan buangan) padat, sekaligus sebagai usaha untuk mengurangi pencemaran daratan (Mulyadi, 2010, hlm. 165)

Pemanfaatan kembali limbah padat ternyata banyak memberikan keuntungan bagi kehidupan manusia. Limbah padat yang semula tidak berharga, setelah dimanfaatkan kembali melalui proses daur ulang, menjadi bernilai ekonomis. Beberapa cara pemanfaatan kembali limbah padat menurut Mulyadi (2010, hlm. 166) terdapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8
Limbah Padat dan Pemanfaatannya Kembali

| Limbah | Pemanfaatan Kembali (daur ulang) |
|--------------------------|---|
| Kertas | <ol style="list-style-type: none"> 1. Dibuat bubur pulp lagi untuk bahan ketas, cardboard dan produk-produk kertas lainnya. 2. Dihancurkan untuk dipakai sebagai bahan pengisi, bahan isolasi. 3. Diinsenerasi sebagai penghasil panas. |
| Bahan organik | <ol style="list-style-type: none"> 1. Dibuat kompos untuk pupuk tanaman. 2. Diinsenerasi sebagai penghasil panas. |
| Tekstil/pakaian (bekas) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Dihancurkan untuk dipakai sebagai bahan pengisi bahan isolasi. 2. Diinsenerasi sebagai penghasil panas. 3. Disumbangkan kepada yang memerlukan. |
| Gelas | <ol style="list-style-type: none"> 1. Dibersihkan dan dipakai lagi (botol). 2. Dihancurkan untuk digunakan lagi sebagai bahan pembuat gelas baru. 3. Dihancurkan dan dicampur aspal untuk pengerasan jalan. 4. Dihancurkan dan dicampurkan pasir dan batu untuk pembuatan bata semen. |
| Logam | <ol style="list-style-type: none"> 1. Dicor untuk pembuatan logam baru yang dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan. 2. Langsung digunakan lagi bila keadaannya masih baik dan memungkinkan. |
| Karet, kulit dan plastik | <ol style="list-style-type: none"> 1. Dihancurkan untuk di pakai sebagai bahan pengisi isolasi. 2. Diinsenerasi sebagai penghasil panas. |

Sumber: Mulyadi, 2010, hlm. 166

6) Pencemaran Udara

Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan dan binatang. Bila keadaan seperti tersebut terjadi maka udara dikatakan tercemar (Mulyadi, 2010, hlm. 167).

Mulyadi (2010, hlm. 167) menerangkan bahwa udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Udara adalah juga atmosfer yang berada di sekeliling bumi yang fungsinya sangat penting bagi kehidupan di dunia ini. Dalam udara terdapat oksigen (O_2) untuk bernapas, karbondioksida untuk proses fotosintesis oleh klorofil dan ozone (O_3) untuk menahan sinar ultra violet.

Susunan (komposisi) udara bersih dan kering menurut Mulyadi (2010, hlm. 167), kira-kira tersusun oleh Nitrogen (N_2) = 78,09 %, Oksigen (O_2) = 21,94 %, Argon (Ar) = 0,93 %, Karbon dioksida (CO_2) = 0,032 %.

Gas-gas lain yang terdapat dalam udara antara lain gas-gas mulia, nitrogen oksida, hidrogen, methane, belerang dioksida, ammonia dan lain-lain.



Gambar 2.6
Pencemaran Udara
Sumber: *www.google.com*

Akibat aktivitas perubahan manusia udara seringkali menurun kualitasnya. Perubahan kualitas ini dapat berupa perubahan sifat-sifat fisis maupun sifat-sifat kimiawi (Mulyadi, 2010, hlm. 168). Perubahan kimiawi, dapat berupa pengurangan maupun penambahan salah satu komponen kimia yang terkandung dalam udara, yang lazim dikenal sebagai pencemaran udara. Kualitas udara yang dipergunakan untuk kehidupan tergantung dari lingkungannya. Kemungkinan yang bertebaran dimana-mana dan berbahaya bagi kesehatan. Demikian juga suatu kota yang terpolusi oleh asap kendaraan bermotor atau angkutan yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan.

a) Penyebab Pencemaran Udara

Pembangunan yang berkembang pesat dewasa ini, khususnya dalam industri dan teknologi, serta meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil (minyak) menyebabkan udara yang kita hirup di sekitar kita menjadi tercemar oleh gas-gas buangan hasil pembakaran.

Secara umum penyebab pencemaran menurut Mulyadi (2010, hlm. 168) ada dua macam, yaitu:

- (1) Karena faktor internal (secara alamiah), contoh debu yang beterbangan akibat tiupan angin, abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi berikut gas-gas vulkanik, proses pembusukan sampah organik, dll.
- (2) Karena faktor eksternal (karena ulah manusia), contoh hasil pembakaran bahan bakar fosil, debu/serbuk dari kegiatan industri, pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara.

Pencemaran udara pada suatu tingkat tertentu dapat merupakan campuran dari satu atau lebih bahan pencemar, baik berupa padatan, cairan atau gas yang masuk terdispersi ke udara dan kemudian menyebar ke lingkungan sekitarnya. Kecepatan penyebaran ini sudah barang tentu akan tergantung pada keadaan geografi dan meteorologi setempat (Mulyadi, 2010, hlm. 168)

Udara bersih yang kita hirup merupakan gas yang tidak tampak, tidak berbau, tidak berwarna maupun berasa. Akan tetapi udara yang benar-benar bersih sudah sulit diperoleh, terutama di kota-kota besar yang banyak industrinya dan padat lalu-lintasnya. Udara yang tercemar dapat merusak lingkungan dan kehidupan manusia. Terjadinya kerusakan lingkungan berarti berkurangnya (rusaknya) daya dukung alam yang selanjutnya akan mengurangi kualitas hidup manusia (Mulyadi, 2010, hlm. 168).

b) Komponen Pencemaran Udara

Komponen pencemaran udara dibedakan berdasarkan bentuk, tempat dan sumber, pengaruh terhadap gangguan kesehatan, dan komposisinya. Komponen-komponen tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

- (1) Pencemaran udara berbentuk gas menurut Mulyadi (2010, hlm. 168) dapat dibedakan menjadi golongan belerang terdiri dari *Sulfur Dioksida* (SO_2), *Hidrogen Sulfida* (H_2S) dan *Sulfat Aerosol*, golongan Nitrogen terdiri dari *Nitrogen Oksida* (N_2O), *Nitrogen Monoksida* (NO) dan *Amoniak* (NH_3), golongan Karbon terdiri dari *Karbon Dioksida* (CO_2), *Karbon Monoksida* (CO), *Hidrokarbon*, golongan gas yang berbahaya terdiri dari *Benzen*, *Vinyl Klorida*, air raksa uap.
- (2) Pencemaran udara berbentuk partikel menurut Mulyadi (2010, hlm. 169) dibedakan menjadi mineral (anorganik) dapat berupa racun seperti air raksa dan timah, bahan organik terdiri dari ikatan *Hidrokarbon*, *Klorinasi Alkan*, *Benzen*, makhluk hidup terdiri dari bakteri, virus, telur cacing.
- (3) Pencemaran udara menurut tempat dan sumbernya menurut Mulyadi (2010, hlm. 169) dibedakan menjadi pencemaran udara bebas (*out door air pollution*), sumber pencemaran udara bebas, pencemaran udara ruangan (*in door air pollution*), berupa pencemaran udara dalam ruangan yang berasal dari pemukiman, perkantoran ataupun gedung tinggi.
- (4) Pencemaran udara berdasarkan pengaruhnya terhadap gangguan kesehatan menurut Mulyadi (2010, hlm. 169) dibedakan menjadi:
 - (a) Iritasia yang merangsang proses peradangan hanya pada saluran pernapasan bagian atas.
 - (b) Asfiksia yang disebabkan oleh berkurangnya kemampuan tubuh dalam menangkap oksigen atau mengakibatkan kadar O_2 menjadi berkurang.
 - (c) Anestesia yang bersifat menekan susunan saraf pusat sehingga kehilangan kesadaran.
- (5) Pencemaran udara menurut Mulyadi (2010, hlm. 169) dapat pula dikelompokkan ke dalam:
 - (a) Pencemaran primer yaitu polutan yang bentuk dan komposisinya sama dengan ketika dipancarkan.
 - (b) Pencemaran sekunder yaitu berbagai bahan pencemar kadangkala bereaksi satu sama lain menghasilkan jenis pencemar baru, yang justru lebih membahayakan

kehidupan. Rekasi ini dapat terjadi secara otomatis ataupun dengan cara bantuan katalisator.

7) Dampak Pencemaran Udara

Dampak pencemaran udara saat ini merupakan masalah serius yang dihadapi oleh negara-negara industri. Akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran udara tidak hanya menimbulkan dampak langsung terhadap kesehatan manusia saja, akan tetapi juga dapat merusak lingkungan lainnya seperti hewan, tumbuhan, bangunan gedung dan lain sebagainya (Mulyadi, 2010, hlm. 182).

Berdasarkan hasil penelitian di Amerika Serikat pada tahun 1980, kematian yang disebabkan oleh pencemaran udara mencapai angka ± 51.000 orang. Angka tersebut cukup mengerikan karena bersaing keras dengan angka kematian yang disebabkan oleh penyakit lainnya, seperti jantung, kanker dan AIDS (Mulyadi, 2010, hlm. 182).

a) Dampak Pencemaran oleh Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) adalah gas yang tidak berbau, tidak berasa dan juga tidak berwarna (Mulyadi, 2010, hlm. 182). Oleh karena itu lingkungan yang tercemar oleh gas CO tidak dapat dilihat oleh mata. Sudah sejak lama diketahui bahwa gas CO dalam jumlah banyak (konsentrasi tinggi) dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti keracunan sistem saraf pusat dan jantung, bahkan juga dapat menimbulkan kematian. Karbon monoksida (CO) apabila terhisap ke dalam paru-paru akan ikut peredaran darah dan akan menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh.

b) Dampak Pencemaran oleh Nitrogen Oksida (NO_x)

Gas nitrogen oksida (NO_x) ada dua macam, yaitu gas nitrogen monoksida (NO) dan gas nitrogen dioksida (NO₂). Kedua macam gas tersebut mempunyai sifat yang berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi kesehatan. Gas NO yang mencemari udara secara visual sulit diamati karena gas tersebut tidak berwarna dan tidak berbau. Sedangkan gas NO₂ bila mencemari udara mudah diamati dari baunya yang sangat menyengat dan warnanya coklat kemerahan (Mulyadi, 2010, hlm. 184).

Sifat racun (toksisitas) gas NO_2 empat kali lebih kuat daripada toksisitas gas NO . organ tubuh yang paling peka terhadap pencemaran NO_2 adalah paru-paru. Paru-paru yang terkontaminasi oleh gas NO_2 akan membengkak sehingga penderita sulit bernapas yang mengakibatkan kematian (Mulyadi, 2010, hlm. 184).

c) Dampak Pencemaran oleh Belerang Oksida (SO_x)

Sebagian besar pencemaran udara oleh gas belerang oksida (SO_x) berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, terutama batu bara. Ada dua macam gas belerang oksida, yaitu SO_2 dan SO_3 . Dalam hal ini pembakaran akan menghasilkan gas SO_2 yang lebih banyak daripada gas SO_3 .

Kalau konsentrasi SO_x yang rendah sudah dapat merusak tanaman, lain halnya dengan konsentrasi SO_x yang dapat menimbulkan gangguan terhadap manusia maupun hewan. Manusia dan hewan dapat terganggu oleh udara yang tercemar oleh gas SO_x yang konsentrasinya lebih tinggi. Kalau tanaman akan rusak oleh SO_x berkonsentrasi 0,4 ppm, manusia dan hewan belum akan terpengaruh oleh SO_x berkonsentrasi sebesar itu (Mulyadi, 2010, hlm. 186).

Menurut Mulyadi (2010, hlm. 187) menyebutkan bahwa udara yang tercemar SO_x menyebabkan manusia akan mengalami gangguan pada sistem pernapasannya. Hal ini karena gas SO_x yang mudah menjadi asam tersebut menyerang selaput lendir pada hidung, tenggorokan, dan menyebabkan iritasi pada bagian tubuh yang terkena. Otot saluran pernapasan dapat mengalami kejang bila teriritasi oleh SO_2 dan spasme akan lebih berat bila konsentrasi SO_x lebih tinggi sementara suhu udara rendah. Apabila waktu kontak dengan gas SO_2 cukup lama maka akan terjadi peradangan yang hebat pada selaput lendir yang diikuti *paralysis cilia* (kelumpuhan sistem pernapasan), kerusakan lapisan ephitelium yang pada akhirnya diikuti dengan kematian.

Tabel 2.9
Dampak Pencemaran Udara Berupa Gas

| No | Bahan Pencemar | Sumber | Dampak |
|----|---|---|---|
| 1 | Sulfur Dioksida (SO ₂) | Batu bara atau bahan bakar minyak yang mengandung Sulfur. Pembakaran limbah pertanian. Proses dalam industri. | Menimbulkan efek iritasi pada saluran napas sehingga menimbulkan gejala batuk dan sesak napas. |
| 2 | Hidrogen Sulfa (H ₂ S) | Dari kawah gunung yang masih aktif. | Menimbulkan bau yang tidak sedap, dapat merusak indera penciuman. |
| 3 | Nitrogen Oksida (N ₂ O) Nitrogen Monoksida (NO) Nitrogen Dioksida (NO ₂) | Berbagai jenis pembakaran. Gas buangan kendaraan bermotor. Peledak, pabrik pupuk. | Mengganggu sistem pernapasan. Melemahkan sistem pernapasan paru dan saluran napas sehingga paru muda terserang infeksi. |
| 4 | Amoniak (NH ₃) | Proses industri | Menimbulkan bau yang tidak sedap/menyengat. Menyebabkan sistem pernapasan, Bronchitis, merusak indera penciuman. |
| 5 | Karbon Dioksida (CO ₂) Karbon Monoksida Hidrokarbon | Semua hasil pembakaran. Proses industri. | Menimbulkan efek sistematis, karena meracuni tubuh dengan cara pengikatan hemoglobin yang amat vital bagi oksigenasi jaringan tubuh akibatnya apabila otak kekurangan oksigen dapat menimbulkan kematian. Dalam jumlah kecil dapat menimbulkan gangguan berpikir, gerakan otot, gangguan jantung. |

Sumber: Mulyadi, 2010, hlm. 186

Tabel 2.10
Dampak Pencemaran Udara Berupa Partikel

| No | Bahan Pencemar | Sumber | Dampak |
|----|--|---|---|
| 1 | Debu - partikel | Debu domestik maupun dari industri. Gas buangan kendaraan bermotor. Peleburan timah hitam pabrik baterai. | Menimbulkan iritasi mukosa, Bronchitis, menimbulkan fibrosis paru. Dampak yang ditimbulkan amat membahayakan, karena dapat meracuni sistem pembentukan darah merah. Menimbulkan gangguan pembentukan sel darah merah. Pada anak kecil menimbulkan penurunan kemampuan otak. Pada orang dewasa menimbulkan anemia dan gangguan tekanan darah tinggi. |
| 2 | Benzen | Kendaraan bermotor. Daerah industri. | Menimbulkan gangguan saraf pusat. |
| 3 | Partikel polutan bersifat biologis berupa: Bakteri, jamur, virus, telur cacing | Daerah yang kurang bersih lingkungannya. | Pada pencemaran udara ruangan yang ber AC dijumpai beberapa jenis bakteri yang mengakibatkan penyakit pernapasan. |

Sumber: Mulyadi, 2010, hlm. 191

8) Dampak Pencemaran Air

Air merupakan salah satu sumber kehidupan bagi umat manusia. Apabila air tercemar maka kehidupan manusia akan terganggu. Hampir semua makhluk hidup di muka bumi ini memerlukan air, dari mikroorganisme sampai dengan mamalia. Tanpa air tiada kehidupan di muka bumi ini (Mulyadi, 2010, hlm. 196).

Jumlah air di muka bumi ini relatif konstan sekitar 71% dari luas permukaan bumi meskipun air mengalami pergerakan arus, tersirkulasi karena pengaruh cuaca, dan juga mengalami perubahan bentuk fisik antara lain melalui air permukaan yang menjadi uap (evaporasi), air yang mengikuti sirkulasi dalam tubuh tanaman (transpirasi), air yang mengikuti sirkulasi di tubuh manusia dan hewan (respirasi). Air yang menguap akan terkumpul menjadi awan kemudian jatuh sebagai air hujan. Air hujan ada yang langsung bergabung dipermukaan ada pula yang meresap masuk ke dalam celah batuan dalam tanah sehingga menjadi air tanah. Sirkulasi dan perubahan fisik akan berlangsung terus sampai akhir zaman nanti (Mulyadi, 2010, hlm. 196).

Pencemaran air dapat berdampak sangat luas, misalnya meracuni air minum, meracuni makanan hewan, menjadi penyebab ketidak seimbangan ekosistem sungai dan danau, pengrusakan hutan akibat hujan asam dsb. Di badan air, sungai dan danau, nitrogen dan fosfat dari kegiatan pertanian telah menyebabkan pertumbuhan tanaman air yang di luar kendali yang disebut eutrofikasi. Ledakan pertumbuhan tersebut menyebabkan oksigen yang seharusnya digunakan bersama oleh seluruh hewan/tumbuhan air, menjadi berkurang. Ketika tanaman air tersebut mati, dekomposisinya menyedot lebih banyak oksigen. Akibatnya ikan akan mati dan aktivitas bakteri menurun (Mulyadi, 2010, hlm. 196).

Tabel 2.11
Beberapa Penyakit Bawaan Air dan Agennya

| Agen | Penyakit |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Virus | |
| <i>Rotavirus</i> | Diare pada anak |
| <i>Virus Hepatitis A</i> | Hepatitis A |
| <i>Virus Poliomyelitis</i> | Polio (myelitis anterior acuta) |
| Bakteri | |
| <i>Vibrio cholera</i> | Chorela |
| <i>Escherichia Coli</i> | Diare/Disentri |
| Enteropatogenik | |
| <i>Salmonella typhi</i> | Typus abdominalis |
| <i>Salmonella paratyphi</i> | Paratyphus |
| <i>Shigella dysenteriae</i> | Disentri |
| Protozoa | |
| <i>Entamuba histolytica</i> | Disentri amoeba |
| <i>Balantidia coli</i> | Balantidiasis |
| <i>Giarda lamblia</i> | Giardiasis |
| Metazoa | |
| <i>Ascaris lumbricoides</i> | Ascariasis |
| <i>Clonorchis sinensis</i> | Clonorchiasis |
| <i>Diphyllobothrium latum</i> | Taeniasis |
| <i>Schistosoma</i> | Schistosomiasis |

Sumber: Mulyadi, 2010, hlm. 197

9) Dampak Pencemaran Darat

Dampak pencemaran tanah terhadap kesehatan tergantung pada tipe polutan, jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena (Mulyadi, 2010, hlm. 198). Kromium, berbagai macam pestisida dan herbisida merupakan bahan karsiogenik untuk semua populasi. Timbal sangat berbahaya

pada anak-anak, karena dapat menyebabkan kerusakan otak, serta kerusakan ginjal pada seluruh populasi.

Paparan kronis (terus-menerus) terhadap benzene pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan kemungkinan terkena leukemia. Merkuri (air raksa) dan siklodiena dikenal dapat menyebabkan kerusakan ginjal, beberapa bahkan tidak dapat diobati. PCB dan siklodiena terkait pada keracunan hati. Organofosfat dan karmabat dapat menyebabkan gangguan perubahan pada hati dan ginjal serta penurunan sistem saraf pusat. Terdapat beberapa macam dampak kesehatan yang tampak seperti sakit kepala, pusing, letih, iritasi mata dan ruam kulit untuk paparan bahan kimia yang disebut di atas. Yang jelas, pada dosis yang besar, pencemaran tanah dapat menyebabkan kematian (Mulyadi, 2010, hlm. 198).

Pencemaran tanah juga dapat memberikan dampak terhadap ekosistem. Perubahan kimiawi tanah yang radikal dapat timbul dari adanya bahan kimia racun/berbahaya bahkan pada dosis yang rendah sekalipun. Perubahan ini dapat menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda yang hidup di lingkungan tanah tersebut. Akibatnya bahkan dapat memusnahkan beberapa spesies primer dari rantai makanan, yang dapat memberi akibat yang besar terhadap predator atau tingkatan lain dari rantai makanan tersebut. Bahkan jika efek kimia pada bentuk kehidupan terbawah tersebut rendah, bagian bawah piramida makanan dapat menelan bahan kimia asing yang lama kelamaan akan terkonsentrasi pada makhluk-makhluk penghuni piramida atas. Banyak dari efek-efek ini terlihat pada saat ini, seperti konsentrasi DDT pada burung menyebabkan rapuhnya cangkang telur, meningkatnya tingkat kematian anakan dan kemungkinan hilangnya spesies tersebut (Mulyadi, 2010, hlm. 198).

Dampak pada pertanian terutama perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Hal ini dapat menyebabkan dampak lanjutan pada konservasi tanaman dimana tanaman tidak mampu menahan lapisan tanah dari erosi. Beberapa bahan pencemar ini memiliki waktu paruh yang panjang dan pada kasus lain bahan-bahan kimia derivatif akan terbentuk dari bahan pencemar tanah utama (Mulyadi, 2010, hlm. 199).

10) Penanggulangan Dampak Pencemaran Lingkungan

Telah disadari bahwa kemajuan industri dan teknologi yang mampu meningkatkan kesejahteraan manusia itu ternyata juga menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan yang pada akhirnya juga berdampak terhadap manusia. Oleh karena itu penerapan kemajuan industri dan teknologi tersebut harus ditinjau kembali. Harus dipikirkan kembali agar penerapan industri dan teknologi tersebut dapat memberikan hasil dan manfaat yang lebih baik bagi kelangsungan hidup manusia (Mulyadi, 2010, hlm. 229).

Oleh karena itu pencemaran lingkungan mempunyai dampak yang sangat luas dan sangat merugikan manusia maka perlu diusahakan pengurangan pencemaran lingkungan atau bila mungkin meniadakannya sama sekali. Usaha untuk mengurangi dan menanggulangi pencemaran tersebut menurut Mulyadi (2010, hlm. 229) ada dua macam cara, yaitu:

a) Penanggulangan Secara Non-teknis

Penanggulangan pencemaran secara non-teknis yaitu suatu usaha untuk mengurangi dan menanggulangi pencemaran lingkungan dengan cara menciptakan peraturan perundangan yang dapat merencanakan, mengatur dan mengawasi segala macam bentuk kegiatan industri dan teknologi sedemikian rupa sehingga tidak terjadi pencemaran lingkungan.

Peraturan dan perundangan yang dimaksud hendaknya dapat memberikan gambaran secara jelas tentang kegiatan industri dan teknologi yang akan dilaksanakan di suatu tempat yang antara lain meliputi:

- (1) Penyajian informasi lingkungan (PIL).
- (2) Analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL).
- (3) Perencanaan kawasan kegiatan industri dan teknologi.
- (4) Pengaturan dan pengawasan kegiatan.
- (5) Menanamkan perilaku disiplin.

b) Penanggulangan Secara Teknis

Apabila berdasarkan kajian Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) ternyata bisa diduga akan timbul pencemaran lingkungan maka langkah

berikutnya adalah memikirkan penanggulangan secara teknis. Banyak macam dan cara yang dapat ditempuh dalam penanggulangan secara teknis. Adapun kriteria yang digunakan dalam memilih dan menentukan cara yang akan digunakan dalam penanggulangan secara teknis tergantung pada faktor mengutamakan keselamatan lingkungan, teknologi telah dikuasai dengan baik, secara teknis dan ekonomis dapat dipertanggungjawabkan.

Berdasarkan kriteria tersebut di atas diperoleh beberapa cara dalam hal penanggulangan secara teknis, antara lain adalah sebagai berikut:

- (1) Mengubah proses.
- (2) Mengganti sumber energi.
- (3) Mengelola limbah.
- (4) Menambah alat bantu.

Keempat macam penanggulangan secara teknis tersebut di atas dapat berdiri sendiri, atau bila dipandang perlu dapat pula dilakukan secara bersama-sama, tergantung kepada kajian dan kenyataan yang sebenarnya.

c. Karakteristik Konsep Pencemaran Lingkungan

Berdasarkan kedalaman dan keluasan konsep, maka karakteristik konsep pencemaran lingkungan adalah konkret. Konkret menurut KBBI adalah nyata, benar-benar ada (terwujud, dapat dilihat, diraba dan sebagainya). Dengan penjelasan arti konkret tersebut sudah jelas maka pencemaran lingkungan dapat langsung dilihat di kehidupan sehari-hari. Sehingga konsep pencemaran lingkungan ini dapat menjadikan siswa lebih peduli terhadap lingkungannya.

Konsep pencemaran lingkungan di Sekolah Menengah Atas tertuang dalam silabus, dimana suatu ringkasan atau outline dari topik pencemaran lingkungan sudah ditentukan. Silabus dari pencemaran lingkungan merupakan suatu tuntutan dari kurikulum 2013. Di dalam silabus terdapat kompetensi dasar yang harus dicapai oleh setiap siswa dan hasil evaluasi dari konsep pencemaran lingkungan dapat dilihat melalui jenis penilaian yang menyeluruh.

Penelitian ini menggunakan KD 3.10 sebagai bahan pembelajaran. Pada KD 3.10 konsep pencemaran lingkungan dihubungkan dengan pengertian pencemaran

lingkungan sampai dengan dampak pencemaran lingkungan bagi kehidupan manusia.

d. Bahan dan Media Pembelajaran

Berdasarkan keluasaan dan kedalaman konsep serta karakteristik konsep yang sudah dipaparkan sebelumnya oleh peneliti di atas, adanya bahan dan media pembelajaran yang berlangsung di kelas. Tidak akan berjalan dengan lancar tanpa adanya bantuan media dan bahan pada saat proses belajar mengajar di kelas, media dan bahan yang digunakan diantaranya; (1) Salindia yang berfungsi untuk memberikan penjelasan kepada peserta didik untuk materi pembelajaran hingga tujuan pembelajaran, (2) Laptop dan proyektor sebagai alat bantu untuk menayangkan salindia bagi peserta didik, (3) Media *show case* sebagai pedoman dalam penyelesaian tugas kelompok terkait alternatif solusi permasalahan lingkungan.

e. Strategi Pembelajaran

Berdasarkan keluasaan dan kedalaman konsep, karakteristik konsep serta bahan dan media pembelajaran, peneliti menjelaskan juga strategi pembelajaran yang akan digunakan dalam pembelajaran pada konsep pencemaran lingkungan. Strategi pembelajaran merupakan serangkaian rencana kegiatan yang termasuk di dalamnya penggunaan metode dan pemanfaatan sumber daya atau pelaksanaan dalam suatu pembelajaran. Strategi pembelajaran dalam penelitian ini mencakup pendekatan, model, metode dan teknik pembelajaran sebagai berikut:

1) Pendekatan Pembelajaran

Pendekatan pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan pembelajaran saintifik. Pendekatan pembelajaran saintifik adalah kerangka ilmiah pembelajaran yang diterapkan dalam kurikulum 2013. Proses pembelajaran ini dapat disamakan dengan suatu proses ilmiah karena di dalamnya terdapat tahapan-tahapan terutama dalam kegiatan inti. Pendekatan saintifik dapat disebut juga sebagai bentuk pengembangan sikap baik religi maupun sosial, pengetahuan dan keterampilan siswa dalam mengaplikasikan materi pembelajaran.

2) Model Pembelajaran

Berdasarkan Permendikbud Nomor 103 Tahun 2014 tentang Standar Proses, model pembelajaran yang diutamakan dalam implementasi kurikulum 2013 adalah model pembelajaran inkuiri (*Inquiry Based Learning*), model pembelajaran Discovery (*Discovery Learning*), model pembelajaran berbasis proyek (*Project Based Learning*) dan model pembelajaran berbasis permasalahan (*Problem Based Learning*).

Model *inquiry learning* biasanya lebih cocok digunakan pada pembelajaran matematika, tetapi mata pelajaran lain pun dapat menggunakan model tersebut asal sesuai dengan karakteristik KD atau materi pembelajarannya. Langkah-langkah dalam model inkuiri ini adalah: observasi/mengamati berbagi fenomena alam, mengajukan pertanyaan tentang fenomena yang dihadapi, mengajukan dugaan atau kemungkinan jawaban, mengumpulkan data yang terkait dengan dugaan atau pertanyaan yang diajukan, dan menarik kesimpulan sesuai data yang telah diolah atau dianalisis.

Model *discovery learning* (memberi stimulus) pada kegiatan ini guru memberikan stimulan, dapat berupa bacaan, atau gambar, atau situasi dengan materi pembelajaran yang akan dibahas, *problem statement* (mengidentifikasi masalah), *data collecting* (mengumpulkan data), *data processing* (mengolah data), *verification* (memverifikasi), *generalization* (menyimpulkan).

Model *problem based learning* ini bertujuan merangsang siswa untuk belajar melalui berbagai permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari dikaitkan dengan pengetahuan yang telah atau akan dipelajarinya melalui langkah-langkah sebagai berikut: mengorientasi siswa pada masalah, mengorganisasikan kegiatan pembelajaran, membimbing penyelidikan mandiri dan kelompok, mengembangkan dan menyajikan hasil karya.

Model *project based learning* ini bertujuan untuk pembelajaran yang memfokuskan pada permasalahan kompleks yang diperlukan siswa dalam sebuah proyek kolaboratif yang mengintegrasikan berbagai subjek (materi) dengan menggunakan berbagai cara bermakna bagi dirinya, dan melakukan eksperimen

secara kolaboratif. Langkah-langkah dalam model ini sebagai berikut: menyiapkan pertanyaan atau penugasan proyek, mendesain perencanaan proyek, menyusun jadwal sebagai langkah nyata dari sebuah proyek, memonitori kegiatan dan perkembangan proyek, menguji hasil dan mengevaluasi.

Model pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Problem Based Learning*. Apabila kita jabarkan dalam bahasa Indonesia adalah *Problem (Masalah) Based (Berbasis) Learning (Pembelajaran)*, jadi dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *Problem Based Learning* adalah pembelajaran yang merangsang siswa untuk belajar melalui berbagai permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari dikaitkan dengan pengetahuan yang telah atau akan dipelajarinya.

3) Metode Pembelajaran

Penelitian ini menggunakan pendekatan pembelajaran saintifik, model pembelajaran *problem based learning* dan metode pembelajaran yang harus mendukung dalam keduanya adalah secara ceramah yang menjadi pengantar dalam pembelajaran, observasi lapangan dan wawancara untuk mengetahui permasalahan pencemaran lingkungan, kemudian diskusi bersama kelompok untuk memecahkan suatu masalah yang dihadapi dalam pembelajaran, kemudian diadakannya tanya jawab antarsiswa dan pendidik dan peneliti menggunakan metode pembelajaran unjuk kerja untuk tindakan atau tes praktik yang secara efektif dapat digunakan untuk kepentingan pengumpulan berbagai informasi tentang bentuk-bentuk perilaku atau keterampilan yang diharapkan muncul dalam siswa.

4) Sistem Evaluasi

Berdasarkan keluasan dan kedalaman materi, karakteristik materi, bahan dan media, serta metode pembelajaran yang digunakan maka dapat disimpulkan bahwa peneliti menggunakan kurikulum 2013 sesuai dengan judul yang diangkat oleh peneliti yaitu penerapan model *problem based learning* untuk meningkatkan kemampuan *persisting* siswa pada konsep pencemaran lingkungan. Dan sesuai kurikulum 2013 yang kini diterapkan oleh pemerintah bahwa kurikulum 2013

adanya pergeseran penilaian yang tadinya hanya mengedepankan penilaian aspek pengetahuannya saja sekarang ketiga aspek penilaian pengetahuan, aspek sikap dan aspek keterampilan harus sama-sama dijalankan dalam pembelajaran khususnya dalam penilaian pendidik atau guru. Maka sistem evaluasi dalam penelitian ini disesuaikan dengan sistem penilaian yang ada pada Kurikulum 2013 yaitu penilaian autentik untuk melihat hasil pembelajaran.

Penilaian autentik adalah alat pengukuran yang bermakna secara signifikan atas hasil belajar siswa untuk ranah sikap, keterampilan, dan pengetahuan. Istilah penilaian merupakan sinonim dari penilaian, pengukuran, pengujian, atau evaluasi.

B. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu sangatlah penting sebagai rujukan atau acuan dalam penelitian yang akan dilaksanakan. Oleh karena itu pada tabel 2.11 disajikan beberapa penelitian terdahulu yang relevan.

Tabel 2.12
Hasil Penelitian Terdahulu yang Relevan

| Nama Peneliti | Judul | Tahun | Hasil |
|--|---|--------------|---|
| Siti Sriyati, Nuryani Y. Rustaman dan Asmawi Zainul | Kontribusi Asesmen Formatif Terhadap <i>Habits of Mind</i> Mahasiswa Biologi | 2011 | Asesmen formatif dapat meningkatkan <i>habits of mind</i> mahasiswa, meningkatkan hasil belajar, membentuk karakter yang lebih baik dan menimbulkan kepedulian mahasiswa terhadap keanekaragaman hayati Indonesia |
| Teungku Idris, Siti Sriyati dan Adi Rahmat | Pengaruh Asesmen Portofolio Terhadap <i>Habits of Mind</i> dan Penguasaan Konsep Biologi Siswa Kelas XI | 2014 | Penerapan asesmen portofolio dapat meningkatkan <i>habits of mind</i> dan penguasaan konsep siswa. |
| Rose Ash Sidiqi Marita | Profil <i>Habits of Mind</i> Siswa SMA Kelas XI Pada Pembelajaran Biologi Menggunakan Metode Praktikum dan Diskusi | 2014 | Hasil penelitian menunjukkan bahwa <i>habits of mind</i> siswa pada dua kategori sangat baik dan cukup, yaitu pada kategori <i>thinking</i> <i>interdependently</i> dan <i>thinking and</i> <i>communicating with clarity and</i> <i>precesion.</i> |
| Asep Sujana | Penerapan PBL Untuk Mengembangkan <i>Habits of Mind</i> Mahasiswa | 2015 | <i>Habits of mind</i> mahasiswa yang belajar dengan pembelajaran <i>problem based learning</i> dan dengan pembelajaran konvensional dapat perbedaan signifikan. |
| Febbilana Daryanes, Siti Sriyati, Didik Priyandoko | Implementasi <i>Problem</i> <i>Based Learning</i> untuk Meningkatkan <i>Habits</i> <i>of Mind, Emotional</i> <i>Intelligence,</i> dan Penguasaan Konsep Siswa | 2016 | Kemampuan <i>habits of mind</i> siswa setelah implementasi <i>problem</i> <i>based learning</i> mengalami peningkatan dengan N-gain sebesar 0,53 berada dalam kategori sedang. |

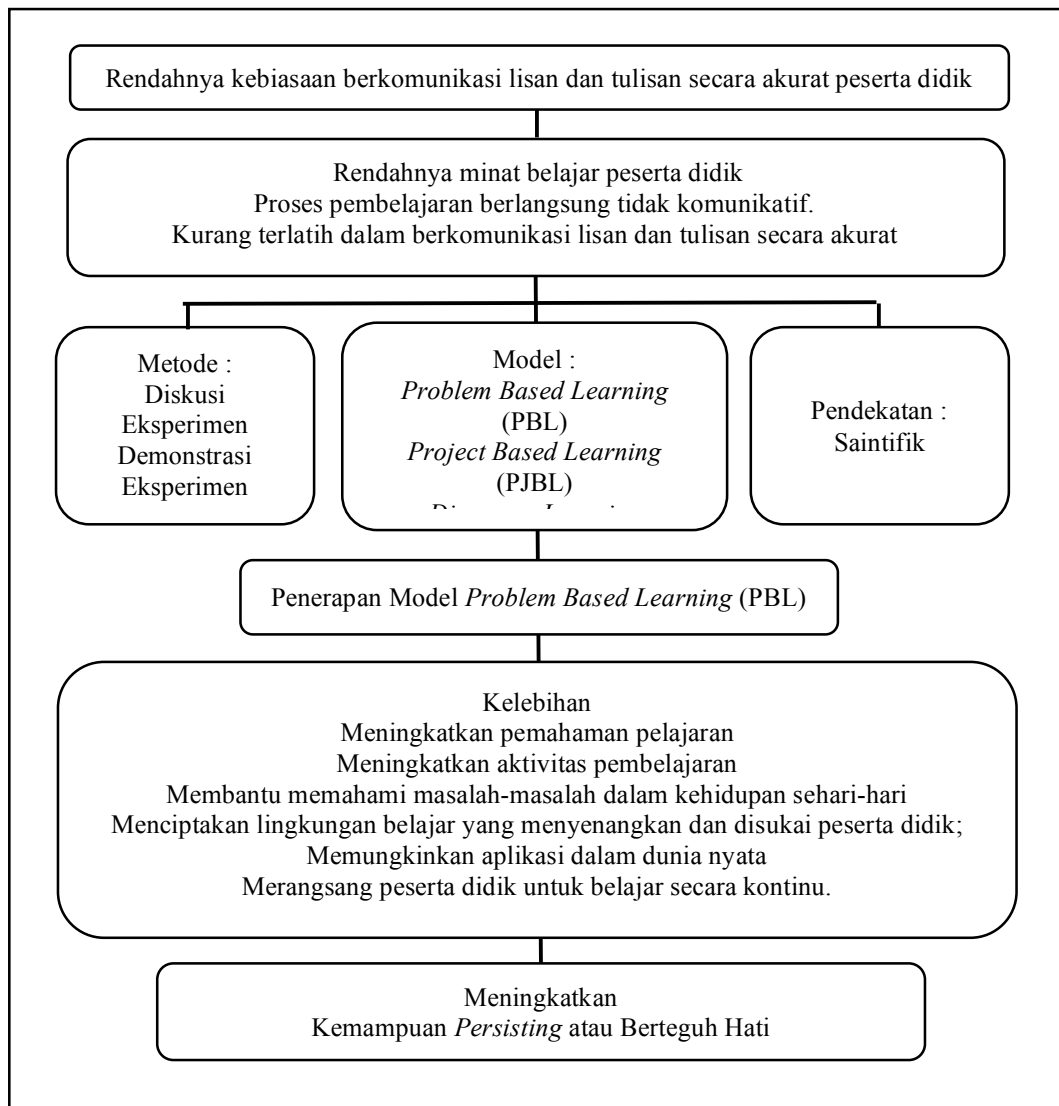
C. Kerangka Pemikiran

Pembelajaran merupakan kegiatan yang bertujuan secara sistematis dan terarah pada terjadinya proses belajar mengajar. Model pembelajaran yang kurang bervariasi dapat membuat siswa merasa bosan dalam proses pembelajaran dan akan berdampak pada keaktifan siswa dan hasil belajar siswa.

Oleh karena itu, perlu adanya penggunaan model yang dapat menjadikan siswa menjadi lebih aktif dan kreatif. Berdasarkan hasil observasi di SMA Negeri 9 Bandung menunjukkan bahwa terdapat beberapa masalah yaitu masih sebagian siswa yang memiliki hasil belajar di bawah rata-rata karena kurangnya kegigihan dan ketekunan dalam menyelesaikan tugas yang diakibatkan karena kurangnya variasi baru pada model pembelajaran di dalam proses pembelajaran dan juga media pembelajaran yang digunakan kurang efektif.

Maka dari itu, diperlukan model yang dapat meningkatkan hasil belajar siswa yaitu peneliti mencoba menerapkan model *problem based learning*. Model *problem based learning* ini bertujuan merangsang siswa untuk belajar melalui berbagai permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari dikaitkan dengan pengetahuan yang telah atau akan dipelajarinya melalui langkah-langkah sebagai berikut: mengorientasi siswa pada masalah, mengorganisasikan kegiatan pembelajaran, membimbing penyelidikan mandiri dan kelompok, mengembangkan dan menyajikan hasil karya.

Data hasil belajar siswa yang akan diukur dengan *pretest* dan *posttest*, siswa akan diberikan soal *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal siswa setelah itu pada proses pembelajaran akan diterapkan model *problem based learning* menggunakan media *show case* untuk mencari permasalahan sampai menemukan alternatif solusi. Kemudian di akhir pertemuan akan diberikan soal *posttest* dan angket sehingga dapat diketahui bahwa dengan menerapkan model tersebut hasil belajar siswa akan meningkat. Penerapan model pembelajaran ini diharapkan dapat meningkatkan hasil belajar khususnya kemampuan *persisting* siswa dan mengubah perilaku siswa di kelas yang tadinya pasif dan tidak fokus pada satu sumber belajar yang nantinya siswa menjadi lebih aktif dalam proses pembelajaran. Bagan alur kerangka pemikiran peneliti dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



Gambar 2.7
Paradigma Pemikiran Penelitian
Sumber: Dokumen Pribadi

D. Asumsi dan Hipotesis

Asumsi menurut Arikunto (2010, hlm. 61) adalah suatu hal yang diyakini kebenarannya oleh penulis yang dirumuskan secara jelas. Sedangkan hipotesis menurut Sudjana (2015, hlm. 219) merupakan penuntun bagi peneliti dalam menggali sesuatu hal yang dibuat untuk menjelaskan hal itu yang sering dituntut untuk melakukan pengecekan. Oleh karena itu peneliti tuliskan asumsi dan hipotesis sebagai berikut:

1. Asumsi

Kemampuan *persisting (habits of mind)* dapat digali dan ditingkatkan dengan pembelajaran yang menunjang pengembangan hal tersebut (Sriyati dalam Idris, 2014, hlm. 65).

Penelitian Daryanes (2016) berjudul *Implementasi Problem Based Learning* untuk Meningkatkan *Habits of Mind, Emotional Intelligence*, dan Penguasaan Konsep Siswa menunjukkan bahwa kemampuan *habits of mind* siswa setelah implementasi *problem based learning* mengalami peningkatan dengan N-gain sebesar 0,53 berada dalam kategori sedang.

2. Hipotesis

Berdasarkan pemaparan asumsi di atas, maka peneliti berhipotesis bahwa model *problem based learning* (PBL) dapat meningkatkan kemampuan *persisting (habits of mind)* siswa pada konsep pencemaran lingkungan secara signifikan.