

EKOLOGI dan LINGKUNGAN HIDUP

**Ramli Utina
Dewi Wahyuni K. Baderan**

ISBN 978-979-1340-13-7

KATA PENGANTAR

Pembangunan telah mengubah alam dan menjadikannya alam buatan manusia. Proses perubahan itu mengeksploitasi sumber daya alam dengan melibatkan teknologi buatan manusia. Ilmu dan teknologi ini berkembang oleh semangat hidup yang berpusat pada kepentingan diri dan kebutuhan manusia, dalam arti manusia adalah pusat setiap kehidupan di alam. Pertambahan jumlah manusia akan menaikkan aktifitas eksploitasi sumber daya alam, sementara luas bumi dan kapasitas sumber dayanya tidak bertambah.

Aktifitas penduduk untuk memenuhi kebutuhan pangan dan sosialnya dapat meningkatkan laju pemanfaatan sumber daya alam dan lingkungan. Pemanfaatan sumber daya alam yang tidak terkendali dapat mengancam kelangsungan ekosistem dan lingkungannya yang mesti dapat mendukung kehidupan manusia dan pembangunan. Karena itu perilaku pembangunan yang mengeksploitasi sumber daya alam hendaknya diubah menjadi perilaku pembangunan yang memperkaya sumber daya alam dan menaikkan nilai tambahnya. Sumber daya alam tidak hanya untuk generasi sekarang tetapi juga untuk memenuhi kebutuhan generasi yang akan datang.

Perencanaan pembangunan yang berorientasi jangka pendek hendaknya diubah dengan pola jangka panjang dan dinamis. Kegiatan penduduk dalam upaya meningkatkan kesejahteraan hidup dan kegiatan sosialnya diharapkan tidak melampaui kapasitas toleransi ekologis dari lingkungan dengan sumber daya alamnya. Untuk itu, aktifitas manusia dalam mengelola sumber daya alam perlu dibekali dengan pengetahuan tentang ekologi dan lingkungan hidup. Pengetahuan ini menjadi dasar dalam memahami hubungan manusia dengan alam, hubungan aktivitas manusia dengan proses-proses alam yang berdampak pada masalah lingkungan hidup, pencemaran dan kesehatan lingkungan. Kemudian bagaimana dapat memulihkan kembali kapasitas sumber daya alam melalui konservasi, dan menilai dampak pembangunan terhadap lingkungan. Dengan konsep dasar ini diharapkan dapat menambah pemahaman dan menjadikan perilaku arif dalam mengelola sumber daya alam, sehingga keseimbangan ekosistemnya terpelihara serta dapat dilindungi dari kerusakan.

Buku ini dimaksudkan bagi mahasiswa semester awal yang mengambil mata kuliah yang berhubungan dengan pengetahuan tentang lingkungan hidup, dan ekologi dasar. Walaupun judul mata kuliah bervariasi di institusi yang berbeda, namun memiliki tujuan umum yang sama, yaitu menghendaki mahasiswanya untuk memahami konsep dasar ekologi dan lingkungan hidup, apresiasi terhadap dasar pengetahuan serta menumbuhkan kesadaran dan kepedulian dalam mengatasi masalah lingkungan hidup.

Untuk itu, buku ini diorganisasikan dalam tujuh bab. Bab 1 menyangkut prinsip ekologi yang menjadi dasar pengetahuan lingkungan, yang mengenalkan kaitan antara komponen-komponen yang menyusun sistem ekologi termasuk manusia dan makhluk hidup lain. Bab 2 mengintrodusir hubungan manusia dengan sumber daya alam dan lingkungan, yang menggambarkan bagaimana manusia mengeksploitasi sumber daya alam. Bab 3 membahas masalah lingkungan hidup, berbagai masalah lingkungan hidup yang terjadi baik secara global maupun bencana alam nasional yang bersumber dari

aktivitas manusia. Menyangkut pula konsep pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan yang dimaksudkan membangun untuk mencapai kesejahteraan penduduk sekarang dan generasi mendatang. Bab 4 membahas masalah pencemaran lingkungan, bagaimana kaitannya dengan berbagai aktivitas manusia yang memberikan dampak pada pencemaran lingkungan. Bab 5 tentang kesehatan lingkungan, bahwa berbagai kekeliruan dalam pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan telah memberi dampak pada kesehatan penduduk dan makhluk hidup lain. Bab 6 tentang konservasi sumber daya alam, yang membahas pentingnya memelihara dan memanfaatkan sumber daya alam tanpa mengabaikan keterbatasan kemampuannya untuk pulih. Bab 7 analisis mengenai dampak lingkungan, yang membahas perlunya analisis dampak dari kegiatan pemanfaatan sumber daya alam. Analisis ini menjadi pertimbangan para pengambil kebijakan dalam perencanaan proyek pembangunan.

Buku ini ditulis berdasarkan pengalaman penulis dalam kegiatan pembelajaran, melaksanakan penelitian dan pemberdayaan masyarakat, serta berbagai telaah pustaka.

Dalam penulisan ini disampaikan terima kasih kepada pihak yang telah menyumbangkan kritik, saran dan bahan pelengkap serta ilustrasi. Semoga buku ini bermanfaat.

Gorontalo, Maret 2009

Penulis.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

BAB 1. EKOLOGI DAN PENGETAHUAN LINGKUNGAN

- A. Ekologi dan Ilmu Lingkungan
- B. Hubungan Ekologi dengan Ilmu Lain
- C. Aplikasi Ekologi dalam Lansekap
- D. Populasi, Komunitas dan Ekosistem
- E. Energi dalam Ekosistem

BAB 2 MANUSIA, SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN

- A. Manusia dan Lingkungannya
- B. Sumberdaya Alam
- C. Alternatif Mengatasi Kelangkaan Sumberdaya Alam
- D. Lingkungan Hidup Organisme

BAB 3 MASALAH LINGKUNGAN HIDUP DAN PEMBANGUNAN

BERKELANJUTAN YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN

- A. Masalah Lingkungan
- B. Masalah Lingkungan Hidup Global
- C. Masalah Lingkungan Hidup di Indonesia
- D. Pembangunan Berkelanjutan dan Berwawasan Lingkungan

BAB 4 PENCEMARAN LINGKUNGAN

- A. Pengertian Pencemaran
- B. Penggolongan Jenis Pencemaran Lingkungan
- C. Pengendalian Pencemaran

D. Penanggulangan Dampak Pencemaran Lingkungan

BAB 5 KESEHATAN LINGKUNGAN

- A. Beberapa Batasan
- B. Lingkup Kesehatan Lingkungan
- C. Kesehatan dan Penyakit
- D. Makanan dan Kesehatan

BAB 6 KONSERVASI LINGKUNGAN

- A. Batasan Konservasi
- B. Pendekatan Konservasi Dalam Pengelolaan Lingkungan
- C. Strategi Konservasi Dalam Penataan Lingkungan
- D. Program-Program Konservasi

BAB 7 ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN

- A. Konsep Analisis Dampak Lingkungan
- B. Arti Dampak
- C. Prinsip Analisis Dampak
- D. Metode AMDAL
- E. Teknik Analisis Dampak

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Sinar matahari terpancar ke Bumi sebagai cahaya disertai sinar inframerah (panas) yang memantul kembali dari Bumi; dengan lapisan gas rumah kaca yang makin tebal makin banyak sinar inframerah dipantulkan kembali ke bumi, akibatnya Bumi makin panas.

Gambar 1.2 Lapisan tipis Ozon berada 20-50 km dari Bumi. Lapisan ozon ini menyaring 99% sinar ultraviolet.

Gambar 2.1 (a) Manusia dipengaruhi oleh lingkungan alam, (b) Manusia mempengaruhi lingkungan alam, (c) Manusia dan lingkungan alam saling mempengaruhi, (d) Kebudayaan menjadi sarana hubungan manusia dengan lingkungan alam

Gambar 2.2 Pandangan terhadap Sumberdaya Alam

Gambar 3.1 Spektrum Biologi yang mengilustrasikan Komponen Biotik dan Abiotik yang membentuk Biosistem

Gambar 3.2 Piramida umur teoretik menunjukkan persentase tinggi ukuran populasi rendah, medium dan tinggi. Kelas-kelas umur dikelompokkan menjadi prereproduktif, reproduktif, dan postreproduktif.

Gambar 3.3 Ilustrasi kisaran toleransi menurut Hukum Toleransi Shelford, dan Hukum Minimum Liebig.

Gambar 3.4 Model sederhana perpindahan energi dan materi dalam ekosistem

Gambar 4.1 Air yang tercemar racun serangga

Gambar 4.2 Limbah Industri

Gambar 4.3 Pencemaran Laut

Gambar 5.1 Mekanisme pemaparan faktor-faktor lingkungan

Gambar 5.2 Kondisi Terumbu Karang

Gambar 5.3 Pengembangan Wisata Alam.

Bab 1

EKOLOGI DAN PENGETAHUAN LINGKUNGAN

A. Ekologi dan Ilmu Lingkungan

Ekologi telah berkembang maju selama sejarah perkembangan manusia. Berbagai tulisan ilmuan sejak Hipocrates, Aristoteles, hingga filosof lainnya merupakan naskah-naskah kuno yang berisi rujukan tentang masalah-masalah ekologi, walaupun pada waktu itu belum diberikan nama ekologi.

Kata "ekologi" mula-mula diusulkan oleh biologiwan bangsa Jerman, Ernest Haeckel dalam tahun 1869. Sebelumnya banyak biologiwan terkenal di abad ke-18 dan ke-19 telah memberikan sumbangan pikiran dalam bidang ini, sekalipun belum menggunakan kata "ekologi". Antony van Leeuwenhoek lebih dikenal sebagai pelopor ahli mikroskop pada tahun 1700-an, memelopori pula pengkajian rantai makanan dan pengaturan populasi (Egerton, 1968). Tulisan botaniwan bangsa Inggris Richard Bradley menyatakan bahwa ia memahami betul hal produktivitas biologis (Egerton, 1969). Ketiga bidang tersebut penting dalam ekologi mutakhir.

Ekologi mulai berkembang pesat sekitar tahun 1900 dan berkembang terus dengan cepat sampai saat ini, apalagi disaat dunia sangat peka dengan masalah lingkungan. Ekologi merupakan cabang ilmu yang mendasar dan berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Pada awalnya, ekologi dibedakan dengan jelas ke dalam ekologi tumbuhan dan ekologi hewan. Namun dengan adanya faham komunitas biotik yang dikemukakan oleh F.E Clements dan V.E.Shelford, faham rantai makanan dan siklus materi oleh Raymond Lindeman dan G.E. Hutchinson serta pengkajian sistem danau secara keseluruhan oleh E.A. Birge dan Chauncy Juday, maka semua konsep tersebut telah meletakkan dasar-dasar teori untuk perkembangan ekologi secara umum.

Saat ini tampaknya semua orang wajib mengetahui ekologi, sehingga ilmu ini menjadi bintang diantara cabang ilmu, dimana selama ini hanya menjadi penunjang. Prinsip-

prinsip dalam ekologi dapat menerangkan dan memberikan pemahaman dalam mencari jalan untuk mencapai kehidupan yang lebih layak. Timbulnya gerakan kesadaran lingkungan terutama pada tahun 1968 dan 1970, semua orang ikut memikirkan masalah polusi, pelestarian alam, kependudukan dan konsumsi pangan dan energi. Peningkatan perhatian masyarakat terhadap permasalahan lingkungan hidup memberi pengaruh yang kuat terhadap perkembangan ekologi dan ilmu pengetahuan.

Sebelum tahun 1970-an, ekologi dipandang sebagai bagian dari biologi. Ekologi telah berkembang menjadi bagian biologi yang sangat penting dan merupakan disiplin ilmu baru yang mempertanyakan proses-proses fisis dan biologis dan menjembatani ilmu-ilmu alam dan ilmu-ilmu sosial (Odum 1971). Sementara ruang lingkup ekologi semakin luas, pengkajian tentang bagaimana individu dan spesies berinteraksi serta menggunakan sumberdaya alam semakin diintensifkan.

Ekologi mempelajari rumah tangga makhluk hidup (*oikos*), istilah yang digunakan oleh Ernst Haeckel sejak tahun 1869 (Odum 1983:2). Dalam ekologi, dikenal istilah *sin ekologi* yaitu ekologi yang ditujukan pada lebih dari satu jenis organisme hidup, misalnya ekologi hutan dimana terdapat berbagai jenis tumbuhan dan hewan, dan *aut ekologi* yaitu ekologi tentang satu jenis makhluk hidup misalnya ekologi Anoa, ekologi burung Maleo, hingga ekologi manusia.

Ekologi merupakan studi keterkaitan antara organisme dengan lingkungannya, baik lingkungan abiotik maupun biotik. Lingkungan abiotik terdiri dari atmosfer, cahaya, air, tanah dan unsur mineral. Tetapi perlu diketahui apa yang dimaksud dengan organisme. Ini penting karena pada hakikatnya organisme dibangun dari sistem-sistem biologik yang berjenjang sejak dari molekul-molekul biologi yang paling rendah meningkat ke organel-organel subseluler, sel-sel, jaringan-jaringan, organ-organ, sistem-sistem organ, organisme-organisme, populasi, komunitas, dan ekosistem. Interaksi yang terjadi pada setiap jenjang sistem biologik dengan lingkungannya tidak boleh diabaikan, karena hasil interaksi jenjang biologik sebelumnya akan mempengaruhi proses interaksi jenjang selanjutnya. Berikut ini

disajikan Spektrum Biologi yang menggambarkan model komponen biotik dan abiotik yang membentuk biosistem.

Berbagai kajian tentang interaksi telah berkembang pesat dan menghasilkan spesialisasi cabang-cabang ilmu, seperti interaksi organel-organel sel dan sel-sel dipelajari dalam Biologi Sel; interaksi jaringan-jaringan dipelajari dalam Histologi; interaksi organ-organ, sistem organ dan organisme dipelajari dalam Anatomi dan Fisiologi; interaksi populasi-populasi, komunitas dan ekosistem dipelajari dalam Ekologi. Mengkaji ekologi tidak dapat dipisahkan dengan pembahasan tentang energi dalam ekosistem.



Gambar 3.1 Hirarki organisasi kehidupan dalam lingkup Biologi

Pengertian tentang lingkungan hidup manusia atau sering disebut lingkungan hidup, sebenarnya berakar dari penerapan ekologi. Lingkungan merupakan penelaahan terhadap sikap dan perilaku manusia dengan tanggungjawab dan kewajibannya dalam mengelola lingkungan hidup. Sikap dan perilaku ini sangat diperlukan sehingga memungkinkan kelangsungan peri kehidupan secara keseluruhan serta kesejahteraan manusia dan mahluk hidup lainnya. Pengertian lingkungan hidup menurut UU Nomor 23 Tahun 1997, adalah sistem kehidupan yang merupakan kesatuan ruang dengan segenap benda, keadaan, daya dan mahluk hidup termasuk manusia dengan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan peri kehidupan dan kesejahteraan manusia serta mahluk hidup lainnya.

Paradigma ilmu lingkungan (*environmental science*) adalah metode ilmiah guna menghadapi kehidupan manusia yang kompleks di bawah tatanan alam semesta, sehingga merupakan kombinasi hukum manusia dan hukum alam berdasarkan teori, perangkat dan

aplikasinya mengacu pada komponen nilai kemanusiaan melalui keterampilan profesional dan sistematika ilmiah (Armour dan Lang 1975; Soerjani:1997). Atas dasar pengertian ini, ilmu lingkungan merupakan ilmu pengetahuan murni yang monolitik. Selanjutnya dalam penerapannya ilmu lingkungan yang mengatur sikap atau perilaku manusia dapat bersifat lintas disiplin menurut persoalan lingkungan yang dihadapi. Ilmu lingkungan dapat berorientasi lintas disiplin dengan ekonomi, sosiologi, kesehatan, psikologi, geografi, geologi dan sebagainya. Botani atau ilmu tumbuhan adalah contoh kemurnian ilmu pengetahuan yang dalam aplikasinya dapat merupakan ilmu kehutanan, ilmu pertanian dan ilmu perkebunan yang bersifat metadisiplin serta disiplin.

Ilmu lingkungan, sebagaimana umumnya ilmu pengetahuan yang lahir dari pemikiran para ilmuwan, pemerhati masalah lingkungan berlangsung sesuai dengan dinamikanya ilmu pengetahuan. Sumbangan baru bagi perkembangan ilmu pengetahuan berupa karya akademik (tertulis, terucapkan maupun tertayangkan) sebagai hasil studi/penelitian mendalam.

Ilmu lingkungan terkait erat dengan pengelolaan sumberdaya termasuk materi, manusia dan kompetensinya akan teknologi, seni dan budaya. Karena itu penelitian ilmu lingkungan mencakup metodologi baik kuantitatif maupun kualitatif. Metodologi kuantitatif berlandaskan pemikiran positivisme, terhadap fakta kehidupan dengan realitas objektif, disamping asumsi teoritik lainnya. Sedangkan metodologi kualitatif berdasarkan paradigma fenomenologi dengan objektivitas situasi atau keadaan tertentu yang dialami dalam kehidupan. Karena itu penelitian ilmu lingkungan menggunakan kedua metodologi baik kuantitatif maupun kualitatif secara berimbang. Pada umumnya kesimpulan penelitiannya lebih diarahkan pada perumusan kualitatif yang operasional atas dasar perumusan kuantitatif (Moleong 2004).

Ilmu lingkungan mengajarkan pada manusia sebagai pengelola lingkungan hidup dengan sebaik dan searif mungkin agar mendasarkannya pada berbagai ciri pokok ilmu lingkungan yang perlu mendasari penelitian guna mengungkapkan penelusuran yang *linear*

(garis lurus) dari masalah yang dihadapi sampai kebijakan yang perlu dirumuskan dan dipatuhi.

- Masalah lingkungan harus dirumuskan secara jelas apa yang dipersoalkan (*what*), mengapa sesuatu yang dipersoalkan terjadi (*why*) dan bagaimana mengatasinya (*how*).
- Dalam mengatasi suatu masalah lingkungan perlu dicermati sebab takibatnya, sehingga pengelolaan lingkungan perlu didasarkan dengan tindakan preventif sebelum menggapai tindakan represif atau kuratif, walaupun kegagalan tindakan preventif akhirnya memerlukan tindakan kuratif. Makna hidup adalah kesehatan, jadi mengupayakan kesehatan adalah tindakan preventif, kalau terpaksa tidak sehat perlu diatasi secara represif atau kuratif (pengobatan)
- Pengelolaan lingkungan ditujukan kepada prilaku dan pembuatan yang ramah lingkungan dalam semua sektor tindakan; jadi istilah lingkungan tidak boleh diobral sehingga maknanya menjadi kabur atau bahkan hilang artinya. Teknologi harus ramah lingkungan jadi tidak perlu ada teknologi lingkungan atau teknik lingkungan, karena teknologi atau teknik itu sudah harus ramah lingkungan, jadi tidak ada teknologi tidak lingkungan. Demikian pula dengan kesehatan lingkungan, cukup kesehatan saja tanpa tambahan lingkungan. Perilaku ekonomi itu juga ramah lingkungan, artinya hemat sumberdaya (tenaga, pikiran, materi dan waktu dengan makna atau hasil kegiatan yang optimal) jadi sebenarnya tidak perlu menggunakan istilah ekonomi lingkungan karena ekonomi sendiri sudah harus ramah lingkungan. Ekonomi juga berarti hemat harus menyimpan atau menabung dan berbagi adil bagi siapapun yang juga memerlukannya.
- Lingkungan di mana manusia melangsungkan kehidupan itu sudah diciptakan sangat baik, indah dan bermakna, jadi yang perlu diatur adalah paham, sikap dan perilaku hidup kita sesuai dengan Amanat Tuhan yang menciptakan semuanya di Alam Semesta ini.

Akhirnya dipertegas perlunya ketegaran dalam menggunakan istilah lingkungan hidup dan ilmu lingkungan agar dijaga untuk tidak rancu dengan pengertian tentang ekologi

atau ekologi manusia agar pengertian masing-masing tidak menjadi kabur karena *oversold* (Soerianegara 1979).

B. Hubungan Ekologi dengan Ilmu Lain

Ekologi secara berangsur berkembang, dan makin terlihat bahwa ekologi mempunyai hubungan dengan hampir semua ilmu lainnya. Guna memahami ruang lingkup dan sangkut-pautnya ekologi, persoalannya harus dipandang dalam hubungannya dengan ilmu-ilmu lain. Untuk mengerti hubungan antara organisme dengan lingkungan, maka semua bidang ilmu yang dapat menerangkan tentang komponen-komponen makhluk hidup dan lingkungan itu sangat diperlukan.

Jika berbicara mengenai pencemaran hutan, perkembangan penduduk, masalah makanan, penggunaan energi, kenaikan suhu bumi karena efek rumah kaca atau pemanasan global dan lainnya, ini berarti juga harus berbicara mengenai ilmu kimia, fisika, pertanian, kehutanan, ilmu gizi, klimatologi dan lainnya. Dapat dikatakan bahwa sekarang ini makin terasa hubungan ekologi dengan hampir semua bidang ilmu yang ada.

Penyebaran, adaptasi dan aspek-aspek fungsi organisme dari komunitas banyak dipelajari dalam ekologi dan erat hubungannya dengan ilmu-ilmu biologi lainnya seperti taksonomi, morfologi, fisiologi, genetika. Sedangkan klimatologi, ilmu tanah, geologi, dan fisika memberikan informasi mengenai keadaan lingkungan. Dengan demikian pengetahuan fisika dan biologi sangat diperlukan bagi seorang ahli ekologi untuk dapat mengungkapkan hubungan antara lingkungan dan dunia kehidupan.

C. Aplikasi Ekologi dalam Lansekap

1. Lansekap (bentang alam)

Lansekap merupakan wajah dan karakter lahan atau tapak bagian dari muka bumi dengan segala kegiatan kehidupan dan apa saja yang ada didalamnya, baik bersifat alami,

non alami atau kedua-duanya yang merupakan bagian atau total lingkungan hidup manusia beserta makhluk-makhluk lainnya, sejauh mata memandang, sejauh segenap indera kita dapat menangkap dan sejauh imajinasi kita dapat membayangkannya.



Foto : Dewi B.

Gambar 3.2. Lansekap Kota Jakarta, 2008

2. Arsitektur Lansekap

Arsitektur lansekap adalah bidang ilmu dan seni yang mempelajari pengaturan ruang dan masa di alam terbuka, dengan mengkomposisikan elemen-elemen lansekap alami maupun buatan manusia beserta segenap kegiatannya, agar tercipta karya lingkungan yang secara fungsional berguna dan secara estetis indah, efektif, serasi, seimbang, teratur dan tertib, sehingga tercapai kepuasan jasmaniah dan rohaniah manusia dan makhluk hidup lainnya.

Arsitek lansekap adalah insan profesional yang mendapat pendidikan akademi atau universitas dalam bidang ilmu dan seni arsitektur lansekap dan aktif dalam kegiatan perancangan lansekap, perancangan tapak atau perencanaan lansekap. Dalam hubungan

dengan kegiatan perancangan lansekap, dimana perancangan lansekap berpijak kuat pada dasar ilmu ekologi dan ilmu pengetahuan alam dan bergerak dalam kegiatan evaluasi sistematis dari suatu bidang tanah yang luas, dalam rangka penilaian ketepatan dan cocok tidaknya bidang tanah tersebut untuk penggunaan, sesuai tujuan di masa mendatang.

Hasil yang diperoleh dapat berupa suatu rancangan tata guna tanah dan kebijakan yang menyangkut distribusi jenis-jenis pengembangan tata guna tanah, jaringan jalan raya, lokasi dari proyek industri, perlindungan air, perlindungan tanah dan nilai-nilai kenikmatan, serta pemakaian daerah luar kota untuk rekreasi. Ruang cakup studinya biasanya bertepatan dengan daerah fisiografik alami seperti daerah aliran sungai besar atau satuan logis unit tanah dan lain sebagainya. Jika ditelaah ruang lingkup pemikiran dan tanggung jawab aktivitas arsitektur lansekap luas sekali, dari taman-taman kecil apakah dipekarangan, halaman kantor, halaman sekolah, halaman pabrik atau halaman bangunan lainnya, taman-taman lingkungan, taman-taman kota, pedesaan, regional sampai ke pegunungan. Begitu luas cakupannya yang meliputi antara lain:

- a) Desain dan perancangan daerah konservasi, reservasi, dan pelestarian yang dinamis.
- b) Pencemaran, gangguan pemandangan, gangguan suara dan sampah.
- c) Erosi, ekologi dan ekosistem, masalah sumberdaya alam.
- d) Pengembangan tempat-tempat sejarah.
- e) Ruang Terbuka.
- f) Pembangunan perkotaan yang berkembang, melebar, berpencaran tak menentu.
- g) Jalur lalu lintas dan pengembangan linier sepanjang jalur jalan.
- h) Pelapukan perkotaan yang berkembang dan peremajaan perkotaan.
- i) Reklamasi tanah, masalah pantai dan peri kehidupan pantai.
- j) Hutan dan belukar alami serta satwa liar yang berkurang
- k) Kependudukan, urbanisasi dan transmigrasi.

Dari ruang lingkup dan pemikiran serta tanggung jawab aktivitas arsitektur lansekap terlihat bahwa selamanya tidak akan dapat lepas dari ekologi. Seorang ahli arsitektur lansekap tidak hanya sekedar pengisian ruang terbuka akan tetapi berkaitan erat dengan keselarasan, keseimbangan dan keserasian ekosistem, oleh karena itu harus mempunyai

dasar ekologi yang kuat. Kemampuan yang perlu dimiliki oleh para ahli arsitektur lansekap antara lain:

- a) Dasar pengetahuan dan praktek yang kuat guna pemahaman tanaman serta cara penggunaannya yang tepat.
- b) Dasar pengetahuan dalam bidang geologi, klimatologi, ekologi, sosio budaya dan ekonomi.
- c) Kesadaran biologis dan ekologis
- d) Memberikan nasehat dan petunjuk pelaksanaan pembangunan prasarana dan sarana pada umumnya.
- e) Memiliki daya nalar yang tinggi, berwatak dan berjiwa sosial.

D. Populasi, Komunitas dan Ekosistem

1. Populasi

Populasi berasal dari bahasa latin yaitu "populus" yang artinya rakyat, berarti penduduk. Populasi dari suatu negara dimaksudkan adalah penduduk dari negara tersebut. Sedangkan populasi yang dimaksudkan dalam ekologi adalah populasi dari spesies-spesies atau jenis-jenis organisme. Populasi meliputi kumpulan individu-individu organisme di suatu tempat yang memiliki sifat-sifat serupa, mempunyai asal-usul yang sama, dan tidak ada yang menghalangi anggota-anggota individunya untuk berhubungan satu sama lain mengembangkan keturunan secara bebas. Individu-individu itu merupakan kumpulan-kumpulan yang heteroseksual. Diperkirakan di atas planet Bumi saat ini ditemui kurang lebih 5 juta spesies tumbuhan, 10 juta spesies hewan dan lebih kurang 2-3 juta spesies mikroorganisme, dan lebih kurang 10% dan semua organisme itu yang berhasil diidentifikasi dan diberi nama.

Beberapa sifat populasi yang penting berkenaan dengan ekologi, yaitu pertumbuhan populasi, kerapatan populasi dan struktur populasi.

a. Pertumbuhan populasi

Sifat dinamis populasi yang mendasar adalah tumbuh, yaitu kemampuan untuk menambah jumlah individu. Tumbuh dirumuskan sebagai sifat esensial yang membedakan populasi makhluk hidup dengan materi mati. Laju pertumbuhan populasi yang dinyatakan dalam jumlah individu, yang dalam pertambahan populasi dibagi jangka waktu terjadinya penambahan ini, yang dapat dirumuskan dengan;

$$\frac{\Delta N}{\Delta t}$$

dimana N = jumlah individu populasi asal

Δ = besarnya perubahan

t = waktu

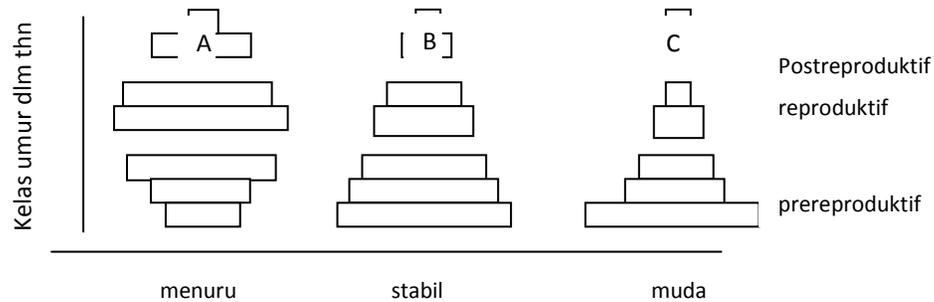
Apabila populasi yang individu-individu anggotanya bertambah atau berkurang karena migrasi, maka perubahan itu secara positif hanya dapat diisi oleh keturunannya, misalnya kelahiran atau natalitas yang harus terjadi. Ada beberapa cara menghitung natalitas, tetapi selalu dihubungkan dengan kematian atau mortalitas yang juga terjadi. Keseluruhan proses ini disebut sebagai laju pertumbuhan. Konsep mendasar dari fenomena pertumbuhan populasi adalah pertumbuhan *eksponensial*

b. Kerapatan populasi

Ukuran populasi tumbuhan dan hewan di suatu tempat tertentu (*kerapatan populasi*) biasanya tergantung dari migrasi. Karena pengaruh pakan atau lingkungan fisik populasi maka ukuran populasi suatu spesies akan tidak sama dengan ukuran spesies lain. Misalnya gajah yang bertubuh besar yang rendah potensi biologiknya, akan dengan cepat merusak lingkungan hidupnya hingga persediaan pakannya juga cepat habis, dan akan segera diikuti dengan angka kematian tinggi, tetapi angka kelahirannya rendah dan akhirnya angka kematian pun akan turun kembali diikuti meningkatnya angka kelahiran.

c. Struktur populasi

Sifat demografi yang penting bagi setiap anggota populasi adalah kenyataan pada saat keseimbangan populasi itu dalam keadaan reproduktif. Karena itu maka pada umumnya populasi dibagi dalam tiga kategori, yaitu *pre-reproduktif*, *reproduktif* dan *post-reproduktif*. Untuk itu biasanya dikaji melalui piramida-piramida umur seperti dalam gambar berikut.



Gambar 3.3. Piramida umur teoretik menunjukkan persentase tinggi ukuran populasi rendah, medium dan tinggi. Kelas-kelas umur dikelompokkan menjadi prereproduktif, reproduktif, dan postreproduktif.

2. Komunitas

Clements (1990) mengatakan bahwa suatu komunitas merupakan suatu organisme dengan jenis komposisi yang terbatas dan mempunyai sejumlah kehidupan. Komunitas merupakan salah satu jenjang organisme biologik langsung di bawah ekosistem, namun satu jenjang di atas populasi. Posisi itu menunjukkan bahwa kaidah-kaidah tingkat populasi akan mempengaruhi konsep-konsep komunitas, dan pada gilirannya kaidah-kaidah komunitas harus dipertimbangkan dalam memahami konsep-konsep ekosistem.

Struktur komunitas adalah sekumpulan populasi dari spesies-spesies yang berlainan dan secara bersama-sama menghuni suatu tempat. Semua populasi di tempat yang menjadi perhatian termasuk komunitas, seperti semua tumbuhan dan hewan serta mikroorganisme. Secara sempit sering dicontohkan misalnya komunitas tumbuhan paku-pakuan, komunitas hutan tropis basah, atau komunitas burung pemakan biji-bijian di sawah. Karakteristik komunitas yang unik adalah keragaman (*diversity*), yaitu jumlah spesies dan jumlah individu-individu masing-masing spesies pada suatu komunitas. Keberadaan suatu komunitas tertentu hidup pada suatu tempat tertentu disebabkan adanya lingkungan abiotik yang sesuai dimana terjadi interaksi antara komunitas-komunitas.

Komunitas memiliki konsep-konsep ekologi, seperti konsep habitat dan relung. Setiap organisme hidup secara khas menghuni lokasi tertentu, atau disebut *habitat*. Pada setiap lintang, habitat mampu mendukung banyak spesies (individu) yang tergantung dari produktivitasnya, kerumitan struktur dan kesesuaian spesies dengan kondisi fisik habitatnya. Suatu pada alang-alang, misalnya, menjadi habitat bagi 5 spesies burung, 6 spesies hewan herbivora, 2 spesies carnivora dan seterusnya. Relung atau ruang-ruang kegiatan spesies merupakan semua dimensi lingkungan yang meliputi faktor-faktor fisik, kimia dan biologik, waktu keseharian atau tahunan. Setiap spesies mendiami relung tertentu yang ditentukan oleh pakan dan ukurannya. Jadi, di antara karnivora-karnivora di suatu komunitas lahan berpohon, dapat ditemui relung-relung predator yang dihuni rubah, luak, musang, tikus dan sebagian mamalia dan predator burung seperti elang yang diurnal dan burung hantu yang nokturnal.

a). Macam komunitas

Di alam terdapat bermacam-macam komunitas yang secara garis besar dibagi menjadi:

- a. Komunitas Akuatik; komunitas ini misalnya terdapat di laut, danau, sungai, parit dan kolam.
- b. Komunitas Terestrial; sekelompok organisme yang terdapat di pekarangan, padang rumput, padang pasir, halaman kantor, halaman sekolah, kebun raya dan sebagainya.

Margalef (1958) mengemukakan bahwa untuk keanekaragaman komunitas perlu dipelajari aspek keanekaragaman itu dalam organisasi komunitas, misalnya;

- a. Mengalokasikan individu populasinya ke dalam spesiesnya.
- b. Menempatkan spesies tersebut ke dalam habitat dan nichenya.
- c. Menentukan kepadatan relatifnya dalam habitat.
- d. Menempatkan tiap individu ke dalam setiap habitatnya dan menentukan fungsinya.

Komunitas seperti halnya tingkat organisasi jasad hidup lain, mengalami serta menjalani siklus hidup, artinya komunitas itu lahir, meningkat dewasa, dan kemudian bertambah dewasa dan tua. Bedanya, komunitas alami tidak pernah mati. Apabila komunitas lahir di atas bongkahan batu larva sebuah gunung berapi yang belum berapa lama meletus, maka pada awalnya komunitas itu hanya tumbuhan pelopor seperti ganggang, lumut, kerak dan paku-pakuan. Tumbuhan pelopor ini akan mengubah keadaan lingkungan sedemikian rupa sehingga tumbuhan dan hewan lain dapat pindah dan hidup di tempat tersebut. Lama-kelamaan komunitas itu akan dikuasai oleh spesies yang dapat hidup unggul, stabil dan mandiri di dalamnya. Proses demikian inilah yang disebut dengan "suksesi". Sedangkan komunitas yang sudah mencapai kemantapan disebut komunitas yang sudah mencapai puncak atau klimaks.

Komunitas alami dapat memiliki jumlah jenis yang besar. Namun demikian hanya sedikit jenis yang mengendalikan komunitas tersebut, dan jenis ini disebut "jenis dominan". Hal ini juga tidak menyatakan bahwa jenis yang lebih langka tidak penting. Karena jenis langka ini menentukan diversitas (keanekaragaman), dan aspek struktur komunitas.

b). Nama komunitas

Nama komunitas harus dapat memberikan keterangan mengenai sifat-sifat komunitas tersebut. Cara yang paling sederhana, pemberian nama itu dengan menunjukkan bagaimana wujud komunitas seperti padang rumput, pantai pasir, lautan, hutan jati. Nama tersebut menunjukkan bentuk dan wujud komunitas secara keseluruhan. Cara yang paling baik untuk menamakan komunitas itu adalah dengan mengambil beberapa sifat yang jelas dan mantap, baik hidup ataupun tidak. Di darat tumbuhan utama biasanya memberikan pedoman yang jelas dan mantap. Dalam komunitas perairan, habitat fisik dapat juga digunakan misalnya komunitas padang pasir, komunitas hamparan rumput, komunitas perairan terbuka. Menurut Zoer'aini (2003) ringkasnya pemberian nama komunitas berdasarkan ;

- a) Bentuk atau struktur utama seperti jenis dominan, bentuk-bentuk hidup atau indikator lainnya seperti hutan pinus, hutan agathis, hutan jati, atau hutan

Dipterocarpaceae. Dapat juga berdasarkan sifat tumbuhan dominan seperti *hutan sklerofil*, di Indonesia hutan ini banyak terdapat di Flores. Dalam komunitas ini banyak terdapat pohon Eucalyptus yang mempunyai sifat keras dan liat karena mengandung skelofil.

- b) Berdasarkan habitat fisik dari komunitas, seperti komunitas hamparan lumpur, komunitas pantai pasir, komunitas lautan dan sebagainya.
- c) Berdasarkan sifat-sifat atau tanda-tanda fungsional misalnya tipe metabolisme komunitas. Berdasarkan sifat lingkungan alam seperti iklim, misalnya terdapat di daerah tropik dengan curah hujan yang terbagi rata sepanjang tahun, maka disebut hutan hujan tropik.

3. Ekosistem

Istilah Ekosistem pertama kali diusulkan pada tahun 1935 oleh A.G. Tansley, seorang ahli ekologi bangsa Inggris, tetapi konsep ini bukanlah merupakan hal yang baru. Berbagai pendapat tentang kesatuan organisme dan lingkungannya demikian juga tentang kesatuan manusia dan alam sudah sejak lama ada. Pada akhir abad ke-19 dalam penerbitan ekologi baik di Amerika, Rusia, dan Eropa telah mulai bermunculan pernyataan-pernyataan tentang konsep ekosistem.

Ekosistem atau sistem ekologi (Anderson,1981) merupakan kesatuan komunitas biotik dengan lingkungan abiotiknya. Pada dasarnya, ekosistem dapat meliputi seluruh biosfer dimana terdapat kehidupan, atau hanya bagian-bagian kecil saja seperti sebuah danau atau kolam. Dalam jangkauan yang lebih luas, dalam kehidupan diperlukan energi yang berasal dari matahari. Dalam suatu ekosistem terdapat suatu keseimbangan yang disebut *homeostatis*, yaitu adanya proses dalam ekosistem untuk mengatur kembali berbagai perubahan dalam sistem secara keseluruhan, atau dalam pendekatan yang holistik. Dalam mekanisme keseimbangan itu, termasuk mekanisme pengaturan, pengadaan dan penyimpanan bahan-bahan, pelepasan hara makanan, pertumbuhan organisme dan populasi serta daur bahan organik untuk kembali terurai menjadi materi atau bahan anorganik.



Foto : Dewi B

Gambar 3.4. Ekosistem akuatik dan terestrial di Danau Perintis Gorontalo, 2007

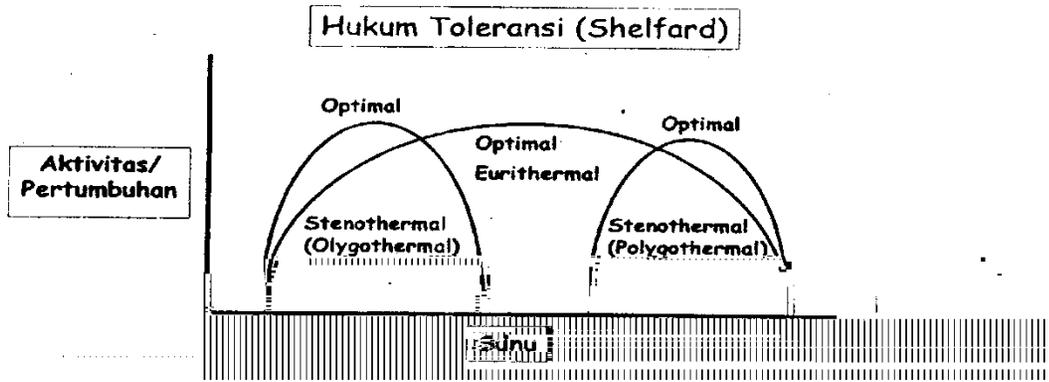
Meskipun suatu ekosistem memiliki daya tahan yang besar terhadap perubahan, biasanya batas mekanisme *homeostatis* dapat dipengaruhi bahkan dikalahkan oleh kegiatan manusia. Misalnya, sebuah sungai yang tercemar oleh pembuangan limbah yang tidak terlalu banyak sehingga air sungai masih dapat jernih kembali secara alami. Tetapi jika bahan pencemar yang masuk ke badan air sungai melebihi kapasitas homeostatis-nya maka sungai akan mengalami penurunan kualitas peruntukannya bagi kehidupan manusia. Dalam hal ini daya tampung atau daya serap alami sudah terlampaui sehingga air sungai mengalami pencemaran.

Sehubungan dengan hal di atas, maka konsep *faktor pembatas* menjadi hal penting untuk mengkaji keberadaan (eksistensi) dan pertumbuhan suatu populasi biotik. Dalam hukum Minimum *Liebig* dikemukakan bahwa kehidupan sangat tergantung pada jumlah minimum bahan makanan, sedangkan menurut Hukum Toleransi *Shelford* bahwa pertumbuhan dan penyebaran populasi tidak hanya tergantung pada unsur yang sangat sedikit, tetapi juga dibatasi oleh unsur yang sangat banyak. Organisme memiliki kisaran toleransi yang lebar pada satu faktor lingkungan dan kisaran yang sempit di lain faktor. Organisme dengan kisaran toleransi yang lebar untuk semua faktor memiliki penyebaran

yang paling luas, demikian sebaliknya. Hewan pengerat (misalnya tikus) mampu bertahan hidup di berbagai tempat karena memiliki banyak variasi jenis makanan, sebaliknya Panda dan Koala hanya memiliki satu atau dua jenis tumbuhan yang menjadi makanannya sehingga penyebaran kedua hewan ini terbatas pada habitat dan kondisi tertentu pula.

Hukum Minimum (Liebig)

Bahwa nilai, hasil atau kualitas suatu sistem ditentukan oleh faktor pendukungnya yang berada dalam keadaan minimum



Gambar 3.6. Ilustrasi kisaran toleransi menurut Hukum Toleransi Shelford, dan Hukum Minimum Liebig (Odum, 1970).

Kisaran toleransi sempit disebut *steno*, sebaliknya kisaran lebar disebut *eury*. *Stenothermal – Eurythermal* adalah kisaran toleransi organisme pada faktor suhu, *Stenohydrik – Euryhydrik* kisaran toleransi pada faktor air (kelembaban), *Stenophagik – Euryphagik* kisaran toleransi pada faktor jenis makanan, dan *Stenoecious – Euryecious* kisaran toleransi pada habitat.

a). Kaidah-kaidah ekosistem

Menurut Zoer'aini (2003) kaidah-kaidah ekosistem sebagai berikut;

- a. Suatu ekosistem diatur dan dikendalikan secara alamiah.
- b. Suatu ekosistem mempunyai daya kemampuan yang optimal dalam keadaan berimbang. Di atas kemampuan tersebut ekosistem tidak lagi terkendali, dengan akibat menimbulkan perubahan-perubahan lingkungan atau krisis lingkungan yang tidak lagi berada dalam keadaan lestari bagi kehidupan organisme.
- c. Terdapat interaksi antara seluruh unsur-unsur lingkungan yang saling mempengaruhi dan bersifat timbal balik.
- d. Interaksi terjadi antara;
 - Komponen-komponen biotik dengan komponen-komponen abiotik
 - Sesama komponen biotik
 - Sesama komponen-komponen abiotik
- e. Interaksi senantiasa terkendali menurut suatu dinamika yang stabil, untuk mencapai suatu optimum mengikuti setiap perubahan yang dapat ditimbulkan terhadapnya dalam ukuran batas-batas kesanggupan.
- f. Setiap ekosistem memiliki sifat-sifat yang khas disamping yang umum dan secara bersama-sama dengan ekosistem lainnya mempunyai peranan terhadap ekosistem keseluruhannya (biosfer).

- g. Setiap ekosistem tergantung dan dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor tempat, waktu dan masing-masing membentuk basis-basis perbedaan diantara ekosistem itu sendiri sebagai cerminan sifat-sifat yang khas.
- h. Antara satu dengan lainnya, masing-masing ekosistem juga melibatkan diri untuk memilih interaksinya pula secara tertentu.

b). Komponen atau faktor ekosistem

Komponen-komponen ekosistem dapat dibagi berdasarkan ;

Dari segi makanan (trophik)

- 1. Komponen autotop (memberi makanan sendiri), disini terjadi pengikatan energi sinar matahari.
- 2. Komponen heterotrophik (memakan yang lainnya), disini terjadi pemakaian, pengaturan kembali dan perombakan bahan-bahan yang kompleks.

Dari segi keperluan deskriptif

- 1. Komponen Abiotik, terdiri dari ;
 - a) Senyawa-senyawa inorganik (C, H, CO₂, H₂O dan lainnya) yang terlibat dalam siklus bahan atau mineral.
 - b) Senyawa-senyawa organik (protein, karbohidrat, lemak dan seterusnya) yang menghubungkan biotik dan abiotik.
 - c) Iklim (temperatur, faktor-faktor fisik lainnya)
 - d) Air
- 2. Komponen-komponen biomas terdiri dari;
 - a) Produsen, organisme autotropik, umumnya tumbuhan hijau yang mampu menghasilkan atau membentuk makanan dari senyawa-senyawa an-organik yang sederhana.
 - b) Makro-konsumer atau phagotrof, organisme-organisme heterotropik terutama hewan yang mencernakan organisme-organisme atau bagian bahan organik.
 - c) Mikro-konsumer, saprotrof (sapro = merombak) atau osmotrop, organisme heterotropik terutama bakteri dan jamur yang merombak senyawa-senyawa

kompleks dari pada protoplasma mati. Menghisap beberapa dari hasil perombakan dan melepaskan bahan makanan inorganik yang dapat digunakan oleh produsen. Menghasilkan senyawa organik sebagai sumber energi yang dapat menghambat atau merangsang komponen biotik lainnya dalam ekosistem.

3. Wiegst dan Owens (1970), membagi heterotrof menjadi;
 - a) Biophag adalah organisme-organisme yang memakan organisme hidup lainnya.
 - b) Saprofag adalah organisme-organisme yang memakan bahan-bahan organik mati.

Dari segi fungsional

1. Lingkaran mineral.
2. Rantai-rantai makanan.
3. Pola-pola keragaman dalam waktu dan ruang.
4. Perkembangan dan evaluasi.
5. Pengendalian (cybernetiks)

Faktor-faktor ekosistem yang merupakan komponen habitat yaitu;

A. *Faktor Abiotik*

1. Tanah;
 - a. Sifat fisik tanah seperti tekstur, kematangan, porositas, kapasitas menahan air.
 - b. Sifat kimia tanah seperti pH, kandungan dan jenis unsur hara (materi)
2. Faktor Iklim
Rezim energi, suhu, kelembapan, angin, kandungan gas/partikel.

3. Faktor air
Kecerahan, pH, kandungan unsur.

B. *Faktor Biotik;*

1. Produsen; tumbuhan hijau, bakteri
2. Konsumen; herbivora, karnivora
3. Dekomposer

C. *Faktor Manusia;* ideologi, politik, ekonomi, sosial, budaya, hankam

Tanah sebagai ekosistem, terdiri atas komponen;

1. Komponen Abiotik; fraksi mineral yaitu sifat fisik dan sifat kimia, kandungan bahan organik, air tanah, dan atmosfer tanah
2. Komponen Biotik; mikrobiota seperti Algae, Protozoa, Fungi. Mesobiota seperti Nematoda dan Artipro. Makrobiota seperti cacing, Moluska, Artropoda

c). Klasifikasi ekosistem berdasarkan energi

Sumber dan kualitas energi yang tersedia menentukan jenis dan jumlah organisme, pola fungsional dan proses pertumbuhan, dan pola hidup manusia. Karena energi adalah suatu penyebut umum dan faktor penentu terakhir di dalam semua ekosistem, apakah yang dirancang oleh manusia atau oleh alam, maka energi memberikan suatu dasar logis untuk suatu klasifikasi tingkat pertama.

Atas dasar ini, dibedakan 4 klas dasar ekosistem, yaitu;

- a. Ekosistem alam, tanpa subsidi dan ditunjang oleh energi matahari.
- b. Ekosistem alam yang ditunjang oleh energi matahari dan energi alam lainnya.
- c. Ekosistem yang ditunjang oleh energi matahari dan dibantu oleh manusia.
- d. Sistem-sistem industri-perkotaan yang ditunjang oleh energi bahan bakar (sumber energi dari bahan bakar fosil atau bahan bakar organik lain atau nuklir).

Klasifikasi ini didasarkan atas masukan lingkungan dan ini berbeda dengan tipe melengkapi biome yang didasarkan atas struktur (dalam) dari ekosistem. Keempat tipe utama ekosistem yang diklasifikasikan menurut sumber, tingkat, dan kuantitas energi diuraikan pada tabel 3.1 di bawah ini;

Tabel 3.1 Klasifikasi Ekosistem Berdasarkan Sumber dan Tingkat Energi

No	Uraian	Arus Energi Tahunan/ Tingkat energi (kcal/m ²)
1	Ekosistem alami dengan energi matahari tanpa subsidi. Contoh: laut terbuka, hutan-hutan di dataran tinggi. Sistem-sistem ini membentuk modul kehidupan dasar bagi	1000-10.000 (2000)*

	kapal ruang angkasa bumi.	
2	Ekosistem alami dengan energi matahari yang disubsidi. Contoh: Estuaria pasang surut, beberapa hutan hujan. Sistem-sistem ini berproduksi secara alami yang tidak hanya mempunyai kapasitas daya dukung yang tinggi namun juga menghasilkan kelebihan bahan-bahan organik yang dapat diekspor sistem-sistem lain atau disimpan.	10.000-40.000 (20.000)*
3	Ekosistem dengan energi matahari ditambah dengan subsidi oleh manusia. Contoh: Pertanian, Akuakultur. Sistem-sistem ini memproduksi makanan dan serat dengan dukungan energi tambahan seperti minyak bumi atau energi lain yang ditambahkan oleh manusia.	10.000-40.000 (20.000)*
4	Sistem-sistem industri perkotaan. Contoh: kota-kota, areal industri. Sistem-sistem ini merupakan juga pencetus kemakmuran, namun juga merupakan sumber pencemaran. Pada sistem-sistem ini sumber energi utama adalah minyak bumi.	100.000-3.000.000 (2.000.000)*

Ekosistem-ekosistem itu bertumpu pada dua sumber energi yang berbeda yaitu matahari dan bahan bakar kimia (nuklir). Oleh karena itu kita dapat membedakan antara sistem tenaga matahari dan sistem tenaga bahan bakar, walaupun kedua sumber energi itu dapat digunakan dalam suatu waktu bersamaan. Sistem-sistem alam yang sebagian besar atau seluruhnya tergantung pada sinar matahari tanpa subsidi (kategori 1 dalam tabel 3.1). Mereka tidak disubsidi dalam arti bahwa karena hanya sedikit sekali, jika ada sumber energi tambahan yang tersedia untuk menambah sinar matahari. Laut terbuka, hutan yang luas dan padang rumput dan danau yang luas dan dalam adalah contoh-contoh dari ekosistem tersebut. Untuk menyederhanakan klasifikasi, ekosistem tenaga matahari yang disubsidi alam dan ekosistem tenaga matahari yang disubsidi manusia didaftarkan sebagai kategori 2 dan 3 didalam tabel 3.1.

Ekosistem pantai adalah contoh yang tepat untuk ekosistem tenaga matahari yang disubsidi alam, berupa energi pasang surut, gelombang dan arus. Karena gerakan air itu

menyebabkan peredaran hara, mengangkut makanan dan limbah, maka organisme estuaria dapat mengkonsentrasikan usahanya untuk mengkonversi energi matahari secara lebih efisien menjadi bahan organik.

Manusia tentu saja sudah belajar sejak dahulu bagaimana memodifikasi dan mensubsidi alam untuk keuntungan langsung mereka, dan mereka telah makin trampil tidak hanya dalam meningkatkan produktivitas tetapi terutama dalam penyaluran produktivitas tersebut menjadi makanan dan bahan-bahan serat yang mudah dipanen, diproses dan digunakan. Pertanian dan perikanan adalah contoh-contoh utama dari ekosistem tenaga matahari yang disubsidi oleh manusia (kategori 3 dalam tabel 3.1).

Ekosistem dengan bahan bakar (kategori 4 dalam tabel 3.1), yang juga dikenal sebagai sistem industri-perkotaan, merupakan puncak upaya manusia. Energi potensial bahan bakar yang berkonsentrasi tinggi mengganti energi matahari. Dengan pengelolaan kota sekarang, energi matahari tidak hanya tak dipakai bahkan amat mengganggu karena memanaskan beton bangunan. Tetapi karena bahan bakar makin mahal, daerah perkotaan akan tertarik untuk menggunakan energi matahari. Jika ini terjadi, maka akan terbentuk tipe ekosistem baru, yaitu ekosistem kota yang didukung energi bahan bakar dan disubsidi energi matahari. Dalam keadaan ini harus diciptakan teknologi baru untuk mengkonsentrasikan (mempekatkan) energi matahari sampai ke tingkat yang sebagian dapat menggantikan bahan bakar.

d). Studi tentang Ekosistem

Para ekologiwan mempunyai dua macam pendekatan dalam mempelajari ekosistem, yaitu : (1) secara hologis (holos = menyeluruh), dimana masukan-masukan dan keluaran-keluaran dari suatu ekosistem diukur, sifat-sifat kolektif dan emergen ditentukan dan bagian-bagian komponen diteliti sesuai dengan tujuan studi ; (2) pendekatan secara merologis (meros = bagian), disini bagian-bagian utama dari ekosistem dipelajari terlebih dahulu kemudian digabungkan kedalam sistem secara keseluruhan. Metode lain yang dipakai akhir-akhir ini dalam mempelajari ekosistem adalah metode eksperimen dan pembuatan model.

Di dalam prakteknya metode studi yang dipakai tergantung pada tujuan studi. Yang perlu juga diperhatikan adalah sifat-sifat dari suatu organisme mungkin mempunyai perilaku yang berbeda di dalam sistem yang berbeda. Hal ini ada hubungannya dengan interaksi antara organisme dengan komponen-komponen lain. Beberapa jenis serangga misalnya, merupakan hama yang sifatnya merusak apabila berada dalam habitat pertanian, namun di dalam habitat alami dimana terdapat parasit, predator, dan persaingan maka populasi dan aktivitas dapat dikendalikan. Dengan cara eksperimentasi para ekologiwan dapat mempelajari tanggapan yang timbul dari suatu perlakuan untuk menjawab hipotesis-hipotesis yang dibuat sebagai hasil pengamatan.

E. Energi dalam Ekosistem

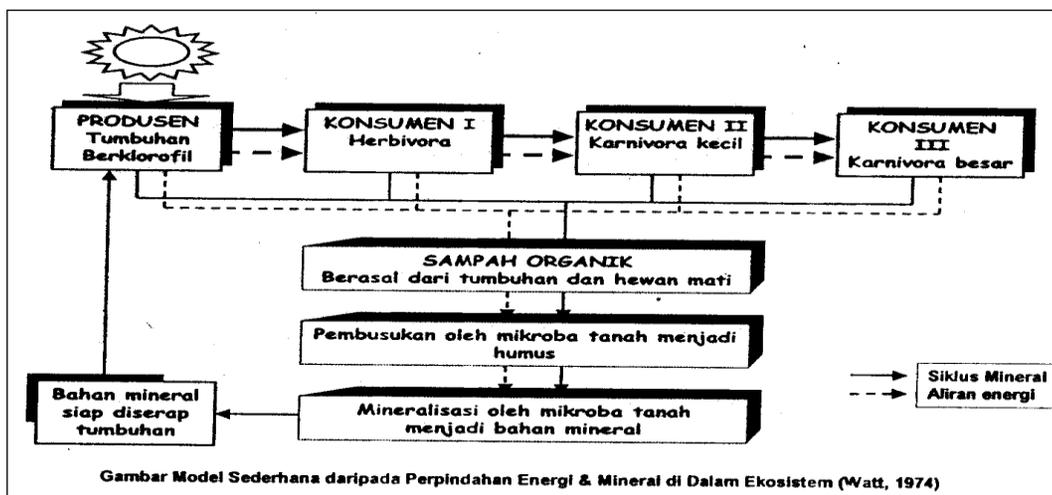
Energi dapat dirumuskan sebagai kemampuan (*capacity*) untuk melakukan kerja. Dalam ekosistem, energi sinar matahari sebagai sumber energi yang menopang peristiwa sirkulasi atmosfer dan siklus air dalam ekosistem. Tidak semua energi matahari ini mencapai bumi (*insolasi*), sebagian dibelokkan oleh atmosfer atau dikembalikan ke alam bebas. Pada dasarnya energi matahari ini tidak dapat dihilangkan walaupun telah dibelokkan oleh atmosfer, dan berubah menjadi bentuk-bentuk energi lain seperti energi kimia, energi kinetik atau energi panas.

Berkaitan dengan aliran energi, dikenal Hukum Termodinamika. Dalam Hukum Termodinamika I atau disebut hukum kekekalan energi, bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan dan hanya mengalami transformasi, sedangkan dalam Hukum Termodinamika II, bahwa proses transformasi energi tidak pernah terjadi secara spontan, dan proses transformasi energi tidak pernah berlangsung dengan efisien 100%. Dalam hukum Termodinamika II ini dimaksudkan bahwa energi matahari yang dipancarkan ke muka bumi cenderung menjadi energi panas yang keseluruhannya tidak langsung bermakna bagi kehidupan. Hanya sedikit energi yang mengalami fiksasi dalam tumbuhan hijau sebagai energi potensial, selebihnya dipancarkan dalam bentuk panas di sekitar biosfer.

Jaring makanan merupakan satuan dasar ekosistem, karena energi dan nutrisi beredar ke dalamnya dan di sekitarnya, termasuk pertukaran energi dan materi yang juga terjadi pada lingkungan abiotiknya. Siklus materi dan aliran energi menggambarkan bagaimana pola energi dan materi (nutrisi) itu secara mendasar beredar dalam ekosistem. Herbivora dan carnivora bersama-sama merupakan konsumen-konsumen (*biophages*) yang memangsa organisme-organisme hidup, berbeda dengan dekomposer (*saprophages*) yang memakan bahan-bahan organik mati.

Pola peredaran energi dan materi sangat berbeda dalam kaitannya dengan lingkungan abiotik serta batas-batas ekosistem. Energi mengalir melalui ekosistem yang dipasok dari luar sebagai energi sinar matahari yang akhirnya hilang kembali lepas sebagai panas dalam proses respirasi semua anggota komunitas. Sebagian besar materi nutrisi berputar (bersiklus) dalam ekosistem, tumbuh-tumbuhan memperoleh nutrisinya dari simpanan-simpanan (*pools*) organik lingkungan di dalam ekosistem di atmosfer, air, tanah dan sedimen. Nutrisi ini mengalir melalui jaring makanan dalam bentuk molekul-molekul organik, namun sebagian besar kembali simpanan-simpanan anorganik melalui penguraian bahan-bahan organik yang mati.

Berikut ilustrasi aliran energi dan siklus materi dalam suatu ekosistem.



Gambar 3.7. Model sederhana perpindahan energi dan materi dalam ekosistem ((Odum, 1983)

Bab 2

MANUSIA, SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN HIDUP

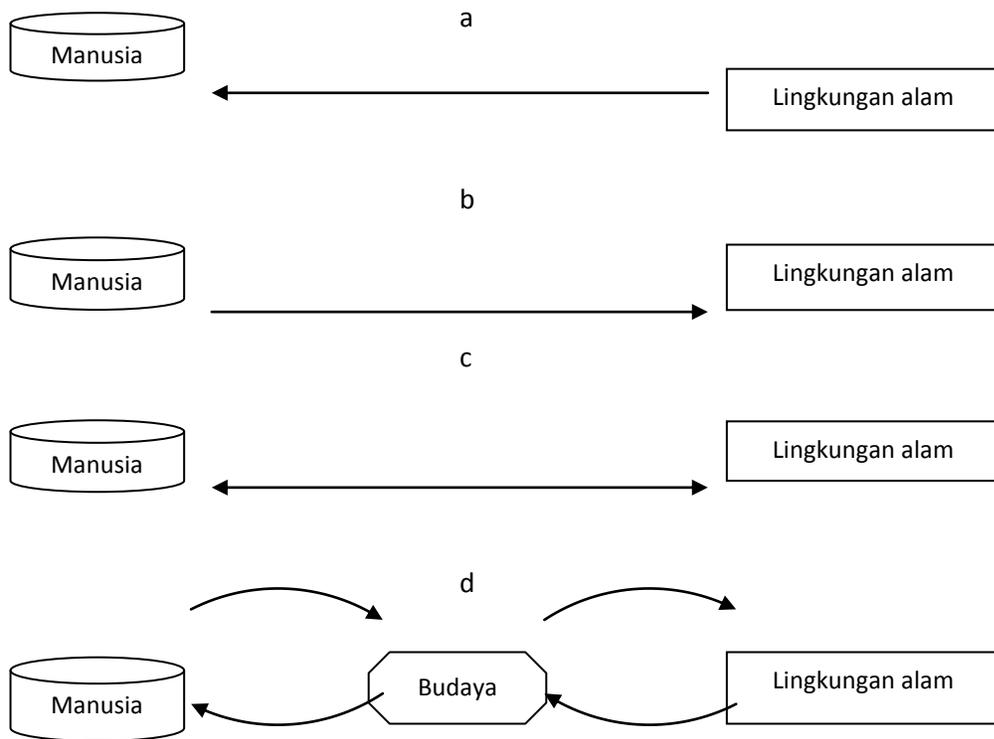
A. Manusia dan Lingkungannya

Manusia mempengaruhi lingkungan hidupnya, dengan mengusahakan sumber daya dan lingkungannya untuk mempertahankan diri dan jenisnya, sebaliknya, manusia juga dipengaruhi oleh lingkungannya. Interaksi antara manusia dengan lingkungan hidupnya tidak hanya ditentukan oleh jenis dan jumlah sumber daya hayati dan non-hayati, tetapi juga oleh kondisi dan sifat sumber daya. Selain itu juga oleh perilaku dan kebudayaan manusia yang ikut menentukan bentuk dan intensitas interaksi antara manusia dengan lingkungannya.

Dalam ekosistem, manusia adalah salah satu dari unsur lain baik hayati maupun non-hayati yang tidak terpisahkan. Karena itu kelangsungan hidup manusia tergantung pula pada kelestarian ekosistemnya. Namun karena kemampuan berpikir manusia dengan perilakunya yang melebihi kemampuan biota lainnya maka manusia menjadi faktor yang penting. Manusia harus dapat menjaga keserasian hubungan timbal-balik antara manusia dengan lingkungannya sehingga keseimbangan ekosistem tidak terganggu. Manusia diharapkan menjadi pelestari lingkungan.

Manusia memiliki daya nalar yang memungkinkannya dapat mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi. Di samping itu kemampuan manusia menciptakan lingkungan buatan yang berbeda dengan lingkungan alaminya, sehingga terjadi perubahan ekosistem alami menjadi ekosistem buatan. Perkembangan alam pikiran manusia memungkinkan adanya penguasaan atas tatanan lingkungan hidup melalui pengembangan dan penerapan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni. Akan tetapi jika penataan lingkungan hidup tidak berlangsung dengan baik maka akan terjadi penurunan kualitas hidup dan perubahan kualitas lingkungan.

Penerapan teknologi eksploitasi yang kurang memperhatikan kearifan mengakibatkan sumber daya alam non-hayati (air, udara, tanah) dan sumber daya alam hayati (hutan dengan flora dan faunanya) mengalami penurunan kuantitas dan kualitas. Karena itu kualitas sumber daya manusia dengan penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologinya serta kearifan perilakunya diperlukan peningkatan secara terus-menerus melalui upaya pendidikan. Berikut ilustrasi saling pengaruh manusia dengan lingkungannya (dimodifikasi dari Resosoedarmo dkk. 1985:145-149).



Gambar 2.1. (a) Manusia dipengaruhi oleh lingkungan alam, (b) Manusia mempengaruhi lingkungan alam, (c) Manusia dan lingkungan alam saling mempengaruhi, (d) Kebudayaan menjadi sarana hubungan manusia dengan lingkungan alam.

Berkaitan dengan hal di atas, maka pertumbuhan penduduk (manusia) tidak dapat dipisahkan dengan unsur-unsur dalam masalah lingkungan hidup. Peningkatan jumlah

penduduk (di beberapa tempat) belum mampu diimbangi dengan kecepatan produksi makanan, ketersediaan sumber daya (pekerjaan, permukiman dan makanan), terjadinya degradasi lingkungan (erosi) oleh kegiatan pertanian, pencemaran air akibat perilaku manusia dan buangan industri, pencemaran udara disebabkan oleh penggunaan energi oleh manusia dan industri, konversi ekosistem alami akibat peruntukan lahan bagi kepentingan penduduk, serta kerusakan lingkungan akibat eksploitasi sumber daya alam untuk pertambangan (Enger & Smith, 2004;153-154).

B. Sumber Daya Alam

1. Pandangan Terhadap Sumberdaya Alam

Dalam memahami sumberdaya alam, ada dua pandangan yang umumnya digunakan sebagai berikut :

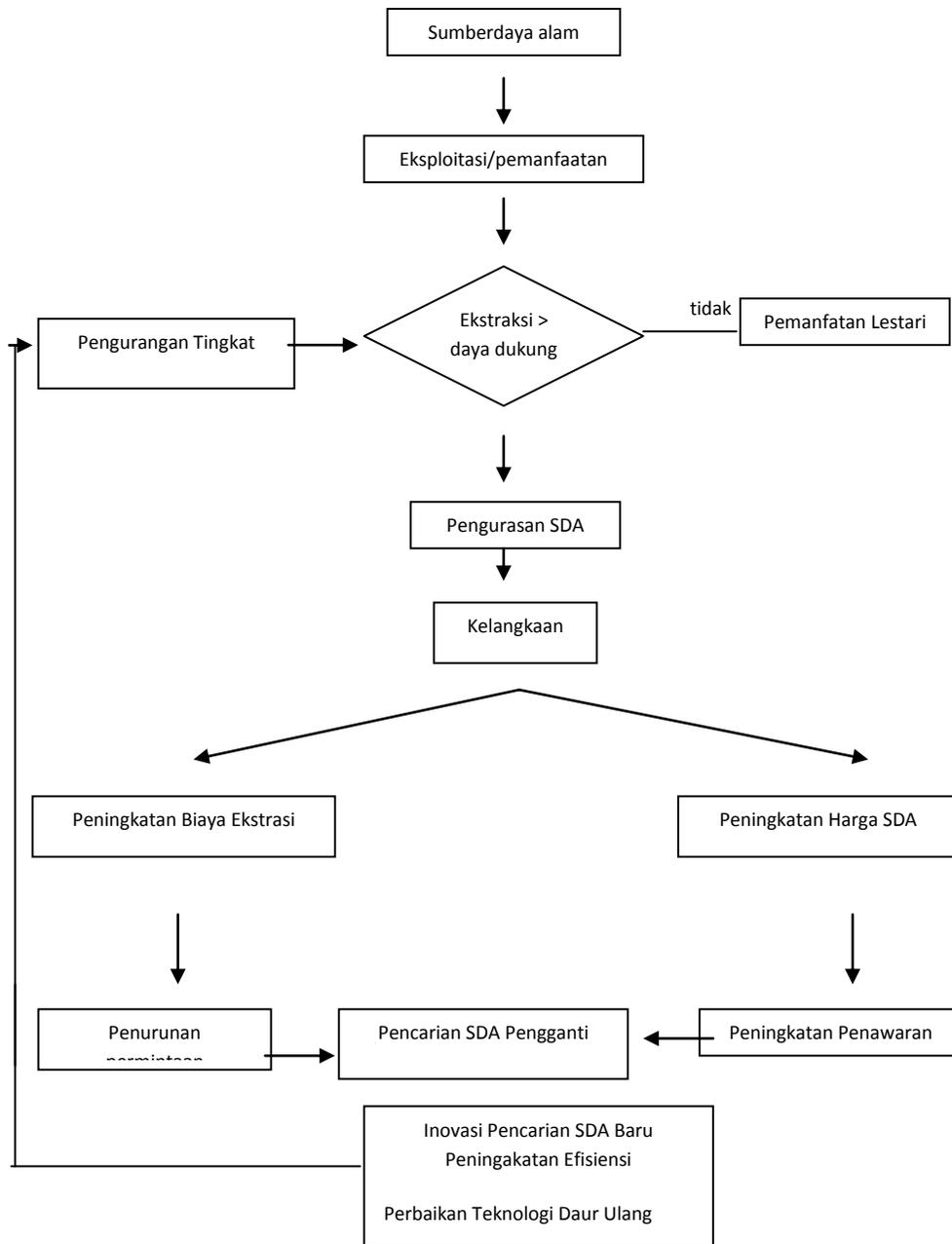
- 1) Pandangan konservatif atau sering disebut juga pandangan pesimis atau perspektif *Malthusian*.

Pandangan ini, resiko akan terkurasnya sumberdaya alam menjadi perhatian utama. Dengan demikian, pandangan ini sumberdaya alam harus dimanfaatkan secara hati-hati karena adanya faktor ketidakpastian terhadap apa yang akan terjadi terhadap sumberdaya alam untuk generasi mendatang. Pandangan ini berakar dari pemikiran Malthus yang dikemukakan sejak tahun 1797 ketika "*Principle of Population*" dipublikasikan. Dalam perspektif Malthus, sumberdaya alam yang terbatas tidak akan mampu mendukung pertumbuhan penduduk yang cenderung tumbuh secara eksponensial. Produksi dari sumberdaya alam akan mengalami apa yang disebut sebagai *diminishing return* dimana *output* perkapita akan mengalami kecenderungan yang menurun sepanjang waktu. Lebih jauh lagi, perspektif Malthus melihat bahwa ketika proses *diminishing return* ini terjadi, standar hidup juga mempengaruhi reproduksi manusia. Kombinasi kedua kekuatan ini dalam jangka panjang akan menyebabkan ekonomi berada dalam kondisi keseimbangan atau *steady state*.

2) Pandangan eksploitatif atau sering juga disebut sebagai perspektif *Ricardian*. Dalam pandangan ini dikemukakan antara lain:

- Sumberdaya alam dianggap sebagai "mesin pertumbuhan" (*engine of growth*) yang mentransformasikan sumberdaya ke dalam "*manmade capital*) yang pada gilirannya akan menghasilkan produktifitas yang lebih tinggi dimasa mendatang.
- Keterbatasan suplai dari sumberdaya untuk memenuhi kebutuhan ekonomi dapat disubstitusikan dengan cara intensifikasi (eksploitasi sumberdaya secara intensif) atau dengan cara ekstensifikasi (memanfaatkan sumberdaya yang belum dieksploitasi).
- Jika sumberdaya menjadi langka, hal ini akan tercermin dalam dua indikator ekonomi, yakni meningkatnya baik harga *output* maupun biaya ekstraksi persatuan *output*. Meningkatnya harga *output* akibat meningkatnya biaya per satuan *output* akan menurunkan permintaan terhadap barang dan jasa yang dihasilkan oleh sumberdaya alam. Disisi lain, peningkatan harga *output* menimbulkan insentif kepada produsen sumberdaya alam untuk berusaha meningkatkan suplai. Naumn karena ketersediaan sumberdaya yang terbatas, kombinasi dampak harga dan biaya akan menimbulkan insentif untuk mencari sumberdaya substitusi dan peningkatan daur ulang. Selain itu, kelangkaan juga akan memberikan insentif untuk mengembangkan inovasi-inovasi seperti pencarian deposit baru, peningkatan efisiensi produksi, peningkatan teknologi daur ulang sehingga dapat mengurangi tekanan terhadap pengurusan sumberdaya alam.

Kedua pandangan di atas secara diagramatis dapat dilihat pada tampilan 2.1. dibawah ini.



Gambar 2.2. Pandangan terhadap Sumberdaya Alam

2. Klasifikasi Sumberdaya Alam

Sumberdaya alam mencakup pengertian yang sangat luas, merupakan unsur pembentuk lingkungan yang sangat kompleks, dinamis, satu sama lain saling berinteraksi.

Owen (1980) mendefinisikan sumberdaya alam sebagai bagian dari lingkungan alam (tanah, air, padang penggembalaan, hutan, kehidupan liar, mineral atau populasi manusia) yang dapat digunakan manusia untuk meningkatkan kesejahteraan hidupnya. Pada dasarnya sumberdaya alam itu dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok utama, yaitu kelompok sumberdaya alam yang tak dapat diperbaharui (*exhaustible resources = stoc resources = fund resources*) dan kelompok sumberdaya alam yang dapat diperbaharui (*renewable resources = flow resources*).

Sumberdaya alam perlu diklasifikasikan atau digolongkan, karena dengan penggolongan itu akan mempermudah pemahaman kita mengenai sifat-sifat sumberdaya tersebut. Selanjutnya penggolongan tersebut akan mempermudah kita dalam merencanakan bagaimana memanfaatkannya dan bagaimana mengelolanya agar volume sumberdaya alam tersebut tidak lekas habis dan tetap lestari namun memberikan manfaat sosial yang optimal. Sumberdaya alam dapat disefenisikan juga sebagai sumberdaya atau faktor produksi yang disediakan oleh alam, dan bukan merupakan buatan manusia.

a. Klasifikasi sumberdaya alam menurut Owen

Berdasarkan sifatnya Owen (1980) mengelompokkan sumberdaya alam yang *Inexhaustible* dan *Exhaustible*. Sumberdaya alam *Inexhaustible* adalah sumberdaya alam yang tidak akan habis. Akan tetapi tidak berarti ketersediaannya tidak terbatas, bahkan apabila salah kelola maka sumberdaya alam tersebut dapat mengalami kerusakan sehingga tidak dapat berfungsi secara optimal. Misalnya, jika terjadi kerusakan lahan di daerah aliran sungai (DAS) menyebabkan air tidak dapat meresap ke dalam tanah, maka air akan lebih banyak mengalir sebagai aliran permukaan yang akan menimbulkan erosi, sedimentasi, banjir pada musim hujan, dan kurangnya air pada musim kemarau dan banyak lagi dampak terusnya.

Sumberdaya alam *Exhaustible* merupakan sumberdaya yang dapat habis, sekali kita gunakan habis maka sumberdaya tersebut tidak akan ada lagi (setidaknya diperlukan ratusan bahkan ribuan tahun untuk pembentukannya, misalnya pembentukan tanah

memerlukan waktu 500.000 tahun) (Alikodra 2000). Suatu sumberdaya alam *Exhaustible* dikelompokkan menjadi sumberdaya alam *maintainable dan non maintainable*.

b. Klasifikasi sumberdaya alam menurut Barlow

Barlow (1972) membagi sumberdaya alam menjadi tiga kelompok yaitu :

1). Sumberdaya alam yang tak dapat pulih

Sumberdaya alam yang tak dapat pulih atau tak dapat diperbaharui mempunyai sifat bahwa volume fisik yang tersedia tetap dan tidak dapat diperbaharui atau diolah kembali. Untuk terjadinya sumberdaya jenis ini diperlukan waktu ribuan tahun. Metal, batu bara, minyak bumi, batu-batuan termasuk dalam kategori ini. Batu bara, minyak tanah, dan gas alam dapat dicarikan penggantinya tetapi dalam jangka waktu yang lama, sehingga kita tidak dapat mengharapkan adanya tambahan volume secara fisik dalam jangka waktu tertentu. Sumberdaya alam yang tidak dapat diperbaiki ini dapat digolongkan lagi menjadi 2 macam, yaitu :

1. Sumberdaya seperti batu bara dan mineral yang sifatnya dapat dipakai habis atau berubah secara kimiawi melalui penggunaan.
2. Sumberdaya seperti logam dan batu-batuan yang mempunyai umur penggunaan yang lama dan seringkali dapat dipakai ulang.

2) Sumberdaya alam yang pulih

Sumberdaya alam yang pulih atau yang dapat diperbaharui ini mempunyai sifat terus-menerus ada, dan dapat diperbaharui baik oleh alam sendiri maupun dengan bantuan manusia. Yang termasuk dalam kelompok sumberdaya jenis ini adalah sumberdaya air (baik yang mengalir di sungai, maupun yang tidak mengalir seperti danau dan di laut), angin, cuaca, gelombang laut, sinar matahari dan bulan. Aliran sumberdaya alam jenis ini entah dipakai atau tidak, terus-menerus ada dan dapat diperkirakan. Walaupun demikian, kita harus dapat menggunakannya sebaik mungkin, sebab kesalahan dalam memanfaatkan

sumberdaya yang dapat diperbaharui ini dapat mengakibatkan kerugian yang sifatnya kontinyu pula. Sebagai contoh bila terjadi pencemaran lingkungan baik terhadap air maupun udara, hal ini akan mengakibatkan hilangnya manfaat yang seharusnya dapat kita peroleh. Kalau air itu tidak tercemar, maka dapat digunakan sebagai air minum. Kadang-kadang sumberdaya yang dapat pulih ini dapat pula disimpan untuk digunakan pada waktu yang akan datang. Jika sumberdaya alam yang dapat pulih ini disimpan, maka akan mempunyai sifat seperti sumberdaya alam yang tak pulih. Sebagai misal adalah energi matahari yang disimpan sebagai energi dalam tanaman maupun zat-zat kimia tertentu.

3). Sumberdaya Alam yang Mempunyai Sifat Gabungan

Sumberdaya alam yang ada dalam kelompok ini masih dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu:

1. Sumberdaya biologis

yang termasuk sumberdaya biologis adalah hasil panen, hutan, margasatwa, padang rumput, perikanan dan peternakan. Sumberdaya alam jenis ini mempunyai ciri seperti sumberdaya alam yang dapat diperbaharui karena dapat diperbaiki setiap saat, asal ada perawatan untuk melindunginya dan pemakaiannya sesuai dengan persediaan mereka dan kebutuhan. Dalam waktu-waktu tertentu sumberdaya alam ini dapat digolongkan ke dalam sumberdaya alam yang tak dapat diperbaharui, yaitu pada saat mereka menjadi sangat berkurang pertumbuhannya sebagai akibat dari pemakaian yang boros dan kurang bertanggung jawab.

2. Sumberdaya tanah

Sumberdaya tanah ini menggambarkan gabungan antara sifat sumberdaya alam yang dapat diperbaharui, yang tak dapat diperbaharui maupun sumberdaya biologis. Sebagai contoh adalah kesuburan tanah. Kesuburan tanah dapat terjadi karena perbuatan akar tanaman, dan adanya organisme-organisme yang mengeluarkan bermacam-macam nutrisi tanah untuk diserap untuk tanaman. Keadaan ini merupakan sifat dari sumberdaya alam yang tak dapat diperbaharui, walaupun manusia dapat menggunakan kesuburan tanah tersebut sampai ratusan

tahun. Tetapi dapat juga sumberdaya tanah itu mempunyai sifat seperti sumberdaya alam yang dapat diperbaharui, yaitu bila petani menggunakan pupuk, tanaman-tanaman penolong dan tanaman-tanaman untuk pupuk hijau lainnya. Sedangkan sifat yang menyerupai sumberdaya biologis adalah bila sumberdaya tanah ini ditingkatkan, atau dipertahankan atau dipakai sehingga bertambah atau berkurang kesuburannya sebagai akibat dari tingkah laku manusia.

c. Pengelompokan lain sumberdaya alam

Sumberdaya alam dapat dikelompokkan lagi atas dasar pengelolaannya, yaitu sumberdaya yang dikelola oleh pemerintah atau dikelola oleh swasta, atau seharusnya dikelola oleh swasta tetapi pengelolaannya diserahkan kepada pemerintah. Sumberdaya alam seperti batu bara, minyak, dan biji besi dapat diperlakukan sebagai barang pribadi (*private goods*), sedangkan udara dan air sebagai barang publik (*public goods*). Pengelolaan lain sumberdaya alam dapat dilihat dari sudut penguasaan terhadap sumberdaya (*property right*) yaitu dibedakan menjadi sumberdaya milik individu (*private property resources*) dan sumberdaya milik umum (*common property resources*). Sumberdaya alam milik individu jelas penguasaannya dibawah seseorang atau badan, sedangkan sumberdaya alam milik umum penguasaannya menjadi jelas apabila sumberdaya tersebut sudah ditangkap atau dikuasai oleh seseorang atau suatu badan. *Common property is no one property and no one property is every one property (sumberdaya milik umum adalah sumberdaya bukan milik siapapun dan berarti pula sumberdaya milik setiap orang)*. Oleh karena itu sumberdaya milik umum memiliki kecenderungan untuk segera habis atau punah karena adanya tragedi dari kepemilikan secara bersama (*tragedy of the common*).

Perserikatan Bangsa-Bangsa dan Bank Dunia membedakan sumberdaya alam ke dalam tiga golongan yaitu :

- 1). Sumberdaya alam yang dapat diperdagangkan seperti mineral, minyak, hutan dan sebagainya.

- 2). Sumberdaya alam yang tak dapat diperdagangkan seperti udara, lingkungan alami dan sebagainya.
- 3) keahlian manusia

Karakteristik penting lain dari sumberdaya alam adalah penyebarannya tidak merata di permukaan atau di dalam perut bumi. Dibeberapa tempat terdapat potensi sumberdaya yang beranekaragam dengan jumlah yang banyak. Sementara di daerah lain jenis dan jumlahnya sedikit. Perbedaan mendasar antara sumberdaya yang dapat diperbaharui dan sumberdaya alam yang tak dapat diperbaharui hanya bergantung pada derajat keberadaannya. Dalam penggunaannya kedua sumberdaya alam tersebut dapat saling melengkapi (komplementer), saling menggantikan (substitusi) dan dapat bersifat netral.

3. Implikasi Dari Penggolongan Sumberdaya Alam

Sesungguhnya perbedaan antara sumberdaya alam yang tak dapat diperbaharui dan sumberdaya alam yang dapat diperbaharui hanya tergantung pada derajat keberadaannya. Sumberdaya alam yang tak dapat diperbaharui karena adanya penemuan-penemuan baru hasil eksplorasi, akan bertambah volume persediannya, dan sumberdaya alam yang dapat diperbaharui akan dapat punah bila dimanfaatkan dengan tidak mempertimbangkan unsur kelestariannya.

Dalam hal sumberdaya alam yang tak dapat diperbaharui, jumlahnya secara fisik tidak dapat meningkat secara berarti dengan berkembangnya waktu dilihat dari sudut pandang ekonomi. Memang persediaan beberapa sumberdaya alam itu selalu meningkat dari waktu ke waktu, namun tingkat pertumbuhan dan penemuannya sangat lambat sehingga kurang berarti secara ekonomis. Dari sudut pandang geologis, pembentukan batu bara dan minyak masih terus berlangsung. Dengan persediaan yang terbatas maka penggunaan sumberdaya alam itu akan semakin menurun dan ini sangat ditentukan oleh kondisi harga dan biaya yang berkaitan dengan ambilan dan penjualan barang sumberdaya tersebut.

C. Alternatif Mengatasi Kelangkaan Sumberdaya Alam

Kemampuan dalam mengatasi kelangkaan sumberdaya ini merupakan salah satu upaya penting dan strategis menuju ke pembangunan berkelanjutan. Kelangkaan sumberdaya sesungguhnya bisa diatasi jika diupayakan dengan sungguh-sungguh. Menurut Addinul (1997) paling tidak ada empat cara utama yang bisa diupayakan untuk mengatasi kelangkaan sumberdaya yaitu ;

a. Eksplorasi dan Penemuan

Cara eksplorasi ini dilakukan untuk memperoleh sumberdaya baru yang belum diketahui dan digali sebelumnya. Penemuan baru tentang sumberdaya baru memungkinkan ketersediaan sumberdaya relatif tersebut meningkat. Namun demikian, pada dasarnya terjadi pula proses berkurangnya stok yang tersedia di alam. Metode untuk mengatasi kelangkaan sumberdaya seperti ini tidaklah merupakan cara yang terbaik, karena hal ini hanyalah untuk mengatasi kelangkaan sumberdaya jangka pendek. Dengan kata lain dengan habisnya sumber-sumber penemuan itu maka berakhir pulalah sumberdaya yang tersedia, terutama bagi sumber-sumber daya yang tidak bisa diperbaharui.

b. Kemajuan teknologi

Kemajuan teknologi memungkinkan untuk bisa mengurangi biaya ekstraksi sumberdaya dengan menemukan cara-cara baru yang lebih efisien dalam mengekstrak, mengelola, memproses, dan menggunakan sumberdaya. Dengan sendirinya tingkat dan jenis teknologi yang dikembangkan harus disesuaikan dengan tingkat kelangkaan sumberdaya dengan kemungkinan menekan biaya eksplorasinya. Meningkatnya biaya penemuan dan ekstraksi sumberdaya menimbulkan kesempatan-kesempatan dan peluang keuntungan baru bagi pengembangan teknologi baru. Peluang terbesar adalah bagi teknologi-teknologi yang bisa menekan biaya penemuan dan ekstraksi sumberdaya langka serta yang bisa mendayagunakan sumberdaya yang melimpah.

c. Penggunaan sumberdaya substitusi

Cara penting untuk mengatasi kelangkaan sumberdaya yaitu dengan cara substitusi. Dalam hal ini, sumberdaya yang berlimpah dimanfaatkan untuk substitusi sumberdaya yang langka. Semakin mudah proses substitusi sumberdaya yang bisa diperbaharui atau sumberdaya yang tidak bisa diperbaharui yang melimpah, maka semakin kecil dampaknya terhadap proses terjadinya kelangkaan atau berkurangnya ketersediaan sumberdaya serta kenaikan biaya.

d. Pemanfaatan kembali dan daur ulang

Penerapan dua metode ini sedikitnya dapat mengatasi tingkat ekstraksi sumberdaya dan bisa merupakan salah satu alternatif dalam mengatasi masalah kelangkaan sumberdaya dalam jangka panjang. Dua alternatif ini telah berkembang sebagai suatu cara tidak hanya untuk mengurangi tingkat sumberdaya dan konsumsi energi sekarang ini, tetapi juga mengurangi tingkat limbah atau residu yang kembali ke alam yang selanjutnya menjadi masalah lingkungan tersendiri.

Pemanfaatan kembali adalah penggunaan kembali barang-barang yang tidak dipakai lagi oleh produsen atau konsumen tertentu, tetapi karena masih layak dan berfungsi maka masih bisa dipergunakan lagi oleh produsen atau konsumen lainnya. Sedangkan daur ulang dapat didefinisikan sebagai perubahan dan proses kembali dari bahan limbah atau residu dari sektor produksi dan konsumsi dari suatu sistem ekonomi ke dalam barang-barang sekunder.

D. Lingkungan Hidup Organisme

Pengertian tentang lingkungan hidup manusia sering kali disebut lingkungan hidup atau lebih singkat lingkungan saja, sebenarnya berakar dan berarti penerapan (aplikasi) dari ekologi dan kosmologi. Lingkungan hidup merupakan penelaahan terhadap sikap dan perilaku manusia, dengan segenap tanggung jawab dan kewajiban maupun haknya untuk

mencermati tatanan lingkungan dengan segenap tanggung jawab dan kewajiban maupun haknya untuk mencermati tatanan lingkungan dengan sebaiknya-baiknya.

Lingkungan adalah suatu sistem kompleks yang berada di luar individu yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan organisme. Lingkungan tidak sama dengan habitat. Habitat adalah organisme terdapat di laut, padang pasir, di hutan dan lain sebagainya. Jadi habitat secara garis besar dapat di bagi menjadi habitat darat dan habitat air. Keadaan lingkungan dari kedua habitat itu berlainan. Sedangkan lingkungan hidup menurut Undang-Undang R.I. No.23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup pasal 1 ayat (1) menyebutkan : "Lingkungan Hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya".

Dalam berbagai bahasa, pengertian tentang lingkungan hidup mengalami berbagai perbedaan. Dalam bahasa Melayu (Malaysia) dikenal alam sekitar. Istilah itu sepintas lalu menyiratkan pengertian transenden, seolah-olah kita berada diluarnya, tetapi hal itu tidak perlu dipersoalkan, karena kita pun dapat mengartikan istilah itu sebagai di alam sekitar itulah kita berada di dalamnya. Dalam bahasa Belanda, lingkungan hidup itu disebut sebagai milieu, yang selengkapnya adalah *milieu of leefbaarheid*, artinya lingkungan yang memungkinkan berlangsungnya kehidupan.

Setiap organisme, hidup dalam lingkungannya masing-masing. Begitu juga jumlah dan kualitas organisme penghuni di setiap habitat tidak sama. Faktor-faktor yang ada dalam lingkungan selain berinteraksi dengan organisme, juga berinteraksi sesama faktor tersebut, sehingga sulit untuk memisahkan dan mengubah tanpa mempengaruhi bagian lain dari lingkungan itu. Oleh karena itu untuk dapat memahami struktur dan kegiatannya perlu dilakukan penggolongan faktor-faktor lingkungan tersebut. Penggolongan itu dapat di bagi menjadi dua kategori yaitu:

1. Lingkungan abiotik seperti suhu, udara, cahaya atmosfer, hara, mineral, air, tanah, api.

2. Lingkungan biotik yaitu makhluk-makhluk hidup di luar lingkungan abiotik.

Lingkungan merupakan ruang tiga dimensi, di dalam mana organisme merupakan salah satu bagiannya. Lingkungan bersifat dinamis dalam arti berubah-ubah setiap saat. Perubahan dan perbedaan yang terjadi baik secara mutlak maupun relatif dari faktor-faktor lingkungan terhadap tumbuh-tumbuhan akan berbeda-beda menurut waktu, tempat dan keadaan tumbuhan itu sendiri. Kehidupan sebetulnya adalah proses pertukaran energi antara organisme dan lingkungan. Melalui tumbuhan hijau energi sinar matahari diikat dan diubah menjadi energi kimia dalam bentuk senyawa gula. Sifat dan susunan tumbuhan sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungannya. Setiap bentuk dari organisme atau bagian-bagiannya yang memungkinkan organisme itu hidup pada keadaan lingkungan tertentu disebut adaptasi.

Adaptasi dimungkinkan oleh faktor-faktor keturunan atau gen. Gen itu menentukan sifat potensial individu organisme. Organisme ini akan berkembang atau tidak tergantung dari faktor-faktor lingkungan yang sesuai. Masing-masing gen memerlukan keadaan lingkungan tertentu untuk dapat bekerja. Makin beraneka ragam sifat makhluk hidup. Mutasi menambah keanekaragaman dan daya penyesuaian diri terhadap lingkungan. Adaptasi dan seleksi menyebabkan timbulnya evolusi yang melahirkan beribu-ribu jenis makhluk hidup di dunia. Jadi antara organisme dan lingkungan terjalin hubungan yang erat dan bersifat timbal balik. Tanpa lingkungan organisme tidak mungkin ada, sebaliknya lingkungan tanpa organisme, tidak berarti apa-apa. Di samping itu ada persyaratan dalam mengatur kehidupan organisme yaitu:

1. Lingkungan itu harus dapat mencukupi kebutuhan minimum dari kehidupan.
2. Lingkungan itu tidak dapat mempengaruhi hal yang bertentangan dengan kehidupan organisme.

Banyak persyaratan dari organisme terhadap lingkungan agar mereka dapat hidup terus. Suatu perkembangan terjadi selama masa evolusi. Adanya seleksi alam, misalnya terhadap telur-telur ikan yang beribu-ribu itu dari ikan induknya, namun yang dapat hidup terus hingga dewasa hanya beberapa ekor saja

Manusia, seperti halnya semua makhluk hidup berinteraksi dengan lingkungannya. Ia mempengaruhi lingkungan hidupnya dan sebaliknya ia dipengaruhi oleh lingkungan hidupnya. Manusia seperti adanya, yaitu fenotipenya, terbentuk oleh interaksi antara genotipe dan lingkungan hidupnya. Genotipe itupun tidaklah konstan, melainkan terus menerus mengalami perubahan karena adanya mutasi pada gen dalam khromosomnya, baik mutasi spontan maupun mutasi karena pengaruh lingkungan. Nampaknya manusia modern terbentuk oleh lingkungan hidupnya dan sebaliknya manusia modern membentuk lingkungan hidupnya. Manusia tak dapat berdiri sendiri diluar lingkungan hidupnya. Membicarakan manusia harus pula membicarakan lingkungan hidupnya. Manusia tanpa lingkungan hidupnya adalah abstraksi belaka.

Bab 3

MASALAH LINGKUNGAN HIDUP DAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN

A. Masalah Lingkungan

Faktor kunci perkembangan teknologi telah menimbulkan berbagai masalah global, antara lain pemanasan bumi karena dampak rumah kaca yang timbul dari peningkatan gas di atmosfer, terutama CO₂, NO_x dan SO₂ dari perpacuan penggunaan energi fosil. Berbagai gas di atmosfer ini berpotensi menimbulkan hujan asam yang menurunkan pH air hujan dari rata-rata 5,6 (O₃) karena penggunaan *chlorofluorocarbon* (CFC) yang menipiskan lapisan ozon karena reaksi Cl dengan O₃ menjadi ClO dan O₂, sehingga lapisan ozon tidak mungkin mengurangi tembusnya sinar ultraviolet B yang merupakan masalah kehidupan di Bumi, termasuk kesehatan manusia. Di permukaan Bumi juga terjadi pencemaran oleh limbah bahan beracun dan berbahaya. Berbagai kasus menurunnya kualitas lingkungan ini antara lain mengakibatkan mutasi gen manusia yang terselubung.

Secara global keprihatinan dan masalah lingkungan sebenarnya sudah timbul mulai pada permulaan revolusi industri pertengahan abad 18 di Inggris yang menggantikan sebagian dari tenaga manusia dengan tenaga mesin disekitar tahun 1750. Hal ini dimulai pula di Amerika pada tahun 1800. Penggantian tenaga dan kemampuan lain dari manusia ini ditandai dengan revolusi *cybernetic*, di mana dalam berbagai tindakan lebih diutamakan penggunaan mesin. Proses ini dilanjutkan dengan penggunaan berbagai bahan kimia, tenaga radioaktif, mesin tulis, mesin hitung, komputer dan sebagainya. Pada tahun 1950 timbul penyakit *itai-itai* (aduh-aduh) di Teluk Minamata, Jepang karena keracunan limbah Cd dan Hg. Tahun 1962 terbit buku *The Silent Spring* dari Rachel Carson yang mengeluhkan sepiunya musim semi dari kicauan burung-burung, karena penggunaan pestisida yang berlebihan telah menyebabkan pecahnya kulit telur yang mengancam kelangsungan hidup burung.

Pada tanggal 5 - 12 Juni 1972 atas usul Pemerintah Swedia diselenggarakan UN *Conference on the Human Environment* (Konferensi Stockholm) dengan harapan untuk melindungi serta mengembangkan kepentingan dan aspirasi negara berkembang. Tahun 1987 terbit laporan dari *The World Commission on Environment and Development* berjudul "*Our Common Future*" yang menyetujui perlunya pembangunan dilaksanakan dengan wawasan lingkungan yang disebut sebagai *sustainable development*. Komisi ini dikenal sebagai Komisi Brundtland. Pada tahun 1992 di Rio de Janeiro, Brazil diselenggarakan pertemuan puncak UN *Conference on Environment and Development* (UNCED) yang menghasilkan Deklarasi Rio, dan Agenda-21 yang merupakan "*action plan*" guna mengarahkan strategi dan integrasi program pembangunan dengan penyelamatan kualitas lingkungan. Konferensi Rio juga menghasilkan Konvensi tentang Perubahan Iklim, Konvensi Keanekaragaman Hayati dan Pernyataan tentang Prinsip Kehutanan. Prinsip Kehutanan ini berupa pedoman pengelolaan hutan oleh negara, berupa perlindungan serta pemeliharaan semua tipe hutan yang bermakna ekonomi bagi keselamatan berbagai jenis biota di dalamnya.

Pada tahun 1997 Dewan Bumi (*The Earth Council*) yang dibentuk sebagai kelanjutan dari Konferensi Rio telah merumuskan Piagam Bumi (*the Earth Charter*) yang disebarluaskan pada tahun 2000. Piagam Bumi ini merupakan himbauan untuk menciptakan Bumi masa depan yang berlandaskan tanggung jawab universal untuk peduli pada kualitas hidup melalui integritas ekologi, keadilan sosial dan ekonomi, dan terciptanya demokrasi, kerukunan dan perdamaian di Bumi.

Tahun 2002 dari tanggal 2 sampai 5 September telah dilaksanakan *World Summit on Sustainable Development* di Johannesburg, Afrika Selatan yang dihadiri delegasi Indonesia. Presiden RI menyampaikan pidato di sidang pleno dengan mengajukan himbauan agar kita bertindak bersama melaksanakan kesepakatan untuk memerangi kemiskinan dan keterbelakangan, serta upaya bersama untuk menghentikan perusakan sumber daya alam disertai urgensi dalam upaya untuk penyelamatannya. Program ini diharapkan dapat terlaksana antara lain melalui pengendalian pola produksi dan konsumsi sumber daya alam. Salah satu hasil lain dari Konferensi Puncak ini adalah

Rencana untuk Melaksanakan Pembangunan Berkelanjutan untuk Perempuan dan Anak-anak.

B. Masalah Lingkungan Hidup Global

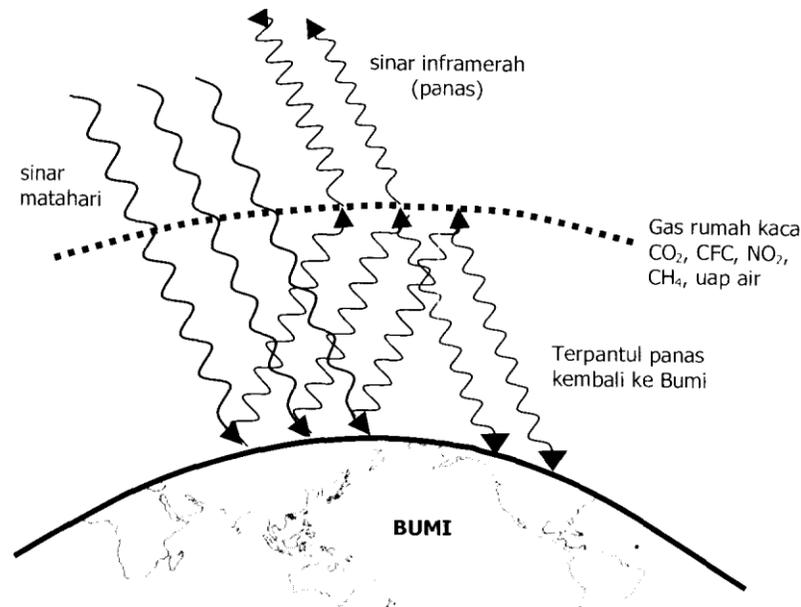
Dalam lingkungan hidup yang teratur dan seimbang kita memperoleh jaminan kelangsungan peri kehidupan dan peningkatan kesejahteraan hidup bersama. Makna lingkungan hidup dari sisi positif sebenarnya perlu diangkat, seperti pemahaman kita terhadap eksistensi dan kesejahteraan manusia sesama juga bersama makhluk hidup lain. Tetapi sejak pertambahan populasi manusia meningkat yang seiring pula dengan meningkatnya kebutuhan manusia baik secara kualitatif maupun kuantitatif, maka lingkungan hidup umumnya diperbincangkan dari sisi negatifnya. Ini disebabkan terjadinya berbagai kerusakan pada simpul-simpul lingkungan hidup yang secara langsung atau tidak telah mempengaruhi kehidupan manusia, makhluk hidup lain maupun proses fisik-kimia lainnya di muka bumi. Kejadian ini tentu saja terasa secara global, nasional maupun lokal di sekitar kita.

1) Pemanasan global

Pemanasan global dapat terjadi akibat meningkatnya lapisan gas terutama CO₂ yang menyelubungi Bumi dan berfungsi sebagai lapisan seperti rumah kaca. Gas ini berasal dari berbagai kegiatan manusia seperti dalam penggunaan sumberdaya alam berupa energi fosil (minyak bumi, batu bara dan gas). Dalam keadaan normal, lapisan gas rumah kaca (GRK) terdiri dari 55% CO₂, sisanya adalah hidrokarbon, NO_x, SO₂, O₃, CH₄ dan uap air. Lapisan ini menyebabkan terpantulnya kembali sinar panas inframerah A yang datang bersama sinar matahari, sehingga suhu di permukaan Bumi dapat mencapai 13°C. Jika GRK ini meningkat maka lapisan gas makin tebal sehingga mengakibatkan refleksi balik sinar (panas) Matahari makin banyak yang memantul kembali ke Bumi, dan suhu permukaan Bumi makin meningkat. Gas rumah kaca dapat juga meningkat karena adanya pembalakan hutan

maupun kebakaran hutan. Dampak dari rumah kaca ini adalah terjadinya kenaikan suhu Bumi atau perubahan iklim secara keseluruhan.

Kadar CO₂ di atmosfer saat ini berkisar 300 ppm (0,03%) dan diperkirakan akan meningkat menjadi 600 ppm atau 0,06% pada tahun 2060. Menurut perkiraan dalam 50 tahun mendatang suhu Bumi rata-rata akan meningkat 3^oC atau 1^oC di katulistiwa, dan meningkat 4^oC di kutub. Kondisi ini menyebabkan gunung es di kedua kutub akan mencair dan berakibat naiknya permukaan air laut, sehingga berbagai kota yang terletak di wilayah pesisir akan terbenam sedangkan daerah yang kering menjadi makin kering akibat kenaikan suhu. Walaupun sampai saat ini masih terdapat perbedaan pendapat, namun perubahan iklim ini tentu akan berpengaruh pula pada produktivitas pertanian, perikanan dan peternakan akibat terjadinya kekeringan atau banjir di berbagai tempat.



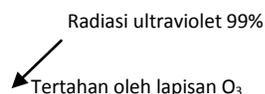
Gambar 1.1 Sinar matahari terpancar ke Bumi sebagai cahaya disertai sinar inframerah (panas) yang memantul kembali dari Bumi; dengan lapisan gas rumah kaca yang makin tebal makin banyak sinar inframerah dipantulkan kembali ke bumi, akibatnya Bumi makin panas (modifikasi dari Miller Jr.1979).

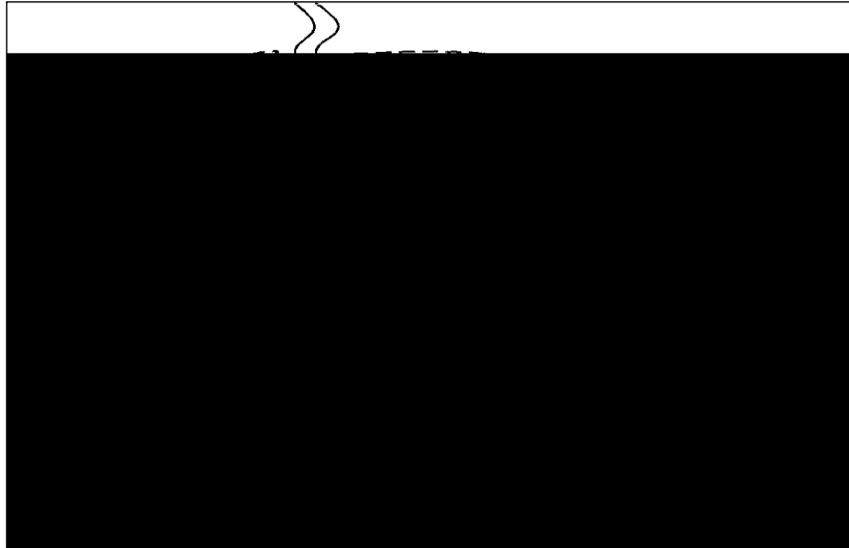
Menurut perkiraan dalam 50 tahun yang akan datang suhu bumi rata-rata akan meningkat 3°C atau 1°C di katulistiwa dan meningkat dengan 4°C di kutub, yang akan menyebabkan mencairnya gunung es di kutub Utara dan Selatan. Hal ini akan berakibat naiknya permukaan air laut, sehingga berbagai kota dan wilayah lain di pinggir laut akan terbenam air. Sebaliknya daerah yang kering karena kenaikan suhu menjadi makin kering.

2) Lubang lapisan ozon (O_3)

Lapisan tipis ozon yang menyelimuti Bumi pada ketinggian antara 20 hingga 50 km di atas permukaan Bumi berfungsi menahan 99% dari radiasi sinar ultraviolet (UV) yang berbahaya bagi kehidupan. Sinar ultraviolet dalam intensitas yang rendah dapat merangsang kulit membentuk vitamin D, atau mematikan bakteri di udara, air atau makanan. Penyerapan sinar ultraviolet yang berlebihan, akan menyebabkan kanker kulit (terutama untuk mereka yang berkulit putih), kerusakan mata (*cataract*), gangguan rantai makanan di ekosistem laut, serta kemungkinan kerusakan pada tanaman budidaya.

Kondisi lapisan ozon makin tipis dan di beberapa tempat telah terjadi lubang. Kerusakan lapisan ini disebabkan bahan kimia, seperti CFC (*chlorofluorocarbon*) yang dihasilkan oleh aerosol (gas penyemprot minyak wangi, insektisida), mesin pendingin, dan proses pembuatan plastik atau karet busa (*foam*) untuk berbagai keperluan. Oleh sinar matahari yang kuat, maka berbagai gas ini diuraikan menjadi *chlorine* yang mengalami reaksi dengan O_3 menjadi *ClO* (*chloromonoxide*) dan O_2 . Jadi *chlorine* tersebut mengakibatkan terurainya molekul ozon menjadi O_2 (oksigen) Lihat gambar 2.





Gambar 1.2. Lapisan tipis Ozon berada 20-50 km dari Bumi. Lapisan ozon ini menyaring 99% sinar ultraviolet yang apabila sampai di Bumi akan mengakibatkan kanker kulit dan mengganggu pertumbuhan di Bumi.

Setiap unsur Cl dapat menyebabkan terurainya 100.000 molekul O_3 . Berlubangnya lapisan ozon ini juga terjadi karena gas NO dan NO_2 yang dilepaskan dari pesawat supersonik, oleh perang nuklir dan dari proses perombakan pupuk nitrogen oleh bakteri yang menghasilkan N_2O . Pada dasarnya pelepasan bahan kimia berupa gas di atmosfer perlu dilaksanakan dengan hati-hati, terutama yang tidak mudah terurai dan yang tidak larut air hujan sehingga tidak terbawa kembali ke Bumi bersama air hujan. Dalam masalah penipisan lapisan ozon ini telah dicapai kesepakatan bersama antara berbagai negara dalam produksi dan pemanfaatan CFCs dalam Protokol Montreal. Sebenarnya sinar ultraviolet dalam intensitas yang lemah dapat merangsang kulit dalam pembentukan vitamin D di udara, air atau makanan dapat mematikan bakteri.

3) Hujan asam

Pelepasan gas-gas SO_2 , NO_2 dan CO_2 yang berlebihan ke atmosfer akan menghasilkan air hujan yang bersifat asam. Ini terjadi apabila air hujan bereaksi dengan berbagai gas

tersebut, sehingga air hujan akan mengandung berbagai asam seperti asam sulfat (H_2SO_4), asam nitrat (HNO_3). Air hujan dengan keasaman (pH di bawah 5,6) seperti itu menyebabkan kerusakan hutan, korosi (perkaratan logam), merusak dan bangunan marmer. Air danau dan sungai dengan pH seperti ini dapat mempengaruhi kehidupan biota serta kesehatan manusia pada umumnya (Chadwick, 1983:80-82).

Sebagian dari gas-gas di atas dapat berasal dari asap buangan kendaraan bermotor (44,1%), rumah tangga (33%), dan industri khususnya pengecoran logam dan pembangkit listrik dengan batu bara (14,6%). Sebagaimana diketahui kendaraan bermotor menghasilkan zat beracun seperti CO_2 , CO, HC, NO_x , kabut dan debu. Di Kota Jakarta diperkirakan terjadi emisi sebanyak 153 ton dalam satu tahun. CO_2 memicu pemanasan global, CO menyebabkan keracunan dalam pernapasan, SO_x menyebabkan pneumonia, disamping itu bersama NO_x mengakibatkan hujan asam dan banjir (Sinar Harapan, 14 Juni 2003).

4) Pencemaran oleh limbah bahan berbahaya dan beracun (B3)

Pencemaran lingkungan dapat mengakibatkan menurunnya fungsi dan peruntukan sumberdaya alam, seperti air, udara, bahan pangan, dan tanah. Bahan pencemar yang terbanyak adalah limbah, terutama dari kawasan industri. Pencemaran lingkungan akibat penggunaan bahan kimia pestisida (*methyl isocyanate*) serta timbulnya limbah B3 dari berbagai kegiatan industri sangat dikhawatirkan, karena tidak saja mengancam kehidupan manusia tetapi juga sumberdaya hayati lainnya. Pencemaran limbah ini seperti yang terjadi di Teluk Buyat Ratatotok yang menyebabkan gangguan kesehatan masyarakat sekitar.

Penggunaan borax dan formalin sebagai pengawet bahan makanan (ikan asin, tahu, bakso), pemutih beras dengan formalin, serta pewarna tekstil yang digunakan untuk kerang, telah menjadi masalah di Indonesia dan tetap diwaspadai. Hal ini menunjukkan bahwa perlu pengawasan terhadap penggunaan bahan-bahan kimia agar sesuai dengan fungsinya. Demikian pula dengan penggunaan pestisida, bila tidak sesuai dengan dosis yang dianjurkan maka tidak saja membasmi hama tanaman tetapi juga dapat mengancam kehidupan biota lainnya.

C. Masalah Lingkungan Hidup di Indonesia

Masalah lingkungan hidup yang terjadi, sebagian besar timbul akibat sikap dan perilaku manusia yang tidak diantisipasi dengan pendekatan preventif. Berbagai masalah yang terjadi terkait satu sama lain, dan dapat dikelompokkan sebagai berikut;

1) Masalah lingkungan hidup alami

Peristiwa alam yang sering terjadi terutama di negara kita, seperti tsunami, badai, gempa bumi, tanah longsor dan banjir merupakan tantangan bagi kelangsungan hidup dan keselamatan manusia. Gempa bumi paling dahsyat disertai tsunami seperti yang terjadi di Aceh pada akhir tahun 2004, diperkirakan telah menelan korban jiwa meninggal 166.080 orang disamping kehilangan harta benda serta mata pencaharian penduduk. Walaupun tidak sedahsyat di Aceh, gempa yang menyebabkan tsunami juga terjadi di Pantai Pangandaran Jawa Barat pada tahun 2006.

Letusan gunung Merapi dan gempa bumi yang terjadi pada tahun 2006 di Yogyakarta mengakibatkan korban jiwa yang cukup besar. Demikian pula dengan masalah banjir dan tanah longsor seperti yang terjadi di beberapa provinsi termasuk Gorontalo, serta gempa bumi di Gorontalo akhir tahun 2008 dengan lebih 7 skala Richter. Tanah longsor dan banjir merupakan bencana alam, yang juga terjadi akibat perilaku manusia. Longsor terbesar menimpa Sulawesi (65,3%), Maluku dan Nusa Tenggara (66,8%). Banjir di Indonesia mencapai 214.527 km² atau 11,2 % dari seluruh wilayah. Pulau Jawa dan Bali adalah yang paling beresiko banjir, rata-rata dalam satu tahun terjadi banjir seluas 32.080 km² (23,5%), sedang pulau yang paling sering mengalami banjir adalah Pulau Kalimantan.

Peristiwa alam yang juga sering terjadi adalah badai. Badai sebagai gabungan hujan deras disertai petir dan halilintar juga merupakan tantangan bagi kelangsungan kehidupan dan keselamatan manusia. Dari perkiraan Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) di Indonesia tercatat beberapa wilayah yang beresiko tinggi. Ukurannya adalah berapa hari

dalam satu tahun mengalami badai, atau disebut *iso keraunik level* (IKL) dengan menghitung jumlah hari badai dalam satu tahun dikalikan 100%. Kalau diperoleh angka ≥ 50 , artinya dalam satu tahun terjadi badai selama 50-60 hari. Daerah yang tersapu petir diperhitungkan dengan ukuran $D = \text{lightning crowd}$, atau jumlah petir setiap km^2 , kalau setiap km^2 terjadi lebih dari 10 petir/ km^2 berarti wilayah itu rawan petir.

Dari perkiraan BMG, beberapa daerah yang beresiko badainya tinggi (dengan $\text{IKL} > 50\%$ dan $D > 10$) antara lain adalah wilayah Sibolga, Kabanjahe, Rantauprapat, Pekanbaru, Pangkalpinang, Jambi dan Purwakarta (Soerjani, 1996).

2) Masalah Deforestasi

Hutan Indonesia menduduki tempat kedua dalam luas setelah Brazil, dan mewakili 10 per sen dari hutan tropis dunia yang masih tersisa. Hampir 75 per sen dari luas lahan Indonesia digolongkan sebagai areal hutan (sekitar 144 juta hektar, dan 100-110 juta hektar diperkirakan sebagai hutan lindung (*closed canopy*) yang lebih kurang 60 juta diperuntukkan bagi hutan produksi.

Pada deforestasi yang berlangsung dengan tingkat tinggi, akan mengancam penyediaan bahan kayu dasar dan produk hutan sekunder dan mengurangi pelayanan lingkungan seperti proteksi sumber mata air dan preservasi habitat alam yang penting. Degradasi hutan yang diakibatkan oleh proses deforestasi di Indonesia tergolong tinggi. Hal ini disebabkan bukan hanya karena kebijaksanaan pemerintah melalui transmigrasi dan pemberian hak penguasaan hutan (HPH) tapi juga karena aktifitas masyarakat baik individu maupun kelompok. Kebijakan pemerintah yang mengakibatkan proses deforestasi adalah ijin HPH karena alasan ekonomi. Kemudian melalui pengembangan industri-industri kertas, pulp, dan pengolahan kayu di Indonesia yang dikenal dengan tebang pilih (*the selective logging*).

3) Masalah kesehatan

Demam berdarah, flu burung, polio dan kasus busung lapar adalah sebagian masalah kesehatan yang kita alami akhir-akhir ini. Masalah ini tidak dapat dipisahkan dengan faktor kemiskinan yang menyebabkan keterbatasan penduduk terhadap akses bahan pangan dan layanan kesehatan dasar. Dampak dari masalah kesehatan ini antara lain tidak diizinkannya eksport bahan pangan dari Indonesia karena negara tujuan khawatir dengan infeksi virus flu burung (*Avian flu*).

Suatu tindakan preventif untuk memelihara kesehatan diabaikan, dan kurangnya pemberdayaan masyarakat akan makna kesehatan.

4) Masalah sosial, ekonomi dan kemiskinan

Kemiskinan merupakan masalah sosial ekonomi, yang secara komprehensif terjadi akibat faktor pendidikan, kesehatan, ketidakadilan, sistem ketenagakerjaan, kebutuhan hidup minimum dan keamanan. Masalah kemiskinan ini menimbulkan dampak seperti perambahan hutan untuk menjadi binaan manusia. Bertambah luasnya lingkungan hidup binaan ini diperoleh dari hutan cadangan, hutan produksi, hutan lindung, taman nasional dan cagar alam. Setiap tahun terjadi perubahan penggunaan lahan binaan manusia dari hutan lindung, taman nasional dan cagar alam seluas lebih dari 100.000 ha.

Penambangan emas tanpa izin (PETI) seperti yang terjadi di Cikotok Banten yang saat ini sudah diatasi PT Aneka Tambang. Peti juga terjadi di Taman Nasional Bogani Nani Wartabone. Tahun 1995 Universitas Indonesia telah melakukan penelitian khususnya untuk menyelamatkan dan melindungi flora dan fauna asli di wilayah *Wallace* dengan tidak merugikan penduduk setempat. Penelitian ini menyarankan agar penambangan emas dilakukan secara legal dan profesional oleh perusahaan yang handal dengan melibatkan penduduk lokal. Manfaat penambangan emas harus diperoleh penduduk lokal serta untuk pemeliharaan taman nasional. Dan pada tahun 2006 tim kerjasama ITB dan Universitas Negeri Gorontalo telah melakukan survei aspek lingkungan, ekonomi dan sosial budaya kawasan taman nasional yang dilanjutkan dengan pemberian pemahaman tentang pertambangan yang berwawasan lingkungan kepada masyarakat dan pihak terkait di Kabupaten Bone Bolango.

D. Pembangunan Berkelanjutan yang Berwawasan Lingkungan

1. Beberapa konsep

Pembangunan adalah wujud dari upaya dan budidaya manusia melalui penguasaan serta penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi. Keterampilan dalam rekayasa ini perlu disertai kepedulian sosial, ekonomi dan budaya dalam memanfaatkan sumber daya alam untuk kelangsungan peri kehidupan dan kesejahteraan bersama. Dengan demikian, pembangunan memerlukan sumber daya alam yang dimanfaatkan oleh manusia sebagai pelaku pembangunan yang memiliki ilmu pengetahuan dan teknologi yang disertai kepedulian sosial, ekonomi, budaya dan dengan wawasan yang ramah lingkungan. Untuk itu diperlukan pendidikan ilmu pengetahuan pada taraf yang sesuai.

Menelaah masalah pembangunan di berbagai sektor terlihat adanya tujuan yang sama dari setiap sektor, yaitu untuk meningkatkan kualitas hidup melalui pemanfaatan unsur sumber daya alam. Tetapi dalam kenyataannya tidak terlihat adanya integrasi yang mutualistik di antara berbagai sektor pembangunan itu.

Istilah berkelanjutan (*sustainability*), sebetulnya bukan istilah baru. Di bidang kehutanan, peternakan dan perikanan istilah itu telah lama digunakan, yaitu "maximum sustainable yield" dan "maximum sustainable catch". Istilah ini menunjukkan besarnya hasil tangkapan maksimum yang dapat diperoleh secara lestari. Tujuan ini dapat tercapai, apabila hasil maksimum itu tidak melebihi kemampuan sumberdaya yang ada untuk pulih kembali setelah dimanfaatkan. Dengan perkataan lain, laju pemanfaatan itu harus lebih kecil atau sama dengan laju proses pemulihan sumberdaya tersebut sehingga pemanfaatan itu terdukung oleh sumberdaya.

Pembangunan berkelanjutan, istilah tersebut pertama kali dipopulerkan melalui laporan *Our Common Future* (masa depan bersama) yang disiapkan oleh *World Commission on Environment and Development* (Komisi Dunia tentang Lingkungan dan Pembangunan) 1987, yang dikenal pula dengan nama Komisi Bruntland (Gro Harlem Bruntland kemudian menjadi Perdana Menteri Norwegia). Dalam kata pengantar ada *Our Common Future*, Gro

Bruntland menjelaskan bahwa dia telah diundang oleh Sekretaris Jenderal PBB untuk melakukan penelitian dan persiapan sebuah laporan yang berisi usul agenda perubahan global. Secara khusus, kerangka tugas dari sidang majelis PBB adalah :

- 1) mengusulkan strategi lingkungan jangka panjang untuk mencapai pembangunan berkelanjutan mulai tahun 2000
- 2) mengidentifikasi bagaimana hubungan antar manusia, sumberdaya, lingkungan dan pembangunan dapat diintegrasikan dalam kebijakan nasional dan internasional.

Komisi tersebut terdiri dari perwakilan dari negara maju dan berkembang, serta melakukan pertemuan terbuka di berbagai negara. Dalam laporannya, komisi telah menegaskan bahwa suatu cetak biru untuk tindakan tidak akan disusun, tetapi lebih merupakan "rintisan jalan" bagi manusia di berbagai negara agar dapat mengembangkan kebijakan dan kegiatan yang lebih sesuai. Lebih jauh, anggota komisi juga telah menyetujui satu isu utama yang dianggap penting yaitu bahwa pada kenyataannya banyak kegiatan pembangunan telah mengakibatkan banyak kemiskinan dan kemerosotan, serta kerusakan lingkungan. Kesepakatan ini menyakinkan para anggota komisi bahwa suatu jalan baru untuk pembangunan perlu ditempuh, yaitu jalan yang akan membawa kemajuan kemanusiaan, tidak hanya di beberapa bagian dunia dan untuk jangka waktu yang lebih lama. Dengan demikian, persoalan lingkungan dunia telah ditetapkan sebagai isu utama pembangunan.

Komisi menekankan pada beberapa persoalan seperti kependudukan, ketersediaan jaminan pangan, punahnya spesies dan sumber genetik, energi, industri, dan pemukiman. Kesemuanya dipandang saling berkaitan sehingga tidak bisa dipisahkan secara terpisah. Lebih jauh konsep pembangunan berkelanjutan juga disepakati mempunyai batas-batas. Batas-batas tersebut juga bersifat mutlak akan tetapi tergantung pada tingkat teknologi dan organisasi sosial, dan kapasitas biosfer untuk menyerap akibat-akibat kegiatan manusia.

Menurut Komisi Brundtland (Enger & Smith, 2004:51) pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) adalah pembangunan yang mencukupi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengurangi kemampuan generasi yang akan datang untuk memenuhi aspirasi dan mencukupi kebutuhan mereka sendiri. Walaupun demikian, ada pernyataan

yang jarang di kutip yaitu bahwa pembangunan berkelanjutan mempunyai dua konsep kunci. Keduanya adalah : (1) *kebutuhan*, khususnya kebutuhan para fakir miskin dinegara berkembang, dan (2) *keterbatasan* dari teknologi dan organisasi sosial yang berkaitan dengan kapasitas lingkungan untuk mencukupi kebutuhan generasi sekarang dan masa depan. Dengan demikian, pembangunan berkelanjutan, sebagaimana diinterpretasikan oleh komisi Brutland, sesungguhnya berangkat dari konsep *antroposentrik* yang menjadikan manusia sebagai tema sentralnya.

Pembangunan berkelanjutan mensyaratkan pilihan-pilihan dasar dalam nilai, dan ini tergantung pada informasi dan pendidikan khususnya berhubungan dengan kebijakan-kebijakan ekonomi yang mempengaruhi lingkungan. Ada lima karakter dari keberlanjutan (*sustainable*) menurut Gaylord Nelson (dalam Enger & Smith, 2004;53-54), yaitu;

- a. *Renewability*; suatu masyarakat harus memperbaharui kemampuan sumber daya, seperti air, lapisan tanah dan sumber energi lebih cepat daripada laju konsumsinya. Kita ketahui bahwa untuk memulihkan kembali kemampuan sumber daya setelah dikonsumsi diperlukan waktu.
- b. *Substitution*; mencari alternatif pengganti sumber daya terutama pada sumber daya yang tidak terbaharui (*nonrenewable resources*).
- c. *Interdependence*; ada ketergantungan antara satu bagian dengan suatu sistem yang besar, bahwa apa yang dilakukan oleh suatu masyarakat (dalam pemanfaatan sumber daya) akan memberi dampak (misalnya buangan limbah) pada masyarakat lainnya.
- d. *Adaptability*; masyarakat dapat menyerap dan melakukan penyesuaian untuk memperoleh keuntungan dalam penggunaan sumber daya. Untuk itu diperlukan adanya diversifikasi sumber-sumber ekonomi untuk mendapatkan sumber daya bagi masyarakat. Termasuk disini adalah pendidikan bagi warga negara agar memiliki kemampuan untuk itu.
- e. *Institution commitment*; komitmen dari semua unsur, masyarakat dan lembaga pemerintah untuk bersama-sama mampu menilai dan melakukan secara nyata perilaku berkelanjutan.

Pembangunan baru dapat dinilai *sustainable* apabila pemanfaatan sumber daya alam dilaksanakan seefisien dan seefektif mungkin, selain itu dengan meningkatkan nilai tambah sumber daya alam melalui rekayasa teknologi, budaya dan seni. Karena itu, kemampuan sumber daya manusia untuk memberi nilai tambah sumber daya pembangunan melalui penerapan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni merupakan kunci apakah pembangunan yang dilaksanakan itu *sustainable*, berkelanjutan atau tidak. Kecenderungan menguras dan menghamburkan sumber daya alam baik yang hayati maupun non-hayati perlu dibatasi dengan upaya penghematan (*reduce*), pakai ulang (*reuse*), reparasi (*repair*) atau daur ulang (*recycle*).

Pembangunan berwawasan lingkungan atau pembangunan berkelanjutan memiliki ciri-ciri yang unik. Satu diantaranya adalah adanya saling keterkaitan antara berbagai disiplin ilmu, usaha dan institusi. Keterkaitan ini sering kali menjadi kendala utama dalam pemecahan masalah lingkungan hidup dan pembangunan.

2. Prinsip-Prinsip Pembangunan Berkelanjutan

Menindaklanjuti publikasi *Our Common Future*, banyak upaya telah dilakukan untuk mengembangkan pedoman dan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan. Hal ini dengan pertimbangan bahwa tanpa pedoman atau prinsip, tidak mungkin menentukan apakah suatu kebijakan atau kegiatan dapat dikatakan berkelanjutan atau apakah suatu prakarsa konsisten dengan pembangunan berkelanjutan. Membuat pedoman atau prinsip-prinsip tersebut merupakan suatu tantangan yang menarik, karena sebagaimana disadari oleh komisi, sistem sosial dan ekonomi serta kondisi ekologi tiap negara sangat beragam. Jadi tidak ada model solusi umum yang dapat dibuat. Setiap negara harus menyusun model solusinya sendiri, yang disesuaikan dengan konteks, kebutuhan, kondisi dan peluang yang ada. Betapapun banyak tantangan dalam mengembangkan suatu model umum, adanya identifikasi pedoman umum tetap dibutuhkan yang kemudian dapat dimodifikasi untuk setiap kondisi dan waktu yang berbeda. Tabel 1.1 di bawah ini menyajikan seperangkat pedoman atau prinsip-prinsip keberlanjutan.

Tabel 1.1 Prinsip keberlanjutan (Robinson *dkk*, 1990:44)

Prinsip Lingkungan/ekologi	Prinsip sosio-politik
<ol style="list-style-type: none"> 1. Melindungi sistem penunjang kehidupan 2. Melindungi dan meningkatkan keanekaragaman biotik 3. Memelihara atau meningkatkan integritas ekosistem, serta mengembangkan dan menerapkan ukuran-ukuran rehabilitasi untuk ekosistem yang sangat rusak 4. Mengembangkan dan menerapkan strategi yang preventif dan adaptif untuk menanggapi ancaman perubahan lingkungan global 	<p>Dari hambatan lingkungan/ekologi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mempertahankan skala fisik dari kegiatan manusia di bawah daya dukung biosfer 2. Mengenali biaya lingkungan dari kegiatan manusia, mengembangkan metode untuk meminimalkan pemakaian energi dan material per unit kegiatan ekonomi, menurunkan emisi beracun, merehabilitasi ekosistem yang rusak 3. Menyakinkan adanya kesamaan sosio-politik dan ekonomi dalam tansisi menuju masyarakat yang lebih berkelanjutan 4. Menjadikan perhatian-perhatian lingkungan lebih langsung dan menerus pada proses pembuatan keputusan secara politis 5. Meningkatkan peranserta masyarakat dalam pembangunan, interpretasi dan penerapan konsep pembangunan berkelanjutan 6. Menjaln kegiatan politik lebih langsung pada pengalaman lingkungan secara aktual melalui alokasi kekuatan politik yang secara lingkungan lebih bermakna keadilan <p>Dari kriteria sosial-politik</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Menerapkan proses politik yang terbuka dan mudah dicapai, yang meletakkan kekuatan pembuatan keputusan secara efektif oleh pemerintah pada tingkat yang paling dekat dengan situasi dan kehidupan masyarakat yang terkena akibat dari kepusan tersebut 2. Menyakinkan masyarakat bebas dari tekanan ekonomi 3. Menyakinkan masyarakat dapat berpartisipasi secara kreatif dan langsung dalam sistem politik dan ekonomi 4. Menyakinkan tingkat minimal dari pemerataan (<i>equality</i>) dan keadilan sosial, termasuk pemerataan untuk merealisasikan potensi penuh sebagai manusia, sumberaya untuk sistem legal yang terbuka, bebas dari represi politik, akses kependidikan dengan kualitas tinggi, akses yang efektif untuk mendapatkan informasi, dan kebebasan beragama, berbicara dan bertindak.

3. Perspektif Pembangunan Berkelanjutan

Wood (1993) menyatakan kritikan maupun dukungan. Pembangunan berkelanjutan mendapat kritikan karena beberapa defenisi dan pengertiannya dianggap tidak jelas atau mengambang, sehingga mungkin dapat berarti sesuatu bagi setiap orang, atau mungkin bagi seseorang untuk membenarkan tindakannya, baik yang diarahkan untuk pertumbuhan ekonomi maupun perlindungan lingkungan. Sebagian orang lainnya melihat pembangunan berkelanjutan sebagai cara untuk memacu model kapitalis Barat, sehingga mereka menolaknya karena alasan ideologi.

Dalam banyak hal, tanggapan positif tentang konsep pembangunan berkelanjutan mencerminkan banyaknya kritikan. Dengan demikian sebagian orang melihat ketidakjelasan konsep tersebut sebagai masalah, sebagian lainnya melihatnya sebagai suatu peluang untuk mengakomodasikannya pada situasi, tempat dan saat yang berbeda-beda. Sementara sebagian orang mengkritik pembangunan berkelanjutan sebagai dukungan terhadap sistem kapitalis Barat, sebagian lain melihatnya sebagai usaha nyata untuk memasukkan pemaknaan lingkungan kedalam perhitungan nilai ekonomi, sehingga pertimbangan yang diambil tidak hanya menitikberatkan pada pertimbangan ekonomi semata.

Kritik dan dukungan terhadap konsepsi pembangunan berkelanjutan akan selalu ada, dan merupakan hal penting untuk menyadari bahwa konsepsi tersebut mengandung beberapa paradoks dan konflik. Dovers dan Handmer (1992) mengidentifikasi paling tidak ada delapan hal yang jelas, dibahas berikut ini :

a) Teknologi

Aplikasi teknologi telah memungkinkan adanya perbaikan standard hidup banyak manusia di berbagai belahan bumi. Hal ini juga telah menyebabkan peningkatan konsumsi sumberdaya dan produksi limbah. Sebagian masyarakat telah begitu tergantung pada teknologi, yang disebut sebagai "technico addiction". Beberapa budaya sama sekali tidak diragukan lagi akan ketergantungannya terhadap teknologi. Selama ini perhatian telah diberikan pada dampak pemakaian suatu teknologi terhadap aspek sosial dan lingkungan.

Jarang sekali perhatian diberikan pada apakah pemakain suatu teknologi benar-benar merupakan jawaban yang paling tepat terhadap suatu persoalan, khususnya yang berkaitan dengan kesehatan ekosistem. Akibatnya, pandangan yang umum berlaku di banyak negara adalah menerapkan teknologi untuk memfasilitasi percepatan penggunaan sumberdaya. Dengan demikian, teknologi sering menjadi bagian penyelesaian masalah dan menciptakan banyak peluang. Pada saat yang sama teknologi juga menjadi penyebab persoalan lingkungan. Oleh sebab itu strategi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan yang berkelanjutan menuntut pengkajian kembali peran teknologi, yang pada sebagian masyarakat berarti menuntut adanya pengkajian kembali hal-hal yang mendasar dari kebudayaan mereka.

b). Penafsiran yang salah

Dovers dan Handmer menyimpulkan bahwa disamping meningkatnya arus informasi, pemahaman kita tentang lingkungan global dicirikan dengan meningkatnya ketidakpastian. Hal ini merupakan persoalan bagi banyak kebudayaan Barat yang mempunyai keyakinan bahwa kekuatan ilmu dan teknologi memungkinkan masyarakat memahami dan mengontrol alam. Dovers dan Handmer menyimpulkan bahwa kita seharusnya lebih bersahaja, serta mampu memahami bahwa pengetahuan kita yang terbaikpun tidak cukup dan mungkin malah menimbulkan kesalahan penafsiran pada setiap pertimbangan. Disisi lain, kita harus cukup yakin untuk mengambil keputusan dalam situasi ketidakpastian. Patut diperhatikan bahwa menuntut mereka kerendahan hati cenderung muncul hanya dalam situasi *status quo*, sementara kesombongan atau keyakinan yang terlalu besar sering muncul jika kita mempunyai kemauan untuk merubah *status quo*. Situasi seperti ini bukan merupakan hal yang baik dalam mengambil tindakan yang diperlukan untuk mengubah kebiasaan masyarakat agar menjauhi tindakan-tindakan yang tidak berkelanjutan.

c). Keseimbangan antar dan lintas generasi

Salah satu kunci pembangunan berkelanjutan yang menekankan bahwa pemenuhan kebutuhan dasar manusia saat ini harus dilakukan dengan mengindahkan kemampuan generasi mendatang untuk mencukupi kebutuhan mereka, selalu dicirikan sebagai

pencapaian pemerataan *antar generasi*. Beberapa masyarakat telah mengindahkan hal ini secara sistematis. Sebagai contoh, masyarakat lokal Indian di Amerika Utara, seperti Algonquins, secara tradisional telah melibatkan seseorang untuk mewakili generasi ketujuh dimasa depan dalam setiap pengambilan keputusan kelompok. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, orang tersebut bertanggungjawab untuk memikirkan pemerataan lintas generasi. Walaupun demikian, sebagaimana dikemukakan oleh Divers dan Handmer, jika sumberdaya perlu dilestarikan untuk kepentingan masa depan, bagaimana masyarakat menentukan berapa banyak sumberdaya yang dapat dimanfaatkan sekarang dan berapa yang disisihkan untuk masa depan? Pertanyaan ini akan semakin menantang dalam situasi saat ini, ketika banyak kebutuhan dasarnya, katakanlah miskin, masih ada manusia lain yang tetap membutuhkan lebih dari satu komputer atau VCR di rumahnya.

d). Pertumbuhan dan batas-batas

Dipadukannya antara "berkelanjutan" dan "pembangunan" menghasilkan sebuah konsep yang banyak orang menyebutnya sebagai *oxymoron*. (beberapa kata yang saling bertentangan arinya digunakan bersama, seperti "kebaikan yang kasar"). Dalam pandangan *oxymoron* yang kritis, "berkelanjutan" mempunyai arti kegiatan yang dapat berlangsung untuk jangka waktu lama. Secara kontras, "pembangunan" diinterpretasikan sebagai pertumbuhan, yang diartikan sepenuhnya sebagai penambahan fisik dan material pada produksi. Konsep pertumbuhan yang tidak berhenti dan bahkan meningkat adalah salah satu karakteristik dari sel kanker, yang apabila tidak ditangani akan menyebabkan akibat fatal. Sebagai akibatnya, ide tentang pertumbuhan yang tidak pernah berhenti menimbulkan isu tentang adakan batas-batas ekologis dimana kelangkaan sumberdaya dan kerusakan lingkungan mulai muncul tanpa dapat dihindari.

Tantangan yang dihadapi dalam batas-batas ekologi ini, terutama yang berkaitan dengan daya dukung (*carrying capacity*), adalah bahwa batas-batas tersebut biasanya tidak permanen dan mutlak. Akan tetapi, batas-batas ekologi tersebut dapat bervariasi, dan tergantung pada banyak harapan dan tujuan. Lebih jauh lagi, didasarkan atas nilai-nilai

sosial dan kapasitas teknologi, batas-batas tersebut mungkin berkembang ataupun menyempit. Komisi Brundtland menyakini bahwa pertumbuhan adalah perlu dan penting, jika kebutuhan dasar manusia harus dipenuhi.

Walaupun demikian, komisi juga menyadari adanya berbagai keterbatasan atau batas-batas dalam pertumbuhan tersebut. Beberapa dilema muncul, yaitu menentukan jenis pertumbuhan yang benar-benar diperlukan untuk kebutuhan dasar manusia, bagaimana melestarikan pertumbuhan, serta bagaimana menyakinkan bahwa pertumbuhan tersebut tidak merusak lingkungan dan sumberdaya yang memungkinkan pertumbuhan tersebut berlangsung.

e). Kepentingan individu dan kelompok

Pencapaian pembangunan berlanjut menuntut suatu pertimbangan antara kepentingan individu dan kelompok. Banyak kebudayaan Barat menekankan pada pentingnya hak-hak individu dan pilihan, sebagaimana direfleksikan pada ketergantungan masyarakat terhadap kendaraan pribadi, sikap terhadap hak kepemilikan tanah, dan kecenderungan untuk menyukai unit-unit rumah individu. Banyak orang berpendapat bahwa masa depan yang berkelanjutan menuntut banyak penggunaan kendaraan umum, pergeseran nilai-nilai kepemilikan tanah secara individu kepada pemeliharaan lahan tanah, serta penerimaan berbagai jenis dan tipe rumah. Banyak persoalan lingkungan merupakan refleksi dari kumpulan persoalan yang muncul akibat banyaknya keputusan individu yang menyebabkan konsekuensi ganda yang negatif terhadap lingkungan.

f). Demokrasi melawan tujuan

Pembangunan berkelanjutan selalu diasosiasikan dengan pendekatan yang menekankan pada pemberdayaan masyarakat lokal, serta meningkatkan partisipasi mereka dalam pengambilan keputusan dan pembangunan lingkungan. Pertimbangan pendapat ini adalah bahwa masyarakat yang tinggal di wilayah tersebut akan terkena dampak pembangunan, sehingga harus mampu mengantisipasi kemungkinan dampak negarifnya. Untuk mencapai tujuan pemberdayaan masyarakat lokal, diperlukan

desentralisasi maupun dekonsentrasi proses pengambilan keputusan dari pemerintah pusat ke pemerintah lokal. Ada banyak lagi pendapat tentang pentingnya pemberdayaan masyarakat lokal, termasuk peningkatan kemampuan mereka dalam pemanfaatan pengetahuan dan pemahaman lokal. Akan tetapi, seperti telah dibahas dalam diskusi kepentingan individu dan kelompok, banyak persoalan lingkungan muncul karena keputusan-keputusan yang diambil oleh banyak pihak di banyak tempat yang berbeda. Oleh karenanya, jika tidak ada kapasitas untuk melihat sesuatu secara menyeluruh, serta tidak ada kapasitas untuk menentukan seperangkat tujuan umum atau target untuk sesuatu, misalnya penurunan emisi, banyak pemerintah lokal yang mungkin bertindak sendiri-sendiri tidak akan mampu untuk memberikan kontribusi yang berarti. Dengan demikian, sementara terdapat kebutuhan untuk memberikan partisipasi dan peran lokal dalam pengelolaan sumberdaya dan lingkungan, diperlukan pula penciptaan tujuan atau kepentingan bersama yang dapat dicapai masyarakat, walaupun keputusan dan tindakan dilakukan di tingkat lokal. Meskipun demikian, terlalu sederhana untuk berasumsi bahwa semua persoalan lingkungan akan terpecahkan jika semua keputusan dan tindakan dilakukan di tingkat lokal.

g). Penyesuaian melawan penolakan

Kebanyakan masyarakat dan institusi menolak perubahan. Perubahan ini mungkin bermanfaat dengan terciptanya stabilitas. Walaupun demikian, penolakan dapat mengarah pada sifat konservatif yang berlebihan, serta ketidakmauan untuk melihat pandangan, jalan, ataupun tindakan baru. Jelas bahwa "penjaga gawang" yang menolak perubahan adalah mereka yang paling diuntungkan dengan adanya status quo; mereka tidak mau melihat "wilayah nyaman" mereka terpengaruh. Sebuah paradoks muncul karena manusia merupakan makhluk yang paling mungkin beradaptasi di dunia. Dalam banyak kesempatan manusia telah menunjukkan kreativitasnya melalui inovasi teknologi yang mampu melipatgandakan, misalnya produksi pangan dari pertanian, atau menangkap banyak ikan dari laut. Meskipun demikian, jenis-jenis inovasi tersebut juga berperan dalam meningkatkan tekanan terhadap lingkungan dan sumberdaya. Sekali lagi, ketegangan dan konflik muncul berkaitan dengan cara-cara terbaik untuk melembagakan perubahan.

Perubahan tidak selalu berjalan lancar dan tanpa korban, serta akan selalu ada sekelompok orang yang mendapat keuntungan lebih dari suatu perubahan.

h). Optimasi melawan cadangan kapasitas

Konsep optimasi didasarkan atas gagasan untuk mencapai penggunaan yang terbaik dari sumberdaya atau lingkungan. Perspektif ini berasumsi bahwa sumberdaya yang tidak dimanfaatkan adalah "limbah". Pandangan tersebut juga sangat antroposentrik, yang melihat bahwa sejauh sumberdaya tidak dimanfaatkan untuk manusia, sumberdaya tersebut tidak dimanfaatkan secara optimal.

Pandangan ini tidak melihat bahwa makhluk hidup lain juga tergantung pada lingkungan, dan intervensi manusia seringkali memberikan konsekuensi buruk pada makhluk hidup lain tersebut. Disisi lain, dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat dan kebutuhan dasar manusia yang perlu terus dicukupi, gagasan tentang optimasi sangat menarik untuk kebutuhan banyak orang.

Tantangan pembangunan berkelanjutan adalah menentukan cara yang dapat dipertanggungjawabkan untuk memberikan nilai pada aspek-aspek yang tidak dapat diukur secara kuantitatif atau moneter. Walaupun demikian, isu yang lebih mendasar adalah ketika kita menggunakan sumberdaya dan lingkungan secara maksimal, kapasitas cadangan yang sangat kita perlukan akan tinggal sedikit atau habis jika suatu keputusan berubah arah. Jika tidak ada kapasitas cadangan, maka pada setiap perubahan akan dilakukan redistribusi dari penggunaan sumberdaya dan lingkungan saat ini, dan hal ini berarti bahwa ada sekelompok orang yang akan lebih menderita dibanding ketika belum ada perubahan. Kapasitas cadangan memberi fleksibilitas pada saat terjadi perubahan yang menguntungkan beberapa orang tanpa merugikan pihak lain. Akan tetapi, sangat sulit untuk mempertahankan adanya kapasitas cadangan, ketika kebutuhan dasar sekelompok masyarakat belum tercukupi.

Kedelapan kontradiksi yang dikemukakan oleh Dovers dan Handmer (1992) di atas membutuhkan perhatian yang sungguh-sungguh jika pembangunan berkelanjutan akan ditransformasikan dari konsep menjadi tindakan. Dalam konteks ini kita harus

mengingat isu-isu pokok, pertanyaan dan kesempatan yang terkait dengan hal-hal berikut ini:

- paradoks dari teknologi
- kerendahan hati dan kesombongan dalam menghadapi ketidakpastian
- pemerataan dalam satu generasi dan antar generasi
- pertumbuhan ekonomi dan batas-batas ekologi
- penggabungan antara kepentingan individu dan kelompok
- keseimbangan antara demokrasi dan tindakan yang bertujuan
- cara-cara penolakan yang beragam
- peran optimasi

Kedelapan isu di atas merupakan awal dari suatu agenda untuk siapapun yang bercita-cita mewujudkan strategi pembangunan berkelanjutan.

4. Pembangunan Berkelanjutan di Negara Maju

Banyak kota, provinsi serta negara telah mengembangkan strategi konservasi atau strategi pembangunan berkelanjutan sebagai salah satu penjabaran gagasan yang tertuang dalam komisi Brundtland sesuai kondisi dan situasi mereka. Pada bagian ini], pendekatan dasar yang diambil oleh Provinsi Manitoba di Kanada akan dijelaskan sebagai contoh.

Majelis meja bundar untuk Ekonomi dan Lingkungan (1992) menjelaskan bahwa pembangunan berkelanjutan adalah filsafat dasar, etika, serta pendekatan untuk mengarahkan perilaku individu dan kelompok berkaitan dengan lingkungan dan ekonomi. Secara lebih spesifik, Manitoba mendefinisikan pembangunan berkelanjutan sebagai *pembangunan ekonomi yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan*, dicirikan oleh sebuah pandangan, sekaligus beberapa keyakinan, prinsip-prinsip dan pedoman.

Manitoba menegaskan bahwa keyakinan tersebut meliputi:

- Provinsi tidak dapat melanjutkan pembangunan secara ekonomi kecuali apabila lingkungan dilindungi.

- Pembangunan ekonomi yang menerus mensyaratkan adanya biaya untuk inisiatif lingkungan yang dianggap penting.
- Kebutuhan saat ini harus dapat dipenuhi tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka.
- Perhatian harus diberikan pada konsekuensi jangka panjang dari keputusan-keputusan ekonomi dan lingkungan.

Sebagai tambahan pada keyakinan di atas, Propinsi Manitoba menerima bahwa ada batas kemampuan bumi untuk keberlanjutan pembangunan dan kegiatan manusia. Respek terhadap batas kemampuan ekologi bumi ini membutuhkan upaya dalam sejumlah arah, termasuk:

- Memanfaatkan sumberdaya sesedikit mungkin, serta lebih efektif dan efisien
- Mengurangi, memakai kembali, dan mendaur ulang produk-produk dari produksi dan konsumsi
- Memasukkan nilai lingkungan pada pengolahan produk dalam sektor sekunder dan tersier
- Memperbaiki produktifitas melalui inovas; politik, teknologi, ilmu, institusi dan sosial
- Merehabilitasi kerusakan lingkungan
- Meningkatkan kapasitas produksi dan kualitas sumberdaya alam
- Melestarikan dan mengembangkan substitusi sumberdaya langka.

Untuk menerjemahkan pandangan keyakinan menjadi tindakan, Manitoba mengidentifikasi sepuluh prinsip dan enam arahan yang berkaitan dengan pembangunan berkelanjutan (Tabel 1.2).

Tabel 1.2

Prinsip dan Arahan untuk Pembangunan Berkelanjutan (Manitoba, 1992 :5)

No	Prinsip	Arahan
1.	Keterpaduan keputusan lingkungan dan ekonomi. Mempunyai syarat bahwa kita yakin keputusan ekonomi selalu merefleksikan dampak lingkungan termasuk kesehatan manusia. Inisiatif lingkungan harus mempertimbangkan konsekuensi ekonomi.	Efisiensi pemakaian sumberdaya. Kita perlu mendukung pembangunan dan aplikasi dari sistem untuk biaya sumberdaya, kebutuhan pengelolaan, dan alokasi sumberdaya yang sesuai, bersama dengan insentif, disinsentif untuk menggalakkan efisiensi pemakaian sumberdaya serta pemberian harga secara penuh untuk lingkungan akibat dari keputusan dan pembangunan.
2.	Pemanduan. Mempunyai syarat bahwa kita mengelola lingkungan dan ekonomi untuk keuntungan generasi sekarang dan masa datang. Pemanduan mensyaratkan kita sebagai pemegang kendali dari lingkungan dan ekonomi untuk keuntungan generasi Manitoba sekarang dan masa datang. Keseimbangan harus tercapai antara keputusan sekarang dan dampaknya besok.	Pertisipasi Masyarakat. Kita perlu membentuk forum-forum yang mendukung dan menyediakan kesempatan bagi masyarakat Manitoba untuk berkonsultasi dan berpartisipasi dalam proses pengambilan keputusan. Kita harus berusaha meyakinkan dan memberi pengenalan awal tentang proses pembangunan pada masyarakat yang terkena akibat kebijakan, program, keputusan dan pembangunan.
3	Pembagian tanggung jawab: Mempunyai syarat bahwa semua masyarakat Manitoba mempunyai tanggungjawab untuk keberlanjutan lingkungan dan ekonomi. Yang masing masing terhitung untuk keputusan dan tindakan, dengan spirit kemitraan dan kerjasama terbuka.	Pemahaman dan penghargaan Kita perlu sadar bahwa hidup bersama dalam lingkungan fisik, sosial dan ekonomi yang sama di Manitoba. Pemahaman dan penghargaan untuk pandangan, nilai, tradisi dan aspirasi sosial dan ekonomi yang berbeda diperlukan untuk pemerataan pengelolaan sumber daya. Perhatian harus diberikan pada aspirasi, kebutuhan dan pandangan semua daerah dan kelompok di Manitoba
4	Pencegahan: Mempunyai syarat bahwa kita mengantisipasi, mencegah atau mengurangi dampak-dampak lingkungan (termasuk kesehatan manusia) dan ekonomi dari politik, program dan keputusan.	Akses mendapatkan informasi Kita perlu mendorong dan mendukung perbaikan informasi dasar serta promosi lingkungan dan ekonomi kita untuk kemudahan mendapatkan akses terhadap informasi bagi semua masyarakat Manitoba.
5	Pelestarian. Mempunyai syarat bahwa kita memelihara proses ekologi, keanekaragaman hayati dan sistem penyangga kehidupan dari lingkungan kita; memanen sumber daya yang dipakai kembali pada lahan dasar yang berkanjut; serta pemakaian yang efisien dari sumberdaya yang dapat dan tidak dapat diperbaharui.	Keterpaduan pengambilan keputusan dan perencanaan. Kita perlu mendorong dan mendukung proses pengambilan keputusan dan perencanaan terbuka, lintas-sektoral, sesuai untuk kebutuhan jangka panjang dan efisien.
6	Pendaur ulang. Mempunyai syarat bahwa kita sebaiknya mengurangi pemakaian, memakai kembali, dan mengganti produk-produk masyarakat kita.	Substitusi Kita perlu mendorong dan mempromosikan pengembangan dan pemakaian substitusi sumber daya langka yang berwawasan lingkungan dan secara ekonomi bermanfaat.

7	<p>Peningkatan Mempunyai syarat bahwa untuk jangka panjang kita memacu kemampuan, kualitas dan kapasitas produksi ekosistem alamiah kita.</p>	
8	<p>Rehabilitasi dan reklamasi. Mempunyai syarat bahwa kita melakukan perbaikan pada kerusakan lingkungan untuk pemakaian yang bermanfaat. Rehabilitasi dan reklamasi mensyaratkan pengenalan kerusakan yang terjadi dimasa lalu. Kebijakan, program dan pembangunan dimasa datang harus lebih memberi perhatian pada kebutuhan akan rehabilitasi dan reklamasi.</p>	
9	<p>Inovasi ilmu dan teknologi. Mempunyai syarat bahwa kita melakukan penelitian, pengembang, uji coba dan penerapan teknologi yang menyangkut kepentingan ualitas lingkungan, termasuk kesehatan masyarakat dan pertumbuhan ekonomi.</p>	
10	<p>Tanggungjawab global Mempunyai syarat bahwa kita berikir secara global dan berindak secara lokal. Tanggung jawab global masyarakat kita memahami bahwa tidak ada batas lingkungan, dan bahwa ada ketergantungan lingkungan antar propinsi dan negara. Ada kebutuhan untuk bekerja sama di dalam negara Kanada, dan secara inernasional untuk mempercepat menyatunya lingkungan dan ekonomi dalam pengambilan keputusan serta untuk mengembangkan penyelesaian masalah secara menyeluruh dan merata.</p>	

Bab 4

PENCEMARAN LINGKUNGAN

A. Pengertian Pencemaran

Lingkungan yang tercemar kadang tampak jelas pada kita, seperti timbunan sampah di pasar tradisional, muara sungai, atau asap knalpot kendaraan bermotor di jalan raya yang macet. Ada pula pencemaran yang kurang tampak, misalnya terlepasnya gas hidrogen sulfida dari sumur minyak yang tidak lagi beroperasi, atau suara musik yang mengganggu pendengaran.

Sulit menentukan apakah suatu unsur, materi atau energi menjadi penyebab pencemaran atau tidak. Kadang suatu bahan atau energi menjadi racun atau penyebab yang mematikan spesies organisme tertentu, tetapi bermanfaat bagi organisme lain. Demikian pula bahan organik sisa tumbuhan dapat menjadi bahan makanan ternak tertentu, tetapi jika dibuang ke sungai akan menjadi sampah. Selanjutnya dalam proses penguraian dan pembusukan sampah organik ini dapat menghabiskan oksigen sehingga mematikan ikan-ikan atau binatang lain dalam perairan bersangkutan.

Dalam Undang-Undang RI Nomor 23 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran adalah; masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Ada pula yang mengartikan bahwa pencemaran adalah bila berpengaruh buruk terhadap lingkungan.

Lingkungan hidup dengan berbagai komponen yang di dalamnya akan mengalami penyimpangan sistem akibat suatu atau beberapa bahan pencemar. Udara yang tercemar akan memiliki komposisi lain dibanding udara yang normal atau udara bersih di sekitar kita. Setiap bahan pencemar berasal dari sumber tertentu. Untuk menghindari atau mencegah pencemaran maka penting diketahui adalah sumber dan bahan pencemar. Setelah itu bagaimana membebaskan bahan pencemar dari sumbernya hingga ke obyek penerima efek

atau lingkungan yang dipengaruhinya. Misalnya, manusia menjadi penerima pencemar deterjen yang masuk ke dalam perairan, atau ikan dan hewan air yang menerima efek negatif dari bahan pencemar insektisida.

B. Penggolongan Pencemaran Lingkungan

Beberapa cara penggolongan pencemaran lingkungan hidup, seperti;

- a. Menurut jenis lingkungan, yaitu; pencemaran air, pencemaran laut, pencemaran udara, pencemaran tanah dan pencemaran kebisingan (bunyi).
- b. Menurut sifat bahan pencemar, yaitu; pencemaran biologis, pencemaran kimia, dan pencemaran fisik.
- c. Menurut lamanya bahan pencemar bertahan dalam lingkungan, yaitu; bahan pencemar yang lambat atau sukar diuraikan seperti bahan kaleng, plastik, deterjen, serta bahan pencemar yang mudah diuraikan (*degradable*) seperti bahan-bahan organik.

Ditinjau dari segi usaha penanggulangannya penggolongan terakhir ini penting. Bahan-bahan pencemar yang tidak dapat diuraikan (*nondegradable*) juga mencakup bahan-bahan pencemar yang sangat lambat penguraiannya seperti DDT, sehingga proses alamiah tidak dapat mengimbangi laju pemasukannya ke dalam ekosistem sehingga makin lama makin banyak. Dalam rantai makanan, bahan pencemar ini sering mengalami kelipatan secara biologis dalam ekosistem.

Bahan pencemar yang mudah diuraikan secara biologis (*bio-degradable*), seperti bahan buangan organik mempunyai mekanisme pengolahan secara alamiah. Panas atau *thermal pollution* termasuk golongan ini karena panas dapat tersebar secara alamiah. Tetapi jika *input* bahan pencemar ini terlalu cepat sehingga melampaui daya asimilasi alamiah, maka akan terjadi juga masalah pencemaran seperti halnya bahan buangan organik.

1. Pencemaran Air

- a). Pengertian dasar pencemaran air

Air, hampir menutupi seluruh permukaan planet bumi. Luas daratan lebih kecil dibandingkan luas lautan. Makhluk hidup yang ada di bumi tidak dapat terlepas dari kebutuhan akan air, sehingga air merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan di bumi ini. Air bersih sangat diperlukan manusia, baik untuk keperluan sehari-hari dalam rumah tangga, industri maupun untuk kebersihan sanitasi kota dan sebagainya.

Saat ini sulit mendapatkan air yang bersih dengan kualitas terstandar. Untuk memperoleh air yang bersih menjadi barang yang mahal karena banyak sumber air yang sudah tercemar oleh bermacam limbah dari hasil kegiatan manusia, baik limbah dari kegiatan rumah tangga, industri dan kegiatan lainnya. Penetapan standard air yang bersih tergantung pada banyak faktor, antara lain adalah;

- 1) Kegunaan air; untuk makan/minum, keperluan rumah tangga, industri, pengairan sawah, dan sebagainya.
- 2) Sumber air; mata air di pegunungan, danau, sungai, sumur, air hujan dan sebagainya.

Air yang bersih tidak ditetapkan berdasarkan kemurniannya tetapi pada keadaan normalnya. Jika terjadi penyimpangan dari keadaan normal berarti air tersebut telah mengalami pencemaran. Air dari mata air pegunungan, apabila lokasi pengambilannya lain, akan menghasilkan keadaan normal yang lain pula. Air yang ada di bumi tidak pernah terdapat dalam keadaan bebas dari mineral, tetapi selalu ada senyawa atau unsur lain yang terlarut di dalamnya. Hal ini tidak berarti bahwa semua air di bumi ini telah tercemar, contoh; air yang diambil dari mata air pegunungan dan air hujan. Keduanya dapat dianggap sebagai air yang bersih, namun senyawa atau mineral yang terdapat didalamnya berlainan. Air hujan mengandung SO_4 , Cl, NH_3 , CO_2 , N_2 , C, O, debu, dan air dari mata air mengandung Na, Mg, Ca, Fe, dan O_2 .

Air juga sering mengandung bakteri atau mikroorganisme lainnya. Air yang mengandung bakteri tidak dapat langsung 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. Berdasarkan hal ini dapat dipahami bahwa air tercemar apabila air tersebut telah menyimpang dari keadaan normalnya. Keadaan normal air masih tergantung pada faktor penentu, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal sumber air. Ukuran air disebut bersih dan tidak tercemar tidak ditentukan oleh kemurnian air.

b). Komponen pencemar air

Kegiatan industri dan teknologi saat ini jika tidak disertai dengan pengolahan limbah yang baik, memungkinkan terjadinya pencemaran air, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Bahan buangan dan limbah yang berasal dari kegiatan industri adalah penyebab utama terjadinya pencemaran air. Komponen pencemar air dapat dikelompokkan sebagai berikut;

- 1) Bahan buangan padat; adalah bahan buangan yang berbentuk padat, baik yang kasar (butiran kasar) maupun yang halus (butiran halus).
- 2) Bahan buangan organik; pada umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme. Karena bahan buangan organik dapat membusuk atau terdegradasi maka akan lebih baik apabila bahan buangan ini tidak dibuang ke lingkungan air karena akan menaikkan populasi mikroorganisme di dalam air. Bertambahnya populasi mikroorganisme di dalam air maka memungkinkan untuk berkembangnya pula bakteri patogen yang berbahaya bagi manusia. Bahan buangan organik sebaiknya diproses menjadi pupuk buatan (kompos) yang bermanfaat bagi tanaman. Kompos adalah hasil daur ulang limbah organik tentu, dan akan berdampak positif bagi lingkungan hidup manusia.
- 3) Bahan buangan anorganik; pada umumnya berupa limbah yang tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Apabila bahan buangan anorganik ini masuk ke lingkungan air maka akan terjadi peningkatan jumlah ion logam di dalam air. Bahan buangan ini biasanya berasal dari industri yang menggunakan unsur-unsur logam, seperti Timbal (Pb), Arsen (As), Air Raksa (Hg), Khroom (Cr).

- 4) Bahan buangan olahan bahan makanan; dapat dimasukkan pula dalam kelompok bahan buangan organik. Karena bahan buangan ini bersifat organik maka mudah membusuk dan dapat terdegradasi oleh mikroorganisme. Apabila bahan buangan olahan bahan makanan mengandung protein dan gugus amina (pada umumnya memang mengandung protein dan gugus amina), maka pada saat didegradasi oleh mikroorganisme akan terurai menjadi senyawa yang mudah menguap dan berbau busuk.

Di lingkungan perairan yang mengandung bahan buangan olahan bahan makanan mengandung banyak mikroorganisme, termasuk di dalamnya bakteri patogen. Karena mengandung bakteri patogen maka perlu dilakukan pengawasan yang ketat agar bakteri patogen yang berbahaya bagi manusia tidak berkembang baik.

- 5) Bahan buangan cairan berminyak; bahan yang tidak dapat larut dalam air, melainkan mengapung di atas permukaan air. Lapisan minyak yang menutupi permukaan air dapat juga terdegradasi oleh mikroorganisme tertentu, namun memerlukan waktu yang cukup lama. Air yang tercemar oleh bahan buangan minyak tidak dapat dikonsumsi oleh manusia karena seringkali dalam cairan yang berminyak terdapat zat-zat yang beracun, seperti senyawa benzena, senyawa toluena dan sebagainya.
- 6) Bahan buangan zat kimia; banyak ragamnya, tetapi yang dimaksud dalam kelompok ini adalah bahan pencemar berupa deterjen dan bahan pembersih lainnya, bahan pemberantas hama (insektisida), zat warna kimia, larutan penyamak kulit, zat radioaktif. Keberadaan bahan buangan zat kimia tersebut di dalam lingkungan merupakan racun yang mengganggu dan bahkan dapat mematikan hewan air, tanaman air dan mungkin juga manusia.

c). Aspek Kimia-Fisika dalam Pencemaran Air

1). Air

Jika kita menemukan air yang sudah tercemar, mungkin kita mengharapkan dapat menganalisis kandungan air tersebut, atau ingin mengetahui sifat kimia dan fisika air itu.

Spesies apa yang ada dan berapa jumlah organisme yang ada dalam air itu, dan bagaimana hubungan antara kualitas air dengan macam dan jumlah organisme penghuninya. Untuk dapat hidup optimal, maka setiap spesies hewan mempunyai faktor batas, misalnya suhu, salinitas, dan oksigen terlarut. Karena itu banyak faktor yang mempengaruhi apa yang terkandung di dalam air.

2). Oksigen terlarut

Oksigen adalah gas yang berwarna, tak berbau, tak berasa dan hanya sedikit yang larut dalam air. Untuk mempertahankan hidup (*survive*) bagi makhluk yang hidup di air, baik tanaman maupun hewan, bergantung kepada oksigen yang terlarut ini. Penentuan kadar oksigen terlarut dapat dijadikan ukuran untuk menentukan mutu air. Kehidupan di air dapat bertahan jika ada oksigen terlarut minimum sebanyak 5mg oksigen setiap liter air (5 ppm). Selebihnya bergantung kepada ketahanan organisme, derajat keaktifannya, kehadiran pencemar, suhu, air dan sebagainya.

Oksigen merupakan salah satu faktor pembatas dalam penentuan kehadiran makhluk hidup dalam air. Oksigen dalam air danau misalnya berasal dari udara di permukaan danau dan fotosintesis organisme yang hidup di danau itu. Di dasar danau yang dalam oksigen akan digunakan oleh makhluk pembusuk yang memakan ganggang mati, sampah, dan sebagainya. Cahaya yang masuk ke danau biasanya terbatas sehingga tidak terjadi fotosintesis. Pergantian oksigen dari udara berjalan lambat, karena itu oksigen menjadi faktor pembatas untuk kehadiran kehidupan di dasar danau. Sementara di ekosistem air deras (misalnya sungai), biasanya oksigen tidak menjadi faktor pembatas. Dalam sungai yang jernih dan deras kepekatan oksigen mencapai kejenuhan. Jika aliran air berjalan lambat atau ada pencemar maka oksigen yang terlarut mungkin di bawah kejenuhan, sehingga oksigen kembali menjadi faktor pembatas. Kepekatan oksigen terlarut bergantung pada: suhu, kehadiran tanaman fotosintesis, tingkat penetrasi cahaya yang juga tergantung pada kedalaman dan kekeruhan air, tingkat kederasan aliran air, dan jumlah bahan organik yang diuraikan dalam air seperti sampah, ganggang mati atau limbah industri.

Penentuan oksigen terlarut harus dilakukan berulang kali, diberbagai lokasi pada tingkat kedalaman yang berbeda pada waktu yang tidak sama. Penentuan yang dilakukan dekat lokasi pabrik akan lain hasilnya daripada jauh dari pabrik. Musim kemarau dan musim banjir juga memberi hasil yang berbeda. Jika tingkat oksigen terlarut selalu rendah maka organisme aerob akan mati dan organisme anaerob akan menguraikan bahan organik dan menghasilkan bahan seperti metana dan hidrogen sulfida. Zat-zat ini yang menyebabkan air berbau busuk.

3). Karbondioksida dalam Air

Karbondioksida dari udara selalu bertukar dengan yang di air jika air dan udara bersentuhan. Pada air yang tenang pertukaran ini sedikit proses yang terjadi adalah difusi. Jika air bergelombang maka pertukaran berubah lebih cepat. Gelombang dapat terjadi jika air dipermukaan berpusar menuju ke bagian dasar danau, sambil membawa gas yang terlarut. Karbondioksida juga terdapat dalam air hujan. Hal ini terbawa waktu tetes air terjun dari udara.

Karbondioksida dapat juga terbentuk sebagai hasil metabolisme. Pada proses fotosintesis banyak digunakan CO_2 dan dikeluarkan O_2 . Hal ini akan mempengaruhi konsentrasi CO_2 dalam air yang bergantung pada kedalaman air maupun waktu siang atau malam. Di dasar danau terdapat juga organisme pengurai yang aerob yang memecahkan sisa-sisa bahan organik. Karbon merupakan salah satu unsur yang mengalami daur dalam ekosistem. Di mulai dari atmosfer, karbon berpindah melalui produsen, konsumen, dan pengurai kemudian kembali ke atmosfer. Di atmosfer karbon terikat dalam CO_2 dan setelah mengikuti fotosintesis senyawa ini terikat dalam glukosa atau senyawa karbon lainnya. Kemudian senyawa-senyawa ini masuk ke jaring-jaring konsumen dan tersimpan sampai mati dan akhirnya dimangsa oleh pengurai kemudian kembali ke atmosfer.

4). pH, kebasaaan, keasaman, dan kesadahan air

Mungkin ada hubungan antara kandungan CO_2 dan O_2 dalam air di alam luar. Jika salah satu berubah, maka yang lainnya akan berubah pula kadarnya. Tetapi berbagai faktor

juga mempengaruhi, yaitu pH, kebasaan, keasaman, dan kesadahan air. Keempat faktor ini erat berkaitan. Masing-masing faktor itu berkaitan dan mempengaruhi lingkungan.

Jenis-Jenis Pencemaran Air

Pencemaran air adalah setiap perubahan kimia-biologis dan fisik dari air yang dapat berpengaruh buruk terhadap organisme. Bahan pencemar air bersumber dari limbah buangan dari rumah, rumah sakit, pabrik-pabrik kimia, sisa-sisa pupuk buatan, pestisida dan seterusnya. Bahan pencemar air dapat dikategorikan kedalam bahan pencemar fisik seperti air panas, pencemar kimia seperti peptisida, logam berat, dan pencemar biologis seperti bakteri patogen.

Sumber tertentu dan tak tertentu (Point and Nonpoint sources); untuk penanggulangannya biasanya dibedakan dua kategori sumber pencemaran air, yaitu sumber tertentu dan sumber yang tidak tertentu. Sumber tertentu (Point source) adalah sumber yang membuang bahan pencemar melalui pipa, selokan, atau parit ke perairan pada tempat tertentu. Sebaliknya, sumber tak tertentu (non point source) dari bahan pencemar air adalah sumber pencemar yang tersebar luas dimana-mana.

- Pencemaran sungai, danau, dan waduk.

Konsentrasi dan sifat kimiawi bahan pencemar yang masuk ke air permukaan (sungai, danau dan waduk), mengalami perubahan sebagai akibat empat proses alamiah: pengenceran, biodegradasi, peningkatan (amplifikasi) biologis, dan sedimentasi. Meskipun proses-proses alamiah tersebut di atas dapat mengurangi bahan pencemar ketinggian yang tidak berbahaya, namun pengalaman menunjukkan bahwa pemecahan dari banyak pencemaran air adalah mencegah atau mengurangi pemasukannya ke dalam air.

- Pencemaran air bawah tanah

Sumber pencemaran air bawah tanah dapat berasal dari sejumlah sumber, seperti kebocoran kimia organik beracun dari tangki simpanan bawah tanah, dan perembesan bahan kimia demikian serta senyawa logam berat beracun dari tempat-tempat penimbunan

sampah. Juga kebocoran sumur dalam tempat pembuangan limbah beracun dari industri-industri sangat dikhawatirkan dapat menjadi sumber pencemaran air bawah tanah.

Pencemaran air tanah dapat juga disebabkan oleh pemompaan air tanah yang berlebihan di kawasan pantai. Air asin dari laut akan meresap ke arah darat dan bercampur dengan air tawar jika terlalu banyak air tanah dipompa.



Gambar 4.2 Pencemaran air dengan limbah industri

- Pencemaran laut.

- *Sumber pencemaran laut*

Kegiatan-kegiatan yang dapat menimbulkan pencemaran laut antara lain : (1). perdagangan melalui laut terutama transportasi minyak, (2) pengolahan limbah, (3) rekreasi laut, (4) pembangkit tenaga listrik, (5) pembuatan bangunan-bangunan dan pengelolaan pemanfaatan tanah, (6) pembangunan pelabuhan yang dapat merubah sirkulasi air pantai.



Gambar 4.3 Pencemaran Laut

- *Akibat pencemaran laut*

Pengaruh pencemaran, ada yang dapat segera terasa, tetapi dapat juga memerlukan waktu bertahun-tahun baru terlihat pengaruhnya. Akibat pencemaran bukan hanya karena sifat racun, tetapi juga sebab-sebab lain, seperti:

- a. Kandungan lumpur dalam air yang meningkat akibat erosi dapat mengurangi cahaya yang masuk ke perairan sehingga mempengaruhi fotosintesis.
- b. Buangan air panas dapat merubah lingkungan hidup perairan.
- c. Lumpur akibat pengolahan tanah atau pengerukan pesisir dapat mengendap di pantai dan mematikan kehidupan terumbu karang atau merusak tempat berpijah biota perairan.
- d. Air sungai yang berlebihan (karena banjir) dapat membentuk lapisan yang menghalangi pertukaran massa air dengan air yang lebih subur dari dasar perairan pantai.

2. Pencemaran Udara

Pencemaran udara dapat 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 dalam waktu tertentu yang cukup lama dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan.

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. Dalam udara terdapat oksigen (O_2) untuk bernafas, karbondioksida (CO_2) untuk proses fotosintesis oleh klorofil daun dan ozon (O_3) untuk menahan sinar ultra violet. Komposisi udara bersih dan kering disusun oleh Nitrogen (N_2) 78,09%, Oksigen (O_2) 21,94%, Argon (Ar) 0,93%, Karbondioksida (CO_2) 0,032%.

Gas-gas lain yang terdapat dalam udara antara lain gas-gas mulia, nitrogen oksida, hidrogen, metana, bekerang dioksida, amonia dan lain-lain.

a). Komponen pencemar udara

Udara di daerah yang mempunyai banyak kegiatan industri dan teknologi serta lalu lintas yang padat, udaranya relatif tidak bersih lagi. Udara di daerah industri mengandung bermacam bahan pencemar. Dari beberapa macam komponen pencemar udara, yang paling banyak berpengaruh adalah komponen-komponen berikut ini; Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO_x), Belerang Oksida (SO_x), Hidro Karbon (HC), dan partikel lain.

c). Penyebab pencemaran udara

Secara umum penyebab pencemaran udara ada 2 faktor, yaitu:

a. Faktor internal (secara alamiah), meliputi:

1. Debu yang beterbangan akibat tiupan angin.
2. Abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi dan gas-gas vulkanik.
3. Proses pembusukan sampah organik, dll

b. Faktor eksternal (akibat perilaku manusia), meliputi:

1. Hasil pembakaran bahan bakar fosil
2. Debu/serbuk dari kegiatan industri
3. Pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara

Bahan pencemaran udara dapat berupa gas, titik-titik cairan, partikel-partikel padat, atau campuran dari ketiga bentuk tersebut. Umumnya bahan penyebab pencemaran udara dikelompokkan dalam dua kategori, yaitu: pencemar primer dan pencemar sekunder.

a. Bahan dan sumber pencemar primer

Pencemaran udara primer atau emisi primer meliputi partikel padat halus (ukuran kurang dari 100 mikron), partikel padat kasar (lebih dari 100 mikron), oksida sulfur, hidrokarbon, oksida nitrogen, senyawa halogen, dan bahan radioaktif.

b. Bahan pencemar sekunder

Contoh : asam sulfat, ozon, dll.

Gas dalam udara berasal dari berbagai sumber. Dekomposisi bahan organik menghasilkan berbagai jenis gas. Karena kondisi sanitasi kita yang belum baik, di banyak tempat terdapat bau busuk hasil dekomposisi bahan organik, misalnya sampah terutama di tempat pembuangan akhir (TPA), dan selokan yang tergenang. Pembakaran sampah dan bahan bakar di rumah tangga, kendaraan bermotor dan industri merupakan sumber penting pencemaran udara. Beberapa gas pecemar penting ialah dioksin, CO, hidrokarbon, oksida nitrogen dan oksida belerang.

Udara bersih yang kita hirup merupakan gas yang tidak tampak, tidak berbau, tidak berwarna maupun berasa. Akan tetapi udara yang benar-benar bersih sulit diperoleh, terutama dikota-kota besar dengan banyak industri dan lalu lintas yang padat. Udara yang tercemar dapat merusak lingkungan dan kehidupan manusia. Terjadinya kerusakan lingkungan berarti berkurangnya daya dukung alam yang selanjutnya akan mengurangi kualitas hidup manusia.

3. Pencemaran kebisingan

Kemajuan industri dan teknologi antara lain ditandai dengan pemakaian mesin-mesin yang dapat mengolah dan memproduksi bahan maupun barang yang dibutuhkan oleh manusia secara cepat (Wisnu.2004). Untuk membantu mobilitas manusia dalam melaksanakan tugasnya digunakanlah alat-alat transportasi bermesin, baik udara, laut maupun darat. Selain itu untuk mencukupi segala sarana dan prasarana, digunakan pula peralatan bermesin untuk keperluan membangun konstruksi fisik. Pemakaian mesin-mesin tersebut seringkali menimbulkan kebisingan, baik kebisingan rendah kebisingan sedang maupun kebisingan tinggi. Oleh karena kebisingan dapat mengganggu lingkungan dan merambatnya melalui udara walaupun susunan udara tidak mengalami perubahan. Menurut asalnya sumber kebisingan dibagi 3 macam, yaitu :

- a) Kebisingan impulsif; kebisingan yang datangnya tidak secara terus-menerus, contoh kebisingan yang datang dari suara palu yang dipukulkan, kebisingan yang datang dari mesin pemasang tiang pancang.
- b) Kebisingan kontinyu; kebisingan yang datang secara terus menerus dalam waktu yang cukup lama, contoh kebisingan yang datang dari suara mesin yang dijalankan (dihidupkan).
- c) Kebisingan semi kontinyu (*intermitten*); kebisingan kontinyu yang hanya sekejap, kemudian hilang dan mungkin akan datang lagi. Contoh suara mobil atau pesawat terbang yang sedang lewat.

Kebisingan adalah bunyi yang dapat mengganggu dan merusak pendengaran manusia. Menurut ahli Fisika, bunyi adalah rangsangan yang diterima oleh saraf pendengaran yang berasal dari suatu sumber bunyi. Apabila saraf pendengaran tidak menghendaki rangsangan tersebut maka bunyi tersebut dinamakan sebagai suatu *kebisingan*.

Pengaruh bunyi terhadap manusia bervariasi menurut tinggi rendahnya frekuensi atau titik nada bunyi bersangkutan. Bunyi yang dapat didengar manusia berkisar pada frekuensi antara 20 sampai 20000 getaran/detik, dan pada intensitas antara 0-120 db (bunyi dengan intensitas 120 db ke atas telah menimbulkan gangguan fisik). Percakapan biasa dengan frekuensi 250-10.000 getaran/detik tercatat antara 30-60 db. Kereta api yang berjalan tercatat 90-95 db, dan kapal terbang yang lepas landas tercatat 120-160 db. Bunyi keributan 50-55 db dapat menunda dan mengganggu tidur menyebabkan perasaan lelah setelah bangun. Keributan 90 db dapat mengakibatkan kerusakan sistem saraf otonom.(Erlich & Erlich, 1977).

4. Pencemaran Tanah

Tanah merupakan sumberdaya alam yang mengandung bahan organik dan anorganik yang mampu mendukung pertumbuhan tanaman (Sastrawijaya,1991). Sebagai faktor produksi pertanian, tanah mengandung unsur hara dan air yang perlu ditambah untuk pengganti yang habis dipakai. Erosi tanah dapat terjadi karena curah hujan yang tinggi

yang mempengaruhi fisik, kimia, dan biologi tanah. Erosi perlu dikendalikan dengan memperbaiki yang hancur, menutup permukaannya, dan mengatur aliran permukaan sehingga tidak rusak.

Komposisi tanah tergantung kepada proses pembentukannya, pada iklim, pada jenis tumbuhan yang ada, suhu, dan pada air yang ada di sana. Pencemaran menyebabkan tanah mengalami perubahan susunannya, sehingga mengganggu kehidupan jasad yang hidup di dalam tanah maupun di permukaan. Pencemaran tanah dapat terjadi karena pencemaran secara langsung, misalnya penggunaan pupuk secara berlebihan, pemberian pestisida atau insektisida dan pembuangan limbah yang tidak dapat dicernakan seperti plastik. Pencemaran dapat juga melalui air. Air yang mengandung bahan pencemar (polutan) akan mengubah susunan kimia tanah sehingga mengganggu jasad yang hidup di dalam atau di permukaan tanah.

Pencemaran juga dapat melalui udara. Udara yang tercemar akan menurunkan hujan yang mengandung bahan pencemar ini. Akibatnya tanah akan tercemar juga. Insektisida ialah obat pembasmi insekta (serangga) yang biasa mengganggu tanaman. Pestisida adalah pembasmi hama tanaman, dan herbisida ialah pembasmi tanaman yang tidak diharapkan tumbuh. Disamping itu banyak bahan kimia yang termasuk juga pestisida. Atraktan baunya akan menarik serangga. Kemosterilan berfungsi mensterilkan serangga atau vertebrata, sementara Defoliant ialah penggugur daun supaya memudahkan panen. Desinfektan ialah pengering daun atau bagian tanaman lainnya, dan Sedinfektan ialah pembasmi mikroorganisme. Belum semua macam pestisida disebut, karena itu banyak sekali bahan yang mengandung kimia dan dapat membahayakan makhluk hidup termasuk manusia.

C. Pengendalian Pencemaran

1). Sungai dan Fungsinya

Di Indonesia sungai dapat dijumpai di setiap tempat dengan kelasnya masing-masing. Pada masa lampau sungai dimanfaatkan untuk memenuhi keperluan sehari-hari, baik

transportasi, mandi, mencuci dan sebagainya bahkan di wilayah tertentu sungai dapat dimanfaatkan untuk makan dan minum. Sungai sebagai sumber air, sangat penting fungsinya dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat dan sebagai sarana penunjang utama dalam meningkatkan pembangunan nasional. Sebagai sarana transportasi yang relatif aman untuk menghubungkan wilayah satu dengan lainnya.

Pemerintah menaruh perhatian yang cukup besar terhadap manfaat sungai dalam kehidupan. Untuk itu maka pelestariannya dipandang perlu melakukan pengaturan mengenai sungai; meliputi perlindungan, pengembangan, penggunaan dan pengendalian sungai dari segala bentuk pencemaran yang berakibat rusaknya dan tidak berfungsinya kembali sungai yang tidak sesuai dengan kualitas sebenarnya. Dengan dikeluarkannya Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 1991 tentang sungai, sebagai pelaksanaan Undang-Undang Nomor 11 Tahun 1974 tentang perairan, sehingga dapat digunakan sebagai pegangan dalam pengelolaan, pengusahaan, pemeliharaan dan pengamanan, agar manfaat sungai tetap terjaga kelestariannya.

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 1991, telah tersurat pengertian sungai yaitu tempat-tempat dan wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai suara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan. Garis sempadan sungai adalah garis batas luar pengamanan sungai. Garis sempadan ini dalam bentuk bertanggul dengan ketentuan batas lebar sekurang-kurangnya 5 (lima) meter yang terletak di sebelah luar sepanjang kaki tanggul.

Sungai sebagai sumber air yang merupakan salah satu sumberdaya alam berfungsi bagi kehidupan dan penghidupan makhluk hidup. Air merupakan segalanya dalam kehidupan ini yang fungsinya tidak dapat digantikan dengan zat atau benda lainnya, namun dapat pula sebaliknya, apabila air tidak dijaga nilainya akan sangat membahayakan dalam kehidupan ini. Sungai harus selalu berada pada kondisinya dengan cara:

- Dilindungi dan dijaga kelestariannya
- Ditingkatkan fungsi dan kemanfaatannya
- Dikendalikan daya rusaknya terhadap lingkungan

Air atau sungai dapat merupakan sumber malapetaka apabila tidak dijaga, baik dari segi manfaatnya maupun pengamanannya. Misalnya dengan tercemarnya air oleh zat-zat kimia selain mematikan kehidupan yang ada di sekitarnya juga merusak lingkungan, dan apabila dari segi pengamanan tidak dilakukan pengawasan atau tanggul-tanggul tidak memenuhi persyaratan dapat mengakibatkan banjir, tanah longsor dan sebagainya. Sungai yang kita lihat dan ada dimana-mana bukannya dibangun secara liar tanpa perencanaan dan tidak memperhatikan potensi sungai yang mengarah pada pemanfaatannya melainkan sebaliknya, sungai untuk mencapai manfaat yang optimal dilakukan pembinaan-pembinaan.

Perencanaan dalam rangka pelaksanaan pembinaan yang penyelenggaraannya oleh pemerintah daerah atau Badan Usaha Milik Negara pada kesatuan wilayah sungai yang berada di bawah wewenang dan tanggung jawabnya masing-masing, pelaksanaannya meliputi kegiatan :

- a. Inventarisasi dan registrasi sungai, bangunan-bangunan sungai dan bangunan-bangunan lain yang berada di sungai.
- b. Inventarisasi potensi dan sifat-sifat sungai.
- c. Pengamatan dan evaluasi terhadap banjir, neraca air dan baku mutu air.
- d. Penetapan rencana pembinaan sungai dan penetapan pedoman pelaksanaan pembinaan sungai.
- e. Koordinasi atas rencana yang dibuat oleh pihak yang berkepentingan dalam rangka pengembangan dan penggunaan sungai.

Penggunaan sungai ini disesuaikan dengan kualitas air sungainya yaitu dengan melihat komposisi zat-zat kimia yang ada di dalam air tersebut. Mengingat air semakin langka karena rusaknya sumber-sumber air sebagai akibat tidak terkendalinya pemanfaatan air melalui sumur-sumur artesis sehingga pencemaran dalam bentuk perembesan air laut terjadi di kawasan yang tidak jauh dengan daerah lautan. Sungai, waduk yaitu wadah air yang terbentuk sebagai akibat dibangunnya bangunan sungai (bendungan) yang berbentuk pelebaran alur/palung sungai dan danau yaitu bagian dari sungai yang lebar dengan kedalaman yang melebihi sungai-sungainya, untuk penggunaan/pengelolaannya dilakukan dengan monitoring Pemerintah atau melalui pejabat yang ditunjuk.

2). Pengendalian Pencemaran Industri

Kemajuan teknologi yang diikuti dengan perkembangan Industri memang menciptakan kenikmatan dan kesejahteraan materil bagi manusia, akan tetapi sebaliknya apabila kemajuan dan perkembangan tersebut tidak dikendalikan dapat menimbulkan pencemaran yang berupa bahaya, kerugian dan gangguan-gangguan dalam kelangsungan hidup manusia, terutama industri-industri yang menghasilkan produk samping. Bahaya dan gangguan tersebut bersifat negatif dan pada taraf tertentu dapat mengganggu kelestarian lingkungan, lebih jauh lingkungan tidak dapat dimanfaatkan sebagaimana kualitas sebenarnya.

Sebagai upaya Pemerintah untuk mengatasi maupun mengendalikan segala bentuk pencemaran sebagai produk samping perusahaan industri, maka Menteri Perindustrian dalam Surat Keputusannya Nomor : 20/M/SK/1/1986 telah mengeluarkan lingkup tugas Departemen Perindustrian Dalam Pengendalian Pencemaran Industri terhadap lingkungan hidup. Dalam Pasal 2 Surat Keputusan tersebut, diatur pengendalian pencemaran industri, meliputi :

- a. Pencegahan pencemaran industri, baik dalam tahap perencanaan, pembangunan ataupun pengoperasian industri yang terdiri dari :
 1. Pemilihan lokasi, yang dikaitkan dengan rencana tata ruang.
 2. Studi yang menyangkut dengan pengaruh dari pemilihan lokasi industri terhadap kemungkinan pencemaran pada lingkungan hidup yaitu Studi Analisis Dampak Lingkungan.
 3. Pemilihan teknologi proses termasuk desain peralatan dalam pembuatan produk industri dan penggunaan peralatan untuk pencegahan pencemaran.
 4. Pemilihan sistem pengadaan penyimpanan, pengolahan, pengemasan dan pengangkutan bahan baku dan/atau produk industri terutama bahan beracun dan berbahaya.
 5. Pemilihan teknologi pengolahan limbah industri termasuk daur ulang limbah industri.

6. Sistem pengawasan terhadap gejala dan timbulnya pencemaran industri.
- b. Penanggulangan pencemaran industri baik pada tahap pembangunan maupun pada tahap operasional yang terdiri dari :
 1. Penetapan tentang berlakunya Standar Kualitas Limbah bagi tiap jenis Bidang Usaha Industri serta penetapan tentang Nilai Ambang Batas bagi suatu lingkungan.
 2. Penelitian penyebab pencemaran serta pemberian petunjuk untuk mengatasinya.
 3. Petunjuk mengenai penanganan limbah industri mencemarkan lingkungan melalui cara penyimpanan sementara, daur ulang, pemusnahan, pembuangan secara aman seperti penimbunan di dalam tanah atau pengisolasian ke dasar laut dan lain sebagainya, baik dalam bentuk turun tangan ataupun dalam konsultasi.

Masalah pencemaran industri ataupun segala bentuk pencemaran merupakan tanggung jawab kita semua, namun karena keterbatasan sarana dan prasarana untuk menghindari pencemaran maka dalam pengendaliannya dilakukan sistem pembagian tugas dan wewenang antara instansi-instansi yang terlibat untuk menangani pencemaran akibat kegiatan industri.

Pengendalian pencemaran industri bermakna suatu kegiatan yang mencakup upaya pencegahan dan/atau penanggulangan terjadinya pencemaran Industri. Dikatakan sekarang ini perusahaan industri berkewajiban dan bertanggungjawab untuk mengendalikan dan menanggulangi pencemaran yang diakibatkan industrinya. Setiap limbah yang keluar dari perusahaannya adalah menjadi kewajiban pengusaha untuk mengelolanya agar limbah yang dihasilkan harus memenuhi kriteria baku mutu limbah yang ditetapkan sesuai dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku.

Untuk melaksanakan tujuan tersebut akhir-akhir ini diperkenalkan penggunaan teknologi bersih (*clean technology*) yang menggunakan prinsip-prinsip dasar:

1. Penghematan bahan baku dan energi

Berbagai jenis bahan baku membutuhkan bahan penolong untuk melengkapi proses produksi. Bahan baku dan bahan penolong merupakan sumber limbah, di samping itu terdapat pula bahan baku dan bahan penolong yang termasuk dalam golongan bahan

beracun dan berbahaya. Kemungkinan juga produk-produk yang dihasilkannya juga bisa terdiri dari kelompok bahan beracun dan berbahaya. Adakah bahan baku dan bahan penolong lain sebagai substitusi tanpa mengurangi kualitas agar penggunaan bahan beracun dan berbahaya dapat dikurangi?. Harus diusahakan agar penggunaan bahan beracun dan berbahaya dapat ditekan serendah mungkin. Demikian juga hasil-hasil produksi harus dikendalikan agar kelompok beracun dan berbahaya diganti. Perlu ditetapkan jenis-jenis produksi yang tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Organoklorine telah dimulai dikurangi pemakaiannya karena mencemarkan lingkungan. Demikian juga CFC pada mesin-mesin pendingin dan halon pada alat pemadam kebakaran segera dihentikan produksinya karena penggunaannya membuat lingkungan udara menjadi tercemar. Bersamaan dengan tindakan tersebut perlu disediakan bahan-bahan pengganti.

Penggunaan bahan baku dalam jumlah yang relatif banyak akan menghasilkan bahan pencemar yang banyak pula sekaligus menuntut persediaan yang lebih tinggi. Dengan demikian tiba gilirannya melakukan pengrusakan sumberdaya alam yang makin meningkat, dan akhirnya kerusakan lingkungan makin meningkat pula karena kecepatan pengambilan sumberdaya alam tidak sebanding dengan kecepatan perbaikan lingkungan.

Pada umumnya lebih cepat pengambilan sumberdaya alam daripada perawatan atau perbaikan kerusakan yang ditimbulkannya. Penggunaan bahan baku yang banyak membuat penggunaan energi semakin meningkat. Penggunaan energi menghasilkan gas-gas buangan karbon yang dapat merubah komposisi udara pada tingkat regional dan buangan ini menghasilkan gas rumah kaca. Penghematan bahan baku berarti pemanfaatan bahan baku sesuai dengan kebutuhan kapasitas bahan energi.

2. Minimalisasi limbah

Kemungkinan pada suatu pabrik perlu dilakukan perubahan-perubahan proses agar zat-zat pencemar yang ditimbulkan dapat direduksi. Perubahan proses pabrik asam sulfat dari proses "*single contact*" menjadi proses "*double contact*" ternyata telah mengurangi emisi gas SO₂ dari 7.5 kg SO₂ per ton asam sulfat menjadi 3,5 kg SO₂ per ton asam sulfat. Penggunaan bambu sebagai bahan baku pembuatan kertas pembungkus menimbulkan

pencemaran terhadap lingkungan perairan. Daur ulang terhadap air buangan perlu dilakukan karena limbah air ini mengandung bahan padatan selulosa bambu yang masih dapat dipergunakan.

Peralatan-peralatan tertentu dalam pabrik dapat dirancang kembali untuk mengurangi bahan buangan. Cerobong asap yang mengeluarkan asap hitam (jelaga) dapat dikurangi dengan menempatkan alat pemanasan pada cerobong yang berfungsi membakar jelaga. Peralatan ini sebagai pengganti peralatan saringan asap. Pembuatan minyak nabati olein dan *stearin* harus digantikan dengan proses kering agar limbah dapat dikurangi mencapai 80%. Penggunaan sel dalam proses pembuatan soda api harus diganti dengan sel yang terdiri dari bahan merkuri, demikian juga air buangannya sejauh mungkin dapat dipergunakan secara berulang.

Air adalah salah satu transport yang paling efektif untuk memindahkan limbah, apalagi limbah terdiri dari limbah cair. Limbah cair dihasilkan selain terdapat dalam bahan baku itu sendiri, limbah ini juga merupakan keharusan karena ikut serta dalam proses produksi. Berbagai bahan penolong yang ikut dalam bahan baku akhirnya dibuang kembali setelah selesai proses produksi. Oleh karena itu ada dua hal yang penting, yaitu; penghematan air sebagai bahan penolong dalam pengertian gunakanlah air sesuai kebutuhannya dan jangan menggunakan secara berlebihan, dan kedua yaitu perbaikan proses produksi agar limbah yang dihasilkan mengandung senyawa pencemar sekecil mungkin.

Meminimalkan limbah berarti mengurangi resiko lingkungan dan resiko terhadap manusia. Limbah pabrik pembuatan alkohol (yang menggunakan bahan baku molases) diolah menjadi biogas kemudian hasil olahan ini dipergunakan sebagai bahan bakar boiler. Dengan demikian limbah hampir separuh berkurang.

3. Pencegahan

Apabila buangan tidak dapat dihindarkan maka perlu ditinjau apakah buangan tersebut termasuk limbah ekonomis atau non-ekonomis. Apabila buangan tergolong

ekonomis diperlukan upaya untuk proses daur ulang. Bila dengan daur ulang ternyata tidak ekonomis maka harus dipilih teknologi sesuai lingkungan dan atau teknologi dengan kadar pencemar rendah. Teknologi demikian mampu memanfaatkan sumberdaya alam sekitarnya sebagai bahan olahan, dan merupakan pilihan karena limbah yang dihasilkannya tidak merusak lingkungan bahkan limbah itu dapat digunakan.

Pilihan teknologi dapat diantisipasi dengan analisis dampak lingkungan. Analisis ini meliputi evaluasi dan informasi yang diberikan lingkungan baik bagi industri yang sudah berdiri maupun rencana baru. Analisis ini merupakan suatu konsepsi untuk melihat berbagai kondisi lingkungan serta komponen-komponen lingkungannya yang mana memiliki kepekaan terhadap kegiatan industri. Kemudian dianalisa pula mana diantara komponen ini yang mempunyai dampak primer, sekunder dan tertier terhadap kegiatan industri. Masing-masing komponen ini dijaga dengan sub-sub kegiatan industri mulai dari pengadaan lahan sampai pada distribusi produksi.

4. Daur Ulang

Daur ulang berarti penggunaan kembali. Bila penggunaan kembali pada saat yang relatif singkat maka daur ulang ini dapat meningkatkan efisiensi pabrik. Artinya ada bahan-bahan yang terbuang bersama limbah, kemudian bahan ini diproses kembali oleh mesin yang sama dengan hasil yang sama, misalnya terdapat pada pabrik minyak kelapa sawit. Terdapat sejumlah minyak terbuang bersama limbah, kemudian limbah ini disaring dengan penangkapan minyak (*oil cather*) lalu dengan pompa dikembalikan ke *sentrifuge* untuk bersatu lagi dengan minyak olahan. Demikian juga halnya dengan limbah pabrik tebu menghasilkan bahan baku pulp dan kertas tidak termasuk sebagai daur ulang tapi *reuse*.

5. Reuse

Pengendalian pencemaran akibat industri secara teknis umumnya dilakukan dengan peralatan-peralatan yang sesuai. Sampah dari pabrik diolah dahulu sebelum dibuang, gas-gas pabrik yang berbahaya diolah melalui adsorpsi ataupun absorpsi dengan peralatan tertentu. Air bungan dari pabrik diolah dengan *plant-waste treatment* sehingga tercapai

standard. Pengendalian dalam bentuk lain dan dipandang lebih baik adalah memanfaatkan kembali buangan-buangan dengan cara pengolahan yang lebih teknis. Ada berbagai bahan buangan dari pabrik tertentu masih dapat dimanfaatkan kembali. Bahan buangan padat dari pabrik Plywood dapat digunakan.

6. Recovery

Pemungutan bahan-bahan buangan yang masih mempunyai nilai ekonomi dengan tujuan memproses secara teknologi dengan *recovery*. Disini ada pabrik lain menggunakan limbah ini sebagai bahan baku. Pada dasarnya semua produk-produk setelah habis masa pakai akan menjadi limbah. Setiap produk ada umur teknis. Kertas tulis, kertas surat kabar beribu ton dibuang setiap hari setelah dipakai. Plastik pembungkus dengan sebgaga bentuk dan kualitas akan habis masa pakainya. Demikian juga kain-kain tekstil mengalami keterbatasan masa pakai.

7. Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL)

Pengendalian pencemaran yang dikenal masyarakat adalah menggunakan instalasi pengolahan limbah. Instalasi pengolahan limbah pada prinsipnya sebuah sistem pabrik dimana tersedia sejumlah input untuk diolah menjadi output. Dalam kaitan ini adanya limbah sebagai bahan baku yang diolah dalam sistem kemudian hasilnya adalah limbah yang memenuhi syarat baku mutu. Kalau limbah cair yang diolah kotor maka setelah mengalami pengolahan akan dihasilkan limbah yang memenuhi bahan baku limbah cair.

Instalasi pengolahan limbah mempunyai spesifikasi tertentu dengan kriteria teknis seperti tingkat efisiensi, beban per satuan luas, waktu penahan hidrolis, waktu penahan lumpur dan lain-lain. Pengolahan limbah menggunakan berbagai metode dan jenis tingkatan sedangkan penggunaannya tergantung pada jenis limbah yang diolah. Model instalasi pengolah limbah tergantung pada jenis parameter pencemar, volume limbah yang diolah, syarat baku yang harus dipenuhi, kondisi lingkungan dan lain-lain. Karena itu perlu diperkenalkan jenis-jenis teknologi pengolah limbah, proses pengolahannya dan metode yang dipergunakan.

Proses industri harus menggunakan teknologi yang dapat mengurangi sumber pencemar. Hendaknya dicari jenis teknologi yang dapat menggunakan bahan penolong yang sedikit mungkin dan dapat menggunakan bahan baku yang bebas dari senyawa beracun dan berbahaya. Apabila limbah tidak dapat dielakkan lagi maka ada beberapa saran penanggulangan dengan meninjau kembali kondisi limbah. Apakah mungkin dilakukan recovery atau didaur ulang. Limbah kemungkinan besar dapat di reuse sebelum pada alternatif pembuatan IPAL.

3). Pengendalian Pencemaran Air dan Mutu Air

Air merupakan sumberdaya alam untuk memenuhi hajat hidup orang banyak, sehingga perlu dipelihara kualitasnya agar tetap bermanfaat bagi hidup dan kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya.

Pengendalian pencemaran air merupakan upaya mempertahankan mutu air yang berasal dari sumber air (di dalam tanah), sungai dan jenisnya (di permukaan tanah), dan air laut. Pengendalian mutu air bertujuan untuk menjaga air agar manfaatnya selalu dapat memenuhi kebutuhan manusia, dan dilakukan melalui kegiatan; pengumpulan data, penelitian dan pemantauan, pengaturan pembuangan limbah ke sumber-sumber air, pekerjaan penanggulangan penurunan mutu air.

Selain itu dilakukan pula pengawasan sebagaimana tertuang dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 45/PRT/1990 tentang pengendalian mutu air pada sumber air, berupa: (a) pemeriksaan mutu air pada sumber-sumber air, (b) mengumpulkan keterangan yang berhubungan dengan masalah penurunan mutu air pada sumber-sumber air, termasuk mencari sumber penyebab pencemarannya, (c) evaluasi dan memberikan rekomendasi kepada pemerintah yang menyangkut masalah penurunan mutu air pada sumber-sumber air

Pengendalian mutu air erat kaitannya dengan penurunan mutu air pada sumber-sumber air yang disebabkan oleh pencemaran, sehingga air tidak dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan meliputi:

- Memenuhi berbagai kebutuhan manusia
- Melindungi kelestarian hidup fauna dan flora
- Melindungi mikroorganisme yang bermanfaat bagi sumber-sumber air

D. Penanggulangan Dampak Pencemaran Lingkungan

Menurut Wardhana (2004), usaha untuk mengurangi dan menanggulangi pencemaran tersebut ada 2 macam cara utama, yaitu ;

1. Penanggulangan secara Non-teknis

Dalam usaha mengurangi dan menanggulangi pencemaran lingkungan dikenal istilah penanggulangan 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 perundangan yang dimaksud hendaknya dapat memberikan gambaran secara jelas tentang kegiatan industri dan teknologi yang akan dilaksanakan disuatu tempat antara lain meliputi;

a) Penyajian Informasi Lingkungan (PIL)

PIL merupakan gambaran awal tentang kegiatan yang akan diusulkan. PIL ini diberikan sebelum Analisis Mengenai Dampak Lingkungan dilaksanakan. Berdasarkan penyajian informasi lingkungan ini akan diketahui secara cepat apakah AMDAL yang diusulkan perlu segera dilaksanakan. Mengingat bahwa PIL diberikan terlebih dahulu sebelum AMDAL maka didalam PIL harus termuat garis besar jenis kegiatan dan macam lingkungan yang akan dianalisis. Secara umum PIL akan memuat tentang; kegiatanyang diusulkan, kondisi lingkungan yang akan dianalisa, dampak yang mungkin terjadi akibat kegiatan yang diusulkan serta tindakan yang direncanakan untuk mengendalikannya.

b) Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL)

Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) adalah suatu studi tentang beberapa masalah yang berkaitan dengan rencana kegiatan yang diusulkan. (untuk AMDAL di bahas tersendiri pada BAB 7 pada buku ini)

c) Perencanaan Kawasan Kegiatan Industri dan Teknologi

Perencanaan Kawasan Kegiatan Industri dan Teknologi dimaksudkan agar jika terjadi pencemaran lingkungan dari kegiatan tersebut dapat dipantau dengan mudah dan cepat sehingga penanggulangannya dapat dilakukan secara terpadu, dan daya dukung alam lingkungan sekitarnya tetap terjamin bagi kelangsungan manusia. Melalui perencanaan kawasan yang baik, maka keseimbangan kebutuhan utilitas antara keperluan untuk kegiatan industri dan teknologi dengan keperluan pemukiman di sekitarnya dapat diatur tanpa merugikan salah satu pihak. Apabila perencanaan kawasan dilakukan dengan baik maka tidak akan ada daerah subur dan produktif yang digunakan sebagai kawasan suatu industri karena tanah yang subur dan produktif akan lebih bermanfaat sebagai penunjang kebutuhan pangan manusia.

d) Pengaturan dan Pengawasan Kegiatan

e) Dalam rangka mengurangi dan menaggulangi damak pencemaran lingkungan, perlu diadakan pengaturan dan pengawasan atas segala macam kegiatan industri dan teknologi. Pengaturan dan Pengawasan ini dimaksudkan agar segala persyaratan keselamatan kerja dan keselamatan lingkungan dapat dipenuhi dengan baik sehingga kemungkinan terjadinya pencemaran lingkungan dapat ditekan sekecil-kecilnya. Sebagai contoh ditetapkan Surat Keputusan Menteri Negara KLH Nomor KEP-03/MENKLH/H/1991 tanggal 1 Pebruari 1991 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan yang Telah Beroperasi. Melalui surat Keputusan Menteri Negara KLH tersebut kegiatan industri yang telah beroperasi sebelum surat Keputusan Menteri KLH tersebut ditetapkan, berkewajiban untuk menjaga agar air limbah dibuang ke lingkungan sesuai dengan ketentuan yang ada. Dengan ketentuan tersebut diharapkan pencemaran lingkungan dapat ditekan sampai sekecil-kecilnya.

f) Menanamkan perilaku disiplin.

Kata disiplin memang mudah diucapkan, namun seringkali sulit untuk dilaksanakan karena perilaku disiplin belum tertanam dengan baik pada semua orang. Terjadinya pencemaran lingkungan juga disebabkan ketidakdisiplinnya petugas yang menangani kegiatan industri dan teknologi. Pembuangan limbah dari pabrik atau tempat kerja tanpa terlebih dahulu melalui proses pengolahan limbah seringkali dijumpai sebagai kasus utama penyebab terjadinya pencemaran lingkungan.

Sudah menjadi tanggung jawab moral pemilik pabrik, teknisi dan semua karyawan pabrik yang potensial untuk menimbulkan pencemaran sangat diharapkan untuk mencegah terjadinya pencemaran.

2. *Penanggulangan secara Teknis*

Adapun kriteria yang digunakan dalam memilih dan menentukan cara yang akan digunakan dalam penanggulangan secara teknis tergantung pada faktor berikut; a) mengutamakan keselamatan kerja, b) teknologinya telah dikuasai dengan baik, c) secara teknis dan ekonomis dapat dipertanggungjawabkan. Berdasarkan kriteria tersebut di atas diperoleh beberapa cara dalam hal penanggulangan secara teknis, sebagai berikut;

a) *Mengubah proses*

Apabila dalam suatu proses industri dan teknologi terdapat bahan buangan (limbah) yang berupa zat-zat kimia. Maka akan terjadi pencemaran lingkungan oleh zat-zat kimia, baik pencemaran tanah, udara, kebisingan dan pencemaran tanah. Keadaan ini harus dihindari yaitu dengan mengubah proses yang ada dan memenuhi kriteria yang telah disebutkan di atas. Beberapa proses dalam kegiatan industri dan teknologi sudah ada yang melakukan cara ini dan ternyata berhasil baik. Sebagai contoh; pada industri pengolahan bahan nuklir. Untuk mendapatkan unsur Uranium dari batuan uranium digunakan serangkaian proses yang melibatkan penggunaan zat kimia. Pemakaian zat kimia seringkali menimbulkan masalah pada limbah buangannya. Sebagai ganti zat kimia, pada saat ini telah dipikirkan pemakaian

bakteri tertentu untuk mencegah batuan uranium yang tidak membahayakan lingkungan.

b) Mengganti sumber energi

Sumber energi yang digunakan pada berbagai kegiatan industri dan teknologi sebagian besar masih mengandalkan pada pemakaian bahan bakar fosil, baik minyak maupun batubara. Seperti telah diuraikan di atas bahwa pemakaian bahan bakar fosil menghasilkan komponen pencemar yang berupa gas SO₂, NO₂, H₂S dan sebagainya. Hal ini bisa dikurangi dengan memakai bahan bakar LNG (*Liquified Natural Gases*) yang menghasilkan gas buangan yang lebih bersih.

c) Mengelola limbah

Semua kegiatan industri dan teknologi selalu akan menghasilkan limbah yang menimbulkan masalah bagi lingkungan. Pengolahan limbah dari bahan buangan industri dan teknologi dimaksudkan untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Secara umum dikenal tingkatan proses pengolahan limbah yakni: pengolahan awal, pengolahan lanjutan, pengolahan akhir.

- Pengolahan awal

Semua bahan buangan industri ditampung pada suatu tempat. Pada proses penampungan ini sekaligus dipisahkan antara bahan buangan organik dan bahan buangan anorganik. Pada tahap ini juga dilakukan pemisahan bahan buangan yang masih bisa didaur ulang dan bahan buangan yang sudah tidak bisa didaur ulang lagi.

Kedua bahan buangan berupa limbah cair, limbah tersebut ditampung dulu pada suatu bak besar dan dibiarkan untuk beberapa waktu lama sehingga sebagian kotoran akan mengendap atau mengapung sehingga dapat dipisahkan. Bila pada tahap ini sudah diperoleh cairan yang “bersih” maka cairan tersebut dapat dibuang ke lingkungan asal cairan tersebut telah sesuai dengan persyaratan baku mutu limbah cair yang telah ditentukan. Bila bahan buangan

belum “bersih” maka proses pengolahannya perlu dilanjutkan ke tingkat berikutnya.

- Pengolahan lanjutan

Limbah buangan dari proses pertama yang belum bersih dan belum bisa dibuang ke lingkungan dimasukkan ke proses pengolahan lanjutan dimana dilakukan penambahan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan buangan (terutama bahan buangan organik). Agar BOD untuk mikroorganisme dapat dipenuhi dengan baik, pada alat proses kedua ini dialirkan udara untuk mencukupi kebutuhan oksigen. Oksigen yang cukup akan membantu kecepatan degradasi oleh mikroorganisme.

Apabila pada proses kedua ini diperlukan pemisahan antara cairan dan padatan yang larut atau melayang (sebagai koloidal) didalamnya, maka perlu juga dilakukan proses pengendapan. Penambahan zat kimia seringkali dilakukan untuk membantu proses pengendapan. Namun perlu diingat bahwa penambahan zat kimia tidak boleh mengakibatkan masalah pada akhir pembuangan nanti. Sebagai contoh, penambahan tawas sebagai pengendap koloidal boleh dilakukan karena tidak menimbulkan masalah pada lingkungan.

- Pengolahan akhir.

Pada proses yang ketiga ini diharapkan bahwa setelah melalui tahapan terakhir, limbah sudah menjadi “bersih” sehingga dapat dibuang ke lingkungan. Akan tetapi pada proses akhir ini seringkali masih dijumpai adanya bahan-bahan kimia yang terlarut yang berbahaya bagi lingkungan. Walaupun dalam jumlah kecil kalau membahayakan lingkungan maka bahan-bahan terlarut tersebut harus dikurangi.

Pengukuran bahan-bahan terlarut dapat dilakukan dengan menambahkan karbon aktif untuk mengabsorpsi bahan-bahan berbahaya sehingga aman bila dibuang ke lingkungan. Cara lain dapat dilakukan dengan memakai resin

penukar ion yang dimasukkan ke dalam air limbah yang belum “bersih” untuk menangkap bahan-bahan terlarut.

Pengelolaan limbah sebagai usaha untuk mengurangi pencemaran lingkungan tidak akan ada artinya kalau tidak disertai dengan pengaturan dan pengawasan yang ketat. Oleh karena itu peraturan perundangan yang mengatur masalah pengelolaan lingkungan hidup perlu diketahui oleh setiap petugas yang bergerak dalam bidang industri dan teknologi.

d) *Menambah alat bantu*

Untuk melengkapi cara penanggulangan pencemaran lingkungan secara teknis dilakukan dengan menambahkan alat bantu yang dapat mengurangi pencemaran. Alat bantu yang digunakan tergantung pada keadaan dan macam kegiatan. Beberapa alat bantu yang digunakan untuk mengurangi pencemaran lingkungan antara lain; filter udara, pengendap siklon, filter basah, pengendap sistem gravitasi dan pengendap elektrostatik.

- Filter Udara; dimaksudkan untuk menangkap abu atau partikel yang ikut keluar pada cerobong atau stack, agar tidak ikut terlepas ke lingkungan sehingga hanya udara bersih saja yang keluar dari cerobong. Filter udara yang dipasang ini harus secara tetap diamati (dikontrol), kalau sudah jenuh (sudah penuh dengan abu/debu) harus segera diganti dengan yang baru. Jenis filter udara yang digunakan tergantung pada sifat gas buangan yang keluar dari proses industri, apakah berdebu banyak, atau bersifat asam, atau bersifat alkalis dan lain sebagainya. Beberapa contoh filter udara yang banyak digunakan dalam industri dapat dilihat pada tabel. 4.1.

Tabel. 4.1. Jenis Filter

No	Jenis Filter	Bahan	Ketahanan			
			I	II	III	IV
1.	Cotton	Cellulosa	B	D	B	B
2.	Nylon	Polymide	A	D	C	B

3.	Orlon	Polycrylonitrile	B	B	B	C
4.	Dacron	Polyester	A	B	B	B
5.	Fibreglass	Glass	C-D	A	A	D
6.	Polypropylene	Olefin	A	A	A	A
7.	Wool	Protein	B	C	C	C
8.	Nomex	Polyamide	A	C	A	B
9.	Teflon	Polyfluoroethylen	C	A	A	A

Catatan :

Ketahanan	I	=	tahan terhadap abrasi
	II	=	tahan terhadap asam anorganik
	III	=	tahan terhadap asam organik
	IV	=	tahan terhadap alkali
	A	=	sangat baik
	B	=	Baik
	C	=	Sedang
	D	=	Buruk

- Pengendap siklon; atau *Cyclone Separators* adalah pengendap debu/abu yang ikut dalam gas buangan atau udara dalam ruang pabrik yang berdebu. Prinsip kerja pengendap siklon adalah pemanfaatan gaya sentrifugal dari udara/gas buangan yang sengaja dihembuskan melalui tepi dinsip tabung siklon sehingga partikel yang relatif “berat” akan jatuh ke bawah. Ukuran partikel/debu/abu yang bisa diendapkan oleh siklon adalah antara 5 u – 4 u. Makin besar ukuran debu makin cepat partikel tersebut diendapkan.
- Filter basah; nama lain dari filter basah adalah *Scrubbers* atau *Wet Collectors*. Prinsip kerja filter basah adalah membersihkan udara yang kotor dengan cara menyemprotkan air dari bagian atas alat, sedangkan udara yang kotor dari bagian bawah alat. Pada saat udara yang berdebu kontak dengan air, maka debu akan ikut semprotan air turun kebawah. Untuk mendapatkan hasil yang baik dapat juga prinsip kerja pengendap siklon dan filter basah digabungkan menjadi satu. Penggabungan kedua macam prinsip kerja tersebut menghasilkan suatu alat penangkap debu yang dinamakan Pengendap Siklon Filter Basah

- Pengendap Sistem Gravitasi; alat pengendap ini hanya digunakan untuk membersihkan udara kotor yang ukuran partikelnya relatif cukup besar, sekitar 50 μ atau lebih. Cara kerja alat ini sederhana sekali, yaitu dengan mengalirkan udara yang kotor ke dalam alat yang dibuat sedemikian rupa sehingga pada waktu terjadi perubahan kecepatan secara tiba-tiba (speed drop), zarah akan jatuh terkumpul dibawak akibat gaya beratnya sendiri (gravitasi). Kecepatan pengendapan tergantung pada dimensi alatnya.
- Pengendap Elektrostatik; digunakan untuk membersihkan udara yang kotor dalam jumlah (volume) yang relatif besar dan pengotor udaranya adalah aerosol atau uap air. Alat ini dapat membersihkan udara secara cepat dan udara yang keluar dari alat ini sudah relatif bersih.

Alat pengendap elektrostatik ini menggunakan arus earah (DC) yang mempunyai tegangan antar 25 – 100 kv. Alat pengendap ini berupa tabung silinder dimana dindingnya diberi muatan positif, sedangkan ditengah ada sebuah kawat yang merupakan pusat silinder, sejajar dinding tabung, diberi muatan negatif. Adanya perbedaan tegangan yang cukup besar akan menimbulkan *corona discharga* di daerah sekitar pusat silinder. Hal ini menyebabkan udara kotor seolah-olah mengalami ionisasi. Kotoran udara menjadi ion negatif sedangkan udara bersih menjadi ion positif dan masing-masing akan menuju ke elektroda yang sesuai. Kotoran yang menjadi ion negatif akan ditarik oleh dinding tabung sedangkan udara bersih akan berada ditengah-tengah silinder dan kemudian terhembus keluar.

Bab 5

KESEHATAN LINGKUNGAN

A. Beberapa Batasan

Masalah kesehatan adalah suatu masalah yang sangat kompleks, yang saling berkaitan dengan masalah-masalah lain di luar kesehatan itu sendiri. Banyak faktor yang mempengaruhi kesehatan, yaitu keturunan, lingkungan, perilaku dan pelayanan kesehatan. Keempat faktor tersebut disamping berpengaruh langsung kepada kesehatan, juga saling berpengaruh satu sama lainnya. Status kesehatan akan tercapai secara optimal, bilamana keempat faktor tersebut secara bersama-sama mempunyai kondisi yang optimal pula. Salah satu faktor saja berada dalam keadaan yang terganggu (tidak optimal), maka status kesehatan akan tergeser ke arah di bawah optimal.

Moeller (1992), menyatakan “ *In its broad sense, environmental health is the segment of public health that is concerned with assessing, understanding, and controlling the impacts of people on their environment and the impacts of the environment on them.*” Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa kesehatan lingkungan merupakan bagian dari kesehatan masyarakat yang memberi perhatian pada penilaian, pemahaman, dan pengendalian dampak manusia pada lingkungan dan dampak lingkungan pada manusia.

Menurut Notoatmodjo (1996), kesehatan lingkungan pada hakikatnya adalah kesehatan lingkungan pada hakikatnya adalah suatu kondisi atau keadaan lingkungan yang optimum sehingga berpengaruh positif terhadap terwujudnya status kesehatan yang optimum pula. UU RI No. 23 tahun 1992 tentang kesehatan menyebutkan bahwa Kesehatan lingkungan meliputi penyehatan air dan udara, pengamanan limbah padat, limbah cair, faktor penyakit, dan penyehatan atau pengamanan lainnya.

Kesehatan lingkungan pada hakikatnya adalah suatu kondisi atau keadaan lingkungan yang optimum sehingga berpengaruh positif terhadap terwujudnya status kesehatan yang optimum pula. Menurut Entjang (1982); kesehatan lingkungan adalah

pengawasan lingkungan fisik, biologis, sosial dan ekonomi yang mempengaruhi kesehatan manusia, dimana lingkungan yang berguna ditingkatkan dan diperbanyak sedangkan yang merugikan diperbaiki atau dihilangkan.

Selanjutnya menurut Ryadi (1984) kesehatan lingkungan adalah merupakan bagian dari dasar-dasar kesehatan masyarakat modern yang meliputi terhadap semua aspek manusia dalam hubungannya dengan lingkungan, dengan tujuan untuk meningkatkan dan mempertahankan nilai-nilai kesehatan manusia pada tingkat setinggi-tingginya dengan jalan memodifisir tidak hanya faktor sosial dan lingkungan fisik semata-mata, tetapi juga terhadap semua sifat-sifat dan kelakuan-kelakuan lingkungan yang dapat membawa pengaruh terhadap ketenangan, kesehatan dan keselamatan umat manusia.

B. Lingkup Kesehatan Lingkungan

Kesehatan lingkungan antara lain mencakup perumahan, pembuangan kotoran manusia (tinja), penyediaan air bersih, pembuangan sampah, pembuangan air kotor (air limbah), rumah hewan ternak (kandang) dan sebagainya. Adapun yang dimaksud dengan usaha kesehatan lingkungan adalah suatu usaha untuk memperbaiki atau mengoptimalkan lingkungan hidup manusia agar merupakan media yang baik untuk terwujudnya kesehatan yang optimum bagi manusia yang hidup didalamnya.

Masalah-masalah kesehatan lingkungan di negara-negara yang sedang berkembang antara lain:

a. Perumahan

Rumah adalah satu persyaratan pokok bagi kehidupan manusia. Rumah atau tempat tinggal manusia, dari zaman ke zaman mengalami perkembangan. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam membangun suatu rumah yakni faktor lingkungan, tingkat kemampuan ekonomi masyarakat, teknologi yang dimiliki oleh masyarakat, kebijaksanaan (peraturan-peraturan) pemerintah yang menyangkut tata guna tanah. Rumah yang sehat harus

memperhatikan syarat-syarat yaitu, bahan bangunan, ventilasi, cahaya, luas bangunan rumah, dan fasilitas-fasilitas didalam rumah sehat.

b. Penyediaan air bersih

Air sangat penting bagi kehidupan manusia. Manusia akan lebih cepat meninggal karena kekurangan air daripada kekurangan makanan. Di dalam tubuh manusia itu sendiri sebagian besar terdiri dari air. Kebutuhan manusia akan air sangat kompleks antara lain untuk minum, masak, mandi, mencuci (bermacam-macam cucian) dan sebagainya. Di antara kegunaan-kegunaan air tersebut, yang sangat penting adalah kebutuhan untuk minum. Oleh karena itu, untuk keperluan minum (termasuk untuk masak) air harus mempunyai persyaratan khusus agar air tersebut tidak menimbulkan penyakit.

Air yang sehat harus mempunyai persyaratan sebagai berikut ; syarat fisik, syarat bakteriologis dan syarat kimia. Pada prinsipnya semua air dapat diproses menjadi air minum, sumber-sumber air yakni air hujan, air sungai dan danau, mata air, air sumur dangkal, air sumur dalam.

Sumber-sumber air minum pada umumnya dan didaerah pedesaan khususnya tidak terlindung, sehingga air tersebut tidak atau kurang memenuhi persyaratan kesehatan. Untuk itu perlu pengolahan terlebih dahulu. Ada beberapa cara pengolahan air minum yaitu pengolahan secara alamiah, pengolahan air dengan menyaring, pengolahan air dengan menambahkan zat kimia, pengolahan air dengan mengalirkan udara, pengolahan air dengan memanaskan sampai mendidih.

Dilihat dari segi konsumennya, pengolahan air pada prinsipnya dapat digolongkan menjadi 2 yakni :

1. Pengolahan air minum untuk umum

- a. Penampungan air hujan
- b. Pengolahan air sungai
- c. Pengolahan mata air

2. Pengolahan air untuk rumah tangga

- a. Air Sumur
- b. Air hujan

Menurut Kusnaedi (2002), tujuan pengolahan air minum adalah upaya untuk mendapatkan air yang bersih dan sehat sesuai dengan standard mutu air. Proses pengolahan air minum merupakan proses perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi air baku agar memenuhi syarat untuk digunakan sebagai air minum. Pada dasarnya, pengolahan air minum dapat diawali dengan penjernihan air, pengurangan kadar bahan-bahan kimia terlarut dalam air sampai batas yang dianjurkan, penghilangan mikroba patogen, memperbaiki derajat keasaman (pH) serta memisahkan gas-gas terlarut yang dapat mengganggu estetika dan kesehatan.

Air tidak jernih umumnya mengandung residu. Residu tersebut dapat dihilangkan dengan proses penyaringan (*filtrasi*) dan pengendapan (*sedimentasi*). Untuk mempercepat proses penghilangan residu tersebut perlu ditambahkan koagulan. Bahan koagulan yang sering dipakai adalah alum (tawas). Untuk memaksimalkan proses penghilangan residu, koagulan sebaiknya dilarutkan dalam air sebelum dimasukkan ke dalam tangki pengendapan.

Penghilangan mikroba patogen dapat dilakukan dengan menggunakan *desinfectant*. Bahan-bahan *desinfectant* yang banyak dipakai adalah kaporit dan ozon. Umumnya bahan-bahan *desinfectant* ini bersifat oksidator, sehingga dapat membunuh mikroba patogen. Dalam mencari kebutuhan kaporit, harus ditentukan besar daya sergap chlornya. Daya sergap chlor adalah banyaknya chlor aktif yang dipakai oleh senyawa pereduksi yang ada dalam air. Jika daya sergap chlor telah dapat ditentukan, maka kebutuhan kaporit dapat ditentukan. Penghilangan gas-gas terlarut yang mengganggu di dalam air (misalnya H₂S dan CO₂) dilakukan dengan proses aerasi. Proses aerasi juga dapat bermanfaat untuk memisahkan besi dan mangan terlarut dalam air.

Pengaruh Air Terhadap Kesehatan

Pengaruh air yang tidak memenuhi persyaratan dapat menimbulkan terjadinya gangguan kesehatan. Gangguan kesehatan tersebut dapat berupa penyakit menular maupun penyakit tidak menular. Penyakit menular umumnya disebabkan oleh makhluk hidup; sedangkan penyakit tidak menular umumnya bukan disebabkan oleh makhluk hidup.

Penyakit menular yang disebarkan oleh air secara langsung diantara masyarakat disebut penyakit bawaan air (*waterborne diseases*). Hal ini dapat terjadi karena air merupakan media yang baik tempat bersarangnya bibit penyakit/*agent*. Menurut Slamet (2002) beberapa penyakit bawaan air yang sering ditemukan di Indonesia diantaranya:

- Cholera adalah penyakit usus halus yang akut dan berat. Penyakit Cholera disebabkan oleh bakteri *vibrio cholerae*. Masa tunasnya berkisar beberapa jam sampai beberapa hari. Gejala utamanya adalah muntaber, dehidrasi dan kolaps. Gejala khasnya adalah tinja yang menyerupai air cucian beras.
- Hepatitis A disebabkan oleh *virus hepatitis A*. Gejala utama adalah demam akut, dengan perasaan mual dan muntah, hati membengkak, dan sklera mata menjadi kuning oleh karena itu orang awam menyebut Hepatitis ini sebagai penyakit kuning.
- Dysentrie amoeba disebabkan oleh Protozoa bernama *Entamoeba histolytica*. Gejala utamanya adalah tinja yang tercampur darah dan lendir.

Tabel 1.2 Penyakit bawaan air dan penyebabnya

Penyakit	Penyebab
Diare, terutama pada anak-anak Hepatitis A Poliomyelitis	Virus Rota virus Virus Hepatitis A Virus Poliomyelitis
Cholera Diare/dysentri Typhus abdominale Parathypus Dysentri	Bakteri Vibrio cholerae Escherichia coli Salmonella typhi Salmonella paratyphi Shigella dysenteriae
Dysentri amoeba Balantidiasis	Protozoa Entamoeba histolytica Balantidia coli

Giardiasis	Giardia Lamblia
Ascaris Clonorchiasis Dyphylobothriasis Taeniasis Schistosomiasis	Metozoa Ascaris lumbricoides Clonorchiasis Sinensis Dyphylobothrium Latum Tawenia saginata/solium Schistosoma

Sumber : Wardhana (1995)

Selain penyakit menular, penggunaan air dapat juga memicu terjadinya penyakit tidak menular. Penyakit tidak menular terutama terjadi karena air telah terkontaminasi zat-zat berbahaya atau beracun. Beberapa

Kasus keracunan akibat mengkonsumsi air yang terkontaminasi diantaranya:

- Kasus keracunan Kobalt (Co) yang terjadi di Nebraska (Amerika) merupakan satu contoh penyakit tidak menular yang diakibatkan kontaminasi Kobalt di dalam air. Akibat keracunan Kobalt ini dapat berupa gagal ginjal jantung, kerusakan kelenjar gondok, tekanan darah tinggi dan pergelangan kakai membengkak.
- Penyakit Minamata, yang disebabkan pencemaran pantai Minamata oleh Mercury (air raksa). Sumber utama keracunan air raksa itu adalah pembuangan limbah pabrik penghasil polivinil klorida yang menggunakan Mercury sebagai katalis. Di dalam air, Mercury diubah menjadi Methyl Mercury oleh bakteri. Methyl Mercury akhirnya mengkontaminasi ikan dipantai yang dikonsumsi penduduk yang tinggal di wilayah tersebut. Dengan adanya proses *biological magnification* (akumulasi biologis), maka kadar air raksa yang terdapat di dalam ikan yang terdapat di laut tersebut menjadi berlipat ganda. Keracunan air raksa menyebabkan cacat bawaan pada bayi.

Air juga dapat berperan sebagai sarang insekta yang membawa/menyebarkan penyakit pada masyarakat. Insekta demikian disebut sebagai vektor penyakit. Beberapa penyakit yang disebarkan vektor penyakit diantaranya antara lain:

- Filariasis, dikenal juga sebagai penyakit kaki gajah atau *Elephantiasis*. Penyebabnya adalah cacing bulat yang kecil, disebut *filaria*. Sebagai pembawa atau vektor penyakit ini adalah nyamuk jenis *culex fatigans*. Manusia yang menderita penyakit kaki gajah akan menjadi reservoir cacing *filaria*. Larva cacing *filaria* akan menuju ke

peredaran darah periferi pada malam hari sehingga kalau penderita gigit nyamuk, maka nyamuk tersebut akan membawa larva *filaria* atau *mikrofilaria*. Gigitan nyamuk berikutnya akan memindahkan *mikrofilaria* korban baru. Selanjutnya *mikrofilaria* tersebut akan mengikuti peredaran darah manusia dan masuk ke dalam saluran limfatik dan menjadi dewasa. *Filaria* ini dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan saluran limfatik sehingga mengakibatkan cairan tubuh tidak bisa mengalir seperti biasanya sehingga kemudian terjadi pembengkakan yang semakin lama semakin membesar dan mengeras.

- Penyakit Demam berdarah disebut juga *Dengue Haemorrhagic Fever* (DHF) karena disertai gejala demam dan pendarahan. Penyakit ini terus menyebar diantara masyarakat melalui vektor berupa nyamuk *Aedes aegypti*. Nyamuk ini suka bersarang di air yang bersih.

Untuk mencegah terjadinya penyakit yang diakibatkan penggunaan air, kualitas badan air harus dijaga sesuai dengan baku mutu air. Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Untuk memenuhi hal tersebut, perlu dilakukan pengukuran atau pengujian kualitas (mutu) air berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu.

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 tahun 2001, mutu air ditetapkan melalui pengujian parameter fisika, parameter kimia, parameter mikrobiologi dan parameter radioaktivitas. Pengujian parameter fisika meliputi pengukuran temperatur air, pengukuran kadar residu terlarut dalam air dan kadar residu tersuspensi dalam air. Pengujian parameter kimia dilakukan melalui pengukuran kadar zat kimia anorganik dan zat kimia organik di dalam air. Pengujian parameter mikrobiologi dilakukan melalui pengukuran kadar fecal coliform dan total coliform di dalam air. Sedangkan pengujian parameter radioaktivitas dilakukan dengan pengukuran Gross-A dan Gross-B yang terdapat di dalam air.

c. Pembuangan kotoran manusia

Yang dimaksud kotoran manusia adalah semua benda atau zat yang tidak dipakai lagi oleh tubuh dan yang harus dikeluarkan dari dalam tubuh. Zat-zat yang harus dikeluarkan dari dalam tubuh ini berbentuk tinja (faeces), air seni (urine) dan CO₂ sebagai hasil dari proses pernafasan. Untuk mencegah sekurang-kurangnya mengurangi kontaminasi tinja terhadap lingkungan, maka pembuangan kotoran manusia harus dikelola dengan baik, maksudnya pembuangan kotoran harus disuatu tempat tertentu atau jamban yang sehat.

Suatu jamban disebut sehat untuk daerah pedesaan apabila memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

1. Tidak mengotori permukaan tanah di sekeliling jamban tersebut.
2. Tidak mengotori air permukaan di sekitarnya.
3. Tidak mengotori air tanah di sekitarnya
4. Tidak dapat terjangkau oleh serangga terutama lalat dan kecoa, dan binatang-binatang lainnya.
5. Tidak menimbulkan bau.
6. Mudah digunakan dan dipelihara.
7. Sederhana desainnya.
8. Murah.
9. Dapat diterima oleh pemakainya.

d. Pembuangan sampah

Sampah adalah sesuatu bahan atau benda padat yang sudah tidak dipakai lagi oleh manusia, atau benda padat yang sudah tidak digunakan lagi dalam suatu kegiatan manusia dan sudah dibuang. Sumber-sumber sampah antara lain ; sampah yang berasal dari pemukiman, tempat-temat umum, perkantoran, jalan raya, industri, pertanian/perkebunan, pertambangan, peternakan dan perikanan.

Cara-cara pengelolaan sampah yaitu:

1. Pengumpulan dan pengangkutan sampah
2. Pemusnahan dan pengolahan sampah melalui ditanam, dibakar, dan dijadikan pupuk.

e. Pembuangan air limbah

Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup. Air limbah berasal dari berbagai sumber, secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi; air buangan yang bersumber dari rumah tangga (*domestic*) maupun industri (*industry*).

Air limbah rumah tangga terdiri dari tiga fraksi penting :

1. Tinja (*faeces*), berpotensi mengandung mikroba patogen
2. Air seni (*urine*), umumnya mengandung Nitrogen dan Posfor, serta kemungkinan kecil mikro-organismenya.
3. *Grey water*, merupakan air bekas cucian dapur, mesin cuci dan kamar mandi. *Grey water* sering juga disebut dengan istilah *sullage*.

Campuran *faeces* dan *urine* disebut sebagai *excreta*, sedangkan campuran *excreta* dengan air bilasan toilet disebut sebagai *black water*. Mikroba patogen banyak terdapat pada *excreta*. *Excreta* ini merupakan cara transport utama bagi penyakit bawaan air.

Air limbah Industri umumnya terjadi sebagai akibat adanya pemakaian air dalam proses produksi. Di Industri, air umumnya memiliki beberapa fungsi berikut:

1. sebagai air pendingin, untuk memindahkan panas yang terjadi dai proses industri.
2. untuk menstransportasikan produk atau bahan baku.

3. sebagai air proses, misalnya sebagai umpan balik boiler pada pabrik minuman dan sebagainya.
4. untuk mencucu dan membilas produk dan/atau gedung serta instalasi.

Berbeda dengan air limbah rumah tangga, zat-zat yang terkandung di dalam air limbah industri sangat bervariasi sesuai dengan pemakaiannya di masing-masing industri. Oleh sebab itu, dampak yang diakibatkannya juga sangat bervariasi, bergantung kepada zat-zat yang terkandung di dalamnya.

Pengolahan air limbah dapat juga dilakukan secara alamiah maupun dengan bantuan peralatan. Pengolahan air limbah secara alamiah biasanya dilakukan dengan bantuan kolam stabilisasi. Kolam stabilisasi merupakan kolam yang digunakan untuk mengolah air limbah secara alamiah. Kolam stabilisasi sangat direkomendasikan untuk pengolahan air limbah di daerah tropis dan negara berkembang sebab biaya yang diperlukan untuk membuatnya relatif murah tetapi membutuhkan area yang luas dan detention time yang cukup lama (biasanya 20-50 hari). Kolam stabilisasi yang umum digunakan adalah kolam anaerobik (*anaerobic pond*), Kolam fakultatif (*facultative pond*) dan kolam maturasi (*aerobic/maturation pond*). Kolam anaerobik biasanya digunakan untuk mengolah air limbah dengan kandungan bahan organik yang sangat pekat, sedangkan kolam maturasi biasanya digunakan untuk merumuskan mikroorganisme patogen di dalam air limbah.

Pengolahan air limbah dengan bantuan peralatan biasanya dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah/IPAL (*Waste Water Treatment Plant/WWTP*). Di dalam IPAL, biasanya proses pengolahan dikelompokkan sebagai pengolahan pertama (*primary treatment*), pengolahan kedua (*secondary treatment*), dan pengolahan lanjutan (*tertiary treatment*).

1. Primary Treatment

Pengolahan pertama (*primary treatment*) bertujuan untuk memisahkan padatan dari air secara fisik. Hal ini dapat dilakukan dengan melewatkan air limbah melalui saringan (*filter*) dan/atau bak sedimentasi (*sedimentation tank*).

- Penyaringan (*Filtration*).

Penyaringan bertujuan untuk mengurangi padatan maupun lumpur tercampur dan partikel koloid dari air limbah dengan melewatkan air limbah melalui media yang porous. Hal ini perlu dilakukan sebab polutan tersebut (padatan, lumpur tercampur dan partikel koloid) dapat menyebabkan pendangkalan bagi badan air penerima. Selain itu juga, polutan tersebut dapat merusak peralatan pengolah limbah yang lain seperti pompa serta dapat juga mengganggu efisiensi dari alat pengolah lainnya.

Pengoperasian alat filtrasi biasanya dibagi menjadi 2 aktivitas yakni penyaringan polutan dan pembersihan alat filtrasi tersebut (disebut juga *beckwashing*). Beberapa alat filtrasi yang banyak digunakan adalah saringan pasir lambat, saringan pasir cepat, saringan multi media, percoal filter, mikrostraining dan vacuum filter.

- Pengendapan (*sedimentation*)

Pengendapan dapat terjadi karena adanya kondisi yang sangat tenang. Adakalanya bahan kimia juga dapat ditambahkan untuk menetralkan keadaan atau meningkatkan pengurangan dari partikel yang tercampur. Dengan adanya pengendapan ini, maka akan mengurangi kebutuhan oksigen pada proses pengolahan biologis berikutnya dan pengendapan yang terjadi adalah pengendapan secara gravitasi.

Waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari titik inlet ke titik outlet agar terjadi proses pengendapan secara perlahan dan sempurna disebut waktu tinggal (*detention time*). Adapun hubungan waktu tinggal, volume air dalam tangki dan laju alir (*flowrate*) dinyatakan sebagai berikut:

$$\theta = V_r/Q$$

θ = Detention Time

V_r = Volume air dalam tangki

Q = Laju alir (*flowrate*)

Kecepatan air hasil olahan keluar dari outlet disebut juga kecepatan *overflow*. Kecepatan *overflow* merupakan fungsi dari laju alir dan luas permukaan sebagai berikut :

$$V_0 = Q/A$$

V_0 = Kecepatan overflow kecepatan air hasil olahan keluar dari outlite.

A = luas dari permukaan *setting zone*.

Untuk mempercepat proses pengendapan ini, kadang-kadang ditambahkan juga bahan koagulan seperti alum (tawas). Bahan koagulan yang akan dipergunakan harus dipersiapkan dengan baik sebelumnya sebab bahan koagulan seperti tawas cukup sulit larut dalam air. Bila tawas dimasukkan ke dalam air, maka diperlukan waktu yang cukup lama untuk larut . Sebaiknya tawas dilarutkan dulu dalam air sebelum dicampurkan ke dalam air limbah.

Dalam industri dikenal istilah *rapid mixing* dan *slow mixing*. *Rapid mixing* (pengadukan cepat) dilakukan untuk melarutkan koagulan (mis.tawas) di dalam air. *Slow mixing* (pengadukan lambat) dilakukan untuk mencampurkan larutan koagulan dengan polutan agar terbentuk flock yang dapat mengendap. Untuk mempermudah proses koagulasi adakalanya dilakukan penambahan kapur sehingga tercipta suasana basa.

2. Secondary Treatment

Pengolahan kedua (*Secondary Treatment*) yang bertujuan untuk mengkoagulasikan dan menghilangkan koloid serta untuk menstabilisasi zat organik dalam air limbah. Khusus untuk limbah domestik, tujuan utamanya adalah mengurangi bahan organik dan dalam banyak hal juga menghilangkan nutrisi seperti Nitrogen dan Fosfor. Proses penguraian bahan organik dilakukan oleh mikroorganisme secara aerobik atau anaerobik.

- Proses aerobik

Dalam proses aerobik, penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dapat terjadi dengan kehadiran Oksigen sebagai *electron acceptor* dalam air limbah. Proses

aerobik biasanya dilakukan dengan bantuan lumpur aktif (*activated sludge*), yaitu lumpur yang banyak mengandung bakteri pengurai. Hasil akhir yang dominan dari proses ini bila konversi terjadi secara sempurna adalah karbon dioksida, uap air serta *excess sludge*. Lumpur aktif tersebut sering disebut dengan MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solid*). Terdapat dua hal penting dalam proses ini, yakni proses pertumbuhan bakteri dan proses penambahan oksigen.

Bakteri akan berkembang biak apabila jumlah makanan didalamnya cukup tersedia, sehingga pertumbuhan bakteri dapat dipertahankan secara konstan. Pada permulaannya bakteri berbiak secara konstan dan agak lambat pertumbuhannya karena adanya suasana baru pada air limbah tersebut, keadaan ini dikenal sebagai *lag phase*. Setelah beberapa jam berjalan maka bakteri mulai tumbuh berlipat ganda dan fase ini dikenal sebagai fase akselerasi. Setelah tahap ini berakhir maka terdapat bakteri yang tetap dan bakteri yang terus meningkat jumlahnya. Pertumbuhan yang dengan cepat setelah fase kedua ini disebut sebagai *log-growth phase*. Selama *log-growth phase* diperlukan banyak persediaan makanan, sehingga pada suatu saat terdapat pertemuan antara pertumbuhan bakteri yang meningkat dan penurunan jumlah makanan yang terkandung di dalamnya. Apabila tahap ini berjalan terus, maka akan terjadi keadaan dimana jumlah bakteri dan makanan tidak seimbang dan keadaan ini disebut *declining growth phase*. Pada akhirnya makanan akan habis dan kematian bakteri akan terus meningkat sehingga tercapai suatu keadaan dimana jumlah bakteri yang mati dan tumbuh mulai berimbang yang dikenal sebagai *stationary phase*.

Setelah jumlah makanan habis dipergunakan maka jumlah kematian akan lebih besar dari jumlah pertumbuhannya, maka keadaan ini disebut *endogenous phase* dan pada saat ini bakteri menggunakan energi simpanan ATP untuk pernafasannya sampai ATP habis yang kemudian akan mati.

Dalam proses aerobik, terjadi konversi stoikiometri dengan bakteri sebagai berikut :

Proses Oksidasi dan Sintesa

COHNS (Zat organik) + O₂ + nutrients → CO₂ + NH₃ + C₅H₇NO₂(new cells) + end product

Endogenous respiration

C₅H₇NO₂ + 5O₂ → 5CO₂ + 2H₂O + NH₃ + energy

Pada prakteknya terdapat 2 cara untuk menambahkan oksigen ke dalam air limbah, sebagai berikut :

1. memasukkan udara ke dalam air limbah
2. memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen

Memasukkan udara ke dalam air limbah biasanya melalui benda *porous* atau *nozzle*. Apabila udara yang dimasukkan ke dalam air limbah berasal dari udara luar yang dipompakan ke dalam air limbah oleh pompa tekan. Dalam penempatan *nozzle* harus juga dipertimbangkan karakter pencampuran yang terjadi akibat pemasukan Oksigen ke dalam air limbah. Semakin baik karakter pencampuran, semakin besar kemungkinan kontak antara *activated sludge* dengan bahan organik dalam air limbah. Memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen dilakukan menggunakan pemutar baling-baling (*aerator*) yang diletakkan pada pemutar ini, air limbah akan terangkat ke atas dan kontak langsung dengan udara sekitarnya. Biasanya bila terdapat senyawa nitrat organik hasil akhir juga akan mengandung Nitrat dan terjadi penurunan pH.

▪ Proses anaerobik

Dalam proses anaerobik zat organik diuraikan tanpa kehadiran Oksigen. Hasil akhir yang dominan dari proses anaerobik adalah biogas (campuran methane dan carbondioksida), uap air serta sedikit excess sludge. Aplikasi terbesar sampai saat ini adalah stabilisasi lumpur dari Instalasi Pengolahan Air Limbah serta pengolahan beberapa jenis air limbah industri.

3. Tertiary Treatment

Pengolahan ketiga (tertiary treatment) yang merupakan kelanjutan dari pengolahan kedua. Umumnya pengolahan ini untuk menghilangkan nutrisi/unsur hara khususnya nitrat dan posfat. Disamping itu juga pada tahapan ini dapat dilakukan pemusnahan mikroorganisme patogen dengan penambahan Chlor pada air limbah.

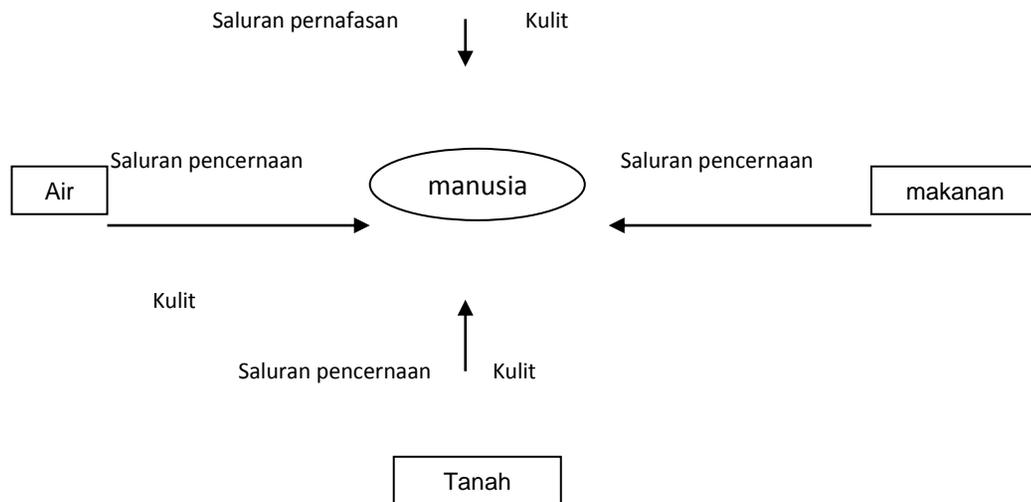
C. Kesehatan dan Penyakit

Cunningham dan Saigo (2001), *"a disease is a deleterious change in the body's condition in response to an environmental factor that could be nutritional, chemical, biological, or psychological*. Dengan kata lain, penyakit merupakan perubahan yang mengganggu kondisi tubuh sebagai respon dari faktor lingkungan yang mungkin berupa nutrisi, kimia, biologi atau psikologi.

Lingkungan sangat berpengaruh terhadap terjadinya penyakit.. Contoh, nama "Malaria" yang berarti udara jelek, diberikan pada penyakit yang mempunyai gejala-gejala demam, menggigil, berkeringat, demam lagi, menggigil lagi, dan seterusnya, serta didapatkan diantara masyarakat yang bertempat tinggal disekitar rawa-rawa. Udara disekitar rawa-rawa dan orang saat itu beranggapan bahwa udara itulah yang menyebabkan penyakit tersebut. Sekarang diketahui bahwa nyamuk yang bersarang dirawa-rawa itulah yang menyebarkan penyakit malaria. Seorang tokoh di dunia kedokteran, Hipokrates (460-377 SM) adalah tokoh pertama-tama berpendapat bahwa penyakit itu ada hubungannya dengan fenomena alam dan lingkungannya. Disinilah pentingnya peran kesehatan lingkungan, yakni mencegah menyebarnya penyakit lewat lingkungan.

Kesehatan manusia hanya dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan jika manusia tersebut terpapar (*exposed*) terhadap faktor lingkungan pada tingkat yang tidak dapat ditentang keberadaannya. Pada dasarnya pemaparan faktor-faktor lingkungan tersebut dapat dilihat pada diagram berikut ini :

Udara



Gambar 5.1 Mekanisme pemaparan faktor-faktor lingkungan (Moller, 1992)

Kulit merupakan jalur pemaparan yang paling umum dari suatu zat. Begitu menembus kulit, zat tersebut akan memasuki aliran darah dan terbawa ke seluruh bagian tubuh. Semakin tinggi daya larut suatu zat dalam lemak, semakin besar kemungkinannya untuk menembus kulit. Saluran pernafasan merupakan jalur pemaparan yang paling penting pada lingkungan industri. Berbagai jenis zat dapat terbawa dalam udara lingkungan kerja. Efek paparan zat melalui saluran pernafasan sangat beragam, tergantung pada konsentrasi orang yang terpapar.

Saluran pencernaan merupakan jalur utama masuknya zat-zat yang mengkontaminasi makanan. Zat-zat yang ditelan masuk ke tubuh melalui absorpsi di saluran gastrointestinal. Absorpsi zat-zat tersebut dapat berlangsung sepanjang saluran pencernaan, tetapi lokasi utama absorpsi adalah usus halus karena fungsi fisiologisnya di dalam mengabsorpsi zat gizi.

a). Penularan Penyakit Melalui Air

Air adalah mutlak untuk kehidupan. Tetapi jika kualitas air tidak diperhatikan, maka air dapat menjadi sumber penyebab penyakit. Air dapat mengandung zat-zat kimia yang berbahaya untuk kehidupan, bila terdapat pencemaran dengan berbagai bahan kimia yang dapat berasal dari berbagai sumber alam maupun sumber buatan manusia. Hampir semua jenis organisme penyebab penyakit dapat ditemukan dalam air. Banyak penyakit menular bersumber pada air (*water borne diseases*).

Penyakit akibat virus dapat bersumber dari air, seperti radang mata (*conjunctivitis*) yang sering didapat setelah berenang di kolam renang yang kurang pemeliharannya. Contoh klasik penyakit bakteri yang bersumber pada air (*water borne diseases*) ialah typhoid, disentri, dan kolera. Air yang tercemar oleh ekskreta tikus dapat menularkan leptospirosis yang disebabkan oleh *Leptospira*. Juga penyakit jamur dapat ditularkan melalui air, dan bentuk-bentuk infeksiif daripada protozoa seperti *Entamoeba histolytica* dan cacing-cacing perut dapat ditemukan dalam air pula.

Air selair dapat menularkan penyakit secara langsung, dapat juga menjadi tempat perindukan (*habitat*) berbagai penyebar (*vektor*) dan sumber (*hospes reservoir*) penyakit. Berbagai serangga memerlukan air untuk tumbuh dan berkembang biak seperti nyamuk yang dapat menularkan berbagai macam penyakit. Penyakit virus yang banyak ditakuti menyerang anak-anak yang sehat adalah *dengue hemorrhagic fever* (demam berdarah). Penyakit ini ditularkan lewat nyamuk *Aedes aegypti* yang dapat berkembang biak dalam air disekitar rumah. Segala tempat yang dapat digenangi air pada musim hujan dapat dipakai sebagai tempat perindukannya. Penyakit yang ditularkan oleh nyamuk yang disebabkan protozoa adalah malaria yang masih merupakan masalah kesehatan masyarakat di negara-negara yang sedang berkembang.

Tumbuhan di dalam dan sekitar air juga penting dalam penyebaran penyakit. Ada tumbuhan air yang mengandung (melekat pada tumbuhan) bentuk-bentuk infeksiif dari

parasit, dan penularan terjadi karena makan tumbuhan ini sebagai sayuran mentah. Seperti selada air, kangkung air, yang dapat mengandung larva dari cacing hati yang banyak menginfeksi sapi, tetapi mungkin juga mengenai manusia. Tumbuhan air juga dapat menjadi habitat dari vektor penyakit. Keong air yang dapat menularkan *schistosomiasis* dari tumbuh-tumbuhan air itu. Juga ikan jika dimakan mentah dapat menularkan penyakit, karena dapat mengandung bakteri dan bentuk infektif dari parasit. Tikus dan binatang lainnya yang hidup disekitar air juga dapat menjadi sumber penyakit untuk manusia, seperti penyakit *leptospirosis*.

b). Penularan Penyakit Melalui Udara

Penyakit dapat ditularkan dengan menghirup penyebab penyakit dalam pernafasan. Penyakit influenza dan tuberkulosis adalah contoh-contoh yang infeksi melalui udara. Penyakit yang disebabkan oleh jamur juga dapat ditularkan lewat udara seperti penyakit histoplasmosis. Pencemaran udara dengan berbagai bahan kimia dapat menyebabkan kerusakan langsung pada paru-paru. Selain itu dapat pula menyebabkan iritasi pada paru-paru sehingga lebih mudah terserang oleh penyakit infeksi sekunder seperti TBC.

Pencemaran dengan partikel-partikel kecil (debu) seperti jelaga, debu batu bara atau debu lainnya menyebabkan kerusakan paru-paru (*pneumokoniosis*) dan juga memudahkan masuknya penyakit infeksi lainnya. Selain itu bahan-bahan kimia ini banyak diduga sebagai penyebab kanker paru-paru misalnya *exhaust fume* kendaraan bermotor.

c). Penularan Penyakit Melalui Tanah

Seperti air tanah banyak mengandung penyebab penyakit, terutama jika tercemar oleh kotoran manusia dan hewan, baik secara sengaja seperti memakai kotoran sebagai pupuk kebun, maupun secara tak sengaja dengan buang air di kebun atau membuang kotoran anak-anak ke kebun. Penyakit tetanus dapat terjadi jika luka kena tanah, terutama jika tanah tercemar oleh kotoran hewan atau manusia, yang mengandung penyebabnya

yakni *Clostridium tetani*. Di dalam tanah juga banyak di temukan bentuk-bentuk infeksi berbagai parasit. Cacing-cacing perut yang penyebarannya melalui tanah (*soil transmitted helminths*), telurnya dikeluarkan dengan tinja. Jika sampai di tanah, telur-telur itu tumbuh menjadi bentuk infeksi yang sudah siap untuk tumbuh didalam badan manusia. Cara penularan dapat terjadi jika telur-telur yang masak ini (*mature eggs*) tertelan karena makanan tercemar oleh tanah yang mengandung telur tadi atau memakai tangan yang kotor. Mungkin juga seperti pada cacing tambang, larva infeksi menembus kulit sehat kaki atau tangan yang tidak terlindung.

D. Makanan dan Kesehatan

Makanan merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia. Menurut Notoatmodjo (2003) ada empat fungsi pokok makanan bagi kehidupan manusia, yakni:

1. memelihara proses tubuh dalam pertumbuhan/perkembangan serta mengganti jaringan tubuh yang rusak.
2. memperoleh energi guna melakukan aktivitas sehari-hari
3. mengatur metabolisme dan mengatur berbagai keseimbangan air, mineral dan cairan tubuh yang lain.
4. berperan di dalam mekanisme pertahanan tubuh terhadap berbagai penyakit.

Agar makanan dapat berfungsi sebagaimana mestinya, kualitas makanan harus diperhatikan. Kualitas tersebut mencakup ketersediaan zat-zat (gizi) yang dibutuhkan dalam makanan dan pencegahan terjadinya kontaminasi makanan dengan zat-zat yang dapat mengakibatkan gangguan kesehatan. Untuk mencegah kontaminasi makanan dengan zat-zat yang dapat mengakibatkan gangguan kesehatan diperlukan penerapan sanitasi makanan. Sanitasi makanan adalah usaha untuk mengamankan dan menyelamatkan makanan agar tetap bersih, sehat dan aman.

Sanitasi makanan yang buruk dapat disebabkan 3 faktor yakni faktor fisik, faktor kimia dan faktor mikrobiologi. Faktor fisik terkait dengan kondisi ruangan yang tidak mendukung pengamanan makanan seperti sirkulasi udara yang kurang baik, temperatur ruangan yang panas dan lembab, dan sebagainya. Untuk menghindari kerusakan makanan yang disebabkan oleh faktor fisik, maka perlu diperhatikan susunan dan konstruksi dapur serta tempat penyimpanan makanan.

Sanitasi makanan yang buruk disebabkan oleh faktor Kimia karena adanya zat-zat kimia yang digunakan untuk mempertahankan kesegaran bahan makanan, obat-obat penyemprot hama, penggunaan wadah bekas obat-obat pertanian untuk kemasan makanan, dan lain-lain. Sanitasi makanan yang buruk disebabkan oleh faktor mikrobiologis karena adanya kontaminasi oleh bakteri, virus, jamur dan parasit. Akibat buruknya sanitasi makanan dapat timbul gangguan kesehatan pada orang yang mengkonsumsi makanan tersebut.

Menurut Slamet (2002), gangguan kesehatan yang dapat terjadi akibat makanan dapat dikelompokkan menjadi keracunan makanan dan penyakit bawaan makanan. Keracunan makanan dapat disebabkan oleh racun asli yang berasal dari tumbuhan atau hewan itu sendiri maupun oleh racun yang ada didalam panganan akibat kontaminasi. Makanan dapat terkontaminasi oleh berbagai racun yang dapat berasal dari tanah, udara, manusia dan vektor. Apabila racun tadi tidak dapat diuraikan, dapat terjadi bioakumulasi di dalam tubuh makhluk hidup melalui rantai makanan. Penyakit bawaan makanan pada hakekatnya tidak dapat dipisahkan secara nyata dari penyakit bawaan air. Yang dimaksud dengan penyakit bawaan makanan adalah penyakit umum yang dapat diterima seseorang akibat memakan sesuatu makanan yang terkontaminasi mikroba patogen, kecuali keracunan.

Konsumsi gizi makanan pada seseorang dapat menentukan tercapainya tingkat kesehatan, atau sering disebut status gizi. Apabila tubuh berada dalam tingkat kesehatan gizi optimum, dimana jaringan jenuh oleh semua zat gizi maka disebut status gizi optimum. Dalam kondisi demikian tubuh terbebas dari penyakit dan mempunyai daya tahan yang

setinggi-tingginya. Apabila konsumsi gizi makanan pada seseorang tidak seimbang dengan kebutuhan tubuh, maka akan terjadi kesalahan akibat gizi (*malnutrition*). Penyakit atau gangguan kesehatan akibat kelebihan atau kekurangan gizi diantaranya:

a. Penyakit kurang kalori dan protein

Penyakit ini terjadi karena ketidakseimbangan antara konsumsi kalori atau karbohidrat dan protein dengan kebutuhan energi. Pada umumnya penyakit ini terjadi pada anak balita, karena pada umur tersebut anak mengalami pertumbuhan yang pesat. Apabila konsumsi makanan tidak seimbang dengan kebutuhan kalori, maka akan terjadi defisiensi kalori dan protein.

b. Penyakit kegemukan (obesitas)

Penyakit ini terjadi karena konsumsi kalori terlalu berlebih dibandingkan dengan pemakaian energi. Pada orang yang menderita obesitas ini organ-organ tubuhnya dipaksa untuk bekerja lebih berat, karena harus membawa kelebihan berat badan. Oleh sebab itu, pada umumnya lebih cepat letih.

c. Anemia (kurang zat besi)

Penyakit ini terjadi karena konsumsi besi (Fe) pada tubuh tidak seimbang dengan kebutuhan tubuh. Zat besi merupakan mikro elemen esensial bagi tubuh, yang sangat diperlukan dalam pembentukan darah, yakni dalam Hemoglobin (Hb). Pada wanita hamil kebutuhan besi meningkat karena bayi yang dikandung juga memerlukannya.

d. Zerophthalmia (Definisi Vitamin A)

Gejala-gejala penyakit ini adalah kekeringan epitel biji mata dan kornea. Fungsi mata berkurang menjadi hemeralopia atau nictalpia, yang oleh orang awam disebut buta senja atau buta ayam, tidak sanggup melihat pada cahaya remang-remang.

e. Penyakit gondok endemik (Kekurangan zat Iodium)

Zat Iodium merupakan zat gizi esensial bagi tubuh, karena merupakan komponen dari hormon *Thyroxin*. Kekurangan zat Iodium ini berakibat kondisi *hypothyroidisme*

(kekurangan Iodium), dan tubuh mencoba untuk mengkompensasi dengan menambah jaringan kelenjar gondok. Akibatnya terjadi hypertrophi (pembesaran kelenjar thyroid), yang kemudian disebut penyakit gondok.

Bab 6

KONSERVASI SUMBERDAYA ALAM

A. Batasan Konservasi

Lingkungan sebagai suatu *biosphere* sangat menentukan eksistensi makhluk hidup yang berada didalamnya. Makhluk hidup yang beragam, termasuk manusia, mempunyai tingkat adaptasi terhadap perubahan lingkungan yang berbeda-beda, sebab setiap makhluk hidup mempunyai tingkat kerentanan dan kemampuan yang berbeda dalam merespons perubahan di lingkungannya. Diantara makhluk hidup yang lain, manusia yang paling cepat menyikapi perubahan yang terjadi di lingkungannya. Manusia lebih banyak mengetahui terhadap sesuatu yang dekat dengannya, termasuk pengetahuan tentang lingkungan. Oleh karenanya di dalam pengelolaan lingkungan diperlukan pengembangan kearifan lokal dari penduduk setempat dalam pengelolaan lingkungan dan sumberdaya alam (Jacob, 1999).

Berdasarkan pengertian tersebut maka konservasi yang dilakukan penduduk setempat terhadap lingkungan atau sumberdaya alam memiliki harapan yang besar untuk berhasil. Konservasi dalam praktiknya banyak dikaitkan dengan upaya pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan. Secara sederhana konservasi diberi pengertian sebagai upaya pemanfaatan lingkungan dan atau sumberdaya alam yang dilakukan saat ini, tetapi tetap mempertahankan keberadaannya di waktu mendatang. Keberadaan dalam hal ini tidak hanya dalam arti kualitas tetapi juga kuantitas. Karena itu konservasi akan dapat menghasilkan kelestarian. Adanya kelestarian terhadap sumberdaya alam dan lingkungan akan menjamin terciptanya pemanfaatan yang berlanjut sehingga pembangunan berkelanjutan atau *sustainable development* dapat terwujud.

Istilah konservasi dapat diartikan pula sebagai perlindungan alam, berasal dari kata *natural conservation*. Dalam hal sumberdaya energi, konservasi diartikan sebagai penyimpanan atau kekekalan energi (*conservation of energy*). Menurut Undang-Undang

No. 23 Tahun 1997, pengertian konservasi sumberdaya alam adalah pengelolaan sumberdaya alam tak terbarui untuk menjamin pemanfaatannya secara bijaksana, dan sumberdaya alam terbarui untuk menjamin kesinambungan ketersediannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai keanekaragamannya. Dalam Undang-Undang tersebut pengertian konservasi terkait dengan sumberdaya alam yang terdapat dalam lingkungan hidup. Karena itu konservasi pada dasarnya tidak dapat dipisahkan dengan sumberdaya alam dan lingkungan. Hal ini secara jelas dapat dilihat dari definisi lingkungan hidup (Undang-Undang No.23 Tahun 1997), yaitu kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.

Dalam Undang-Undang No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya, konservasi sumberdaya alam adalah pengelolaan sumberdaya alam hayati yang pemanfaatannya dilakukan secara bijaksana untuk menjamin keseimbangan persediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas keanekaragaman dan nilainya. Konservasi sumberdaya alam hayati dapat dilakukan secara *in situ* dan *ex situ*.

Pada hakekatnya sumberdaya alam untuk energi adalah berupa benda dan daya yang dapat diproses untuk menghasilkan energi. Proses pengolahan atau mentransformasikan dari benda atau daya untuk menjadi energi yang bermanfaat bagi manusia adalah upaya pembangunan. Dengan landasan Undang-Undang No. 23 Tahun 1997, pembangunan berkelanjutan harus berwawasan lingkungan hidup. Karena itu pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan hidup merupakan upaya sadar dan terencana yang memadukan kemampuan, kesejahteraan dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan.

Pada hakekatnya, menjamin kemampuan, kesejahteraan dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan mempunyai pengertian yang sama dengan konservasi. Karena itu pembangunan berkelanjutan yang didasarkan pada landasan berwawasan lingkungan pasti menggunakan prinsip konservasi. Pengertian yang lebih bersifat

operasional didefinisikan oleh IUCN (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*, 1980), sebagai berikut: *“Conservation is the management of human use of biosphere so that it may yield the greatest sustainable benefit to present generations while maintaining its potential to meet the needs and aspirations of future generations (IUCN, 1980 :4)”*. Ada beberapa hal penting yang perlu ditekankan menurut pengertian ini, yaitu; konservasi menjamin kelestarian pemanfaatan untuk generasi kini maupun generasi mendatang, dan konservasi berarti memelihara potensi agar kebutuhan dan aspirasi generasi mendatang dapat tercukupi.

Konservasi perlu ditempatkan pada pengertian yang dinamis. Sebab aspirasi manusia dari waktu ke waktu juga berkembang secara dinamis. Hal ini terkait dengan keinginan manusia yang juga terus meningkat. Dalam pengertian dinamis, konservasi dapat memiliki pengertian dari tingkat pencegahan hingga perlindungan. Sementara pengertian pembangunan yang disepakati secara internasional oleh bangsa-bangsa di dunia adalah *“Development is defined the modification of the biosphere and the application of human, financial, living resource to satisfy human needs and improve the quality of human life (IUCN, 1990)*.

Pembangunan yang telah memanfaatkan berbagai macam sumberdaya, harus dapat meningkatkan kesejahteraan. Dalam kenyataannya pembangunan sering hanya meningkatkan kesejahteraan kelompok tertentu. Hal ini sangat bertentangan dengan prinsip konservasi yang justru dilakukan dengan memberdayakan etika dan kesejahteraan masyarakat. Dalam pengelolaan lingkungan, konservasi dapat dipergunakan sebagai pendekatan untuk penanganan dampak lingkungan sebagai akibat dari suatu pembangunan. Dalam konservasi dapat digunakan upaya rekayasa teknis dan rekayasa sosial.

B. Pendekatan Konservasi Dalam Pengelolaan Lingkungan

1. Mengapa Konservasi ?

Perkembangan penduduk yang sangat pesat dan pertumbuhan ekonomi dunia yang terus meningkat menyebabkan sumberdaya alam dimanfaatkan tanpa mempertahankan kelestariannya. Di beberapa negara yang sedang membangun, ditemukan lingkungan yang mengalami kerusakan, dan didapatkan kemiskinan. Seringkali sumberdaya alam ini dieksploitasi untuk memenuhi berbagai kebutuhan negara lain. Di negara yang sumberdaya alamnya melimpah tetapi kondisinya rusak akan terjadi kelaparan, ekonomi yang tidak berkembang dan akan terjadi disintegrasi sosial.

Saat ini penduduk dunia terus bertambah. Akibatnya, kebutuhan lahan pertanian semakin luas, kebutuhan akan kayu juga semakin tinggi, sehingga menyebabkan tekanan terhadap hutan. Kerusakan hutan menyebabkan terjadinya erosi yang tinggi, datangnya banjir yang merusak dan membawa malapetaka, rusaknya tanaman pangan, kelangkaan sumberdaya air di beberapa wilayah, serta hilangnya beberapa spesies flora dan fauna. Hilangnya hutan, apalagi hutan pelestarian dan hutan lindung, akan menyebabkan malapetaka yang digambarkan oleh IUCN sebagai *Forest clearance and land abuse, destroy the essential natural resources established over million of years. For example, change to the water cycle may lead to soil erosion, silting of rivers and reservoirs, intensifies flooding, changes in the run of pattern increased water shortages and changes in ground water* (IUCN, 1982:4).

2. Beberapa Masalah Konservasi

Ada tiga pertanyaan yang perlu dipertimbangkan dalam mengadakan konservasi sumberdaya alam (Suparmoko, 2006), yaitu;

a. Apakah konservasi itu akan menguntungkan.

Pertanyaan ini penting bagi pengusaha. Sebagai warga negara yang baik ia harus menyetujui prinsip-prinsip konservasi dan menyokong tujuan konservasi pada umumnya. Sebagai pengusaha ia akan selalu memperhitungkan untung dan ruginya. Ia akan bersedia menanam modal hanya bila yakin bahwa ia akan mendapatkan keuntungan dari hasil investasi itu akan benar-benar menguntungkan bila unsur waktu benar-benar diperhitungkan. Namun sering terjadi pula konservasi sumberdaya alam tidak

menguntungkan si pengelola, dan bahkan tidak diinginkan oleh masyarakat. Menguntungkan atau tidaknya konservasi sumberdaya alam tergantung pada beberapa faktor berikut;

1. Jangka waktu yang direncanakan

Bila pengelola memutuskan untuk mengadakan konservasi, maka keputusan itu tidak mengikat sepanjang waktu. Dapat disesuaikan rencananya dengan adanya perubahan-perubahan keadaan. Contoh, seorang yang menentukan untuk memelihara sumberdaya hutan selama 25 tahun, kemudian ia mengubah rencananya menjadi 15 tahun saja karena dianggap periode ini lebih menguntungkan berhubung ia mempunyai rencana untuk menjualnya setelah 15 tahun. Karena itu ia cenderung untuk segera mengurus sumberdaya alam yang ada didalamnya. Sebaliknya bila ingin menggunakannya dalam jangka panjang, maka akan lebih hati-hati dalam mengelola sumberdaya itu. Makin pendek periode yang direncanakan, akan makin cepat pengurusan sumberdaya alam itu.

2. Aspek-aspek investasi dari konservasi

Pengusaha tidak akan tertarik untuk menginvestasikan modalnya guna konservasi sumberdaya alam bila penggunaannya di waktu yang akan datang belum pasti. Pasti yang diharapkan adalah agar investasinya terbayar dalam jangka waktu yang direncanakannya. Misalnya, sekarang ia menunda pengeboran minyaknya, hal ini tentunya dikarenakan ia mengharapkan adanya harga dan penerimaan yang menguntungkan dari usaha konservasi itu dimasa datang. Disamping karena harga, penerimaan yang lebih tinggi juga dimungkinkan oleh karena kualitas yang lebih tinggi sebagai akibat adanya penundaan pengeboran itu. Kalau menurut pertimbangannya konservasi tidak menguntungkan, maka ia akan mengadakan investasi jangka pendek sebagai alternatif.

3. Kemampuan pelaksana dalam memilih alternatif cara konservasi

Dengan berbagai alternatif cara konservasi, pengelola akan dapat menentukan rencana yang dikuasainya dan memberikan prospek yang lebih baik. Pemilihan

cara ini tentu saja akan mempengaruhi tingkat keuntungan yang diharapkan dari investasi dalam sumberdaya itu.

4. Dampak konservasi sumberdaya tertentu terhadap konservasi sumberdaya alam. Pengelola kadang menentukan adanya hubungan substitusi antar sumberdaya alam dalam suatu kegiatan produksi. Program konservasi yang dipilih tentu saja akan memberikan keuntungan yang tertinggi. Namun ia harus mempertimbangkan juga bagaimana pengaruhnya terhadap sumberdaya lain, sehingga dapat dipertimbangkan menguntungkan atau tidaknya konservasi sumberdaya tersebut.

b. Apakah masyarakat menghendaki adanya konservasi.

Terdapat perbedaan antara hasrat masyarakat dan hasrat perorangan dalam konservasi. Pada umumnya pengelola pribadi menginginkan derajat preferensi waktu (*time preference rate*) yang tinggi dan pendek jangka waktunya. Sebaliknya, masyarakat menghendaki adanya derajat preferensi waktu yang panjang jangka waktunya dan tingkat diskonto yang lebih rendah. Hal ini karena masyarakat atau publik menginginkan kesejahteraan bagi generasi yang akan datang.

c. Bagaimana menanggulangi hambatan untuk konservasi.

Dalam pelaksanaan konservasi sering ditemui hambatan, yang dapat kita bedakan menjadi hambatan fisik, ekonomi, kelembagaan dan hambatan teknologi.

1) Hambatan fisik

Biasanya sumberdaya alam didapatkan dalam keadaan yang sudah tertentu tempatnya dan terjadinya, sehingga untuk menggunakannya manusia harus menyesuaikan diri. Misalnya, di daerah lereng bikit, kalau kita hendak memanfaatkan lahan disitu, maka kita harus membuat teras terlebih dahulu dan mengaktifkan penghijauan.

2) Hambatan ekonomi

Hambatan ekonomi biasanya disebabkan karena kurangnya pengetahuan dan permodalan, dan hal ini dapat diatasi dengan memberikan pendidikan dan bantuan kredit permodalan. Di samping itu ada kesulitan karena tidak adanya kestabilan perekonomian, berhubung biaya dan pasar sulit diramalkan. Karena itu seringkali pelaksana menggunakan perencanaan jangka pendek dan tingkat diskonto yang tinggi. Keadaan ini dapat diatasi oleh pemerintah dengan cara mengurangi ketidakpastian dan lebih menstabilkan perekonomian.

3) Hambatan kelembagaan

Banyak orang tidak melakukan konservasi karena kebiasaan atau karena adat, juga karena mereka kurang memperhatikan manfaatnya. Bahkan ada adat yang cenderung menguras sumberdaya alam yang ada. Hal ini dapat diatasi dengan pendidikan.

4) Hambatan teknologi

Penggunaan sumberdaya alam akan tergantung antara lain pada bentuk penyesuaian diri manusia dan teknologi yang ada. Hubungan antara sumberdaya alam dan macam serta tingkat teknologi sangat erat. Misalnya, dahulu energi surya belum banyak digunakan lebih luas. Hambatan-hambatan seperti ini dapat diatasi dengan perbaikan tingkat teknologi misalnya dengan meniru atau mempelajari teknologi yang ada di negara yang sudah maju atau mengadakan riset sendiri.

3. Perlunya Kawasan Konservasi

Aktivitas manusia yang tidak terkendali telah menyebabkan perusakan lingkungan sumberdaya alam. Perusakan tersebut tidak hanya terjadi di daratan (hutan), akan tetapi juga terhadap sumberdaya alam yang ada di lautan. Karenanya aktivitas-aktivitas tersebut apabila tidak dikelola dengan baik dikhawatirkan potensi sumberdaya alam, termasuk sumberdaya genetik baik di darat (hutan) maupun di laut akan punah. Indonesia selama ini dikenal sebagai salah satu “*mega centres*” daripada keragaman hayati di dunia. Hal ini

karena luasnya habitat alami yang kaya akan sumberdaya endemik. Ada tujuh wilayah di Indonesia yang diketahui merupakan sumber dari sumberdaya endemik, yaitu :

- a. Sumatera dan pulau-pulau di lepas pantai
- b. Jawa dan Bali
- c. Kalimantan, termasuk Pulau Natuna dan Pulau Anambas
- d. Sulawesi dan pulau-pulau di lepas pantai, termasuk Pulau Sula
- e. Nusa Tenggara
- f. Maluku ; dan
- g. Papua Barat, termasuk Pulau Kai dan Pulau Aru.

Indonesia lebih kurang mempunyai 47 ekosistem alami yang khas. Salah satunya berupa hamparan pinus dan es (salju abadi di puncak Gunung Jaya Wijaya) di Papua Barat, juga beraneka ragam hutan gambut di Kalimantan dan Sumatera. Ada pula ekosistem danau yang dalam dan rawa yang dangkal, demikian pula ekosistem terumbu karang, padang lamun dan hutan mangrove. Di samping itu, Indonesia dikenal mempunyai laju spesies dan genera endemis yang paling tinggi di dunia. Menurut prakiraan terakhir, Indonesia memiliki 420 spesies endemis burung yang terkonsentrasi di 24 daerah endemis burung. Kedua angka tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan negara lainnya. Ini mungkin karena banyaknya pulau yang terisolir dari satu ke lainnya pada kurun waktu yang lama, sehingga memunculkan spesies lokal yang unik, yang dikenal sebagai spesies “endemic”.

Indonesia memiliki hutan hujan tropis dan laut yang sangat luas, dengan keragaman hayati yang tinggi pula. Namun potensi tersebut menghadapi ancaman perusakan, yang mengkhawatirkan bagi kehidupan masa depan manusia. Untuk mengatasi hal tersebut pemerintah telah menetapkan kawasan hutan dan laut tersebut sebagai kawasan konservasi, dengan harapan perusakan keragaman hayati bisa dicegah. Kawasan konservasi tersebut mencakup sekitar 361 lokasi kawasan konservasi daratan seluas 17,9 juta hektar dan 25 lokasi kawasan konservasi laut seluas 4,5 juta hektar, yang keseluruhannya merupakan 10 % wilayah Indonesia. (Widodo,2003). Tabel 5.1. menyajikan luasan dan jumlah kawasan konservasi yang telah terdaftar dan sedang diusulkan di Indonesia. Data

terakhir menunjukkan adanya perubahan luasan kawasan konservasi. Luasan area konservasi naik, namun tipe atau fungsi konservasi mengalami perubahan (5.2).

Tabel 5.1.

Jumlah dan tipe kawasan konservasi yang terdaftar dan sedang diusulkan di wilayah Indonesia.

Daerah konservasi yang terdaftar dan diusulkan berdasarkan kategori yang berbeda				
Tipe	Terdaftar		Di usulkan	
	Luas (Ha)	Jumlah	Luas (Ha)	Jumlah
Cagar alam (darat dan laut)	6.356.935	185	5.908.238	150
Suaka margasatwa (darat dan laut)	3.670.658	49	7.795.396	96
Taman Nasional (darat dan laut)	7.936.255	31	1.219.100	7
Taman Wisata Alam (darat dan laut)	649.476	79	312.944	41
Taman Hutan Raya (darat dan laut)	253.307	7	48.300	4
Taman Perburuan (darat dan laut)	234.599	14	418.750	10
Hutan Lindung (darat dan laut)	30.000.000	Seluruh Provinsi		
Total	49.110.230	368	15.702.728	308

Tabel 5.2. Kawasan Konservasi di Indonesia sampai dengan Juni 2002

No.	Fungsi	Jumlah	Luas (ha)
1.	Cagar alam (<i>Nature Reserve</i>)	177	2.809.575,46

2.	Suaka Margasatwa (<i>Game Reserve</i>)	49	3.436.143,12
3.	Taman Nasional (<i>National Parks</i>)	41	15.028.404,05
4.	Taman Hutan Raya (<i>Forest Botanical Gardens</i>)	17	264.017,80
5..	Taman Wisata Alam (<i>Nature Recreational Parks</i>)	97	998.343,00
6.	Taman Buru (<i>Hunting Parks</i>)	14	239.392,70
	Jumlah	395	22.775.87,13

Sumber : PHKA (2002)

C. Strategi Konservasi Dalam Penataan Lingkungan

Pembangunan yang konservatif harus dilaksanakan secara terpadu. Setiap sektor terkait secara bersama-sama atau terpadu melaksanakan pelestarian dan pengawetan sumberdaya alam dan lingkungan sesuai dengan kewenangan yang ada dalam suatu lingkungan tertentu. Dalam konservasi secara jelas dikemukakan bahwa pemanfaatan sumberdaya alam dan lingkungan harus dilaksanakan secara bertanggung jawab. Sebab lingkungan dengan segala komponen yang kita manfaatkan pada hakekatnya adalah milik anak cucu kita.

Seperti telah dikemukakan dalam pengertian konservasi, bahwa ada perbedaan yang esensial untuk lingkungan fisik dan biotik. Komponen fisik ditekankan pada penghematan dan upaya mencari sumberdaya alam terbaharui. Sementara untuk komponen biotik dilaksanakan konservasi dengan tujuan:

- a. Selalu menjaga proses ekologis yang utama atau mendasar dan menjaga sistem penyangga kehidupan.
- b. Melindungi dan mempertahankan keanekaragaman benetik.
- c. Menjamin pemanfaatan yang lestari dari spesies maupun ekosistemnya.

Apabila komponen biotik dalam ekosistem ini dapat dijaga kelestariannya, maka pemanfaatan sumberdaya alam mineral, baik yang dapat diperbaharui maupun tidak, dapat pula dijamin keutuhannya.

D. Program-Program Konservasi

1. Konservasi Di Dalam Kawasan

Konservasi di dalam kawasan meliputi kegiatan pengelolaan suaka alam (cagar alam dan suaka margasatwa), taman nasional taman laut, cagar budaya, gejala alam, keunikan dan keindahan alam dengan cara melengkapi contoh-contoh perwakilan suatu tipe ekosistem, menetapkan status hukum, melaksanakan pengukuran, pengamatan dan pengelolaannya yang diawali dengan inventarisasi dan evaluasi.

Tujuan utamanya adalah menciptakan suatu system pengelolaan kawasan konservasi yang lebih efisien dan efektif sehingga dapat dirasakan manfaat adanya kawasan konservasi ini oleh masyarakat luas baik langsung atau tidak langsung dan pada akhirnya diharapkan kesadaran ekologis masyarakat dapat ditingkatkan sehingga kehadiran kawasan konservasi dirasakan benar-benar merupakan suatu kebetulan yang luas ada di dalam lingkungan.

2. Konservasi Di Luar Kawasan

Konservasi di luar kawasan meliputi penyelenggaraan inventarisasi dan identifikasi areal perlindungan, jenis-jenis flora/fauna langka dan endemic, pembinaan koleksi dalam bentuk binatang dan kebun botani, pembinaan daerah pengungsian satwa dan daerah perlindungan plasma nutfah, pengawasan penangkapan/pengambilan flora/fauna dan perkarantinaan. Tujuan kegiatan tersebut adalah untuk tetap menjaga kelestarian sumberdaya alam hayati.

3. Pengembangan Taman Nasional

Taman Nasional adalah kawasan pelestarian alam yang mempunyai ekosistem asli. Karenanya pengelolaan kawasan ini sangat ketat atau biasanya pemanfaatan kawasan dilakukan dengan sistem zonasi. Pada kawasan ini biasanya ditetapkan satu zona (zona inti/lindung) yang minim dari aktivitas manusia, pemanfaatan zona ini hanya untuk tujuan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, pariwisata, dan rekreasi alam. Itu pun harus ada ijin dari pengelola kawasan. Sedangkan untuk tujuan pemanfaatan sumberdaya alam lainnya dilakukan di zona lain, seperti keindahan alam (zona pemanfaatan), budidaya perikanan (zona penyangga).

Kriteria Penetapan Kawasan Taman Nasional (TN) adalah sebagai berikut:

- a. Kawasan yang ditetapkan mempunyai luas yang cukup untuk menjamin kelangsungan proses ekologis secara alami.
- b. Memiliki sumberdaya alam yang khas dan unik, baik berupa flora maupun satwa, dan ekosistemnya serta gejala alam yang masih utuh dan alami.
- c. Memiliki satu atau beberapa ekosistem yang masih utuh sebagai obyek wisata alam.
- d. Memiliki keadaan alam asli dan alami untuk dikembangkan.
- e. Merupakan kawasan yang dapat dibagi ke dalam Zona Inti, Zona Pemanfaatan, Zona Penyangga, dan Zona lain yang karena pertimbangan kepentingan rehabilitasi kawasan, ketergantungan penduduk sekitar kawasan, dan dalam rangka mendukung upaya pelestarian sumberdaya alam hayati dan ekosistemnya, dapat ditetapkan sebagai zona tersendiri.

Berdasarkan uraian di atas, kawasan taman nasional di samping sebagai tempat “pengawetan” keanekaragaman hayati juga dimanfaatkan untuk tujuan lain, seperti pengembangan ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, pariwisata, dan rekreasi alam. Karena itu taman nasional mempunyai beberapa manfaat, diantaranya adalah :

- a. Manfaat Ekonomi

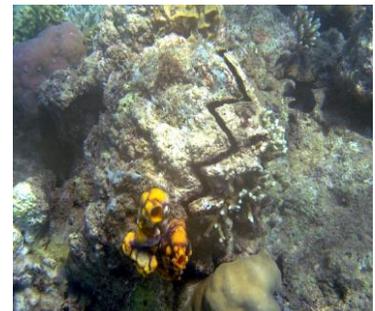
Taman Nasional dapat dikembangkan sebagai kawasan yang mempunyai nilai ekonomis, sebagai contoh potensi terumbu karang Pulau Limba Kecamatan Paguyaman Pantai Provinsi Gorontalo. Dimana ekosistem ini memiliki produktivitas perikanan yang tinggi, dan panorama bawah laut yang indah sehingga menarik para wisatawan baik wisatawan mancanegara maupun wisatawan nusantara. Potensi ini tentunya dapat membantu meningkatkan pendapatan masyarakat di wilayah pesisir bahkan devisa negara.



Pulau Limba



Karang Jenis *Porites Lutes*



Kima



Gambar 5.1 Kondisi Terumbu Karang Pulau Limba

Foto. Laporan Akhir : Identifikasi Dan Potensi SDP – Tahun 2004

b. Manfaat Ekologi

Taman Nasional dapat menjaga keseimbangan kehidupan baik di darat maupun di perairan, terutama di zona inti /lindung. Hal ini mengingat aktivitas manusia pada zona tersebut sangat dibatasi hanya untuk tujuan penelitian dan/atau pendidikan. Itu pun harus seizin pengelola kawasan.

c. Manfaat Estetika

Taman Nasional memiliki keindahan sebagai objek wisata alam yang dikembangkan sebagai usaha pariwisata alam/bahari.

d. Manfaat Pendidikan dan Penelitian

Taman Nasional merupakan objek dalam pengembangan ilmu pengetahuan, pendidikan dan penelitian.

e. Manfaat Jaminan Masa Depan

Keanekaragaman sumberdaya alam di kawasan konservasi, baik yang ada di darat maupun di perairan memiliki jaminan untuk dapat dimanfaatkan bagi kehidupan yang lebih baik untuk generasi sekarang dan yang akan datang.

Studi Kasus Zonasi Kawasan Konservasi dan Permasalahannya di Taman Nasional Bunaken.

Status Taman Nasional Bunaken (TNB) berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 730/KPTS-II/91, Taman Nasional Bunaken dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian utama (I), meliputi Kepulauan Bunaken dan bagian pesisir Tanjung Pisok, dan bagian ke dua (II) adalah bagian pesisir Arakan-Wowontulap. Taman Nasional Bunaken secara geografis terletak pada posisi, TNB I : 132'26"-149'40" LU dan 12438'58"-12450'37" BT, dengan luas 75.265 Ha, dan TNB II: 117'01"-126'58"LU dan 12428'28"-12438'45" BT, dengan luas 13.800 Ha. Kawasan ini meliputi Pulau Bunaken, Montehage, Siladen, Manado Tua dan Nain sampai Arakan-Wawontulap, dengan luas keseluruhan adalah 89.085 Ha.

Secara administratif, Kepulauan Bunaken terletak di sebelah barat Kabupaten Minahasa berada pada Teluk Manado, terdiri atas lima buah pulau, yaitu Pulau Bunaken, Pulau Manado Tua, Pulau Siladen, Pulau Montehage, dan Pulau Naeng. Kawasan Kepulauan Bunaken terbagi menjadi dua wilayah. Pulau Bunaken, Pulau Siladen dan Pulau Manado Tua masuk wilayah Kecamatan Molas, Kota Manado. Sedangkan Pulau Montehage dan Pulau Naeng masuk wilayah Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa. Adapun kawasan Taman

Nasional Bunaken II, yaitu daerah pesisir Arakan Wawontulap termasuk wilayah Kecamatan Tumpa, Kabupaten Minahasa.

Taman Nasional Bunaken mempunyai tiga potensi yang dapat diandalkan, yaitu :

- a. Kawasan pelestarian, TNB mempunyai keanekaragaman jenis biota, baik yang berasal dari ekosistem terumbu karang ataupun hutan bakau, yang sangat tinggi. Sebagian besar biota tersebut merupakan biota laut yang dilindungi di Indonesia.
- b. Objek wisata, keindahan panorama bawah laut telah dikenal baik oleh wisatawan nusantara maupun mancanegara, sehingga berpotensi untuk daerah tujuan wisata.
- c. Sumberdaya alam, untuk menunjang kehidupan penduduk di dalam kawasan taman dan sekitarnya.

4. Program Hutan Lindung

Pokok kegiatan yang dilaksanakan adalah menyelenggarakan inventarisasi dan penelitian atas seluruh areal hutan dengan maksud melakukan penunjukkan dan menetapkan status hukumnya, melaksanakan pengukuran, pengamanan dan pengelolaan.

Hutan lindung adalah kawasan hutan yang karena keadaan sifat alamnya dipergunakan untuk mengatur tata air, pencegahan bahaya banjir dan erosi serta pemeliharaan kesuburan tanah yang keadaan dan sifat fisik wilayahnya perlu dibina dan dipertahankan sebagai hutan dengan penutupan vegetasi secara tetap guna kepentingan hidrologis yang mengatur tata air, pencegahan banjir dan erosi, serta memelihara keawetan dan kesuburan tanah baik dalam kawasan hutan yang bersangkutan maupun kawasan yang dipengaruhi oleh daerah sekitarnya.

5. Program Pengembangan Wisata Alam

Penyelenggaraan program ini dilaksanakan dengan cara pengembangan wisata dalam kawasan/di luar kawasan konservasi bagi kepentingan rekreasi dan pariwisata secara alami dalam rangka pendidikan dan mengikutsertakan masyarakat atas kegiatan konservasi.



Gambar 5.2 Pengembangan Wisata Alam di Pantai Bolihutuo, Botumoito Kabupaten Bualemo Provinsi Gorontalo

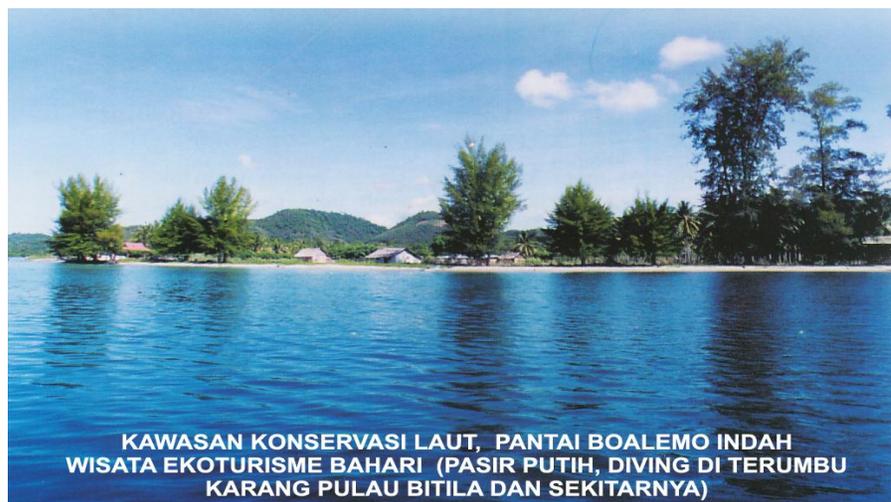


Foto. Laporan Akhir : Identifikasi Dan Potensi SDP – Tahun 2004

6. Program pembinaan cinta alam

Pokok kegiatan yang dilaksanakan ialah peningkatan kesadaran masyarakat atas pentingnya upaya konservasi sumberdaya alam.

7. Program Monitoring Dampak Lingkungan

Penyelenggaraan program ini adalah dalam bentuk pengawasan pembinaan dan bimbingan/pengendalian di bidang lingkungan hidup khususnya yang berkaitan dengan pemanfaatan sumberdaya alam, baik yang berada di dalam kawasan konservasi maupun di luar kawasan konservasi termasuk pemanfaatan setiap jenis sumberdaya alam.

8. Program Pembinaan Dan Pengembangan Unsur Penunjang

Dalam pelaksanaannya diperlukan suatu sarana penunjang yang seimbang dan memadai, baik yang meliputi dukungan kesempurnaan peraturan perundangan, maupun organisasi dan manajemennya yang disertai dengan pengembangan personil, kelengkapan sarana dan fasilitas kerja.

Bab 7

ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN

A. Konsep Analisis Dampak Lingkungan

Secara formal konsep Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) berasal dari Undang-undang NEPA 1969 di Amerika Serikat. Dalam undang-undang ini AMDAL dimaksudkan sebagai alat untuk merencanakan tindakan preventif terhadap kerusakan lingkungan yang mungkin akan ditimbulkan oleh suatu aktivitas pembangunan yang sedang direncanakan di Indonesia, analisis mengenai dampak lingkungan tercantum dalam pasal 16 Undang-Undang No. 4 tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup. Pelaksanaan diatur dengan Peraturan Pemerintah (PP) No. 29 1986 yang mulai berlaku pada 5 juni 1987. PP. No. 29 tahun 1986 kemudian dicabut dan diganti dengan PP No. 51 tahun 1993. Di dalam undang-undang, dampak diartikan sebagai pengaruh aktivitas manusia dalam pembangunan lingkungan. Hal ini dapat dimengerti karena tujuan undang-undang tersebut adalah untuk melindungi lingkungan terhadap pembangunan yang tidak bijaksana.

Konsep AMDAL yang mempelajari dampak pembangunan terhadap lingkungan dan dampak lingkungan terhadap pembangunan juga didasarkan pada konsep ekologi yang secara umum didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungannya. AMDAL merupakan bagian ilmu ekologi pembangunan yang mempelajari hubungan timbal balik atau interaksi antara pembangunan dan lingkungan.

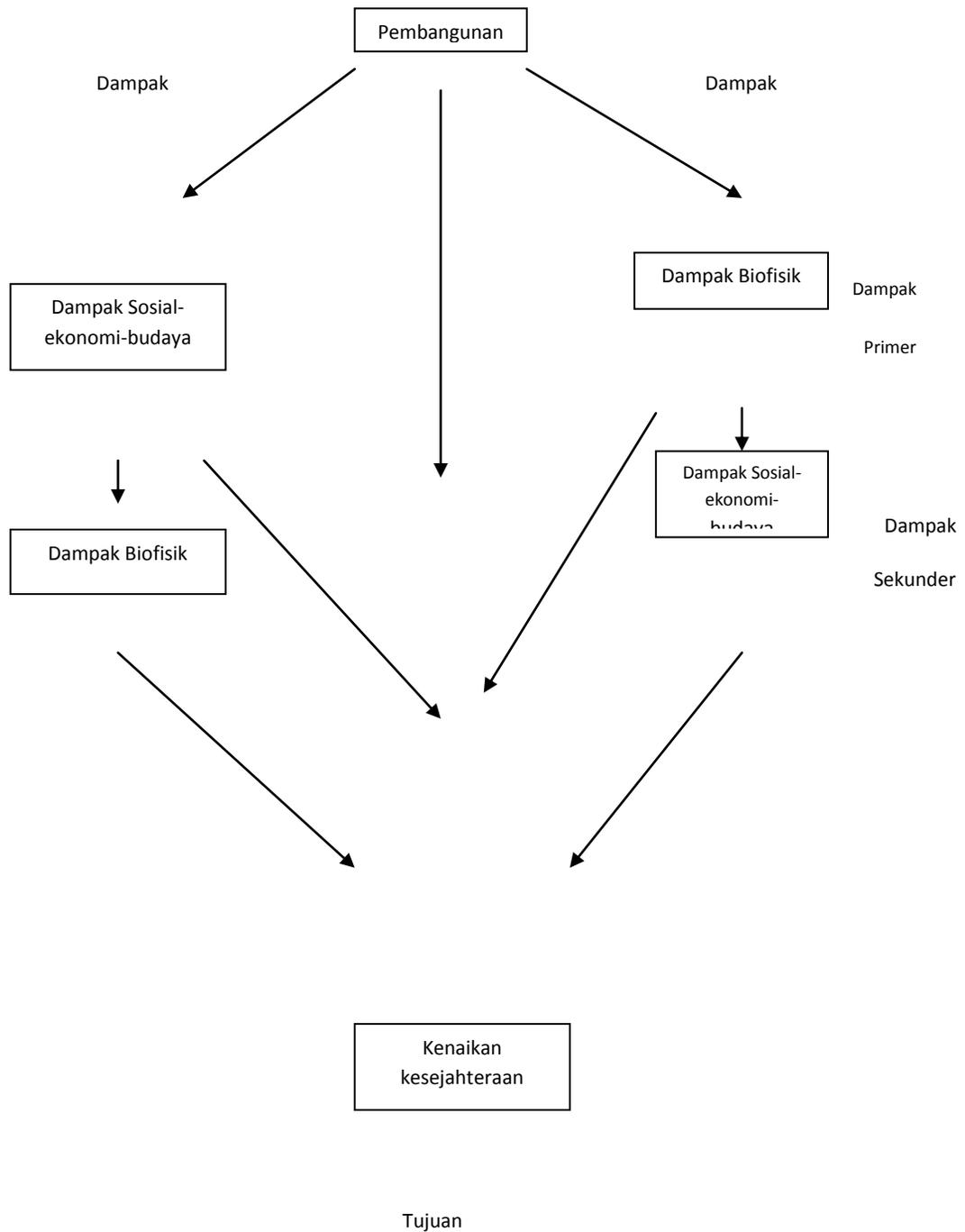
B. Arti Dampak

Dampak adalah suatu perubahan yang terjadi sebagai akibat suatu aktifitas. Aktifitas tersebut berupa alamiah, baik kimia, fisik maupun biologi. Dalam konteks AMDAL, penelitian dampak dilakukan karena adanya rencana aktivitas manusia dalam pembangunan. Dampak pembangunan menjadi masalah karena perubahan yang disebabkan oleh pembangunan selalu lebih luas dari pada yang menjadi sasaran pembangunan yang direncanakan. Demikian pula pembangunan transportasi menyebabkan efek samping terjadinya pencemaran udara oleh limbah gas dari kendaraan yang mengganggu kesehatan. Secara umum dalam AMDAL dampak pembangunan diartikan sebagai perubahan yang tidak direncanakan yang diakibatkan oleh aktivitas pembangunan.

Dampak bersifat biofisik, seperti contoh di atas, dapat juga bersifat sosial-ekonomi dan budaya. Misalnya, dampak pembangunan pariwisata ialah berubahnya nilai budaya penduduk di daerah obyek wisata dan ditirunya tingkah laku wisatawan oleh penduduk.

Gambar 7.1 melukiskan secara skematis terjadinya dampak. Sasaran pembangunan ialah untuk menaikkan kesejahteraan rakyat. Pembangunan itu dapat mengakibatkan dampak primer biofisik atau/dan sosial-ekonomi-budaya. Dampak primer ini akan mempengaruhi sasaran kesejahteraan yang ingin di capai . Dapat juga terjadi dampak primer itu menimbulkan dampak sekunder, tersier dan seterusnya, yang masing-masing dapat bersifat biofisik atau sosol-ekonomi-budaya. Dampak sekunder, tersier dan seterusnya juga akan mempengaruhi sasaran yang ingin dicapai.

Untuk dapat melihat bahwa suatu dampak atau perubahan telah terjadi, kita harus mempunyai bahan pembanding sebagai acuan. Salah satu acuan ialah keadaan sebelum terjadi perubahan. Misalnya, apabila dikatakan dampak pengeringan rawa untuk lahan pertanian ialah berkurangnya populasi nyamuk, kita dapat mengacu besarnya populasi nyamuk setelah pengeringan rawa. Tanpa acuan tersebut kita tidak dapat mengatakan bahwa populasi nyamuk telah berkurang.



Gambar 7.1. Sasaran pembangunan untuk menaikkan tingkat kesejahteraan rakyat. Aktivitas pembangunan menimbulkan efek yang tidak di rencanakan di luar sasaran, di

sebut dampak. Dampak dapat bersifat biofisik atau/dan sosial-ekonomi-budaya yang berpengaruh terhadap sasaran yang ingin di capai. Dampak primer dapat menimbulkan dampak sekunder, tersier, dan seterusnya.

Dalam AMDAL ada dua jenis batasan tentang dampak, yaitu:

- a. Dampak pembangunan terhadap lingkungan, yaitu perbedaan antara kondisi lingkungan sebelum ada pembangunan dan yang diperkirakan akan ada setelah ada pembangunan (Clark, 1978).
- b. Dampak pembangunan terhadap lingkungan, yaitu perbedaan antara kondisi lingkungan yang diperkirakan terjadi jika ada pembangunan tersebut (Munn, 1979)
Perbedaan antara dampak menurut batasan (a) dan (b) dapat positif (lebih besar) ataupun negatif (lebih kecil). Pada contoh pertama, dampak pada perpindahan penduduk lebih kecil menurut batasan (a) dari pada menurut batasan (b). Pada contoh yang kedua kita dapatkan hal yang sebaliknya.

Buku ini selanjutnya akan menggunakan pengertian dampak menurut batasan (b), yaitu perbedaan antara keadaan lingkungan yang diperkirakan akan ada tanpa adanya proyek dan dengan adanya proyek pada waktu dampak tersebut dapat diperkirakan. Batasan ini juga di pakai oleh *Scientific Committe on problems of the Environment* (Munn, 1979) sebuah panitia internasional yang bertugas untuk mempelajari permasalahan lingkungan. Keadaan lingkungan tanpa adanya proyek disebut garis dasar (*base-line*). Garis dasar ini digunakan sebagai acuan untuk mengukur dampak, sering disebut keadaan lingkungan dengan alternatif nol.

Dalam PP No. 51 tahun 1993 digunakan istilah rona lingkungan awal. Pedoman umum penyusunan kerangka (KA-ANDAL) belum jelas definisi dampak. Dalam bagan alir yang tertera dalam butir 6 pedoman ini dampak dapat diartikan seperti definisi (a) maupun definisi (b) yang diuraikan sebelumnya. Rona lingkungan awal dimaksudkan sebagai garis dasar dan bukan sebagai kondisi lingkungan sebelum ada proyek, sehingga dampak

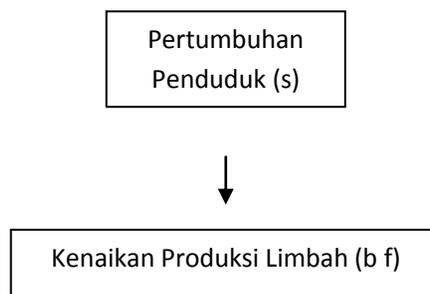
didefinisikan menurut definisi (b). Dengan demikian dalam buku ini, dampak ialah perbedaan kondisi lingkungan antara dengan dan tanpa adanya proyek.

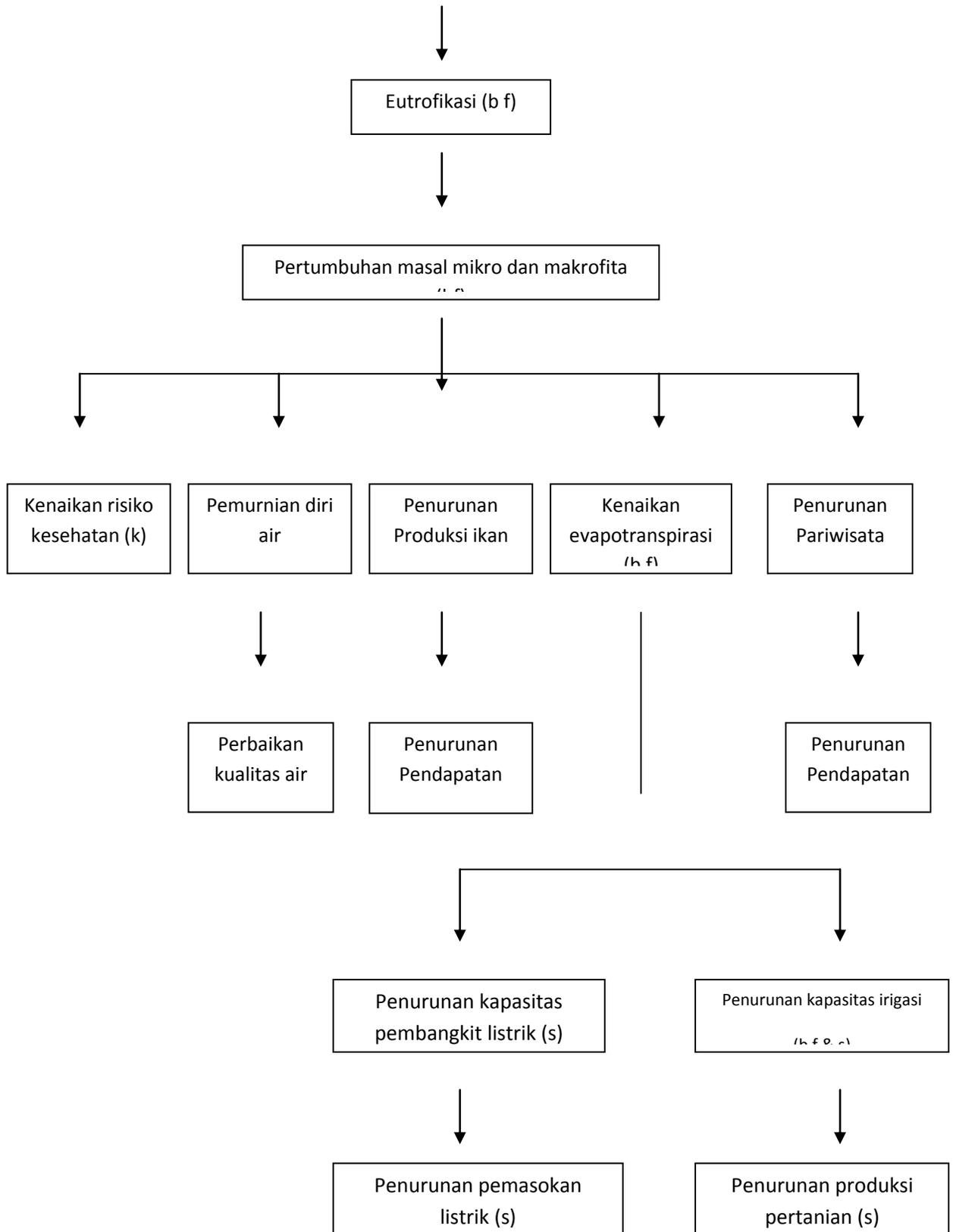
a). Dampak Sosial dan Dampak Kesehatan

Amerika Serikat dan Kanada telah mengembangkan analisis dampak sosial, meliputi sosial-ekonomi dan budaya. Sementara Badan Kesehatan Sedunia (WHO) telah pula mengembangkan Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan (ADKL)

Undang-Undang No. 4 tahun 1982, pasal 1 ayat 9 dan pasal 16, dampak meliputi juga lingkungan non-fisik, termasuk sosial-budaya. Pasal 3 undang-undang ini menyebutkan bahwa pengelolaan lingkungan ditujukan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Karena itu aspek kesehatan yang merupakan salah satu faktor utama kesejahteraan manusia juga termasuk dalam pengelolaan lingkungan. Mengingat hal itu ANDAL seharusnya meliputi analisis tentang dampak biofisik, dampak sosial dan dampak kesehatan. Aspek biofisik, aspek sosial dan kesehatan diintegrasikan dalam satu analisis AMDAL akan lebih menguntungkan.

Tiga hal yang menjadi alasan, yaitu; *pertama*, pemisahan ANDAL dari ADS dan ADK akan memperpanjang birokrasi. Dalam hal ini diperlukan tiga jenis analisis untuk setiap proyek yang diperkirakan akan mempunyai dampak penting biofisik, sosial dan kesehatan. Dengan perpanjangan birokrasi maka biaya dan waktu perencanaan akan bertambah. *Kedua*, dampak sosial dan kesehatan tidak dapat dipisahkan dari dampak biofisik, seperti terlihat pada gambar 7.1 Gambar 7.2.





Gambar 7.2. Bagan alir dampak yang ditimbulkan oleh pertumbuhan penduduk untuk menunjukkan kaitan yang sangat erat antara dampak sosial (s), dampak kesehatan (k), dan dampak biofisik (b f).

Penduduk, dalam memenuhi kebutuhannya mengesplotasi sumberdaya alam. Aktivitas penggunaan sumberdaya mengakibatkan bertambahnya limbah domestik. Limbah domestik, misalnya dari aktivitas pengolahan lahan pertanian (sawah) di daerah aliran sungai yang bermuara ke danau (kasus Danau Limboto) selanjutnya menyebabkan terjadinya eutrofikasi yang memicu pertumbuhan massal mikrofit, misalnya *Microcystis*, dan makrofit, misalnya eceng gondok dan kayambang. Limbah domestik, eutrofikasi dan pertumbuhan massal mikro dan makrofit adalah dampak biofisik pertumbuhan penduduk yang merupakan faktor sosial. Pertumbuhan massal mikrofit dan makrofit pada gilirannya menimbulkan dampak pada kenaikan resiko kesehatan, pemurnian air (biofisik dan kesehatan), penurunan hasil ikan (biofisik dan sosial), penurunan pendapatan (sosial), kenaikan evapotranspirasi (biofisik), penurunan kapasitas pembangkitan listrik (sosial) dan irigasi (biofisik dan sosial), penurunan pariwisata (sosial) dan penurunan pendapatan (sosial).

Jelas kita tidak dapat mengidentifikasi dampak biofisik jika tidak mengetahui lebih dahulu dampak sosial serta dampak kesehatan. Besarnya dampak biofisik akan ditentukan pula oleh besarnya dampak sosial dan dampak kesehatan yang menjadi penyebab dampak biofisik. Dengan demikian, analisis dampak sosial menjadi komponen yang integral dari analisis mengenai dampak lingkungan. WHO (1986) menganjurkan agar seyogyanya ADKL menjadi bagian terintegrasi ANDAL, dan bukan berdiri sendiri.

Mengembangkan analisis mengenai dampak lingkungan tidak dipisahkan menjadi analisis yang ekuivalen dengan *Environmental Health Impact Analysis* (hanya meliputi aspek

biofisik saja), analisis dampak sosial yang ekuivalen dengan *Social Impact Analysis* dan analisis dampak kesehatan lingkungan yang ekuivalen dengan *Environmenal Health Impact Assesment*. Karena dengan pemecahan itu lingkungan akan ditinjau secara parsial dan konsep lingkungan yang holistik dalam Undang-undang No. 4 tahun 1982 akan hilang.

Ketiga, diintegrasikannya ketiga aspek dalam satu laporan analisis mengenai dampak lingkungan adalah diperolehnya kemudahan dalam pengambilan keputusan. Keputusan akan berdasarkan pada satu laporan yang telah mengintegrasikan ketiga aspek tersebut.

Integrasi ketiga jenis dampak dalam suatu proyek mempunyai bobot yang tidak sama. Proyek di dalam kota dengan berbagai karakteristik penduduk, misalnya, umumnya memiliki bobot dampak sosial-ekonomi yang lebih tinggi daripada bobot dampak biofisik. Sebaliknya proyek di daerah hutan yang sedikit penduduknya umumnya mempunyai dampak biofisik yang bobotnya lebih tinggi daripada bobot dampak sosial-ekonomi. Dengan demikian, jelas AMDAL bersifat lintas sektoral. Anggota gugus kerja AMDAL juga harus bersifat multidisiplin yang terdiri dari pakar dalam berbagai bidang yang diliput oleh AMDAL.

b). Peruntukan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan

Di Indonesia AMDAL secara resmi baru diakui sekitar tahun 1982 sejalan dengan lahirnya Undang-Undang No. 4 tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup. Namun demikian AMDAL telah diterapkan sebelum berlakunya undang-undang itu, yaitu pada proyek bendungan Saguling di Jawa Barat yang mendapatkan bantuan dana dari Bank Dunia. Proyek ini mengharuskan AMDAL dari lembaga donor.

Penyebaran konsep AMDAL yang sangat cepat, telah membawa akibat tidak dikajinya dengan seksama apa sebenarnya AMDAL itu. Karena itu banyak terjadi kekeliruan dalam penerapannya. Di beberapa negara termasuk Indonesia kekeliruan itu terjadi sangat luas. Ini disebabkan belum sepenuhnya memiliki pengetahuan dalam penerapan AMDAL,

dan juga terutama komitmen pemrakarsa dalam mematuhi ketentuan yang sudah disepakati dalam dokumen AMDAL.

Tujuan mendasar AMDAL adalah untuk internalisasi pertimbangan lingkungan dalam proses perencanaan, pembuatan program dan pengambilan keputusan (Caldwell,1978). Buku pegangan *US Agency for International Development (AID,1974)* menyatakan, tujuan AMDAL adalah untuk menjamin bahwa pertimbangan lingkungan telah diikutsertakan dalam perencanaan, rancangbangun (*design*) dan pelaksanaan proyek. Dalam Undang-Undang No.4 tahun 1982 pasal 16 disebutkan "setiap rencana yang diperkirakan mempunyai dampak penting terhadap lingkungan wajib dilengkapi dengan analisis mengenai dampak lingkungan". Di sini jelas, AMDAL diperuntukan bagi suatu rencana, sehingga menurut undang-undang tidaklah tepat menggunakan AMDAL bagi proyek yang telah selesai dan telah operasional.

Menurut PP Nomor 29 tahun 1986, pasal 39 bahwa untuk proyek yang sudah jadi (beroperasi) digunakan Penyajian Evaluasi Lingkungan (PEL) atau Studi Evaluasi Lingkungan (SEL). PP No. 29 tahun 1986 telah dicabut dan diganti dengan PP No.51 tahun 1993 tetapi tidak menyebutkan adanya PEL dan SEL. Untuk itu pemerintah telah mengeluarkan peraturan tentang audit lingkungan yang diperuntukkan bagi proyek yang sedang berjalan. Cara lain ialah untuk menggunakan metode Analisis Manfaat dan Risiko Lingkungan (AMRIL) (Soemarwoto, 1981).

Dampak lingkungan disebabkan oleh adanya aktivitas. Apabila aktivitas yang direncanakan belum diketahui maka dampak yang akan terjadi juga belum dapat diperkirakan. Karena itu AMDAL juga tidak dapat digunakan untuk perencanaan dini pengelolaan lingkungan, misalnya; suatu daerah yang mempunyai potensi besar untuk pembangunan, tetapi belum mempunyai rencana pembangunan.

c). Prospek Analisis Mengenai Dampak Lingkungan

Analisis Mengenai Dampak Lingkungan lahir dengan tujuan untuk mengatasi terjadinya kerusakan lingkungan oleh adanya kegiatan manusia. Usaha manusia untuk menghindari kerusakan lingkungan sebenarnya secara naluriah telah lama dilakukan orang, misalnya; membuat cerobong asap di dapur rumah untuk menghindari terjadinya pencemaran udara, membuat sengkedan di areal perkebunan rakyat untuk melindungi tanah dari erosi. Tetapi dengan makin meningkatnya intensitas kegiatan manusia maka usaha perlindungan lingkungan tadi tidak lagi memadai, sementara intensitas dampak pun meningkat dan makin bersifat lintas sektoral. Analisis dampak lingkungan sebagai sarana untuk mengatasi masalah itu, dan kesadaran lingkungan penduduk pun dituntut lebih meningkat.

Kesadaran lingkungan dapat tumbuh dari hati nurani, atau dorongan oleh adanya peraturan lingkungan maupun oleh adanya kritik masyarakat. Kesadaran manusia juga makin tumbuh kuat akibat adanya bahaya yang mengancam kehidupan di bumi, seperti adanya zat pencemar yang terus meningkat, dan bencana alam. Contoh lain adalah ancaman *global warming*, hujan asam, lubang ozon di stratosfer (Brown, 1986; WCED, 1987 ; WRI & IIED, 1986).

Meningkatnya kesadaran penduduk serta adanya perundang-undangan lingkungan telah mendorong dan memaksa para pemrakarsa proyek untuk memasukkan pertimbangan lingkungan ke dalam perencanaannya. Pertimbangan itu juga bersifat lintas sektoral. Apabila analisis dampak lingkungan makin banyak dilakukan secara dini dan menjadi bagian integral telaah kelayakan, maka sifat AMDAL sebagai kegiatan khusus menjadi makin kabur. Dengan demikian kebutuhan akan AMDAL sebagai kegiatan khusus akan makin menyusut. Berusaha agar AMDAL dapat mengeliminasi diri sendiri. Betapapun AMDAL hanyalah terbatas menelaah dampak proyek sedangkan pertimbangan lingkungan adalah lebih luas daripada itu.

C. Prinsip Analisis Dampak

Gibson (1993) menyarankan bahwa seperangkat prinsip dapat diidentifikasi untuk merancang analisis dampak. Walaupun setiap rancangan tidak mungkin sempurna untuk semua situasi, tetapi dipercaya bahwa dengan melihat delapan prinsip yang akan di paparkan kemudian, akan membantu memperbaiki rancangan. Ditekankan bahwa prinsip-prinsip ini saling terkait dan membentuk satu kesatuan, semuanya harus digunakan bersama. Kedelapan prinsip ini adalah sebagai berikut:

1. ***Satu pendekatan terpadu.*** Masyarakat harus melihat dampak kegiatan mereka pada skala lokal, nasional, dan internasional. Kebutuhan dasar jika terpenuhi, maka kemiskinan dapat dihilangkan, adanya analisis pola konsumsi untuk menentukan implikasi penggunaan sumber-sumber alam serta besaran limbah yang dibuang balik ke lingkungan, serta melihat pula aspek-aspek sosial, budaya dan ekonomi disamping aspek lingkungan. Mengkaji implikasi jangka pendek, menengah, dan panjang juga penting dilakukan. Pendekatan terpadu harus juga memperhatikan dampak kumulatif, dimana paling baik jika dilakukan dengan meningkatkan analisis dampak dengan perencanaan tata ruang lahan regional.
2. ***Semua bentuk keputusan harus ramah lingkungan.*** Analisis dampak harus diberlakukan seluas mungkin, termasuk prakarsa pembangunan dari masyarakat maupun swasta untuk proyek-proyek baru atau perluasan, perbaikan, ataupun perhentian proyek-proyek yang ada. Prinsip ini juga mengharuskan diketahuinya segala hal yang perlu dilakukan berdasar analisis dampak. Prinsip ini bermaksud bahwa kebijakan, program dan proyek harus melalui analisis dampak.
3. ***Analisis dampak harus menekankan pada identifikasi kemungkinan terbaik.*** Prinsip ini menuntut bahwa tujuan dan keunggulan relatif dari alternatif yang dipilih harus dikaji secara kritis. Hal ini dapat mengarahkan pada dipertanyakannya tujuan, meskipun umumnya pertanyaan-pertanyaan tersebut akan menekankan pada pertimbangan tindakan yang dipilih untuk mencapai tujuan.
4. ***Analisis dampak harus berdasarkan hukum, serta harus spesifik, wajib dan dapat diterapkan.*** Prinsip ini memperjelas bahwa analisis dampak merupakan suatu serangan terhadap status quo dan dimaksudkan untuk membawa perubahan dalam

perencanaan dan pengambilan keputusan. Karena menekankan pada perubahan, pemberlakuan yang bersifat sukarela adalah tidak tepat. Harapan terhadap analisis harus dapat dipahami secara jelas, semuanya harus berdasarkan hukum dan peraturan, serta harus dapat diperlakukan berdasar hukum.

5. ***Proses analisis dan penambihan keputusan yang terkait harus terbuka, partisipatif dan adil.*** Prinsip ini mereplesikan konsep-konsep persamaan, pemberdayaan dan keadilan yang merupakan hakikat pembangunan berlanjutan, serta pembangunan partisipasi. Pertimbangannya adalah bahwa analisis dampak mengandung hal-hal ilmiah mauun nilai-nilai sehingga : partisipasi dan kritik luas merupakan cara terbaik untuk melawan kecenderungan bias yang sempit serta meningkatkan kehati-hatin terhadap tanggapan masyarakat luas. "(Gibson, 1993: 19)." ketebukaan dan partisipasi juga akan menghasilkan pendekatan yang seimbang dengan memperhatikan semua golongan dan kepentingan.
6. ***Kondisi dan syarat penerimaan harus dapat dijalankan, kapasitas juga harus ada untuk memantau efek dari pentaatan terhadap peraturan pelaksanaan (juplak) selama pelaksanaan.*** Persetujuan yang dilakukan setelah kajian yang sistematis tidak akan banyak gunanya jika tidak ada kapasitas atau komitmen untuk mengevaluasi pelaksanaan dan meyakinkan diikutinya peraturan. Sementara hal ini merupakan suatu pengetahuan umum, banyak proses analisis dampak tidak memberikan apa yang disebut sebagai "pemaksaan."
7. ***Penerapan yang efisien harus muncul.*** Meskipun efisiensi merupakan perhatian utama dalam proses regulasi, Gibson menyarankan bahwa hal ini sangat penting dalam analisis dampak karena ketidakefisienan akan membawa kekejaman dan antagonisme, yang akan menjadi musuh yang menakutkan. Tujuan jangka panjang analisis dampak adalah mengubah proponen menjadi manusia yang secara otomatis berfikir, berencana, dan bertindak dengan pertimbangan-pertimbangan lingkungan dan sosial antagonisme dan kekejaman akan menjadi persoalan utama dalam mencapai tujuan jangka panjang ini.
8. ***Berbagai cara harus disusun untuk menghubungkan analisis dampak dengan pengambilan keputusan yang lebih tinggi.*** Prinsip terakhir ini berkaitan erat dengan prinsip pertama yang menyarankan pendekatan terpadu. Oleh karenanya, penting

untuk meneruskan hasil-hasil analisis dampak pada proses pengambilan keputusan dan program yang lebih luas, serta digunakan untuk membantu dan mengembangkan kriteria yang digunakan untuk menilai fungsi lingkungan.

D. Metode AMDAL

Dalam melakukan AMDAL diperlukan metode yang tepat agar hasilnya menjadi efektif dan mencapai sasaran. Bervariasinya masalah lingkungan baik dalam skala, jenis, dan bobotnya, maka diperlukan metode yang efektif bagi masing-masing kasus tersebut. Disamping itu, kondisi sosial-ekonomi dan budaya masyarakat membuat tiap kasus membutuhkan metode tertentu sehingga dapat diperoleh hasil yang optimal. Metode yang maksud adalah mekanisme yang terstruktur untuk tujuan identifikasi, koleksi dan organisasi data mengenai dampak lingkungan. Dalam hal ini, metode dipandang sebagai alat dimana informasi disajikan dalam suatu format visual yang bervariasi untuk dikaji dan diinterpretasi oleh pembuat keputusan dan anggota masyarakat.

Sejauh ini telah banyak metode yang telah dikembangkan dan dicoba efektifitasnya dalam menganalisa dampak atas pembangunan proyek tertentu. Beberapa metode yang lazim digunakan adalah Metode Adhoc (*Ad hoc Methods*); metode daftar (*Checklists*), Metode pemetaan (*Overlay mapping*), sistem jaringan (*networks*); sistem diagram (*diagram system*), dan model simulasi (*simulation models*)

1. Metode Ad Hoc

Metode ini memberikan evaluasi umum tentang daerah-daerah dampak tanpa menyediakan penjelasan yang spesifik tentang parameter yang diteliti sehingga metode ini hanya menyediakan petunjuk yang minimal terhadap AMDAL. Metode ini mengidentifikasi dampak dari pada satu area yang luas yang menjelaskan parameter-parameter yang spesifik yang harus diteliti. Keuntungan dari metode ini adalah mudah dipakai dan disiapkan karena metode ini secara umum terdiri dari pernyataan-pernyataan tentang persyaratan data tanpa

memberikan kerangka dampak-dampak yang spesifik pada parameter lingkungan yang bisa disebabkan oleh suatu proyek. Namun metode ini mencakup ide dasar dalam menentukan alternatif-alternatif bagi proyek yang diusulkan atau dalam memilih lokasi. Namun demikian, metode ini mempunyai kelemahan-kelemahan sebagai berikut:

- a. tidak ada kepastian atau jaminan terhadap identifikasi yang komprehensif tentang seluruh dampak yang terkait.
- b. kurangnya konsistensi dalam analisa karena terbatasnya petunjuk khusus
- c. ketidakefektifan yang diakibatkan oleh identifikasi dan formulasi suatu panel yang cocok bagi penilaian masing-masing dampak.

2. Metode Daftar

Metode daftar (checklist) ini yang pertama kali dikembangkan untuk keperluan AMDAL dan masih tetap digunakan meskipun dalam bentuk yang berbeda. Metode ini meliputi suatu daftar parameter lingkungan yang potensial untuk dipengaruhi oleh suatu proyek yang mungkin menjadi penyebab dampak untuk diteliti. Cara daftar ini bisa bervariasi dari daftar yang sederhana sampai yang lebih kompleks dan rumit yang mencakup skala dan bobot dari dampak-dampak yang diteliti itu. Ada lima tipe ceklis yang bisa digunakan yaitu (1) metode daftar sederhana (simple list) (2) daftar deskriptif (descriptive checklist); (3) daftar berskala (scaling checklist); (4) daftar pertanyaan (questionnaire checklist); (5) metode dengan menggunakan teori utilitas beratribut banyak atribut (multi attribute utility theory) tetapi didasarkan pada suatu daftar parameter lingkungan.

- a. **Daftar sederhana.** Metode ini hanya memuat suatu daftar faktor-faktor lingkungan dan sangat mudah untuk dipakai. Metode ini bekerja dengan menitikberatkan/mengfokuskan perhatian pada daftar tersebut ketika melaksanakan AMDAL. Mereka menyakinkan bahwa tidak ada faktor penting yang dihindari/dihapus dari analisa. Cara ini tidak memberikan petunjuk apapun bagaimana suatu dampak itu dinilai, jenis metode perkiraan yang digunakan dan jenis data yang dibutuhkan. Namun demikian, jenis ini masih memberikan petunjuk bagaimana bobot dampak ditentukan.

- b. **Daftar yang deskriptif.** Tipe ini memberikan petunjuk tentang penilaian. Metode ini menyajikan faktor-faktor yang harus diteliti dalam AMDAL dan tiap faktor itu dijelaskan metode dan teknik perkiraan yang cocok untuk digunakan, juga memberikan gambaran bagaimana dampak dari faktor-faktor tersebut terhadap masyarakat. Tipe ini menjelaskan pula pertimbangan dampak lingkungan terhadap distribusi yang berbeda antara kelompok masyarakat.
- c. **Daftar berskala.** Metode jenis ini sangat diminati bagi perencana pembangunan yang berwawasan lingkungan akhir-akhir ini. Daftar jenis ini mencakup ambang bobot masalah yang memberikan arahan langsung terhadap kebutuhan untuk menginterpretasikan signifikansi dampak-dampak yang muncul dari alternatif pengelolaan. Jenis ini mencakup suatu daftar tentang elemen-elemen lingkungan atau sumberdaya seperti kualitas air, habitat, kehidupan tanaman dan hewan liar, dan kualitas udara, dengan dilengkapi dengan kriteria yang menunjukkan angka dari sumber daya yang diinginkan.
- d. **Daftar pertanyaan.** Metode ini mencakup serangkaian daftar pertanyaan yang saling berkaitan terhadap dampak-dampak untuk dijawab oleh orang atau pihak yang dibutuhkan dalam AMDAL.
- e. **Teori utiliti beratribut banyak-TUBBA.** Metode TUBBA ini didasarkan pada tulisan Von Neumann and Morgensten (1953) dan dikembangkan lebih lanjut oleh Keeney dan Raiffa (1976). Metode ini berlandaskan pada pemikiran bahwa proyek-proyek alternatif bisa memiliki banyak dampak lingkungan yang berbeda dan juga menunjukkan kadar yang berbeda dan tipe dampak yang sama. Metode ini menyediakan suatu dasar yang logis untuk membandingkan dampak dari alternatif-alternatif untuk membantu dalam mengambil keputusan (Bisset, 1987). Teori nilai guna (*utility*) ini sering diterapkan pada penentuan lokasi pembangkit energi (listrik) yang besar. Namun demikian, metode ini bisa juga diterapkan untuk penilaian dampak lingkungan dari proyek-proyek alternatif, seperti yang dilakukan oleh Collins dan Glysson pada tahun 1990 yang menguji dua alternatif sistem pembuangan sampah soloid (*solid waste disposal systems*). Metode ini membutuhkan penguasaan dasar-dasar teori utiliti. Nampaknya sulit bagi anggota masyarakat yang berminat dan para pengambil keputusan untuk mengikuti langkah-

langkah dalam proses menghasilkan indeks atau skala, terkecuali kalau mereka dilatih atau di didik tentang pengetahuan logika dan matematika. Salah satu keuntungan utama dari metode utiliti ini adalah kemampuannya untuk mengamati perubahan-perubahan yang akan terjadi sebagai akibat dari perubahan fungsi utiliti dan asumsi-asumsi probabilitas. Jika perhitungannya dilakukan dengan komputer, maka efek dari analisa sensitifitas bisa dilihat dengan segera. Analisa seperti itu menunjukkan kekuatan (robustness) dari hasil-hasil awal dan menunjukkan variabel penting atau dominan terhadap hasil akhir.

- f. **Sistem Evaluasi Lingkungan** ini adalah metode daftar dengan menyertakan skala dan bobot tertentu untuk masalah yang diteliti. Metode ini dikembangkan oleh Laboratorium Battele di Amerika Serikat. Metodologinya membutuhkan pengembangan suatu kerangka dampak lingkungan dengan memberikan bobot terhadap kadar dampak dan memberikan skala tertentu terhadap dampak dalam kaitannya dengan kualitas lingkungan melalui teknik survei pendapat, dan akhirnya diperhitungkan unit-unit dampak lingkungan baik dengan tanpa proyek atau dengan proyek. Biswas dan Guping (1978) berpendapat bahwa metode ini mempunyai beberapa kelemahan: 1) terlalu kompleks bagi banyak negara; 2) sering keterkaitan dampak tidak diidentifikasi; 3) pertimbangan waktu kurang diidentifikasi dengan jelas, misalnya dampak selama fase pembangunan proyek tidak dibedakan dengan fase operasi proyek; 4) banyak informasi yang berharga untuk mengambil keputusan yang bisa jadi hilang karena dikonversi dalam bentuk angka-angka; 5) sulit bagi orang biasa untuk memahami metodologi ini, dan karena tergantung semata pada ahlinya; 6) tidak memungkinkan untuk menilai berbagai kemungkinan yang cenderung dinamis dan untuk kepentingan monitoring.

Jenis daftar 1,2,3 adalah berguna untuk menyusun langkah awal dari proses penilaian yang berfungsi sebagai petunjuk awal dan membantu untuk menyakinkan bahwa faktor-faktor utama untuk analisa bisa terekam semuanya. Metode yang lebih kompleks seperti TUBBA bisa dipakai untuk melaksanakan seluruh aktifitas AMDAL lebih lanjut dan menghasilkan jawaban terhadap apa yang ingin dinilai, berdasarkan aturan yang ketat, sehingga melahirkan bentuk alternatif terbaik bagi pembangunan. Namun demikian, metode daftar ini mempunyai dua keterbatasan (Biswas dan Guping, 1978): 1) AMDAL tergantung

sekali pada pengalaman dan penilaian pribadi dari para ahli saja, sehingga memungkinkan terjadinya bias; 2) hubungan sebab-akibat antara kegiatan proyek dan parameter lingkungan tidak bisa diidentifikasi.

3. Metode Matriks

Metode matriks adalah suatu daftar dari kegiatan proyek dan daftar dampak atau atribut lingkungan yang dihubungkan dalam bentuk matriks untuk mengidentifikasi hubungan sebab akibat dalam suatu proyek. Sistem matrik ini terdiri daftar horisontal dari aktifitas proyek yang berlawanan dengan daftar vertikal dari parameter lingkungan. Hubungan sebab akibat antar kegiatan proyek dan parameter lingkungan dicirikan dengan tanda tertentu yang ditempatkan pada sel yang menghubungkan keduanya.

Ada dua jenis sistem matriks yang digunakan :

- a. **Matrik interaksi sederhana.** Sistem ini merupakan grafik dua dimensi yang menunjukkan kegiatan proyek dengan parameter lingkungan.
- b. **Matrks yang diberi tanda dan bobot.** Penyempurnaan dari sistem matriks sederhana dengan memasukkan kadar dan bobot dampak dengan menggunakan sistem kelas atau tingkat tertentu.

Metode ini agak mirip dengan metode daftar yaitu menggantungkan penilaiannya pada pengetahuan ahli dan mensyaratkan data ekologi yang terbatas. Namun demikian, metode ini bermanfaat dalam mengidentifikasi dampak yang mungkin terjadi dan lebih lanjut bisa dikembangkan dengan menyajikan efek interaktif dan karakteristik dimensi dari dampak-dampak tersebut. Selain itu, metode ini cukup efektif untuk menyajikan dampak lingkungan pada peserta kursus misalnya hanya dalam bentuk visual tunggal. Kelemahan dari metode ini adalah tidak diberinya kriteria yang cukup bagi para pengambil keputusan serta kemungkinan untuk melakukan monitoring lebih lanjut.

4. Metode Pemetaan

Sistim pemetaan (*overlay mapping*) yaitu identifikasi masalah lingkungan dengan menggunakan suatu map (peta) tentang karakteristik lingkungan yang dievaluasi (biologi, udara, ekonomi dan sebagainya) yang dipersiapkan pada bahan transparan sehingga menggambarkan keadaan menyeluruh sehingga memungkinkan bagi para pengambil keputusan untuk melihat keseluruhan situasi lingkungan.

Metode pemetaan ini dilakukan secara manual dan dengan bantuan komputer. Untuk metode manual, sebuah kertas gambar dipersiapkan sebagai peta dasar yang menunjukkan lokasi proyek dan batas-batas daerah yang akan dianalisa dampaknya. Ringkasan karakterisasi lingkungan yang bisa dipengaruhi oleh proyek disajikan dalam peta tersebut berdasarkan penilaian ahlinya. Tingkat dampak yang terjadi dicirikan oleh intensitas warna (dari putih sampai hitam) yang digambarkan pada peta tersebut. Pada lokasi yang bisa memperoleh dampak yang lebih serius diberi warna lebih gelap atau hitam dan begitu pula sebaliknya. Dengan demikian, bagaimana tingkat dampak yang terjadi bisa mati dari warna yang diberikan. Representasi dampak seluruhnya dari suatu proyek bisa diperoleh dengan menempatkan masing-masing kode warna pada peta tersebut. Dampak keseluruhan dari berbagai lokasi ditunjukkan oleh intensitas relatif dari warna tersebut. Kelebihan dari metode pemetaan manual ini adalah hasilnya dengan mudah bisa dimengerti dan sangat bagus untuk menunjukkan distribusi dampak pada wilayah-wilayah tertentu. Dengan demikian, adalah relatif mudah untuk menghubungkan antara dampak individual dan dampak agregatnya terhadap penduduk sekitar. Sedangkan kekurangannya adalah sangat sulit untuk menganalisa banyak peta hamparan dalam satu waktu, karena setiap dampak pada suatu wilayah membutuhkan peta transparansi sendiri-sendiri.

Salah satu cara untuk mengatasinya adalah dengan menggunakan metode pemetaan komputer seperti yang pernah diprakarsai oleh Dooley dan Newkirk tahun 1976. lokasi yang dianalisa dampaknya dibagi dalam beberapa lokasi yang lebih kecil. Kemudian tiap lokasi kecil ini. Lalu informasi tentang karekterisasi lingkungan dianalisa. Tiap variabel pada lokasi kecil tersebut ditentukan tingkat dampaknya dari satu sampai enam. Nilai enam untuk dampak yang sangat berbahaya dan harus betul-betul dicegah. Sejumlah aturan tertentu diterapkan untuk menentukan skor bagi tiap variabel pada lokasi-lokasi kecil tersebut.

Dengan bantuan komputer lalu menghasilkan peta distribusi dampak lingkungan. Yang ditandai dengan warna keputih-putihan menunjukkan dampak yang rendah, dan ditandai lebih gelap bagi yang berdampak serius. Dengan bantuan komputer dimungkinkan untuk memasukkan banyak informasi dan data. Dengan penggunaan sistem bobot nilai terhadap dampak tersebut bisa menganalisa mana variabel dampak yang menonjol dan tidak. Disamping itu dimungkinkan pula untuk melakukan analisa kepekaan. Jika dilakukan perubahan asumsi atau pertimbangan lainnya kedalam analisa dan bisa diketahui bagaimana implikasinya.

Menurut Bisset (1978), keunggulan metode ini adalah bisa menggambarkan distribusi dampak secara spatial, tetapi dianggap kurang berhasil dalam karakterisasi lingkungan seperti probabilitas, waktu dan rearsibilitas. Metode ini dianggap cocok untuk pembangunan yang bersifat linear seperti pemasangan pipa jalan raya dan jaring-jaring transmisi. Dengan metode ini, bisa ditentukan pada lokasi mana yang lebih kecil dampaknya untuk rute pembangunan linear itu. Dua masalah utama dengan metode ini adalah menyangkut definisi batas dan faktor heterogenitas. Ketika peta dibuat, garis batas atau demarkasi antar lokasi sering kali tidak menggambarkan kondisi nyata dari lokasi. Disamping itu, sering kondisi dilapangan sangat heterogen yang meliputi berbagai macam karakterisasi lingkungan, sehingga sulit digambarkan pada peta transpirasi.

5. Metode Network

Metode ini merupakan suatu garis sebab akibat dari parameter lingkungan untuk diteliti dampak-dampak yang potensial. Sering pula, suatu set garis-garis sebab akibat juga dibuat untuk mengidentifikasi efek dan berbagai alternatif (Rona, 1988). Konsep dari metode ini agak mirip dengan metode diagram. Metode Network pertama kali diperkenalkan oleh Sorensen (1971) untuk membantu perencana bagi rekonsiliasi penggunaan lahan di daerah pantai di Kalifornia AS. Metode ini dikembangkan untuk mempertimbangkan secara eksplisit tentang dampak sekunder, tersier dan dampak lebih lanjut yang mungkin timbul dari dampak primer. Karena Network yang diprakarsai Sorensen ini sangat besar, maka

dimungkinkan bisa dianalisa dengan lebih mudah jika dibantu dengan komputer. Badan Kehutanan AS telah mengembangkan Network Komputer yang dikenal dengan IMPACT Network yang terdiri dari dua bagian. Pertama, bagian yang mencakup jaringan sebab akibat dari dampak sosial, ekonomi dan lingkungan dan aktivitas manusia (kehutanan). Kedua, bagian yang mencakup program komputer interaktif yang membantu peneliti untuk menggunakan data dasar sekaligus menganalisa bobot dampak dari proyek yang diusulkan.

Metode network ini adalah sangat bermanfaat untuk mengarahkan proyek AMDAL pada dampak-dampak yang tidak langsung yang mungkin bisa timbul dari proyek. Metode ini menyajikan gambaran visual ringkas serta berguna tentang dampak-dampak suatu proyek yang mudah dimengerti oleh para pengambil kebijakan serta anggota masyarakat. Hal ini merupakan kelebihan utama dalam kaitannya dengan metode *checklist*. Namun demikian, metode ini tidak memberikan kriteria untuk menentukan apakah suatu dampak tertentu adalah lebih penting dari yang lainnya.

6. Metode Diagram

Metode diagram relatif mirip dengan metode network karena juga menggambarkan sistem lingkungan yang kompleks tentang komponen yang saling berkait, dengan demikian dapat menangani dampak sekunder dan dampak lebih lanjut. Sistem ini didasarkan pada kenyataan bahwa sistem lingkungan didasarkan pada pemanfaatan dan proses energi. Sistem diagram mencakup suatu skema tentang komponen-komponen sosial ekonomi dan lingkungan yang dihubungkan bersama-sama dengan garis-garis yang tegas. Garis-garis ini menggambarkan arah aliran energi, sehingga jumlah energi yang berbeda dapat dipakai sebagai indikator untuk mengukur kadar dampak dari suatu kegiatan pembangunan. Dengan demikian, metode ini mampu mengukur secara komparatif tentang kadar dampak yang berbeda dalam satu satuan yang umum.

Kelebihan dari metode ini adalah kemampuannya untuk menyajikan unit yang umum dalam pengukuran semua dampak. Metode ini dapat membantu membuat

keputusan tentang peranan relatif dari dampak yang berbeda serta mengidentifikasi dampak yang tidak langsung. Namun yang menjadi masalah adalah metode yang hanya terfokus pada hubungan energi dalam mengkaji dampak lingkungan, sehingga dalam pelaksanaannya harus juga memperhatikan hubungan penting lainnya dengan ekosistem yang diteliti. Konstruksi sistem diagram untuk ekosistem tertentu memakan waktu dan mahal. Dibutuhkan revisi secara periodik, tidak hanya memperhitungkan variasi alamiah tetapi juga gangguan manusia sehingga dibutuhkan kerja tambahan dan menimbulkan biaya yang sangat mahal.

7. Metode Simulasi

Metode simulasi didasarkan pada hasil kerja Holling dan kawan-kawan dari Institut Ekologi Sumberdaya Hewan pada Universitas British Columbia, Canada pada tahun 1978, yang kemudian dikenal sebagai *Adaptive Environmental Assessment and Management* (AEAM). AEAM menggunakan workshop kecil yang terdiri dari saintis, pengambil keputusan dan ahli modeling komputer untuk membuat model simulasi terhadap sistem yang mungkin dipengaruhi oleh proyek pembangunan. Peserta workshop harus mencapai konsensus tentang variabel penting dalam hubungannya dengan sistem yang diteliti. Hasil ini dibuatkan model simulasinya yang mencakup hubungan kuantitatif antara parameter yang diteliti.

Sebelum model simulasi disusun, ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu menentukan wilayah dan batas waktu studi, serta membuat definisi tentang alternatif-alternatif (misalnya proyek dibatalkan, proyek jalan atau proyek jalan dengan syarat, dan sebagainya) yang dipertimbangkan dalam model. Setelah hal-hal tersebut dipenuhi, diikuti dengan langkah-langkah lebih lanjut. Paling tidak ada tiga langkah dalam menyusun model simulasi;

- a. Mengidentifikasi variabel-variabel sistem dan mengelompokkannya berdasarkan beberapa ciri-ciri umum, sehingga terdiri dari sub-sistem tertentu.

- b. Menghubungkan variabel-variabel tersebut dalam bentuk diagram seperti pada sistem network dan diagram.
- c. Mengidentifikasi indikator-indikator dampak. Indikator ini meliputi komponen-komponen lingkungan yang dipandang mempunyai konsekuensi penting jika terjadi perubahan status dan keadaannya. Deskripsi kualitatif dan kuantitatif dari indikator-indikator tersebut memberikan informasi yang esensial bagi para pengambil keputusan maupun masyarakat dalam menilai suatu usulan proyek atau proyek alternatif lainnya.

Kelebihan dari metode ini adalah bahwa sekali modelnya disusun dan dikomputerisasi dapat dipakai untuk menunjukkan efek dari aksi pengelolaan alternatif yang bervariasi. Disamping itu, model dapat menunjukkan dengan cepat efek dari perubahan dari asumsi atau informasi baru terhadap kecenderungan sosial ekonomi dan lingkungan, sehingga merupakan alat manajemen yang sangat berguna setelah proyek berjalan. Selain itu model simulasi dapat menangani banyak karakteristik dampak seperti pengaruh waktu, dimensi wilayah dan probabilitas, bahkan dapat membantu dalam interpretasi dan evaluasi dampak.

E. Teknik Analisis Dampak

Menurut Mitchell dkk (2003: 196) paling tidak terdapat empat teknik berbeda yang digunakan untuk mengidentifikasi dampak, adalah sebagai berikut;

1. **Checklist.** Checklist menyajikan daftar hal-hal penting yang harus diteliti. Dalam hal ini checklist berfungsi sebagai pedoman untuk mengingatkan peneliti tentang beberapa aspek yang dianggap penting. Sebuah checklist tidak dimaksudkan untuk menjelaskan hubungan sebab-akibat berbagai aspek yang ada dalam daftar serta kegiatan proyek. Butir-butir yang terdapat dalam daftar didasarkan atas pengalaman umum dalam analisis dampak, yang mana peneliti harus menentukan apa saja yang sekiranya akan terjadi.

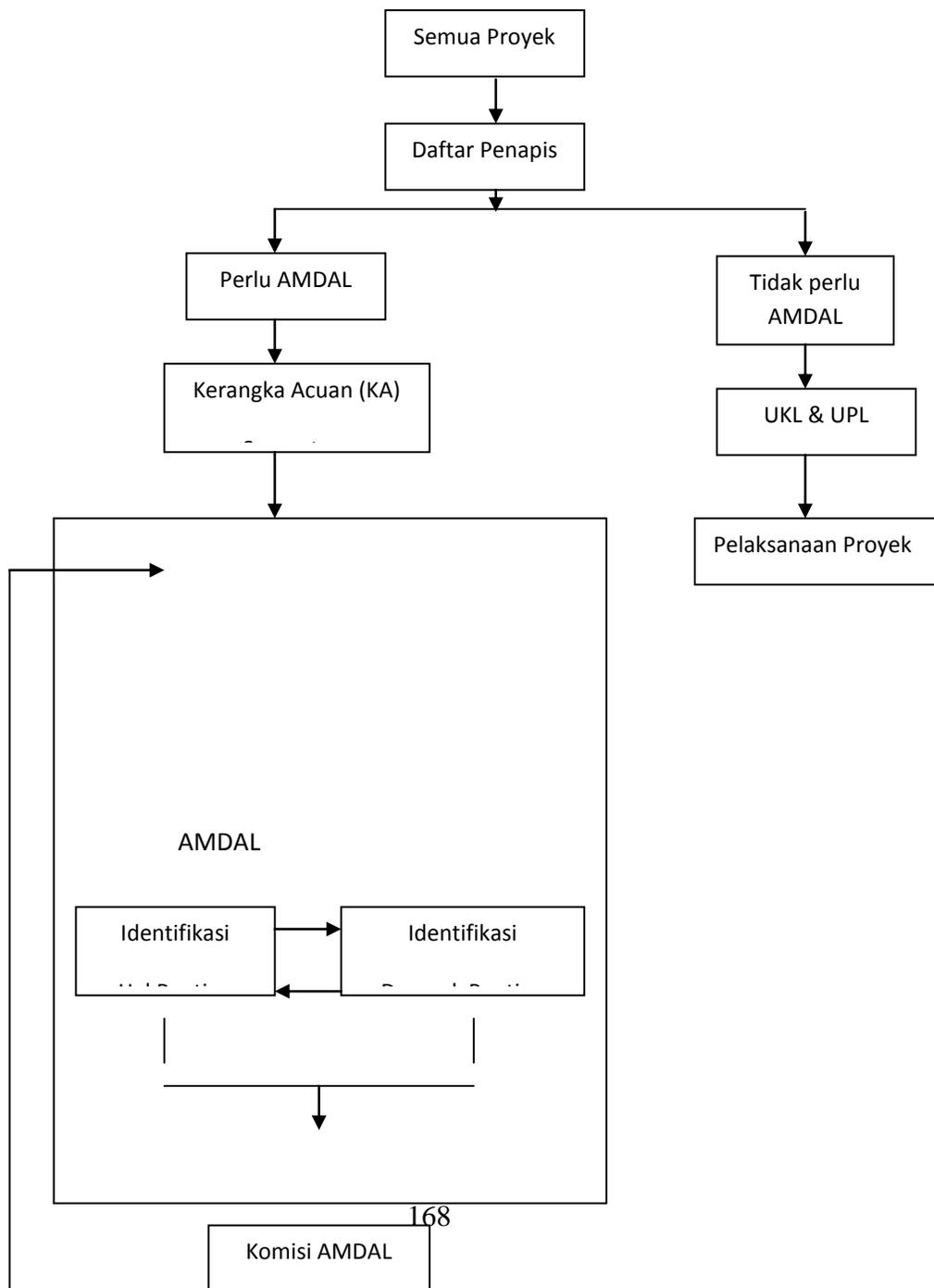
2. **Overlay.** Teknik ini memanfaatkan beberapa peta yang menggambarkan karakteristik lingkungan dan sosial wilayah proyek. Peta ini digabung untuk mendapatkan suatu gambaran lengkap yang menjelaskan karakteristik suatu wilayah. Suatu keputusan tentang karakteristik dapat menentukan hal sensitif dan bernilai, serta dampaknya disimpulkan.
3. **Matrices.** Teknik ini lebih baik dari checklist, yang mana karakteristik lingkungan dan sosial diidentifikasi dalam satu kolom dari matriks dan kegiatan proyek pada kolom lain. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi tingkatan pertama hubungan sebab-akibat antara kegiatan yang akan dilakukan dan dampaknya.
4. **Networks.** Teknik ini dimulai dengan identifikasi kegiatan yang diusulkan, diikuti dengan hubungan sebab-akibat pada berbagai tingkatan (langsung maupun tidak langsung). *Networks* secara nyata mengakui adanya suatu dampak berantai yang mungkin ditimbulkan oleh satu kegiatan, dan merupakan suatu keharusan untuk melacak rangkaian dampaknya, mulai dari tingkat pertama, kedua dan ketiga.

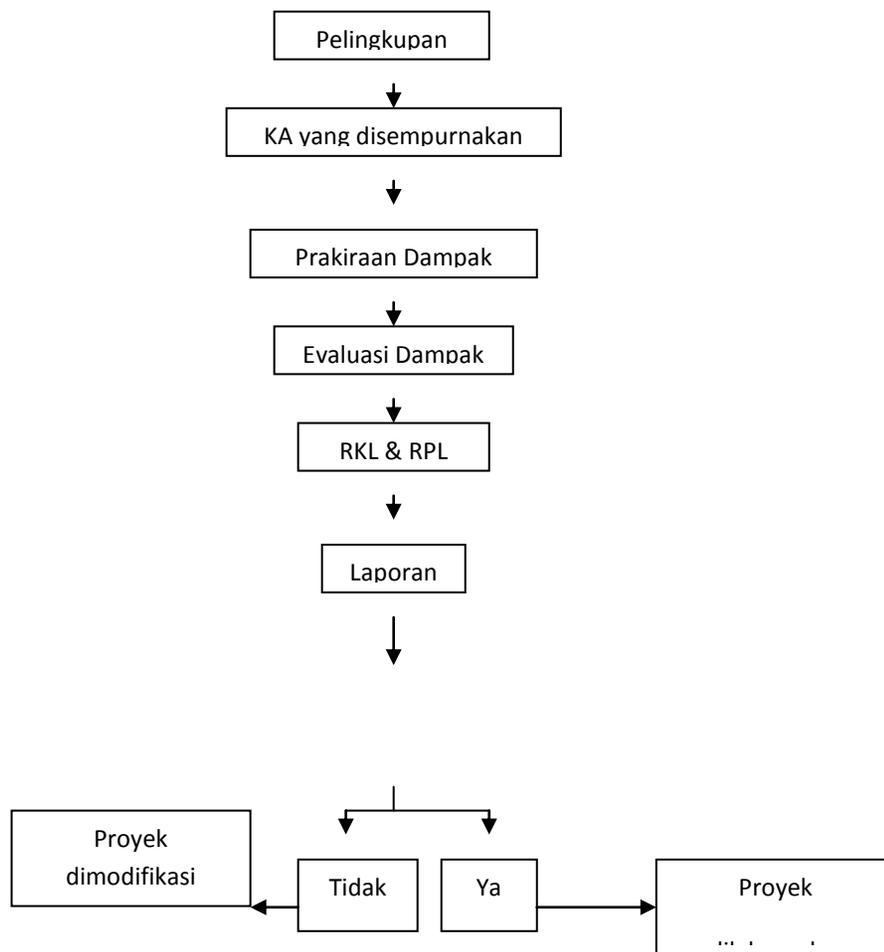
Keempat teknik di atas diurutkan mulai dari yang paling sederhana. *Networks* secara teoritik merupakan teknik yang paling maju, tetapi juga paling kompleks dan memerlukan banyak waktu. Lebih jauh lagi, *networks* seringkali juga sulit dilakukan karena mungkin tidak cukup data dan informasi untuk melacak berbagai dampak berantai. Sebaliknya, *checklist* dan *overlay* relatif lebih mudah dan selalu dipakai pada tahap awal analisis dampak. Sekali dampak telah diidentifikasi melalui *checklist* dan *overlay*, analisis lebih lanjut menggunakan *matrices* dan *networks* dapat dilakukan.

Penting dicatat adanya teknik kelima yang selalu digunakan, yakni yang biasa disebut sebagai *pendapat ahli atau profesional*. Teknik ini tidak secara langsung memanfaatkan kelima teknik di atas, melainkan didasarkan atas pengetahuan dan pengalaman seseorang dalam mengevaluasi banyak kasus sejenis dan menentukan aspek yang dianggap penting. Pendapat ahli dapat menjadi masalah karena seseorang dengan pendidikan rendah tetapi telah hidup di wilayah studi dalam jangka waktu lama mungkin mempunyai kapasitas tinggi, tetapi tidak mempunyai pengalaman dengan wilayah tersebut.

Prosedur Kerja

Analisis Mengenai Dampak Lingkungan merupakan suatu proses yang terdiri atas banyak langkah. Semula menurut PP 29 tahun 1986 prosedur AMDAL sangat panjang. Dengan dicabutnya PP ini dan digantinya dengan PP 51 tahun 1993 prosedur itu disederhanakan. Dalam gambar 7.3. disajikan skema proses AMDAL dan penapisan yang mendahuluinya sesuai dengan PP 51 tahun 1993.





Gambar 7.3. Skema proses Pelaksanaan penapisan dan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan.

Dalam garis besarnya, langkah-langkah dalam AMDAL dilakukan secara berurutan. Pada umumnya langkah yang lebih awal memberikan masukan untuk langkah berikutnya. Namun antara langkah yang satu dengan lainnya terdapat hubungan umpanbalik, sehingga langkah yang lebih awal dapat dipengaruhi oleh langkah berikutnya. Misalnya, antara pelingkupan dengan identifikasi dampak potensial terdapat kaitan umpan balik yang sangat erat. Demikian pula prakiraan dan evaluasi dampak memberikan masukan pada lingkungan dan *vece-versa*. Oleh karena kaitan yang erat antara langkah yang satu dengan yang lain,

seyogyanya hasil yang telah dicapai dalam suatu langkah tidaklah dianggap final, melainkan dapat mengalami perubahan berdasarkan pertimbangan hasil yang diperoleh dalam langkah yang kemudian.

Penyempurnaan langkah yang lebih awal oleh adanya umpanbalik dari langkah yang dilakukan kemudian disebut *iterasi*. Tetapi kelenturan dan *iterasi* ini tidak boleh menghilangkan sistematika dalam Analisis Mengenai Dampak Lingkungan. Tidak jarang terjadi tercampur aduknya langkah yang satu dengan yang lainnya dengan akibat menjadi tidak jelasnya dasar ilmiah suatu atau beberapa operasi tertentu. Akibat tidak adanya sistematika yang jelas ialah juga digunakannya metode tertentu untuk langkah yang tidak sesuai. Misalnya, metode tumpang tindih McHarg (McHarg, 1969) bukanlah cara untuk mengidentifikasi dampak, melainkan metode untuk prakiraan penyebaran geografis nilai penting dampak negatif. Masing-masing langkah mempunyai sifat berbeda-beda. Karena itu diperlukan metode yang berbeda-beda pula dan harus dipilih atau dikembangkan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dalam masing-masing langkah. Masing-masing langkah itu baik untuk suatu tujuan tertentu, tetapi tidak sesuai untuk tujuan lain. Tak ada metode yang universal baik. Kumpulan metode dalam AMDAL itu disebut metodologi AMDAL.

1. Penapisan

Penapisan bertujuan untuk memilih rencana pembangunan mana yang harus dilengkapi dengan analisis mengenai dampak lingkungan. Langkah ini sangat penting bagi pemrakasa untuk dapat mengetahui sedini mungkin apakah proyeknya akan terkena AMDAL. Hal ini berkenaan dengan rencana anggaran biaya dan waktu.

Seperti diamanatkan dalam pasal 16 Undang-undang No.4, tahun 1982, hanya rencana proyek yang diperkirakan akan mempunyai dampak penting terhadap lingkungan saja yang diwajibkan untuk dilengkapi dengan AMDAL. Dengan penapisan ini diharapkan kepedulian kita terhadap lingkungan tidak akan mengakibatkan bertambahnya waktu, tenaga dan biaya yang berlebihan yang diperlukan untuk pembangunan. Dalam keadaan

ekstrem, penentuan diperlukan atau tidak diperlukannya AMDAL adalah mudah. Misalnya, rencana untuk mendirikan sebuah gedung sekolah dasar jelaslah tidak memerlukan AMDAL. Sebaliknya rencana untuk membangun sebuah Pusat Tenaga Listrik (PLTN) jelas memerlukan AMDAL. Sulit menentukan diperlukan atau tidak diperlukannya AMDAL untuk rencana proyek yang ada di antara kedua ekstrem tersebut. Di Indonesia penapisan dilakukan dengan daftar positif seperti ditentukan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (Kepmen-11/MENLH/4/1994).

2. Pelingkupan

Pelingkupan (*scoping*) ialah penentuan ruang lingkup studi ANDAL, yaitu bagian AMDAL yang terdiri atas identifikasi, prakiraan dan evaluasi dampak. Pelingkupan ANDAL tampaknya adalah suatu hal yang lumrah yang tidak perlu dibicarakan. Semua mahasiswa dilatih melakukan pembatasan ruang lingkup permasalahan pada waktu mendapat tugas membuat makalah dan skripsi. Tetapi jika kita lihat laporan AMDAL di dalam maupun di luar negeri, batas penelitiannya sering tidak jelas, fokusnya kabur. Terjadinya kekaburan batas dan fokus itu ialah keharusan dilakukannya ANDAL secara komprehensif.

Di Amerika Serikat, tempat lahirnya AMDAL, laporan AMDAL dapat ditelaah oleh umum, baik pakar maupun orang awam. Pada tahun 1960-an dan permulaan 1970-an ekologi menjadi buah bibir orang, baik pakar, orang awam maupun para politisi. Berita tentang pencemaran DDT yang residunya terdapat dalam ikan, rumput, air susu sapi, air susu ibu dan bayi menjadi berita hangat dan beredar dengan luas. Demikian pula penyakit Minamata di Jepang yang disebabkan oleh limbah industri yang di buang ke Teluk Minamata, terakumulasi dengan plankton dan ikan melalui rantai makanan dan akhirnya terkumpul dalam tubuh manusia dan menyebabkan penyakit neurologis yang mengerikan. Buku *The Silent Spring* (1962) laku dengan keras, dan terbentuklah citra dalam benak masyarakat bahwa karena proses ekologi yang mempelajari hubungan timbal-balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya, maka laporan AMDAL haruslah secara komprehensif. Masyarakat dapat menanyakan segala sesuatu dari mikroba, semut, cacing, kupu-kupu,

domba dan sapi, lumut, paku-pakuan, semak pohon, sampai pada hutan; bayi, anak dan orang dewasa sampai pada populasi manusia tertentu. Untuk menghadapi pertanyaan yang amat luas itu, AMDALpun dibuat sangat luas. Batas permasalahan dan fokus penelitian kabur atau tidak ada.

Walaupun ekologi mempelajari interaksi makhluk hidup dengan lingkungannya dan lingkungan terdiri atas banyak komponen, sehingga interaksi itu bersifat kompleks, namun anggapan "semua terkait dengan semua" tidaklah benar (Holling, 1978). Hanya komponen atau proses tertentu sajalah yang dapat menimbulkan perubahan yang besar atau rantai proses yang panjang. Salah satu sebab terbatasnya terjadinya efek yang besar atau panjang ialah kemampuan lingkungan untuk menjaga dirinya dalam suatu keseimbangan tertentu. Kemampuan ini disebut *dayalenting (resilience)* yang besarnya berbeda menurut jenis ekosistem dan kondisi lingkungan. Contoh yang sederhana ialah waduk yang tertutup oleh eceng gondok (*Eichornia crassipes*). Pemberantasan eceng gondok secara mekanik atau kimia tidak berhasil, karena eceng gondok itu dengan cepat pulih lagi. Ekosistem waduk dengan eceng gondok itu mempunyai *dayalenting* yang besar. Sebaliknya hutan hujan tropis yang tampaknya kokoh dan tegar umumnya mempunyai *dayalenting* yang kecil. Banyak jenis hutan hujan tropis setelah ditebang tidak pulih lagi, melainkan berubah menjadi padang alang-alang.

Oleh karena tidak "semua terkait dengan semua", kita tidak perlu meneliti semua komponen biologi, fisik, kimia maupun sosial dan proses yang terkait. Identifikasi diperlukan pada komponen dan proses yang penting. Karena AMDAL merupakan alat perencanaan, yaitu untuk memberikan masukan dalam pengambilan keputusan yang harus dibuat dalam berbagai titik dalam daur proyek, istilah penting haruslah diartikan dalam kaitannya dengan pengambilan keputusan tersebut (Beanlands, 1986). Hal ini jelas tertera dalam ketentuan umum tentang analisis mengenai dampak lingkungan dalam undang-undang No.4 tahun 1982, bahwa analisis mengenai dampak lingkungan adalah hasil studi mengenai dampak suatu kegiatan yang direncanakan terhadap lingkungan hidup, yang diperlukan bagi proses pengambilan keputusan. Batasan penting inilah yang menjadi patokan dalam pelingkupan

AMDAL. Tujuan untuk menjadikan hasil AMDAL sebagai masukan dalam pengambilan keputusan menjadi fokus penelitian ADL.

Pelingkupan memegang peranan penting dalam penentuan data yang harus dikumpulkan yang diperlukan untuk menyusun garis dasar. Setiap data yang akan dikumpulkan haruslah ditanyakan "perlukah data tersebut untuk mengambil keputusan?" Dengan demikian apabila pelingkupan telah dijalankan dengan baik, penelitian menjadi terfokus, data yang terkumpul hanya terbatas yang diperlukan saja, dan biaya, tenaga dan waktu dapat digunakan dengan efektif dan efisien.

Dari uraian di atas tampak bahwa untuk dapat melakukan pelingkupan harus dapat dilakukan identifikasi dampak. Pada tahap pertama diusahakan untuk mengidentifikasi dampak selengkapnyanya. Dari semua dampak yang teridentifikasi ini kemudian ditentukan dampak mana yang penting. Dampak penting inilah yang dimasukkan ke dalam ruang lingkup studi ANDAL, sedangkan dampak yang tidak penting dikeluarkan.

3. Kerangka Acuan (KA)

Kerangka acuan (KA) ialah uraian tugas yang harus dilaksanakan dalam studi ANDAL. Kerangka acuan dijabarkan dari pelingkupan sehingga KA memuat tugas-tugas yang relevan dengan dampak penting. Dengan KA yang demikian itu studi ANDAL menjadi terfokus pada dampak penting. Karena KA didasarkan pada pelingkupan dan pelingkupan mengharuskan adanya identifikasi dampak penting maka pemrakarsa haruslah mempunyai kemampuan untuk melakukan identifikasi dampak penting itu, baik sendiri ataupun dengan bantuan konsultan.

Dalam studi ANDAL dilakukan pula identifikasi dampak. Jika pelaksana ANDAL adalah konsultan yang membantu pemrakarsa dalam penyusunan KA, tidaklah akan terjadi perbedaan antar dampak penting yang diidentifikasinya dengan yang tertera dalam KA. Tetapi jika konsultannya lain, dapatlah terjadi bahwa dalam proses identifikasi dampak itu dapat terjadi teridentifikasinya dampak penting yang tidak termuat dalam KA. Dalam hal ini konsultan ANDAL seyogyanya merundingkan dengan pihak pemrakarsa agar dilakukan

pekerjaan- tambah. Sebaliknya juga dapat terjadi adanya dampak yang semula dianggap sebagai penting dan karena itu dimuat dalam KA, tetapi kemudian ternyata tidak penting. Dalam hal ini seyogyanya diusulkan untuk dilakukan pekerjaan-kurang. Karena menurut Kepmen tentang KA harus disetujui oleh instansi yang berwenang, maka baik dalam hal pekerjaan-kurang maupun pekerjaan-tambah persetujuan haruslah bersifat resmi yang disetujui tidak saja oleh pemrakarsa, melainkan juga oleh instansi yang berwenang.

ANDAL

Dalam studi ANDAL, hanya diprakirakan yang dievaluasi dampak penting yang teridentifikasi dalam pelingkupan dan tertera dalam KA, sehingga penelitian ANDAL terfokus pada dampak penting saja. Dampak yang tidak penting diabaikan. Dengan penelitian yang terfokus perhitungan untuk memprakirakan besarnya dan pentingnya dampak juga menjadi terbatas. Besarnya dampak haruslah dapat diprakirakan dengan menggunakan metode yang sesuai dalam bidang yang bersangkutan.

Rencana Pengelolaan Lingkungan dan Rencana Pemantauan Lingkungan,

Sementara orang menganggap ruang lingkup AMDAL hanyalah sampai pada prakiraan besarnya dan pentingnya dampak (Munn, 1979). Dalam laporan AMDAL hasil dalam batas ini sudah dianggap. Pembatasan ini tidak tepat, sebab dapat saja terjadi dampak negatif yang besar dan penting, namun apabila tersedia teknologi yang dapat mengatasinya dengan biaya yang murah, proyek tersebut sudah selayaknyalah dapat disetujui. Untuk negara yang sedang berkembang pada umumnya dan Indonesia pada khususnya, hasil yang terbatas itu haruslah dianggap belum cukup. Di Amerika Serikat pun untuk menangani dampak negatif harus dirumuskan dalam laporan (*Clark et al., 1978*). Hal ini mengingatkan pihak pemrakarsa dan instansi pemerintah yang berwenang ingin mengetahui bagaimana dampak itu dapat dikelola, yaitu cara untuk memperbesar dampak yang positif dan cara untuk memperkecil dampak yang negatif. Dalam arti yang lebih luas pemrakarsa dan pemerintah ingin mengetahui cara mengelola lingkungan proyek

pembangunan yang bersangkutan. Pengetahuan tentang pengelolaan dampak juga diperlukan sebagai masukan untuk menghitung nisbah manfaat/biaya ekonomi dan untuk memuat rancang bangun proyek.

Di Indonesia PP 51 tahun 1993 memisahkan AMDAL dari perencanaan pengelolaan lingkungan dan perencanaan pemantauan lingkungan, namun ketiganya disajikan sekaligus oleh pemrakarsa kepada instansi yang bertanggung jawab. Pemisahan RKL dari RPL sebenarnya tidaklah tepat. Sebab pemantaun adalah bagian pengelolaan lingkungan sehingga sistematis yang lebih tepat ialah rencana pengelolaan lingkungan yang terdiri atas rencana penanganan dampak dan rencana pemantauan lingkungan.

Rencana pengelolaan lingkungan bukanlah merupakan rancangbangun/ rekayasa (*engineering design*) penanganan dampak, melainkan menguraikan prinsip dan persyaratan tindakan yang harus diambil dalam penanganan dampak. Misalnya, pada sebuah sungai yang akan dibendung, telaah ANDAL menemukan sejenis ikan yang bermigrasi ke hulu/hilir sungai. Ikan tersebut memiliki nilai ekonomi yang penting atau/dan terancam kepunahan. RKL menyarankan dibangunnya tangga ikan (*fish ladder*) untuk menangani dampak terhalangnya migrasi ikan oleh bendungan. Saran tersebut haruslah merinci prinsip tangga itu dan persyaratan yang harus dipenuhi oleh tangga itu, misalnya kemiringan tangga, volume dan kecepatan air dalam tangga, jarak antara anak tangga dan tinggi anak tangga, serta acuan kepustakaan yang memuat rancangbangun dan konstruksi tangga ikan yang telah dibuat di tempat lain.

Rincian dan acuan tersebut harus mengandung cukup informasi untuk dapat dibuatnya rancangbangun tangga ikan dibendungan yang sedang direncanakan. Jelaslah pelaksana telaah ANDAL bukanlah konsultan rekayasa (*engineering consultant*) melainkan memberikan masukan kepada konsultan rekayasa tentang bangunan tersebut. Hal ini menunjukkan lagi perlunya keterpaduan antara ANDAL dengan telaah kelayakan rekayasa dan telaah kelayakan ekonomi.

Dalam pengalolaan lingkungan, pemantauan merupakan komponen yang esensial. Pemantauan diperlukan sebagai sarana untuk memeriksa apakah persyaratan lingkungan

dipatuhi dalam pelaksanaan proyek. Informasi yang didapatkan dari pemantauan juga berguna sebagai peringatan dini, baik dalam arti positif maupun negatif tentang perubahan lingkungan yang mendekati atau melampaui nilai ambang batas serta tindakan apa yang perlu diambil. Juga untuk mengetahui apakah prakiraan yang dibuat oleh ANDAL sesuai dengan dampak yang terjadi. Karena itu pemantauan sering juga disebut *post-audit* dan berguna sebagai masukan untuk memperbaiki ANDAL dikemudian hari dan untuk perbaikan kebijakan lingkungan. Seperti halnya metode prakiraan dampak, metode untuk pengelolaan dan pemantauan dampak juga harus kita pinjam dari bidang yang bersangkutan atau harus kita kembangkan sesuai dengan kaidah bidang yang bersangkutan.

4. Pelaporan

Pada umumnya laporan terdiri atas tiga bagian, yaitu ringkasan eksekutif (*executive summary*), laporan utama (*main report*) dan lampiran (*appendix*). Pembagian laporan dalam tiga bagian dimaksudkan untuk dapat mencapai dua sasaran kelompok pembaca. Sasaran pertama ialah para pengambil keputusan pada pihak pemrakarsa maupun pemerintah yang berkepentingan dengan proyek tersebut. Para pengambil keputusan ini membutuhkan waktu untuk mempelajari laporan yang terinci. Tetapi memang tugas mereka tidaklah untuk melihat rincian, melainkan untuk melihat pokok-pokok permasalahan. Bagi mereka diperuntukkan ringkasan eksekutif. Laporan ini singkat dan berisi pokok permasalahan, cara pemecahannya dan rekomendasi tindakan yang harus diambil. Bahasa laporan harus sederhana dan mudah dimengerti, juga perlu dengan tabel atau grafik ringkasan. Panjang laporan sekitar 10 halaman dan seyogyanya tidak lebih dari 20 halaman.

Laporan utama diperuntukkan bagi para pelaksana proyek dan teknisi yang memerlukan keterangan terinci. Laporan harus dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, baik isi maupun format, dengan bahasa yang harus dapat dimengerti dengan mudah oleh pakar dalam bidang yang berbeda-beda. Hal ini mengingat AMDAL bersifat lintas sektoral dan harus dipelajari oleh pakar dalam berbagai bidang. Suatu tantangan dalam metode penulisan laporan ialah untuk memuat bagian-bagian dalam berbagai bidang menjadi satu

kesatuan yang koheren,yaitu terintegrasi. Sering terjadi, penelitian AMDAL yang bersifat multidisiplin menghasilkan laporan yang terdiri atas bab-bab dalam berbagai bidang yang berdiri sendiri-sendiri. Disini pula letak tidak terintegrasinya ANDAL dengan RKL dan RPL.

