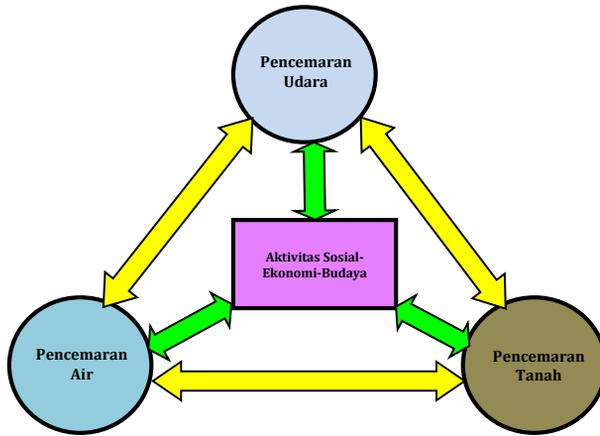


Analisis Kualitas Lingkungan

Reda Rizal



Trilobal Pencemaran Lingkungan



**Buku Ajar Analisis Kualitas Lingkungan
Program Studi Kesehatan Masyarakat
Fakultas Ilmu Kesehatan UPN "Veteran" Jakarta
Edisi 4 - Tahun-2017**

Analisis Kualitas Lingkungan

Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc. M.Si.

**Buku Ajar Analisis Kualitas Lingkungan
Program Studi Kesehatan Masyarakat
Fakultas Ilmu Kesehatan UPN “Veteran” Jakarta
Tahun-2017**



Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta

Tahun 2017

Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Reda Rizal

Analisis Kualitas Lingkungan/Reda Rizal.

--Jakarta: Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta (LPPM UPNVJ), 2017.

viii, 339 hlm: 21 cm

Bibliografi hlm. 340

ISBN 978-602-19087-6-1

1. Analisis Kualitas Lingkungan. I. Judul

© Hak pengarang dan penerbit dilindungi Undang-Undang
Cetakan Pertama, 2014

Edisi kedua, 2015

Edisi ketiga, 2016

Edisi keempat, 2017

Pengarang: Reda Rizal

Dicetak oleh: Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta

Jl. R.S. Fatmawati, Pondok Labu, Jakarta Selatan 12450

Telp./Fax. 021-7656971 Ext. 234

e-mail: lppm@upnvj.ac.id

KATA PENGANTAR

Pembangunan berkelanjutan di semua bidang dapat dimaknai sebagai membangun saat ini dengan fokus memperhatikan kepentingan generasi mendatang, kondisi kualitas lingkungan hari ini yang kita nikmati harus dapat pula dinikmati oleh generasi mendatang. Pendayagunaan sumber daya alam pada kegiatan pembangunan sebagai esensi kemakmuran rakyat dilaksanakan secara bertanggung jawab, sesuai dengan kemampuan daya dukungnya dengan mengutamakan sebesar-besar bagi kemakmuran rakyat serta memperhatikan kelestarian fungsi dan keseimbangan lingkungan hidup bagi kegiatan pembangunan secara berkelanjutan.

Buku Analisis Kualitas Lingkungan akan memberikan pengetahuan secara umum kepada masyarakat tentang: potret lingkungan hidup di Indonesia; bagaimana kualitas lingkungan hidup seharusnya ada; bagaimana menilai dan mengukur kualitas lingkungan hidup pada aspek fisik-kimia, aspek biologi, aspek social-ekonomi dan budaya masyarakat; bagaimana analisis fenomena alam terkait kualitas lingkungan; membahas terminologi faktor kualitas lingkungan hidup; membahas bagaimana mekanisme pencemaran lingkungan hidup dapat terjadi; membahas berbagai metode atau cara menganalisis kualitas lingkungan; membahas tentang faktor kualitas udara; kualitas air; biologi perairan; dan membahas kasus pencemaran oleh kegiatan industri.

Analisis kualitas lingkungan hidup yang dibahas dalam buku ini secara umum dilakukan terhadap tiga komponen lingkungan hidup yang lazim digunakan untuk menilai kualitas lingkungan kehidupan manusia dengan tidak mengabaikan kualitas biota lain selain manusia itu sendiri. Hal ini dimaksudkan agar pembaca mampu menganalisis kualitas lingkungan hidup yang disajikan berkaitan dengan aspek kesehatan manusia secara individu, kesehatan masyarakat secara berkelompok dan kesehatan lingkungan yang akan menopang kualitas lingkungan perikehidupan secara menyeluruh.

Beberapa metode analisis kualitas lingkungan yang jarang

Reda Rizal, 2017. Analisis Kualitas Lingkungan

digunakan dan terlupakan oleh para ahli lingkungan, namun dalam buku ini lebih lugas dibahas antara lain adalah; menggunakan metode analisis metabolisme kegiatan, metode analisis daya dukung dan daya tampung lingkungan, metode analisis entropy kegiatan, metode analisis rantai makanan, dan metode analisis keefisiensi.

Isi buku ini jauh dari kesempurnaan sebagaimana makna Sunatullah, bahwa tidak ada sesuatu apapun di dunia ini yang sempurna selain kesempurnaan Allah subhana wata'ala. Kritik dan saran pembaca, penulis harapkan guna meminimumkan ketidaksempurnaan (*entropy*) tulisan buku ini di masa datang.

Ucapan terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang dapat memanfaatkan seluruh isi buku ini.

Kota Tangsel, Januari 2017

Penulis

Reda Rizal

Daftar Isi

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
Potret Lingkungan Hidup di Indonesia	1
Pembangunan Berkelanjutan	8
Dasar Teori Ilmu Lingkungan	14
Kualitas Lingkungan Hidup	30
Terminologi Faktor Kualitas Lingkungan Hidup	48
Analisis Fenomena Alam dan Kualitas Lingkungan Hidup	54
Mekanisme Terjadinya Pencemaran Lingkungan Hidup	62
Beberapa Metode Analisis Kualitas Lingkungan Hidup	74
Metode Analisis Metabolisme Kegiatan	75
Metode Analisis <i>Entropy</i>	91
Metode Analisis Kuantitatif-Matematik	93
Metode Analisis Kualitatif	100
Metode Analisis Kausal	102
Metode Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup	106
Metode Analisis Tematik	119
Metode Analisis Rantai Makanan dan Jejaring Makanan	122
Metode Analisis Laboratorium dan Baku Mutu Lingkungan	128
Metode Analisis Penilaian Para Ahli	131
Metode Analisis Analogi	133
Metode Analisis Ekofisiensi	135
Analisis Kualitas Udara	149
Analisis Kualitas Air	199
Analisis Kualitas Tanah	233
Analisis Biologi Perairan	244
Analisis Lingkungan Sosial Ekonomi dan Budaya	257
Kesehatan Masyarakat dan Kesehatan Lingkungan	263
Analisis Dampak Pencemaran Air oleh Kegiatan Industri	271
Monitoring dan Analisis Kualitas Lingkungan Kegiatan Industri	300
Pembangkit Listrik Tenaga Uap	
Kuis	325
Daftar Pustaka	329
Glosarium	332
Indeks	337

Daftar Gambar

Gambar 1.	Penebangan Liar dan Bencana Air Bandang	2
Gambar 2.	Banjir dan Sampah di Kota Jakarta	3
Gambar 3.	Kemacetan Lalulintas di Kota Jakarta	4
Gambar 4.	Sungai Penuh Sampah dan Pencemaran Udara	5
Gambar 5.	Kebakaran Hutan dan Kekeringan	5
Gambar 6.	Tiga Pilar Pembangunan Berkelanjutan	9
Gambar 7.	Ruang Lingkup Ilmu Lingkungan	22
Gambar 8.	Rumah Rubuh Karena Bangunan Rumah Berdiri di Kemiringan Lahan $>45^{\circ}$ dan Pengaruh Getaran Gempa Bumi	39
Gambar 9.	Aliran Energi dan Siklus Materi	59
Gambar 10.	Trilobal Pencemaran Lingkungan Hidup	62
Gambar 11.	Pencemaran Tanah oleh Sampah	71
Gambar 12.	Analisis <i>Input</i> , Proses, <i>Output</i> Kesehatan Balita	77
Gambar 13.	Analisis Metabolisme Kegiatan Rumah Sakit	79
Gambar 14.	Analisis Diagram <i>Input</i> , Proses, <i>Output</i> dan Entropy di Rumah Sakit	81
Gambar 15.	Analisis Diagram Tulang Ikan	103
Gambar 16.	Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Menggunakan Teori Metabolisme Kegiatan	107
Gambar 17.	Kurva Sigmoid Daya Dukung Lingkungan	112
Gambar 18.	Ekosistem Padang Rumput Pengembalaan Domba	114
Gambar 19.	Obyek Wisata Alam Sungai di Perkotaan	115
Gambar 20.	Model Analisis Daya Dukung Lingkungan	116
Gambar 21.	Metode Analisis Tematik	120
Gambar 22.	Rantai Makanan	123
Gambar 23.	Kerangka Konsep Perubahan Paradigma Ekologi Kegiatan Industri Rumah Sakit	137
Gambar 24.	<i>From Cradle to Grave Theory</i>	144
Gambar 25.	Implementasi Teori <i>From Cradle to Grave</i>	146
Gambar 26.	Alir Material Dalam Analisis <i>Cradle to Grave</i>	146
Gambar 27.	Lapisan Kulit Bumi dan Gas di Udara	149
Gambar 28.	Peristiwa Pencemaran Udara Ambient dari Berbagai Emisi	154
Gambar 29.	Manajemen Pengendalian Zat Pencemar Udara	155
Gambar 30.	Kegiatan Sampling Kualitas Udara Ambient	174
Gambar 31.	Proses Terbentuknya Hujan Asam	175
Gambar 32.	Proses Kerusakan Ozon oleh Khlorin	176
Gambar 33.	Lubang Ozon	177

Reda Rizal, 2017. Analisis Kualitas Lingkungan

Gambar 34.	Peristiwa Terjadinya Efek Rumah Kaca	178
Gambar 35.	Kegiatan Sampling Kualitas Udara Ambient	179
Gambar 36.	Grafik baku tingkat Getaran untuk Kenyamanan dan Kesehatan	185
Gambar 37.	Grafik Baku Tingkat Getaran Mekanik Berdasarkan Dampak Kerusakan	187
Gambar 38.	Batuk - Demam dan Daya Tahan Tubuh Menurun Dapat Disebabkan Udara Tercemar	193
Gambar 39.	Sampling Kualitas Air Sumur	207
Gambar 40.	Sampling Kualitas Air Laut	227
Gambar 41.	Sampling Kualitas Air Tambak	232
Gambar 42.	Proses Produksi Listrik pada Industri PLTU	300
Gambar 43.	Konsentrasi Sebaran Sulfur Dioksida di Udara Ambien Tapak Kegiatan PLTU	310
Gambar 44.	Konsentrasi Sebaran Sulfur Dioksida di Permukiman Penduduk Sekitar Tapak Kegiatan PLTU	311
Gambar 45.	Konsentrasi Sebaran Nitrogen Dioksida di Tapak Kegiatan PLTU	312
Gambar 46.	Konsentrasi Sebaran Nitrogen Dioksida di Permukiman Penduduk Sekitar Tapak Kegiatan PLTU	313
Gambar 47.	Konsentrasi Sebaran Karbon Monoksida di Tapak Kegiatan PLTU	314
Gambar 48.	Konsentrasi Sebaran Karbon Monoksida di Permukiman Penduduk Sekitar Tapak Kegiatan PLTU	315
Gambar 49.	Konsentrasi Sebaran Hidro Karbon di Tapak Kegiatan PLTU	316
Gambar 50.	Konsentrasi Sebaran Hidro Karbon di Permukiman Penduduk Sekitar Tapak Kegiatan PLTU	317
Gambar 51.	Konsentrasi Sebaran Debu (TSP) di Tapak Kegiatan PLTU	318
Gambar 52.	Konsentrasi Sebaran Debu (TSP) di Permukiman Penduduk Sekitar Tapak Kegiatan PLTU	319
Gambar 53.	Konsentrasi Sebaran PM ₁₀ (Partikel < 10 µm) di Tapak Kegiatan PLTU	320
Gambar 54.	Konsentrasi Sebaran PM _{2,5} (Partikel < 2,5 µm) di Tapak Kegiatan PLTU	321
Gambar 55.	Konsentrasi Sebaran Pb (Timbal) di Tapak Kegiatan PLTU	322
Gambar 56.	Trend Sebaran Pencemar Udara Ambien Kegiatan PLTU	323

Gambar 57. Kawanan Singa Sedang Memangsa dan Aktivitas Awak Kapal Penangkap Ikan 326

Daftar Tabel

Tabel 1.	Perhitungan Besaran Emisi Kendaraan Bermotor	95
Tabel 2.	Perkiraan Peningkatan Konsentrasi Pencemar Udara	95
Tabel 3.	Metode Pembobotan dan Nilai Parameter	129
Tabel 4.	Metode Penilaian Tingkat Kualitas Air	130
Tabel 5.	Komponen Gas di Udara Bersih	150
Tabel 6.	Parameter Pencemar Hasil Pembakaran Berbagai Jenis Energi	157
Tabel 7.	Karakteristik Zat Pencemar di Udara	158
Tabel 8.	Metode Sampling dan Analisis Kualitas Udara Ambien	160
Tabel 9.	Baku Mutu Udara Ambien dan Tingkat Kebauan	161
Tabel 10.	Baku Mutu Kualitas Udara Emisi Cerobong Asap	162
Tabel 11.	Baku Mutu Emisi Untuk Industri Besi dan Baja	163
Tabel 12.	Baku Mutu Emisi Untuk Industri Pulp dan Kertas	164
Tabel 13.	Baku Mutu Emisi Untuk Kegiatan PLTU yang Menggunakan Bahan Bakar Batubara	165
Tabel 14.	Baku Mutu Emisi Untuk Industri Semen	166
Tabel 15.	Dampak Pencemaran Udara Pada Kesehatan Masyarakat	167
Tabel 16.	Baku Tingkat Getaran Untuk Kenyamanan dan Kesehatan	184
Tabel 17.	Baku Tingkat Getaran Mekanik Berdasarkan Dampak Kerusakan	186
Tabel 18.	Baku Tingkat Getaran Mekanik Berdasarkan Jenis Banguna	188
Tabel 19.	Baku Tingkat Getaran Kejut	188
Tabel 20.	Contoh Hasil Pengukuran Kualitas Udara di Ruang Kerja Kantor	196
Tabel 21.	Contoh Hasil Pengukuran Kualitas Pencahayaan di Dalam Ruang Kantor	197
Tabel 22.	Intensitas Cahaya di Ruang Kerja Perkantoran dan Industri	198
Tabel 23.	Jumlah dan Bentuk Air di Planet Bumi	200
Tabel 24.	Metode Analisis Data Kualitas Air	202
Tabel 25.	Metode Analisis Kualitas Air Permukaan	202
Tabel 26.	Metode Analisis Kualitas Air Tanah	206
Tabel 27.	Dampak Negatif Parameter Pencemar Air	208
Tabel 28.	Kategori <i>Stressor</i> Air	214
Tabel 29.	Indikasi Kualitas Air	214
Tabel 30.	Hasil Pemantauan Kualitas Air Limbah Kantin dan Restoran	216

Reda Rizal, 2017. Analisis Kualitas Lingkungan

Tabel 31.	Baku Mutu Kualitas Air Laut dan Metode Analisis	226
Tabel 32.	Contoh Hasil Pengujian Kualitas Air Laut	229
Tabel 33.	Baku Mutu dan Metode Analisis Kualitas Air Tambak	231
Tabel 34.	Kriteria Baku Kerusakan Tanah Akibat Erosi Air	234
Tabel 35.	Kriteria Baku Kerusakan Tanah di Lahan Kering	235
Tabel 36.	Kriteria Baku Kerusakan Tanah di Lahan Basah	236
Tabel 37.	Komposisi Plankton	244
Tabel 38.	Komposisi ZooPlankton	248
Tabel 39.	Komposisi Benthos	249
Tabel 40.	Komponen dan Parameter Kualitas Lingkungan Sosial Ekonomi dan Budaya Masyarakat	259
Tabel 41.	Metode Pengumpulan dan Analisis Data Sosial Ekonomi dan Budaya	262
Tabel 42.	Parameter dan Teknik Pengumpulan Data Kesehatan Masyarakat dan Lingkungan	266
Tabel 43.	Parameter dan Analisis Data Kesehatan Masyarakat dan Lingkungan	268
Tabel 44.	Persyaratan Kualitas Air Tambak	279
Tabel 45.	Hasil Pemantauan Kualitas Udara Ambien PLTU	309

Potret Lingkungan Hidup Indonesia

Sumber daya alam dan lingkungan hidup adalah wujud dari ekosistem dimana di dalamnya terdapat manusia yang memanfaatkan sumber daya alam tersebut untuk keperluan kehidupannya. Berdasarkan atas ukuran waktu hidup manusia, maka keberadaan sumberdaya alam dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu sumber daya alam yang dapat diperbarui (*renewable resources*) dan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui (*non-renewable resources*). Sedangkan berdasarkan atas ukuran waktu alam, maka sesungguhnya seluruh sumberdaya alam yang terdapat di alam dan bumi ini dapat menjadi pulih kembali ke keadaan semula sesuai kurun waktu yang diperlukan oleh masing-masing kelompok dan jenis sumber daya alam itu sendiri untuk dapat melakukan pemulihan dirinya sendiri (*self recovery*).

Ciri khas sumberdaya alam dan lingkungan di Indonesia adalah terdapatnya berbagai ragam ekosistem yang mampu menopang perikehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Pendayagunaan sumber daya alam sebagai esensi kemakmuran rakyat dilaksanakan secara bertanggung jawab dan sesuai dengan kemampuan daya dukungnya dengan mengutamakan sebesar-besar kemakmuran rakyat serta memperhatikan kelestarian fungsi dan keseimbangan lingkungan hidup bagi pembangunan yang berkelanjutan. Tata ruang nasional yang berwawasan nusantara dijadikan pedoman bagi perencanaan pembangunan agar penataan lingkungan hidup dan pemanfaatan sumber daya alam dapat dilakukan secara aman, tertib, efisien dan efektif.

Dalam rangka desentralisasi pengelolaan lingkungan hidup maka diperlukan penataan bidang keahlian pengelolaan lingkungan melalui; perlindungan lingkungan, penataan lingkungan, pentaatan hukum lingkungan, komunikasi lingkungan dan pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan

lingkungan, serta pembinaan sarana teknis dan peningkatan kapasitas untuk mengendalikan pencemaran lingkungan, meningkatkan upaya konservasi sumberdaya alam dan lingkungan serta pengendalian kerusakan lingkungan, dan melakukan pengelolaan terhadap limbah berbahaya dan beracun.

Peraturan perundangan yang mengatur aspek hukum lingkungan di Indonesia pada dasarnya berorientasi pada ekologi meliputi aspek; hukum tata lingkungan, hukum perlindungan lingkungan, hukum kesehatan lingkungan, dan hukum pencemaran lingkungan.

Permasalahan hutan Indonesia yang dapat mempengaruhi kelangkaan (*scarcities*) sumber daya alam adalah; terjadinya penebangan ilegal (*illegal logging*), terjadinya penebangan liar oleh peladang tradisional, terjadinya penebangan skala luas untuk mengkonversi hutan menjadi perkebunan kelapa sawit, karet, padi, dan lain sebagainya, adanya kegiatan penambangan liar, adanya kegiatan pertanian, peternakan, dan perikanan yang tidak mengikuti kaidah alam, adanya eksploitasi kehidupan satwa liar, kebakaran hutan dan lain sebagainya.



Gambar 1. Penebangan Liar dan Bencana Air Bandang

Sedangkan permasalahan di perkotaan dan permukiman penduduk antara lain; kemacetan lalu-lintas jalan di perkotaan, keterbatasan dan kelangkaan sumber air bersih dan udara bersih, daya dukung lingkungan tidak mampu menopang

perikehidupan jumlah manusia yang terlalu banyak, ketergantungan dengan daerah lain untuk mendapatkan sumber daya air, produk-produk pertanian yang tercemar, masalah sampah yang sulit dipecahkan, pencemaran air, pencemaran udara, tingkat pengangguran yang tinggi, dan tingkat urbanisasi yang tinggi dan lain sebagainya.



Gambar 2. Banjir dan Sampah di Kota Jakarta

Masalah genangan air atau banjir pada saat intensitas hujan tinggi disebabkan oleh tutupan lahan yang tidak mampu menyerap air hujan, saluran drainase terhalang sampah, dan menurunnya permukaan tanah dan factor kenaikan permukaan air laut akibat *global warming*.



Gambar 3. Kemacetan Lalulintas Jalan di Kota Jakarta

Permasalahan kemacetan lalulintas di Jakarta; panjang jalan yang ada di Jakarta hingga akhir tahun 2013 adalah sekitar 7.208 kilometer sedangkan kebutuhan luas jalan untuk dapat menampung semua jenis kendaraan di Jakarta hingga tahun 2014 terhitung sebesar 12 ribu kilometer. Hal ini berarti jalan yang tersedia saat ini baru memenuhi 60 persen kebutuhan masyarakat kota Jakarta terhadap luas jalan.

Para ahli tata ruang dan transportasi memperkirakan dengan melihat pertumbuhan penjualan kendaraan saat ini (hingga pada 2011 mencapai 13.347.802 unit) dan jika pembenahan sistem transportasi tidak segera dilakukan maka *stuck* akan terjadi di Jakarta pada tahun 2014.



Gambar 4. Sungai Penuh Sampah dan Pencemaran Udara

Permasalahan lain terkait lingkungan hidup, maka perilaku buruk masyarakat dalam mengelola sampah hingga menutup permukaan saluran air dan bahkan menutupi badan-badan sungai. Pencemaran udara oleh aktivitas kegiatan industry, kendaraan bermotor serta penggunaan bahan bakar untuk memasak di rumah tangga ikut andil memperburuk kualitas udara ambient di Jakarta.



Gambar 5. Kebakaran Hutan dan Kekeringan

Kebakaran hutan akibat manusia ingin mencari keuntungan besar pada saat akan mengkonversi lahan hutan menjadi kebun kelapa sawit dengan mudah dan murah membuka lahan dengan cara membakarnya tanpa peduli akan dampak negatif yang ditimbulkannya.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009
Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

mengamanatkan kepada kita seluruh komponen masyarakat untuk melindungi dan mengelola lingkungan dengan sebaik-baiknya. Lingkungan hidup adalah sebagai kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.

Perlindungan dan pengelolaan terhadap lingkungan hidup harus diupayakan secara sistematis dan terpadu dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum. Dengan melakukan kegiatan pembangunan yang menganut prinsip pembangunan berkelanjutan merupakan tindakan upaya sadar dan terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi ke dalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan.

Ekosistem adalah tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuhmenyeluruh dan saling mempengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup. Tindakan pelestarian fungsi lingkungan hidup dilakukan dalam rangkaian upaya untuk memelihara kelangsungan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup.

Daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung perikehidupan manusia, makhluk hidup lain, dan keseimbangan antar keduanya. Daya tampung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya.

Sumber daya alam adalah unsur lingkungan hidup yang terdiri atas sumber daya hayati dan nonhayati yang secara keseluruhan membentuk kesatuan ekosistem

Pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

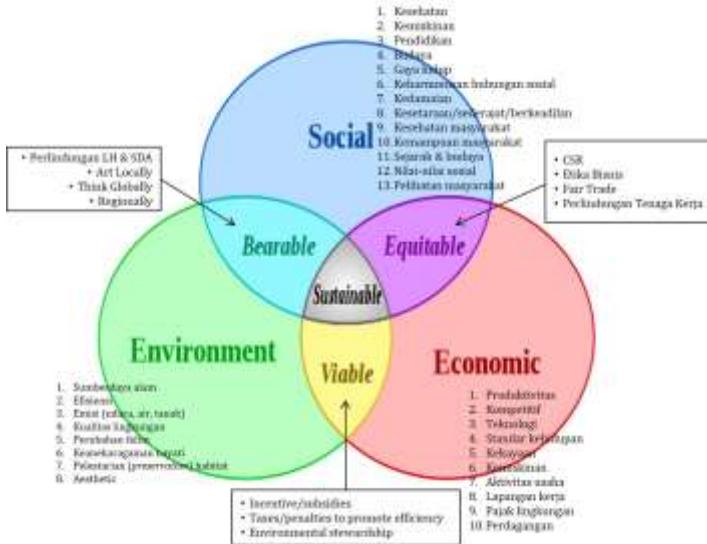
Kriteria baku kerusakan lingkungan hidup adalah ukuran batas perubahan sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup yang dapat ditanggung oleh lingkungan hidup untuk dapat tetap melestarikan fungsinya. Perusakan lingkungan hidup adalah tindakan orang yang menimbulkan perubahan langsung atau tidak langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup sehingga melampaui kriteria baku kerusakan lingkungan hidup.

Kerusakan lingkungan hidup adalah perubahan langsung dan/atau tidak langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup yang melampaui kriteria baku kerusakan lingkungan hidup. Konservasi sumber daya alam adalah pengelolaan sumber daya alam untuk menjamin pemanfaatannya secara bijaksana serta kesinambungan ketersediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai serta keanekaragamannya.

Perubahan iklim adalah berubahnya iklim yang diakibatkan langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia sehingga menyebabkan perubahan komposisi atmosfer secara global dan selain itu juga berupa perubahan variabilitas iklim alamiah yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan.

Pembangunan Berkelanjutan

Doktor Brundtland (1978) mantan Direktur Jenderal WHO dan mantan Perdana Menteri Norwegia mendefinisikan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) sebagai upaya-upaya yang dilakukan dalam kegiatan pembangunan di semua bidang dengan fokus pemenuhan kebutuhan generasi sekarang tanpa mengorbankan kemampuan generasi yang akan datang dalam memenuhi kebutuhannya. Kebutuhan untuk pembangunan berkelanjutan menjadi terasa setelah dipublikasikannya buku laporan penelitian "*The Limits of Growth*". Publikasi laporan penelitian ini mengungkapkan tentang adanya faktor-faktor keterbatasan/kelangkaan sumber daya alam (*resources scarcity*) dan adanya faktor emisi dari kegiatan pembangunan yang dapat mempengaruhi perkembangan pembangunan di abad 21. Agar proses-proses pembangunan berkelanjutan secara fisik dapat dilakukan dengan baik, maka Daly (1990) dalam Smith dan Ball (2012) mensyaratkan 3 (tiga) hal yang harus dilakukan yaitu; i) tingkat ekstraksi sumber daya alam tidak melebihi tingkat kemampuan regenerasi oleh alam, ii) emisi yang dihasilkan tidak melebihi kemampuan alam untuk menyerapnya secara alamiah, dan iii) kapasitas regenerasi sumber daya alam dan penyerapan faktor emisi harus dianggap sebagai modal alam. Apabila gagal memelihara ketiga hal tersebut di atas, maka pembangunan tersebut adalah tidak berkelanjutan. Kegiatan pembangunan yang dilaksanakan oleh masyarakat dunia saat sekarang ini tidak ada persyaratan tersebut yang terpenuhi (Smith dan Ball, 2012). Peter Ball (2010) dalam tulisannya menyatakan bahwa pembangunan berkelanjutan harus didasarkan pada prinsip pemenuhan kebutuhan generasi sekarang dengan mengkompromikan kemampuan generasi masa depan untuk memenuhi kebutuhannya (*sustainable development is based on the principle of meeting the needs of the current generation and compromising the ability of future generations to meet their needs*).



Gambar 6. Tiga Pilar Pembangunan Berkelanjutan

Tiga pilar yang harus ditegakkan dalam pembangunan berkelanjutan terdiri atas pembangunan bidang lingkungan kehidupan, bidang social dan bidang ekonomi yang harus dilaksanakan secara berkeseimbangan dan berkelanjutan. Apabila kita melakukan pembangunan apapun bentuk kegiatannya, maka secara simultan harus dapat mengangkat kesejahteraan social kemasyarakatan, berkeadilan dan berkepatutan, mendorong produktivitas ekonomi masyarakat dan bangsa secara berkelanjutan, bertanggungjawab penuh atas keselamatan dan kesehatan lingkungan serta melindungi keterpulihan sumber daya alam yang dimanfaatkan oleh setiap bentuk kegiatan pembangunan.

Asas yang diberlakukan dalam konteks pembangunan berkelanjutan adalah perlindungan terhadap lingkungan hidup dan sumber daya alam baik secara local, regional maupun

secara global, berfikirilah secara global dan bertindaklah dengan kearifan lokal (*think globally and act locally/ecological wisdom*), memberikan insentif dan atau subsidi kepada pihak yang pro-lingkungan dan pajak terhadap pihak yang memanfaatkan sumber daya alam dan lingkungan, bersikap sebagai pramugara lingkungan (*environmental stewardship*), tanggungjawab perusahaan terhadap komunitas social lingkungan (*corporate social responsibility*), menegakkan etika berbisnis, perdagangan yang elok (*fair trade*) dan perlindungan tenaga kerja serta konsumen.

Pemberian insentif kepada pihak pro-lingkungan merupakan upaya memberikan dorongan atau daya tarik secara moneter atau nonmoneter kepada setiap orang ataupun pemerintah pusat dan pemerintah daerah agar melakukan kegiatan yang berdampak positif pada cadangan sumber daya alam dan kualitas fungsi lingkungan hidup. Disinsentif merupakan pengenaan beban atau ancaman secara moneter atau nonmoneter kepada setiap orang ataupun pemerintah pusat dan pemerintah daerah agar mengurangi kegiatan yang berdampak negatif pada cadangan sumber daya alam dan kualitas fungsi lingkungan hidup.

Alasan mengapa pembangunan berkelanjutan harus dilakukan oleh semua Negara dan bangsa manusia di seluruh dunia adalah; karena selama puluhan tahun kegiatan pembangunan perekonomian di berbagai Negara telah mendatangkan berbagai persoalan besar bagi lingkungan kehidupan masyarakat dunia. Permasalahan tersebut terutama karena kepentingan ekonomi yang dilakukan harus berhadapan dengan upaya perlindungan lingkungan hidup dan sumber daya alam. Pada saat pembangunan untuk kepentingan ekonomi dilakukan, maka lingkungan hidup dan sumber daya alam selalu menjadi korban dan tidak diperhatikan, sehingga pada akhirnya kerugian material dan energy ditanggung bersama oleh seluruh masyarakat dunia yang bertempat tinggal di hanya satu bumi alam semesta ini (*the only one earth*). Setelah itu, muncul kesadaran bangsa-bangsa manusia bahwa kerusakan

lingkungan hidup serta menipisnya cadangan sumber daya alam sebagai akibat dari kegiatan ekonomi yang mengekstraksi sumber daya alam secara berlebihan dan menimbulkan bencana kemanusiaan pada generasi mendatang. Pada sektor energi misalnya, keinginan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi telah mendorong peningkatan konsumsi energi di seluruh dunia, dan sumber energi yang digunakan pada umumnya berasal dari sumber energi tak terbarukan (*non-renewable energy resources*) seperti batu bara dan minyak bumi. Konsumsi energi yang besar mendorong adanya produksi dan eksploitasi pada dua sumber energi batu bara dan minyak bumi ini, yang secara langsung maupun tidak langsung memberi dampak negatif kerusakan lingkungan. Pada saat pembangunan ekonomi berlangsung, dibutuhkan konsumsi energi yang sangat besar sehingga mengakibatkan cadangan energi semakin menipis. Sehingga teori pembangunan berkelanjutan menjadi sangat penting, dimana kepentingan ekonomi-sosial-budaya dan kepentingan lingkungan hidup dapat berlangsung secara bersinergi dan bersamaan.

Pada tahun 1987, Persatuan Bangsa-Bangsa (PBB) mengeluarkan dokumen *Brundtland Report* atau yang lebih dikenal dengan "Masa Depan Kita Bersama" (*Our Common Future*), dan secara politis, laporan ini memberi sinyal dimasukkannya aspek *lingkungan* kehidupan ke dalam agenda politik perekonomian bangsa-bangsa di seluruh dunia.

Kerusakan ekologis yang disebabkan oleh upaya pembangunan dan peningkatan pertumbuhan ekonomi telah memberikan ancaman yang nyata, dan keadaan ini menimbulkan rasa kekhawatiran yang mendalam terhadap keberlanjutan ketersediaan sumber daya alam untuk generasi yang akan datang. Pada laporan tersebut, dijelaskan prinsip *sustainable development* yang diterjemahkan menjadi 'pembangunan berkelanjutan' yang kemudian menjadi topic kampanye pembangunan di seluruh Negara dan utamanya adalah untuk negara-negara berkembang. Prinsip utama pembangunan berkelanjutan adalah proses-proses pemanfaatan sumber daya

alam dalam kegiatan pembangunan ekonomi tidak mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka. Tiga prinsip utama dalam pembangunan berkelanjutan melingkupi upaya untuk melindungi lingkungan hidup, melindungi masyarakat sekitar serta melindungi ketersediaan sumber daya alam di masa yang akan datang. Berdasarkan dokumen *World Commission on Environment and Development* (WCED) dijelaskan bahwa pembangunan berkelanjutan menekankan pada pentingnya untuk pengendalian pengambilan sumber daya alam, baik sumber daya alam yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) maupun sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (*non-renewable resources*).

Kedua jenis sumber daya alam tersebut masih dapat diambil, namun harus mengkaji dampak negatif pengambilan sumber daya alam tersebut dan meminimumkan dampak negative yang ditimbulkannya jika terpaksa harus menggunakan sumber daya alam tersebut. Negara-negara di seluruh dunia didorong untuk memperhatikan implikasi sosial-budaya serta implikasi lingkungan hidup dari pengaruh kegiatan ekonomi yang dilakukan oleh masyarakatnya, misalnya suatu negara masih diperbolehkan menebang hutan mereka namun harus menanam benihnya di tempat lain.

Sehingga pada intinya, konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) merupakan jembatan antara kebutuhan ekonomi masyarakat dunia dengan upaya perlindungan lingkungan hidup dan masyarakat lokal. Upaya untuk mendorong dapat diterapkannya prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan dapat dilakukan melalui tiga cara yaitu: 1) melalui pendidikan, 2) melakukan reformasi dan pengembangan institusi pengelolaan lingkungan hidup, serta 3) melalui regulasi yang bijak. Dengan dimasukkannya konsep prinsip pembangunan berkelanjutan di dalam dokumen WCED, maka ada harapan terhadap perubahan pola kebijakan dan investasi ekonomi di berbagai belahan dunia. Sekalipun isu lingkungan pada masa itu masih merupakan agenda minoritas,

namun mulai terlihat kecenderungan yang cukup positif terhadap wacana lingkungan hidup di dalam diskusi internasional. Dokumen "*Our Common Future*" menjadi dokumen bersejarah yang menandai perjalanan diimplementasikannya berbagai prinsip untuk mengarah kepada pembangunan yang berkelanjutan di berbagai Negara.

Akhirnya, bahwa dalam rangka perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang berkelanjutan harus dilaksanakan berdasarkan asas; tanggung jawab Negara, asas kelestarian dan keberlanjutan, asas keserasian dan keseimbangan, asas keterpaduan, asas manfaat, asas kehati-hatian, asas keadilan, asas ekoregion, asas keanekaragaman hayati, asas pencemar membayar, asas partisipatif, asas kearifan local, asas tata kelola pemerintahan yang baik, dan asas otonomi daerah. Tindakan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup secara berkelanjutan harus dilaksanakan pada setiap tahap kegiatan meliputi: kegiatan perencanaan, kegiatan pemanfaatan, kegiatan pengendalian, kegiatan pemeliharaan dan kegiatan pengawasan, serta melakukan kegiatan penegakan hukum.

Dasar Teori Ilmu Lingkungan

Ilmu lingkungan (*environmental science*) adalah ilmu yang mempelajari kenyataan-kenyataan tentang lingkungan kehidupan, dan mengkaji bagaimana cara mengelola dan mengendalikan kegiatan-kegiatan manusia dalam ekosistem lingkungan hidup demi menjaga keberlangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia (tanpa kemiskinan) serta makhluk hidup lainnya.

Pasal 1 Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup mendefinisikan lingkungan hidup sebagai kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.

Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum.

Pembangunan berkelanjutan adalah upaya sadar dan terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi ke dalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan.

Terdapat 7 (tujuh) teori mendasar yang melekat dalam ilmu lingkungan, yaitu:

1. Adanya proses-proses “interaksi” (*interactions*) di dalam lingkungan hidup;
2. Adanya peran yang “interdependensi” (*inter-dependency*) atau saling ketergantungan satu sama lainnya di dalam lingkungan hidup;
3. Adanya prinsip “diversitas” (*diversity*) atau keanekaragaman atau mengakui adanya keberagaman atau kebhinekaan di dalam lingkungan hidup;
4. Adanya prinsip harmonisasi, keselarasan dan keseimbangan” di dalam lingkungan hidup;
5. Adanyanya prinsip “utilitas” (*utility*) atau kegunaan/ manfaat/ fungsi dari masing-masing komponen lingkungan hidup;
6. Adanyanya “arus informasi aktual” (*information*) yang muncul dari peristiwa-peristiwa yang terjadi dalam lingkungan hidup guna dapat dikembangkan lebih lanjut dalam memprediksi kondisi kualitas lingkungan hidup;
7. Adanya prinsip “keberlanjutan” (*sustainability*) yang berlangsung di dalam lingkungan hidup;

Teori tentang adanya “interaksi” di dalam lingkungan hidup; bahwa dalam suatu lingkungan yang baik dan berkualitas harus ada kondisi-kondisi interaksi atau hubungan timbal balik yang terjadi antar komponen-komponen lingkungan hidup, baik komponen lingkungan hayati maupun non-hayati (biotik-abiotik). Apabila suatu lingkungan kehidupan tidak terdapat interaksi antar komponen-komponen lingkungan hidup, maka kualitas lingkungan hidup di lingkungan tersebut dapat diindikasikan berkualitas buruk atau lingkungan hidup tidak berkualitas.

Teori tentang adanya “interdependensi” di dalam lingkungan hidup; bahwa dalam suatu lingkungan yang baik dan berkualitas harus ada kondisi-kondisi saling ketergantungan satu sama lain antar komponen-komponen lingkungan hidup, baik saling ketergantungan antara komponen lingkungan hayati dengan

komponen lingkungan non-hayati (biotik-abiotik), maupun saling ketergantungan di antara komponen makhluk hidup. Apabila suatu lingkungan kehidupan tidak terdapat saling ketergantungan antar komponen-komponen lingkungan hidup, maka kualitas lingkungan hidup di lingkungan tersebut dapat diindikasikan berkualitas buruk atau lingkungan hidup tidak berkualitas.

Teori tentang adanya “diversitas” atau keanekaragaman atau kebhinekaan hayati; bahwa di dalam suatu lingkungan yang baik dan berkualitas harus dapat tercipta keanekaragaman hayati dan non-hayati. Semakin beranekaragam kehidupan yang ditemui dalam suatu lingkungan hidup, maka semakin kuat daya tahan dan ketahanan lingkungan hidup tersebut.

Teori tentang adanya “harmoni” di dalam lingkungan hidup; bahwa dalam suatu lingkungan yang baik dan berkualitas harus ada kondisi-kondisi harmonisasi atau adanya keserasian-keseimbangan-keselarasan hubungan antar komponen-komponen lingkungan hidup, semakin harmonis hubungan dan kondisi komponen lingkungan hidup, maka semakin berkualitas lingkungan hidup tersebut.

Teori tentang adanya “utilitas” atau kegunaan/ manfaat/ fungsi dari masing-masing komponen lingkungan hidup; bahwa dalam suatu lingkungan hidup, masing-masing komponen lingkungan hidup pasti memiliki utilitas (*utility*) atau ada kegunaannya/ ada manfaatnya/ ada fungsinya dalam membentuk kondisi lingkungan tertentu. Semakin dipahami fungsi dan manfaat suatu komponen lingkungan hidup tertentu, maka akan muncul informasi tentang keadaan lingkungan hidup tersebut untuk dapat dikelola dan dilindungi sesuai dengan pengetahuan tentang komponen-komponen lingkungan tersebut. Sebagai contoh misalnya; Kecoa berfungsi sebagai komponen lingkungan yang akan memberikan manfaat untuk memakan limbah/sampah. Jadi, peran dan tugas Kecoa di lingkungan kita adalah sebagai makhluk untuk memakan limbah dan mengurai limbah. Apa bila Kecoa ditemukan bertengger di tempat

makanan manusia, maka informasi yang muncul adalah “terdapat sesuatu yang tidak beres” yaitu kesalahan dalam menata lingkungan yang menjadikan lingkungan tersebut tidak berkualitas, kumuh, jorok dan tidak higienis atau tidak sehat. Dalam kasus ini, apakah karena populasi Kecoa yang tinggi ataukah karena lingkungan tersebut banyak limbah dan sampah sehingga Kecoa datang menghampiri makanan manusia tersebut.

Teori tentang “ arus informasi” (*current information*) yang muncul dari peristiwa-peristiwa actual yang terjadi dalam lingkungan hidup yang dapat dijadikan sebagai sumber ilmu pengetahuan dan sekaigus sebagai teori untuk mengembangkan ilmu pengetahuan untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup.

Teori tentang adanya “keberlanjutan” (*sustainability*); bahwa kondisi-kondisi tersebut di atas (interaksi, interdependensi, saling ketergantungan, keanekaragaman, keserasian-keseimbangan-keselarasan, dan utilitas) yang bersifat positif harus diupayakan berlangsung secara berkelanjutan atau berkesinambungan (*sustainable*).

Lingkungan hidup yang berkualitas dicirikan oleh keadaan dan kondisi unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup yang saling berinteraksi (*interactive*), saling ketergantungan hidup satu sama lainnya (*interdependency*), hubungan antar unsur atau komponen lingkungan yang harmonis (*harmony*) selaras, berkemampuan untuk bertahan hidup dalam keberagaman (*diversity*), seluruh unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup melaksanakan tugas sesuai fungsinya masing-masing (*utility*), informasi actual (*current information*) yang muncul dari peristiwa lingkungan hidup yang dapat dikembangkan untuk memelihara kualitas lingkungan hidup, dan keadaan atau kondisi-kondisi ini harus diupayakan untuk dapat berlangsung secara terus menerus dan berkelanjutan (*sustainability*).

Hasil studi beberapa pakar terhadap ilmu lingkungan menyebutkan bahwa **Hippocrates, Aristoteles**, dan para filsuf Yunani menulis beberapa materi yang sesungguhnya tergolong dalam bidang ilmu lingkungan, namun pada saat itu istilah ilmu lingkungan (*environmetal science*) belum dikenal. Kemudian, **Anthony Van Leeuwenhoek**, seorang pakar bidang biologi terkenal dengan tulisannya tentang studi mengenai rantai makanan dan regulasi populasi biota. Studi tentang rantai makanan dan jejaring makanan merupakan suatu kajian lingkungan tentang keberlanjutan kehidupan makhluk hidup khususnya tentang siklus kehidupan hewan, tumbuhan dan manusia melalui penelusuran aliran energi dan siklus materi dalam alam kehidupan. **Ernst Haeckel**, pakar biologi Jerman memperkenalkan istilah ekologi untuk pertama kalinya pada tahun 1866 yang kemudian akhirnya dikenal sebagai ilmu lingkungan dalam buku *Ecology* yang ditulis oleh Odum pada tahun 1961. Istilah ekologi berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua suku kata, yaitu *Oikos* dan *Logos*. *Oikos* artinya rumah atau tempat tinggal, sedangkan *Logos* artinya ilmu atau pengetahuan. Semula ekologi diartikan sebagai ilmu yang mempelajari organisme di tempat tinggalnya, mamun bersamaan dengan proses perkembangan ilmu pengetahuan, sampai saat ini ekologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara organisme dengan organisme lainnya atau mempelajari hubungan timbal balik antarkelompok organisme dengan lingkungannya. Berdasarkan penelusuran terhadap beberapa tulisan karya ilmiah dari para ahli, dapat pula disimpulkan bahwa ekologi lebih dikenal sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang struktur dan fungsi dari komponen-komponen ekosistem alami.

A. Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Ilmu Lingkungan

Ilmuwan Fisika Newtonian; paradigma akademis dominan memandang dunia sebagai linear, terpisah, terbagi atas subsistem mekanis yang bisa digabungkan secara agregatif menjadi satu sistem utuh, mendorong fragmentasi sains dalam

disiplin ilmu yang terpisah-pisah. Isaac Newton (1642-1727) mengembangkan teori gravitasi dan mekanika gerak (*motion*). Newton juga menulis tentang religi dan moral disamping fisika sehingga mencerminkan ilmuwan berwawasan luas. Ekologi tumbuh pada abad ke-20 dari gagasan holistik dan sistem integrasi. Ekologi tumbuh evolusioner, non-linear, dan menyimpang dari model fisika Newton dan membangun pandangan yang diadaptasi untuk menanggapi sistem kehidupan yang kompleks. Ekologi memakai perspektif sistem yang interdisiplin. John Lock (1632-1704) mengembangkan pengetahuan medik, gagasan tentang atom disamping menulis tentang filsafat sosial. Tradisi ilmuwan adalah untuk menjangkau lintas disiplin, menumbuhkan kesadaran melampaui batas spesialisasinya. Namun menjelang pertengahan abad ke-20 kajian trans-disiplin semakin langka. Ilmu ekonomi tumbuh ditengah berkembangnya tradisi transisi disiplin. Sedangkan ilmu ekonomi tumbuh dari falsafah moral. Dalam abad ke-18 persoalan moral yang tumbuh tentang kewajiban individu terhadap tujuan sosial lebih besar mulai digugat oleh tumbuhnya pasar dan sains, yang membuka kesempatan baru bagi kemajuan materi perorangan yang mendorong masa depan yang lebih cerah. Pada abad ke 18 muncul keprihatinan dunia internasional tentang tidak sejalannya usaha mengejar 'kepentingan sendiri' dengan 'kepentingan masyarakat' sebagai keseluruhan. Ahli ekonomi beranggapan bahwa pasar membimbing perilaku individu oleh 'tangan tak kentara' ke arah kepentingan bersama.

Permasalahan menonjol pada abad ke 21 dengan Target Pembangunan Milenium (*Millenium Development Goals*) yang sifatnya programatik harus diselesaikan sebagai pendekatan hubungan timbal balik dengan '*ecosystem*' sebagai ciri pendekatan 'ilmu lingkungan'. Interkasi dan interdependensi komponen target MDGs (yang pelaksanaannya berakhir pada tahun 2015) dengan *ecosystem* adalah sebagai berikut:

- | | | |
|---|---|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. Kemiskinan (poverty/hunger)2. Pendidikan dasar (primary education)3. Kesetaraan gender (gender equality)4. Kematian bayi (child mortality)5. Kesehatan ibu (maternal health)6. Penyakit AIDS dan Malaria7. Lingkungan hidup (environment)8. Kerjasama global (global partnership) |  | <ol style="list-style-type: none">1. Sistem air bersih (freshwater system)2. Sistem pesisir dan laut (marine/coastal system)3. Hutan dan lahan hutan (forest and woodlands)4. Lahan kering (drylands)5. Sistem kepulauan (island system)6. Sistem pegunungan (mountain system)7. Sistem awan (polar system)8. Sistem pengolahan pertanian (cultivated system)9. Sistem peradaban (urban system)10. Sistem lainnya (other system) |
|---|---|---|

Pascalaksanaan pembangunan dengan target MDGs yang tidak seluruhnya dapat dilaksanakan secara sempurna, maka masyarakat dunia melanjutkannya dengan target pembangunan berkelanjutan yaitu SDGs (*Sustainable Development Goals*). Parameter target pembangunan berkelanjutan (SDGs) pada dasarnya hampir sama dengan MDGs.

Delapan target manifesto SDGs yang harus dikerjakan sampai tahun 2030 (15 tahun sejak 2015) yaitu:

1. menanggulangi kemiskinan dan kelaparan;
2. mencapai pendidikan dasar untuk semua;
3. mendorong kesetaraan gender dan pemberdayaan perempuan;
4. menurunkan angka kematian anak;
5. meningkatkan kesehatan ibu;
6. memerangi HIV/AIDS, malaria, dan penyakit menular lainnya;
7. memastikan kelestarian lingkungan hidup; dan
8. mengembangkan kemitraan global untuk pembangunan.

Terdapat 17 poin penting di dalam SDGs, yaitu terwujudnya dunia yang:

1. tanpa kemiskinan;
2. tanpa kelaparan;
3. kesehatan yang baik dan kesejahteraan;
4. pendidikan berkualitas;
5. kesetaraan gender;

6. air bersih dan sanitasi;
7. energi bersih dan terjangkau;
8. pertumbuhan ekonomi dan pekerjaan yang layak;
9. industri, inovasi, dan infrastruktur;
10. pengurangan kesenjangan;
11. keberlanjutan kota dan komunitas;
12. konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab;
13. aksi terhadap iklim;
14. kehidupan bawah laut;
15. kehidupan di darat;
16. institusi peradilan yang kuat dan kedamaian; dan
17. kemitraan untuk mencapai tujuan.

Ekosistem (*ecosystem*) adalah tatanan unsur-unsur lingkungan hidup atau tatanan komponen-komponen lingkungan hidup yang merupakan satu kesatuan utuh menyeluruh dan saling berpengaruh dan mempengaruhi satu sama lainnya dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup. Pembangunan di segala bidang yang memanfaatkan sumber daya alam hayati dan ekosistemnya harus diwujudkan secara integral dalam sistem pembangunan berkelanjutan sebagaimana diamanatkan oleh UUD-1945 yaitu; bahwa pembangunan ekonomi nasional sebagaimana diamanatkan oleh Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 diselenggarakan berdasarkan prinsip pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Peran atau fungsi komponen lingkungan hidup di dalam suatu ekosistem dapat dibagi menjadi dua yaitu komponen lingkungan hidup yang berperan sebagai “autotrofik” dan komponen lingkungan hidup yang berperan sebagai “heterotrofik”. Autotrofik berasal dari dua suku kata *autos* berarti sendiri, dan kata *trophitos* berarti menyediakan makanan, sehingga komponen lingkungan hidup yang berperan sebagai “autotrofik” adalah organisme yang berperan dan mampu menyediakan makanannya sendiri berupa bahan-bahan organik dan bahan-bahan anorganik dengan bantuan energi matahari. Heterotropik

berasal dari dua suku kata *hetero* berarti berbeda atau lain, dan kata *trophitos* berarti ketersediaan makanan, sehingga komponen lingkungan hidup yang berperan sebagai heterotrofik adalah organisme yang mampu memanfaatkan bahan-bahan makanan yang berasal dari berbagai sumber yang disediakan oleh banyak organisme lain (bahan makanan yang disintesis dan atau disediakan oleh banyak organisme lain).

Di dalam lingkungan hidup terdapat makhluk hidup dan lingkungannya, makhluk hidup terdiri atas; tumbuh-tumbuhan, hewan, dan manusia, sedangkan lingkungan adalah segala sesuatu yang berada di luar individu makhluk hidup. Lingkungan yang dimaksudkan dalam paragraf ini adalah lingkungan hidup manusia dimana terdapat kepentingan manusia di dalamnya.

Ditinjau dari susunan komponen lingkungan hidup, maka komponen lingkungan hidup dapat dibagi menjadi lima yaitu komponen biotik (hayati), komponen abiotik (material tak hidup), komponen produsen (penghasil produk makanan), komponen konsumen (yang berperan sebagai pemakan), dan komponen pengurai. Bahan tak hidup atau yang biasa disebut abiotik atau non-hayati adalah komponen fisik dan kimia yang terdapat dalam lingkungan hidup yang terdiri atas; air, udara, tanah, sinar matahari, dan lain sebagainya. Produsen dalam lingkungan hidup atau ekosistem adalah organisme autotrofik yang umumnya berupa tumbuhan berkhlorofil berfungsi untuk menangkap energi matahari dan mensintesiskannya menjadi bahan organik. Konsumen dalam konsep ekosistem adalah kelompok organisme heterotrofik yang terdiri dari makhluk hidup hewan dan manusia yang memakan organisme lain. Sedangkan komponen pengurai atau perombak (*decomposer*) merupakan organisme heterotrofik yang berfungsi untuk mengurai bahan-bahan organik yang berasal dari organisme mati seperti bakteri dan jamur menjadi bahan-bahan anorganik.

Suatu ekosistem dapat dibagi dalam beberapa sub-ekosistem misalnya ekosistem bumi, dan di dalam ekosistem bumi ini

dapat dibagi lagi menjadi; sub-ekosistem lautan, sub-ekosistem daratan, sub-ekosistem danau, sub-ekosistem sungai dan lain sebagainya. Kemudian, sub-ekosistem daratan misalnya, dapat dibagi lagi menjadi beberapa sub-ekosistem misalnya; sub-ekosistem hutan, sub-ekosistem belukar, dan sub-ekosistem padang pasir. Di antara masing-masing sub-ekosistem tersebut di atas terjadi proses-proses interaksi, saling ketergantungan satu sama lainnya, dan saling pengaruh-mempengaruhi satu sama lainnya dalam membentuk keseimbangan, harmonisasi, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup secara berkelanjutan, dan di dalamnya terdapat pula arus materi, arus energi, dan arus informasi.

Dalam upaya perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup di daerah-daerah di Indonesia yang beraneka ragam, maka kelima teori dasar ilmu lingkungan tersebut diatas harus diterapkan secara praktis dalam upaya-upaya pengelolaan ekosistem baik alami maupun ekosistem buatan/binaan. Pengelolaan lingkungan di daerah-daerah lebih terfokus pada pengelolaan lingkungan secara lokal misalnya untuk ; pengelolaan kawasan industri, pengelolaan kawasan pesisir, pengelolaan lingkungan permukiman penduduk/perumahan, pengelolaan kawasan hutan lindung, pengelolaan sistem pertanahan, pengelolaan limbah cair industri, pengelolaan polusi udara dari pabrik, pengelolaan lingkungan perternakan, dan lain sebagainya.

B. Ruang Lingkup Ilmu Lingkungan

Ilmu lingkungan merupakan ilmu ekologi terapan yang cenderung mempelajari pengaruh interaksi manusia dalam konteks ekonomi-sosial-budaya-kesehatan masyarakat terhadap lingkungannya, dan sumber daya alam yang dimanfaatkannya. Secara umum pemanfaatan sumber daya alam dan lingkungan hidup oleh manusia lebih banyak menimbulkan kerusakan dan degradasi terhadap lingkungan kehidupan.

Ruang lingkup ilmu lingkungan dapat dijelaskan dengan melihat spektrum ilmu ekologi terapan yang menggambarkan interaksi, interdependensi, diversitas, utilitas, harmoni dan keberlanjutan eksistensi kualitas lingkungan hidup dan sumber daya alam seperti bagan berikut.



Gambar 7. Ruang Lingkup Ilmu Lingkungan

Gambar 7 di atas menjelaskan aktivitas kegiatan manusia selalu memanfaatkan sumber daya alam baik di lingkungan tanah, lingkungan air maupun lingkungan udara, dan hasil-hasil pemanfaatan sumber daya alam tersebut selalu menghasilkan *entropy*.

Setiap material selalu mengandung energy baik dalam bentuk energy potensial ataupun energy kinetik, sehingga transformasi materi yang terjadi pada berbagai aktivitas kegiatan manusia juga dapat dipastikan akan diikuti timbulnya limbah dan polutan sebagai *entropy*.

Aktivitas kegiatan manusia (kegiatan sosial, ekonomi, budaya dan kesehatan masyarakat) akan selalu mengikuti pola-pola hukum termodinamika kedua yaitu menghasilkan limbah dan

polutan sebagai *entropy* yang dilepas ke lingkungan (udara, air, dan tanah) yang digambarkan oleh bentuk garis tanda panah tidak terputus. Apabila zat pencemar utama dilepaskan ke udara maka bahan pencemar di udara akan bereaksi dengan molekul lainnya yang ada di udara (membentuk senyawa kimia baru) dan jatuh bersama hujan ke tanah dan ke air sehingga senyawa kimia tadi akan mencemari tanah dan air. Bahan pencemar yang baru saja dilepas ke lingkungan disebut sebagai bahan pencemar primer atau polutan primer. Material pencemar utama yang bereaksi dengan material pencemar utama lainnya di media udara akan menghasilkan material atau zat kimia pencemar sekunder atau polutan sekunder.

Apabila zat pencemar industry misalnya, dilepaskan terlebih dahulu ke media air maka dampak air yang tercemar akan menimbulkan dampak lanjutan terhadap media tanah mencemari kualitas tanah, kemudian zat pencemar dari media air dan tanah akan menguap ke udara sehingga pencemaran akan terjadi pada udara, dan sebaliknya apabila bahan pencemar dilepaskan pertama kali ke media tanah maka dampak lanjutannya adalah terhadap air di dalam tanah serta air di permukaan tanah disebut sebagai pencemar sekunder. Apabila pelepasan zat pencemar utama dilepaskan ke media tanah maka bahan pencemar di tanah bisa menguap ke udara dan mencemari udara, kemudian bersama hujan di atmosfer pencemaran tadi akan jatuh kembali ke tanah dan ke air sehingga mencemari tanah dan air. Pencemaran yang dilepas oleh aktivitas manusia (kegiatan sosial, ekonomi, budaya dan kesehatan masyarakat) baik ke media tanah, udara ataupun ke air, dampak pencemaran tersebut akan kembali dirasakan oleh manusia itu sendiri (pada kegiatan sosial, ekonomi, budaya dan kesehatan masyarakat) melalui media air, tanah, dan udara yang dicemari tersebut. Dampak pencemaran ke tanah, air, dan udara tersebut akan dirasakan oleh manusia dalam bentuk penyakit dan menurunnya daya tahan tubuh serta kesehatan ataupun kualitas hidup manusia.

Dampak pencemaran ke tanah, air, dan udara tersebut akan dirasakan oleh manusia dalam bentuk menurunnya kualitas sumberdaya yang akan dipakai oleh kegiatan manusia (kegiatan sosial, ekonomi, budaya dan kesehatan masyarakat), misalnya air yang dibutuhkan industri untuk keperluan produksi dan sebagainya. Demikian seterusnya, setiap ada kegiatan pelepasan zat pencemar yang dilakukan oleh manusia pada media tanah, air, dan udara akan kembali ke manusia dan pabrik/industri (kegiatan sosial, ekonomi, budaya dan kesehatan masyarakat) tersebut sebagai dampak negatif. Sehingga, ruang lingkup ilmu lingkungan adalah mempelajari dan membahas bagaimana dampak negatif maupun dampak positif yang ditimbulkan terutama oleh manusia (karena manusia sebagai penyebab kerusakan lingkungan) dapat dikelola sedemikian rupa, sehingga aktivitas lingkungan alam (selain manusia) dapat berlangsung dinamis, harmonis, berkeselimbangan, dan berlangsung secara berkelanjutan.

C. Ekologi

Biologi merupakan disiplin ilmu yang mempelajari tentang makhluk hidup atau organisme hidup, sedangkan **ekologi** merupakan ilmu dasar lingkungan yang cakupannya lebih besar menyangkut interaksi antar makhluk hidup dan interaksinya dengan makhluk tak hidup (udara, air, tanah). Ekologi mempelajari berbagai hubungan antara makhluk hidup dengan makhluk hidup lainnya, dan mempelajari hubungan dan interaksinya dengan makhluk tak hidup seperti air, udara, tanah, bebatuan dan lain sebagainya.

Sebagai contoh; ekologi akan mempelajari bagaimana sesuatu kondisi lingkungan terjadi oleh sebab hubungan atau interaksi antara manusia dengan makhluk tak hidup seperti mengambil sumber daya alam untuk kepentingan ekonomi, sosial dan politik. Ekologi kehidupan juga dapat berubah oleh akibat aktivitas makhluk tak hidup seperti gunung meletus, gempa bumi, banjir yang kejadiannya jika kita runut akan bersimpul

pada sumber penyebab yaitu perilaku aktivitas manusia (sebagai makhluk hidup). Analisis kualitas ekologi dapat dipelajari melalui rantai makanan dan jaring-jaring makanan makhluk hidup serta aliran energi dan siklus materi yang terjadi pada ekosistem tertentu.

D. Ekosistem

Ekosistem terbentuk berawal dari terbentuknya mikro-molekul, makro molekul, kemudian menjadi protoplasma, sel, jaringan, organ tubuh, sampai kemudian menjadi organisme atau makhluk hidup. Kumpulan dari organisme yang sama, kemudian menjadi suatu populasi, dan selanjutnya kumpulan berbagai populasi akan membentuk komunitas, misalnya komunitas manusia, komunitas hewan dan tumbuh-tumbuhan. Gabungan kerja sama dan interaksi antara komunitas satu dengan komunitas lainnya akan membentuk suatu ekosistem. Ilmu ekologi pada dasarnya mempunyai cakupan atau ruang lingkup studi pada **aras** atau tingkatan organisme-organisme tertentu, yaitu mulai dari populasi, komunitas hingga biosfer.

Pada mulanya ekologi berkembang menurut dua jalur ilmu hayati, yaitu ekologi tumbuhan dan ekologi hewan. Para pakar ekologi tumbuhan akan menaruh perhatian terhadap hubungan antar tumbuhan, sedangkan para pakar ekologi hewan akan mempelajari dinamika populasi dan perilaku hewan.

Studi ekologi tumbuhan dan ekologi hewan dikelompokkan menjadi dua, yaitu **Autekologi** dan **Sinekologi**. Autekologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang hubungan timbal balik suatu jenis organisme dengan lingkungannya yang pada umumnya bersifat eksperimental dan induktif. Sedangkan sinekologi merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari kelompok-kelompok organisme sebagai suatu kesatuan yang lebih bersifat deskriptif, deduktif dan filosofis. Contoh studi autekologi dapat kita lihat pada kajian terhadap ekologi tikus misanya, atau hewan-hewan yang hanya terdapat pada

lingkungan tertentu saja, sedangkan contoh sinekologi adalah kajian ekologi hutan tropika humida yang ternyata isinya tidak hanya ditempati atau dihuni oleh satu jenis makhluk hidup, akan tetapi terdapat banyak keanekaragaman hayati terdapat di dalam ekologi tersebut.

Sinekologi dapat dibedakan lagi, antara lain menjadi ekologi perairan tawar, ekologi daratan, dan ekologi lautan. Ekologi daratan membahas aspek-aspek mikroklimat, zat kimia tanah, unsur hara dalam tanah, daur hidrologi, dan produktivitas tumbuhan. Ekologi daratan relatif lebih sulit dipelajari dibandingkan dengan ekologi perairan karena ekosistem daratan memiliki faktor kendali yang sangat banyak, seperti faktor biologis masing-masing organisme maupun faktor fisika-kimia lingkungan. Sedangkan pada ekosistem perairan kondisi lingkungan kehidupan organisme lebih stabil dan hanya dipengaruhi oleh faktor-faktor fisik dan kimiawi air.

Pada saat kita memasuki dan melihat suatu ekosistem tertentu, baik ekosistem daratan maupun perairan, maka kita akan menjumpai adanya dua macam organisme hidup yaitu komponen autotrofik dan heterotrofik.

1. Komponen autotropik adalah makhluk hidup yang terdiri atas organisme yang mampu menghasilkan makanan (materi yang mengandung energi) dari reaksi kimia material organik dengan sinar matahari melalui proses fotosintesis pada daun yang berkhlorofil.
2. Komponen heterotropik adalah makhluk hidup yang terdiri atas organisme yang hanya mampu memanfaatkan, menggunakan, mengubah atau memecah material organik kompleks yang telah tersedia sebelumnya (diproduksi) oleh komponen autotropik.

Secara struktural ekosistem memiliki enam komponen lingkungan yaitu sebagai berikut:

1. Material atau bahan anorganik; antara lain meliputi C, N, CO₂, H₂O, dan lain-lain. Material atau bahan-bahan ini akan

- selalu mengalami daur ulang secara alamiah melalui proses-proses siklus biogeokimia.
2. Material atau bahan organik; seperti karbohidrat, lemak, protein, bahan humus, dan lain-lain. Material atau bahan-bahan organik ini akan berperan sebagai penghubung antara komponen biotik dan abiotik.
 3. Kondisi iklim; meliputi faktor-faktor iklim, misalnya kecepatan angin, curah hujan, jumlah hari hujan suhu dan kelembaban udara.
 4. Produsen adalah berbagai komponen organisme autotrof; berupa tumbuhan hijau berdaun (berkhlorofil). Organisme ini mampu hidup mandiri dengan adanya pasokan bahan anorganik dari dalam tanah dan adanya sinar matahari, dan organisme ini mampu menghasilkan energi makanan sendiri melalui proses fotosintesis. Selain tumbuhan berkhlorofil, terdapat pula bakteri kemosintetik yang mampu menghasilkan energi kimia melalui reaksi-reaksi kimia.
 5. Makrokonsumen adalah organisme heterotrof berupa hewan-hewan. Organisme ini hidupnya tergantung pada organisme lain, organisme ini dapat hidup dengan memakan materi organik yang dihasilkan oleh produsen (tumbuh-tumbuhan).
 6. Mikrokonsumen adalah organisme heterotrof, sapotrof, dan osmotrof, terutama bakteri dan fungi/jamur. Mikrokonsumen inilah yang berperan untuk memecah materi organik yang berupa sampah dan bangkai, menguraikannya sehingga terurai menjadi unsur-unsur kimia anorganik (material anorganik seperti Fosfor, Nitrogen, Kalium dan lain sebagainya). Kelompok organisme mikrokonsumen ini juga disebut sebagai organisme pengurai (decomposer).

Secara fungsional ekosistem dapat dipelajari menurut proses-proses yang berlangsung di dalamnya, dan terdapat enam proses berlangsung yaitu; adanya aliran energi, adanya rantai makanan, adanya pola keragaman makhluk hidup berdasarkan ruang dan waktu, adanya proses daur ulang (siklus)

biogeokimiawi, adanya proses-proses perkembangan dan evolusi, serta adanya proses-proses pengendalian atau sibernetika.

Sering terjadi bahwa proses autotropik dan heterotropik serta organisme-organisme yang bertanggung jawab atas proses-proses tersebut terpisah (secara tidak sempurna), baik menurut ruang atau waktu. Sebagai contoh dapat dijelaskan bahwa di hutan, misalnya proses autotropik terjadi pada saat proses fotosintesis berlangsung yang umumnya lebih banyak terjadi pada bagian kanopi hutan, sedangkan proses heterotropik lebih banyak terjadi di permukaan tanah atau lantai hutan, hal ini terpisah berdasarkan ruang. Proses autotropik juga terjadi pada waktu siang hari, sedangkan proses heterotropik dapat terjadi baik pada siang hari ataupun pada malam hari, hal ini terpisah berdasarkan waktu.

Adanya pemisahan tersebut juga dapat dilihat pada ekosistem perairan. Pada ekosistem perairan, lapisan permukaan yang dapat ditembus oleh sinar matahari merupakan lapisan autotropik. Dalam lapisan ini proses-proses autotropik adalah sangat dominan terjadi, dimana lapisan perairan paling bawah yang tidak tertembus oleh sinar matahari merupakan lapisan heterotropik, sehingga pada lapisan perairan paling bawah ini berlangsung proses-proses heterotropik.

Kualitas Lingkungan Hidup

Kualitas lingkungan hidup adalah kondisi dan keadaan unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup, baik komponen biota maupun komponen abiotik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan atau sesuai dengan standard mutu lingkungan.

Lingkungan hidup yang berkualitas dicirikan oleh keadaan dan kondisi unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup yang saling berinteraksi (*interactive*), saling ketergantungan hidup satu sama lainnya (*interdependency*), hubungan antar unsur atau komponen lingkungan yang harmonis (*harmony*) selaras, berkemampuan untuk bertahan hidup dalam keberagaman (*diversity*), seluruh unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan melaksanakan tugas sesuai fungsinya masing-masing (*utility*), adanya arus informasi (*information*) yang dapat diperoleh dari kondisi lingkungan hidup untuk dapat dimanfaatkan sebagai ilmu pengetahuan, dan keadaan atau kondisi-kondisi ini harus diupayakan untuk dapat berlangsung secara berkelanjutan (*sustainability*).

Analisa atau analisis (*analyze*) menurut kamus bahasa Indonesia adalah kegiatan atau proses penyelidikan terhadap suatu keadaan, kondisi, peristiwa yang terjadi atau yang akan terjadi untuk mengetahui keadaan, kondisi, peristiwa sebenarnya (baik sebab maupun akibat). Sehingga dengan melakukan suatu analisis, maka yang melakukan analisis dapat menguraikan pokok permasalahan yang akan menimbulkan berbagai kemungkinan yang akan terjadi, dan memberikan solusi untuk memecahkan persoalan lingkungan hidup yang terjadi.

Kualitas atau mutu adalah kesesuaian antara suatu kondisi keadaan yang ada (*existing conditions*) dengan kondisi keadaan yang diinginkan atau kondisi yang diharapkan oleh pihak yang

berkepentingan. Kualitas lingkungan hidup adalah kesesuaian antara suatu kondisi keadaan lingkungan hidup yang ada (*existing conditions*) dengan kondisi keadaan lingkungan hidup yang dipersyaratkan oleh “lingkungan itu sendiri” atau kondisi yang dipersyaratkan oleh baku mutu lingkungan (*environmental standard*).

Sebagai contoh kualitas lingkungan hidup di perkotaan yang “buruk” adalah, pada saat kita menyaksikan kemacetan lalu lintas kendaraan bermotor di jalan raya di hampir semua kota-kota besar. Keadaan “macet” ini adalah suatu keadaan atau kondisi yang “tidak diinginkan” oleh setiap orang (*existing*), sedangkan yang diharapkan oleh semua orang di perkotaan adalah “kondisi jalan raya tidak macet” (*hope*). Dalam konteks kemacetan lalu lintas di jalan raya seperti tersebut di atas, maka kualitas lingkungan hidup dapat definisi sebagai “kesesuaian” antara “harapan” dan “kenyataan”, harapannya adalah arus kendaraan di jalan raya lancar, sedangkan kenyataannya adalah arus kendaraan di jalan raya macet.

Lingkungan adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya.

Sistem standard kualitas lingkungan hidup adalah “tindakan pencegahan” terjadinya penyimpangan ukuran, jumlah dan jenis unsur lingkungan atau adanya pencemaran terhadap lingkungan hidup. Penyimpangan ukuran kualitas lingkungan hidup adalah harga ketidak-sesuaian antara suatu kondisi keadaan lingkungan yang ada dengan kondisi keadaan lingkungan yang diinginkan oleh pihak yang berkepentingan; dan atau kesesuaian antara suatu kondisi keadaan lingkungan yang ada dengan kondisi keadaan lingkungan yang dipersyaratkan oleh baku mutu lingkungan kehidupan. Sehingga pengertian Analisis Kualitas Lingkungan Hidup (AKLH) adalah telaah atau kajian terhadap keseluruhan kegiatan atau proses penyelidikan

terhadap suatu keadaan untuk mengawasi, mengoreksi, menganalisis dan memperbaiki kesalahan ataupun penyimpangan yang terjadi selama kurun waktu tertentu, sehingga bisa mengambil kesimpulan terhadap kondisi dan keadaan unsur lingkungan baik biota maupun abiotik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan atau sesuai dengan standard mutu lingkungan.

Pengendalian kualitas lingkungan hidup dimaksudkan sebagai upaya sadar dan terencana untuk menjaga kondisi kualitas lingkungan hidup tetap dalam keadaan *standard* pada: i) saat sebelum proses kegiatan pembangunan dilakukan, ii) selama proses kegiatan pembangunan berlangsung, dan iii) produk pembangunan yang dihasilkan hingga kegiatan pembangunan dapat berlangsung secara berkelanjutan tanpa menimbulkan kerugian dan atau kerusakan pada unsur lingkungan hidup.

Kondisi lingkungan yang berkualitas selalu mengikuti hukum lingkungan kehidupan (*environmental law*) yang terdiri atas fenomena sebagai berikut;

1. Di dalam lingkungan kehidupan harus ada interaksi (*interactions*) atau terdapatnya kondisi hubungan timbal balik antara satu unsur atau komponen lingkungan hidup dengan unsur dan komponen lingkungan lainnya;
2. Di dalam lingkungan kehidupan harus ada kondisi-kondisi unsur atau komponen lingkungan hidup yang saling ketergantungan (*interdependency*) dan tidak mesti harus ada dominasi oleh satu unsur atau komponen lingkungan tertentu;
3. Di dalam lingkungan kehidupan harus terdapat keanekaragaman hayati (*biodiversity*) maupun keanekaragaman non-hayati (*diversity*);
4. Di dalam lingkungan kehidupan harus ada harmonisasi hubungan (*harmony*) antara satu unsur dan komponen lingkungan lainnya, atau adanya keserasian hubungan dan keseimbangan antara satu unsur dan komponen lingkungan lainnya;

5. Masing-masing unsur dan komponen lingkungan di dalam lingkungannya memiliki tugas dan menjalankan fungsi, manfaat dan kegunaannya (*utility*) masing-masing;
6. Adanyanya “arus informasi aktual” (*information*) yang muncul dari peristiwa-peristiwa yang terjadi dalam lingkungan hidup guna dapat dikembangkan lebih lanjut dalam memprediksi kondisi kualitas lingkungan hidup dan perkembangan ilmu pengetahuan; dan
7. Di dalam lingkungan kehidupan harus dapat diciptakan keadaan dan kondisi tersebut di atas berlangsung secara berkelanjutan (*sustainability*).

Sebagai contoh, dalam lingkungan kehidupan kita sehari-hari jika melihat banyak kecoa, nyamuk, tikus di rumah kita, maka kita akan langsung berkesimpulan bahwa kualitas lingkungan kita sangatlah buruk. Pertanyaan yang terlintas dibenak kita adalah;

1. Mengapa banyak nyamuk di lingkungan kita ?
2. Mengapa banyak tikus di kamar rumah kita ?
3. Mengapa banyak cicak di lingkungan kita ?
4. Mengapa banyak sampah di lingkungan kita ?

Mengapa banyak nyamuk di lingkungan rumah kita, hal ini dapat dianalisis dengan pernyataan; telah terjadi ketidakseimbangan di lingkungan rumah kita. Mengapa terjadi ketidakseimbangan di lingkungan rumah kita? karena populasi nyamuk bertambah setiap harinya. Mengapa nyamuk bertambah banyak setiap harinya? karena mungkin habitatnya sudah berkembang banyak di selokan dan air tergenang, atau karena jumlah predator atau pemangsa nyamuk kurang banyak. Sehingga jika terdapat keseimbangan di lingkungan kita yaitu antara banyaknya nyamuk sebanding dengan jumlah predatornya, maka pertanyaan tersebut di atas akan terjawab sudah.

Pada pendapat yang lain mengatakan bahwa banyaknya nyamuk di lingkungan kita sebagai akibat dari banyaknya tempat atau habitat untuk bertelurnya nyamuk, sehingga untuk mencegah

banyaknya nyamuk di lingkungan kita maka hal yang dapat kita lakukan adalah dengan cara membersihkan tempat dan wadah yang menjadi sarang nyamuk. Demikian pula dengan pendapat para ahli kesehatan yang menyatakan bahwa untuk mencegah timbulnya vector penyakit demam berdarah maka salah satu cara yang harus dilakukan masyarakat adalah dengan mengubur barang-barang bekas tempat bersarangnya nyamuk.

Pengertian analisis kualitas lingkungan hidup berasal dari tiga suku kata yaitu analisis-kualitas-lingkungan hidup (*analyze, quality* dan *environmental* atau *ecology*). Analisis adalah kegiatan melakukan penelitian suatu peristiwa atau kejadian untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya (sebab-akibat, permasalahan, kesenjangan); menguraikan dan menjelaskan suatu masalah guna memperoleh pengertian dan pemahaman yang tepat atas masalah dan solusinya; melakukan penjabaran terhadap sesuatu yang telah dikaji sebelumnya; serta membuat solusi pemecahan persoalan yang akan diduga kebenarannya.

Kualitas atau *quality* artinya adalah kualitas atau mutu yang menunjukkan adanya kesesuaian (suai) antara apa yang diinginkan dengan apa yang menjadi kenyataan (kesesuaian antara harapan dan kenyataan), sedangkan lingkungan hidup (*environmental* atau *ecology*) adalah lingkungan dimana manusia dan makhluk hidup dapat hidup secara berkualitas.

Lingkungan hidup berkualitas adalah kondisi lingkungan yang dapat memberikan penghidupan yang baik, nyaman dan memenuhi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya (flora dan fauna). Ketiga suku kata tersebut di atas digabung menjadi satu yaitu **analisis kualitas lingkungan** hidup yang artinya adalah melakukan analisis terhadap kondisi-kondisi lingkungan tertentu dan mencari penyebab timbulnya kondisi lingkungan tersebut serta membuat dan merancang solusi untuk mengatasi kesenjangan atau ketidaksesuaian kondisi atau kualitas lingkungan hidup sesuai standard atau baku mutu lingkungan.

Sebagai contoh; analisis kualitas lingkungan pada aspek kimia-fisik pada komponen lingkungan air tanah/air bersih, misalnya kualitas air buruk, maka tindakan yang dilakukan adalah melihat baku mutu parameter kualitas air bersih yang telah distandardkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan, meneliti dan mengukur besaran parameter kualitas air untuk selanjutnya dibandingkan dengan standar. Analisis dilakukan terhadap faktor-faktor penyebab kualitas air buruk dan bagaimana solusi untuk mengatasi agar kualitas air dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan.

Dalam lingkungan kehidupan sosial, setiap manusia pada umumnya pasti memiliki harapan dan keinginan untuk selalu berada dalam lingkungan yang baik, namun pada kenyataannya terdapat hal-hal yang tidak sesuai dengan kondisi lingkungan yang diharapkan dan diinginkan manusia itu sendiri. Ketidaksiharian antara kondisi lingkungan yang diharapkan dan diinginkan dengan kondisi lingkungan yang dihadapinya atau kenyataan tersebut dapat diartikan sebagai kualitas lingkungan yang buruk.

Pada aspek kesehatan, Anna Donald ahli *Epidemiology* di *University College*, London mendefinisikan aspek yang terkait dengan masalah kualitas hidup sebagai berikut:

1. Kualitas hidup adalah suatu keadaan kondisi fisik, sosial dan tingkat emosional yang dimiliki manusia dan kemampuannya untuk dapat memanfaatkan keadaan tersebut dalam aktivitas kehidupan secara umum;
2. Kualitas kehidupan dapat diukur dan dianalisis dari dampak perlakuan dan proses-proses penyakit terhadap keseluruhan aspek kehidupan seseorang;
3. Analisis kualitas kehidupan secara khusus dilakukan untuk menginvestigasi pengaruh perlakuan dan proses-proses penyakit terhadap aspek sosial, emosional dan kemampuan fisik sejak dari perspektif pasien, menentukan kebutuhan sosial, emosional dan dukungan fisik sampai yang bersangkutan sakit;

4. Ukuran kualitas kehidupan dapat digunakan untuk menetapkan antara perlakuan yang berbeda, untuk informasi pasien tentang efek perlakuan, untuk memonitor keberhasilan perlakuan terhadap perspektif pasien, dan merencanakan paket koordinat perawatan;
5. Kualitas kehidupan diukur menggunakan rancangan khusus dengan instrumen percobaan, dimana ukuran yang digunakan adalah kemampuan manusia untuk memfungsikan dirinya dalam kehidupan sehari-hari.
6. Analisis kualitas kehidupan secara khusus membantu untuk mengetahui: efek perlakuan dan penyakit terhadap aspek sosial, emosional dan fisik mulai dari perspektif pasien sehari-hari, dan menetapkan kebutuhan terhadap aspek sosial, emosional dan fisik hingga dia sakit.

Analisis terhadap kualitas lingkungan hidup yang dibahas dalam buku ini tidak semata dikaitkan dengan aspek kesehatan manusia atau masyarakat. Akan tetapi analisis pembahasan lebih menitik beratkan kajian bagaimana pengaruh aktivitas kegiatan manusia atau masyarakat terhadap lingkungan hidupnya; pada aspek lingkungan fisik-kimia, aspek lingkungan sosial masyarakat, aspek ekonomi dan budaya serta kesehatan masyarakat. Untuk itu pembahasan analisis kualitas lingkungan dalam buku ini dilakukan terhadap tiga komponen lingkungan hidup yang lazim digunakan untuk menilai kualitas lingkungan kehidupupan manusia secara umum dengan tidak mengabaikan kualitas biota lain selain manusia. Hal ini dimaksudkan agar analisis kualitas lingkungan hidup yang disajikan berkaitan dengan aspek kesehatan manusia secara individu, kesehatan masyarakat secara berkelompok dan kesehatan lingkungan yang akan menopang kualitas lingkungan kehidupan secara keseluruhan.

Terdapat 3 (tiga) faktor atau unsur atau komponen lingkungan hidup yang akan dianalisis kualitasnya yaitu; komponen lingkungan fisik-kimia, komponen lingkungan biologi dan

komponen lingkungan sosekbudkesmas (sosial, ekonomi, budaya, kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat).

Ketiga faktor atau unsur atau komponen kualitas lingkungan hidup dan sub-faktor atau unsur atau komponen kualitas lingkungan hidup tersebut di atas meliputi:

1. Komponen Lingkungan Kimia-Fisik

Komponen lingkungan kimia fisik membahas tentang kondisi tata ruang lingkungan, bagaimana kualitas lahan dan bagaimana kualitas tanah, bagaimana kondisi iklim (suhu, curah hujan, intensitas hujan, jumlah hujan, kelembaban udara, arah dan kecepatan udara), bagaimana kondisi hidrologi (air permukaan, kuantitas dan kualitas air), serta bagaimana kondisi kualitas udara (kualitas udara ambien dan emisi), serta bagaimana tingkat kebisingan di lingkungan setempat.

2. Komponen Lingkungan Biologi

Komponen lingkungan biologi akan membahas tentang keadaan biota terestrial (kuantitas dan kualitas flora maupun fauna). Komponen lingkungan biologi juga akan membahas tentang kondisi biota akuatik (kuantitas dan kualitas flora maupun fauna di air) baik air tawar maupun air laut yang terdapat di sekitar lingkungan obyek penelitian. Demikian pula aspek Mikrobiologi pada air dan tanah.

3. Komponen Lingkungan Sosekbudkesmas

Komponen lingkungan sosekbudkesmas akan membahas tentang keadaan atau kualitas hubungan sosial, manusia, kondisi perekonomian penduduk (tingkat pendapatan dan penghasilan masyarakat, serta cara mendapatkannya), membahas tentang jenis pekerjaan masyarakat, tingkat pengangguran yang ada dan tingkat pendidikan masyarakat. Untuk sub-komponen budaya masyarakat akan membahas tentang budaya masyarakat yang terdapat di sekitar wilayah studi (budaya betawi, minang, sunda, jawa).

Sedangkan sub-komponen kesehatan lingkungan dan masyarakat akan membahas tentang kondisi prevalensi berbagai jenis penyakit, virus dan aspek sanitasi lingkungan.

Sub Faktor Lingkungan Kimia-Fisik:

Beberapa pertanyaan yang harus dibahas dalam menganalisis kualitas lingkungan hidup pada sub-faktor lingkungan kimia-fisik di suatu lokasi kegiatan tertentu adalah sebagai berikut.

- a. Factor Tata Ruang Wilayah
 - 1) Apakah lokasi kegiatan telah sesuai dengan tata ruang nasional dan tata ruang wilayah. Apabila lokasi kegiatan tidak sesuai dengan peruntukannya (tidak sesuai standard aturan yang telah ditetapkan oleh pemerintah), maka kegiatan tersebut telah melanggar aturan perundangan, dan kualitas lingkungan dapat dinyatakan buruk atau tidak berkualitas.
 - 2) Bagaimana tata letak bangunan dan infrastruktur lingkungan, apakah akan mengganggu ekologi lokal atau justru selaras dengan konsep tata ruang nasional dan regional. Apabila tata letak bangunan dan infrastruktur lingkungan tidak sesuai dengan peraturan (tidak sesuai standard aturan yang telah ditetapkan oleh pemerintah), maka kegiatan tersebut telah melanggar aturan perundangan, dan kualitas lingkungan dapat dinyatakan buruk atau tidak berkualitas.
 - 3) Tata letak bangunan dan ruangan telah dirancang secara efisien sehingga kegiatan tersebut telah menggunakan materi dan energi (sumber daya alam) sesuai dengan peruntukannya.
- b. Factor Lahan dan tanah
 - 1) Apakah kondisis lahan lingkungan dan atau tanah di lokasi obyek penelitian tergolong lahan basah (*wet-land*) atau lahan kering (*dry-land*)? Bagaimanakah jika suatu ketika lahan tersebut akan dibangun dan akan

dijadikan sebagai lokasi permukiman apakah cocok dengan kualitas lingkungan permukiman yang diinginkan?

- 2) Apakah lahan termasuk dalam kelompok fungsional lahan pertanian, lahan hutan produksi, lahan hutan lindung? Apabila benar misalnya sebagai lahan hutan lindung, maka tidak boleh ada kegiatan pembangunan apapun di lahan fungsional hutan lindung, karena yang namanya hutan lindung pasti dilindungi oleh peraturan perundangan. Jika ada kegiatan yang berada di lingkungan hutan lindung, maka dapat dipastikan lingkungan tersebut tidak berkualitas, karena tidak sesuai dengan keinginan undang-undang.
- 3) Apakah derajat keasaman tanah (pH) telah sesuai dengan peruntukan lahannya dan lain sebagainya.
- 4) Apakah derajat kemiringan lahan telah sesuai dengan kebutuhan atau telah sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku? Misalnya ada bangunan rumah di pinggir jalan berlembah dengan derajat kemiringan $> 45^\circ$, maka kualitas lingkungan perumahan tersebut dapat dikategorikan tidak berkualitas. Hal ini dikhawatirkan terjadi longsor akibat curah hujan tinggi ataukah disebabkan oleh adanya getaran gempa bumi sehingga dapat merubuhkan rumah yang berada di pinggir jurang tersebut (perhatikan gambar/foto rumah dibangun di atas lahan dengan kemiringan lahan $> 45^\circ$ rubuh akibat gempa).



Gambar 8. Rumah Rubuh Karena Bangunan Rumah Berdiri di Kemiringan Lahan $>45^{\circ}$ dan Pengaruh Getaran Gempa Bumi

- c. Factor Iklim (suhu, kelembaban, kecepatan angin, jumlah hari hujan)
 - 1) Apakah iklim lingkungan termasuk beriklim lembab atau kering ?
 - 2) Apakah suhu lingkungan tergolong pada suhu panas atau dingin?,
 - 3) Apakah iklim lingkungan termasuk memiliki intensitas dan curah hujan yang tinggi atau rendah?
 - 4) Kualitas lingkungan yang baik adalah kualitas iklim yang cocok dengan tipologi kegiatan, sehingga aktivitas kegiatan tidak mempengaruhi lingkungan atau sebaliknya tidak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang ada.

- d. Factor Hidrologi (air tanah dan permukaan)
 - 1) Apakah kualitas air tanah cukup baik untuk dikonsumsi ataukah tidak?
 - 2) Apakah kuantitas air tanah cukup tersedia dengan jumlah yang memadai sesuai yang dibutuhkan ataukah tidak?
 - 3) Apakah arus aliran air dalam tanah (geohidrologi) dapat terpengaruh oleh kegiatan ataukah tidak?
 - 4) Apakah kualitas air permukaan (sungai danau, waduk) cukup baik untuk kegiatan ataukah tidak atau apakah kegiatan dapat mempengaruhi kualitas air permukaan ataukah tidak?
 - 5) Apakah kuantitas air permukaan cukup tersedia secara berkelanjutan ataukah ketersediaannya dapat dipengaruhi oleh kegiatan ataukah tidak?

- e. Factor Kualitas Udara dan kebisingan

- 1) Apakah kualitas udara cukup baik untuk kehidupan masyarakat ataukah tidak?
- 2) Apakah kegiatan akan memperburuk kualitas udara eksisting ataukah tidak?
- 3) Apakah intensitas kebisingan lingkungan yang ada dapat mempengaruhi kegiatan ataukah sebaliknya, kegiatan dapat memperburuk intensitas kebisingan lingkungan?

Sub Faktor Lingkungan Biologi:

Beberapa pertanyaan yang harus dibahas dalam menganalisis kualitas lingkungan hidup pada sub-faktor biologi lingkungan di suatu lokasi kegiatan tertentu adalah sebagai berikut.

a. Factor Biota Terrestrial

- 1) Flora; apakah jenis dan jumlah vegetasi yang ada atau keanekaragaman hayati (*bio diversity*) yang ada cukup baik, ataukah terdapat jenis vegetasi yang dilindungi oleh peraturan perundangan?.
- 2) Fauna; apakah jenis dan jumlah satwa liar dan atau hewan budidaya (keanekaragaman hayati) yang ada cukup baik, ataukah terdapat jenis fauna yang dilindungi oleh peraturan perundangan?.

b. Factor Biota Akuatik

1) Biota Air Tawar

- a) Flora; apakah jenis dan jumlah plankton, benthos, lumut (keanekaragaman hayati) yang ada cukup baik, ataukah terdapat jenis flora yang dilindungi oleh peraturan perundangan?.
- b) Fauna; apakah jenis dan jumlah nekton, ikan (keanekaragaman hayati) yang ada cukup baik, ataukah terdapat jenis fauna yang dilindungi oleh peraturan perundangan?.

2) Biota Air Laut (*bio diversity*)

- a) Flora; apakah jenis dan jumlah plankton, benthos, lumut (keanekaragaman hayati) yang ada cukup baik, ataukah terdapat jenis flora seperti terumbu karang yang dilindungi oleh peraturan perundangan?.
- b) Fauna; apakah jenis dan jumlah nekton, ikan (keanekaragaman hayati) yang ada cukup baik, ataukah terdapat jenis fauna yang dilindungi oleh peraturan perundangan?.

Sub Faktor Lingkungan Sosekbudkesmas

Beberapa pertanyaan yang harus dibahas dalam menganalisis kualitas lingkungan hidup pada sub-faktor lingkungan Sosekbudkesmas di suatu lokasi kegiatan tertentu adalah sebagai berikut.

- a. Factor Sosiologi
 - 1) Bagaimanakah tatanan sosial kemasyarakatan yang berlangsung? Apakah jika ada suatu rencana usaha atau kegiatan yang akan dilakukan menimbulkan perubahan mendasar pada tatanan sosial kemasyarakatan yang ada?
 - 2) Bagaimanakah kondisi hubungan sosial dan keluarga serta kerabat? Apakah jika ada suatu rencana usaha atau kegiatan yang akan dilakukan menimbulkan perubahan mendasar pada hubungan sosial dan keluarga serta kerabat yang ada?
 - 3) Bagaimanakah kondisi masyarakat suku asli, suku pendatang? Apakah jika ada suatu rencana usaha atau kegiatan yang akan dilakukan menimbulkan perubahan mendasar pada masyarakat suku asli, suku pendatang.
 - 4) Bagaimanakah kondisi system pendidikan yang ada di lingkungan setempat, pendidikan formal-informal, dan lain sebagainya.

- 5) Bagaimanakah kondisi struktur penduduk, dan proses penduduk di lingkungan setempat? Apakah jika ada suatu rencana usaha atau kegiatan yang akan diadakan menimbulkan perubahan mendasar pada struktur penduduk (kepadatan dan komposisi penduduk), dan proses penduduk (pertumbuhan dan mobilitas penduduk)?
- 6) Bagaimanakah kondisi tatanan norma dan nilai masyarakat setempat, pranata-pranata sosial yang berkaitan dengan kekerabatan di lingkungan setempat? Apakah jika ada suatu rencana usaha atau kegiatan yang akan diadakan menimbulkan perubahan mendasar terhadap tatanan norma dan nilai masyarakat setempat, pranata-pranata sosial (lembaga-lembaga kemasyarakatan) yang berkaitan dengan kekerabatan (kohesi sosial), kegiatan ekonomi, dan pemilikan sumberdaya alam (*property right*)?
- 7) Bagaimanakah kondisi proses-proses asosiatif atau kerjasama di antara masyarakat? Apakah jika ada suatu rencana kegiatan akan diadakan akan terjadi proses-proses asosiatif atau kerjasama di antara masyarakat? Ataupun akan terjadi proses-proses disosiatif atau konflik sosial di antara masyarakat?

b. Factor Ekonomi

- 1) Bagaimanakah kondisi pola pemilikan dan penguasaan sumber daya alam, pola mata pencaharian penduduk, atau tingkat pendapatan dan penghasilan serta pengeluaran rumah tangga di sekitar obyek penelitian? Apakah jika ada suatu rencana kegiatan akan diadakan akan menimbulkan perubahan mendasar terhadap pola pemilikan dan penguasaan sumber daya alam, pola mata pencaharian penduduk, atau tingkat pendapatan dan penghasilan serta pengeluaran rumah tangga?
- 2) Bagaimanakah kondisi pekerjaan masyarakat di sekitar lokasi penelitian? Apakah jika ada suatu rencana

kegiatan akan diadakan akan menimbulkan perubahan mendasar terhadap jenis pekerjaan masyarakat, dan lain sebagainya.

- 3) Bagaimanakah kondisi mobilitas penduduk di sekitar lokasi penelitian? Apakah jika ada suatu rencana kegiatan akan diadakan akan menimbulkan perubahan mendasar terhadap mobilitas penduduk; migrasi masuk dan keluar, pola migrasi (sirkuler, komuter, permanen), dan pola persebaran penduduk.
- 4) Bagaimanakah kondisi sumber daya alam di sekitar lokasi penelitian? Apakah jika ada suatu rencana kegiatan akan diadakan akan menimbulkan perubahan mendasar terhadap; Ekonomi Sumber Daya Alam, pola pemanfaatan sumber daya alam, pola penggunaan lahan, nilai tanah dan sumber daya alam lainnya, serta sumber daya alam milik umum (*common property*).
- 5) Bagaimanakah kondisi perekonomian lokal dan regional ? Apakah jika ada suatu rencana kegiatan akan diadakan akan menimbulkan perubahan mendasar terhadap; kesempatan kerja dan berusaha, nilai tambah karena proses manufaktur, jenis dan jumlah aktifitas ekonomi non-formal, distribusi pendapatan, efek ganda ekonomi (*multiplier effect*), produk Domestik Regional Bruto, pendapatan asli daerah, pusat-pusat pertumbuhan ekonomi, fasilitas umum dan fasilitas social, dan aksesibilitas wilayah.

c. Factor Budaya

- 1) Bagaimanakah kondisi adat istiadat yang berlaku di masyarakat? Apakah jika ada suatu rencana kegiatan akan diadakan akan menimbulkan perubahan mendasar terhadap adat istiadat yang berlaku di masyarakat.
- 2) Bagaimanakah kondisi nilai dan norma budaya, kebiasaan masyarakat, tingkah laku masyarakat, dan lain sebagainya? Apakah jika ada suatu rencana kegiatan akan diadakan akan menimbulkan perubahan

mendasar terhadap nilai dan norma budaya, kebiasaan masyarakat, tingkah laku masyarakat, dan lain sebagainya.

- 3) Bagaimanakah kondisi proses-proses sosial yang berlaku di lingkungan masyarakat yang kita teliti? Apakah jika ada suatu rencana kegiatan akan diadakan akan menimbulkan perubahan mendasar terhadap; proses asosiatif (kerjasama), proses disosiatif (konflik sosial), akulturasi, asimilasi dan integrasi, serta aspek gangguan kohesi social?
- 4) Bagaimanakah kondisi warisan budaya setempat? Apakah jika ada suatu rencana kegiatan akan diadakan akan menimbulkan perubahan mendasar terhadap; situs purbakala dan cagar budaya setempat?
- 5) Bagaimanakah kondisi sistem pelapisan sosial yang ada di masyarakat berdasarkan pendidikan, ekonomi, pekerjaan, dan kekuasaan? Apakah jika ada suatu rencana kegiatan akan diadakan akan menimbulkan perubahan mendasar terhadap; aspek ekonomi, pekerjaan, dan kekuasaan masyarakat setempat?
- 6) Bagaimanakah kondisi sistem kekuasaan dan wewenang yang ada di masyarakat setempat? Apakah jika ada suatu rencana kegiatan akan diadakan akan menimbulkan perubahan mendasar terhadap; sistem kepemimpinan formal dan informal, kewenangan formal dan informal, mekanisme pengambilan keputusan di kalangan masyarakat, kelompok individu yang dominan, dan akankah terjadi pergeseran nilai kepemimpinan.

d. Factor Kesehatan Masyarakat

- 1) Jenis penyakit yang dominan terdapat di lingkungan masyarakat. Jenis penyakit yang dominan terdapat di lingkungan masyarakat yang kita teliti dapat dijadikan indikator kualitas lingkungan hidup masyarakat. Misalnya; jenis penyakit dominan adalah penyakit paru-

paru, dan bandingkan misalnya dengan penyakit dominan adalah penyakit gatal-gatal/penyakit kulit. Maka; kualitas lingkungan hidup masyarakat yang dominan berpenyakit paru-paru adalah lebih buruk dibanding penyakit kulit/gatal-gatal.

- 2) Jumlah sarana dan prasarana kesehatan yang tersedia di lingkungan tersebut, baik fasilitas fisik maupun sumberdaya tenaga kesehatan. Kualitas lingkungan hidup yang baik tentunya diindikasikan dengan data jumlah sarana dan prasarana kesehatan yang lengkap dan memadai dimiliki oleh lingkungan hidup masyarakat tersebut, baik fasilitas fisik maupun sumberdaya tenaga kesehatan.
- 3) Sarana dan prasarana kesehatan meliputi; jumlah puskesmas, rumah sakit kelas A,B,C; rumah bersalin, klinik baik swasta maupun pemerintah. Kualitas lingkungan hidup yang baik tentunya diindikasikan dengan jumlah rumah sakit kelas A yang dimiliki oleh lingkungan hidup masyarakat tersebut.
- 4) Pengelola kesehatan, misalnya; dokter spesialis, dokter, perawat dan bidan. Kualitas lingkungan hidup yang baik tentunya diindikasikan dengan jumlah dokter spesialis, dokter, perawat dan bidan yang banyak dimiliki oleh lingkungan hidup masyarakat tersebut.
- 5) Pola kebiasaan mencari alternatif berobat. Kualitas lingkungan hidup yang baik tentunya diindikasikan oleh kebiasaan masyarakat mencari alternatif berobat hanya ke rumah sakit dan ke dokter.
- 6) Sanitasi Lingkungan, yang meliputi: sumber air bersih, tempat pembuangan tinja, dan tempat pembuangan sampah serta saluran air limbah.
- 7) Pola pembuangan limbah dan sampah rumah tangga.
- 8) Status gizi masyarakat, masalah gizi; kekurangan gizi pada anak, balita, masalah kekurangan Jodium dan masalah kemiskinan.
- 9) Kondisi perumahan masyarakat yang meliputi; bahan utama bangunan rumah masyarakat, luas bangunan/rumah, jenis bahan lantai rumah, ventilasi

rumah, jumlah kamar rumah, jarak rumah dengan jalan, dan penghijauan di sekitar rumah.

- 10) Keberadaan vector penyakit seperti nyamuk, lalat, kecoa, tikus dan lain sebagainya. Kualitas lingkungan hidup yang baik tentunya diindikasikan dengan keberadaan vektor penyakit yang minimum dan sesuai dengan standard lingkungan.

e. Factor Kesehatan Lingkungan

- 1) Kesehatan lingkungan merupakan kondisi kualitas berbagai media lingkungan seperti; air, udara, tanah, makanan, manusia, vektor penyakit yang tercermin dalam sifat fisik, biologis dan kimia serta kualitas parameter-parameter lingkungan yang berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat.
- 2) Penyakit endemik yang terdapat di lingkungan tersebut.
- 3) Bagaimana kondisi sanitasi lingkungan, kualitas udara, sirkulasi udara bersih, kualitas air bersih, ketersediaan air bersih dan lain sebagainya.

Terminologi Faktor Kualitas Lingkungan Hidup

Kualitas lingkungan hidup adalah kondisi dan keadaan unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup, baik komponen biota maupun komponen abiotik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan atau sesuai dengan standard mutu lingkungan.

Faktor kualitas lingkungan hidup adalah unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup yang dapat mempengaruhi dan dipengaruhi oleh unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup itu sendiri. Analisis kualitas lingkungan hidup memfokuskan bahasan pada aspek pengaruh kegiatan manusia terhadap kualitas komponen lingkungan hidup lainnya, seperti; kualitas air, kualitas udara, kualitas flora, kualitas fauna dan mikro-organisme.

Air adalah semua air yang terdapat di bumi yang berada di atas dan di bawah permukaan tanah, kecuali air laut dan air fosil. Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan terhadap keseluruhan air di bumi sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukan-peruntutukannya untuk menjamin agar kualitas air yang ada tetap dalam kondisi alamiahnya.

Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundangan yang berlaku. Baku (*standard*) 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.

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Air limbah adalah sisa material dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair.

Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan.

Kualitas udara adalah kondisi fisik-kimia lingkungan udara yang tidak tercemar dan dapat memberikan kehidupan yang baik bagi setiap makhluk hidup termasuk manusia.

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia sehingga kualitas udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Emisi adalah pencemar udara yang keluar dari sumbernya, misal; asap yang keluar dari knalpot sepeda motor adalah emisi kendaraan bermotor, asap yang keluar dari cerobong asap industry adalah emisi industry, asap yang keluar dari tungku dapur rumah tangga adalah emisi rumah tangga, dan asap yang keluar dari cerobong asap kapal adalah emisi kapal, dan lain sebagainya.

Udara ambient adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada di lingkungan hidup yang dibutuhkan manusia dan makhluk hidup lainnya untuk kehidupannya. Kualitas udara ambient dapat mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.

Udara ambient merupakan udara yang terdiri atas berbagai komponen kimia-fisika udara yang dalam konteks pencemaran udara terdiri atas berbagai emisi dan bercampur dengan udara bersih. Mutu udara ambient adalah kadar zat, energi, dan/atau komponen lain yang dapat ditenggang (yang diperbolehkan) terdapat di udara bebas.

Material Air:

Permukaan bumi sebagian besar ditutupi oleh air ($\pm 71\%$) dan keberadaan air ini ikut mempengaruhi iklim lingkungan kita. Makhluk hidup sangat membutuhkan air termasuk manusia, dalam tubuh manusia misalnya terdapat sejumlah air $\pm 70\%$ dari berat tubuh manusia. Di planet bumi dimana manusia berada, terdapat 97% dari total jumlah air yang ada merupakan air asin yang terdapat di laut, dan hanya sebanyak 3% air di bumi yang merupakan air tawar. Air tawar yang hanya berjumlah 3% dari total jumlah air di bumi tersebut terdapat di danau, sungai, tanah, tumbuhan, manusia, dan sebagian besar lainnya berbentuk gunung es yang terdapat di kutub utara dan selatan dan di puncak-puncak gunung (Miller 2002).

Berdasarkan atas siklus hidrologi maka air di bumi selalu dalam keadaan berpindah-pindah yang biasa disebut sebagai "siklus hidrologi". "Air" dari danau, sungai, permukaan tanah, dan dari laut akan menguap oleh pengaruh panas matahari, uap air yang terbentuk masuk ke dalam atmosfer bumi menjadi "awan". Awan di atmosfer bergerak akibat perbedaan tekanan panas dan membentur puncak gunung dan terjadi "hujan". Hujan turun membasahi permukaan bumi dan mengalir kembali ke dalam tanah, ke sungai, ke danau dan ke laut.

Sumber air tawar terdapat di permukaan tanah seperti di sungai, danau, air tanah dalam dan air tanah dangkal, di kutub dan di gunung berupa salju, serta air di atmosfer bumi berupa air hujan.

Material Tanah:

Tanah adalah bagian terbesar komponen alam lingkungan hidup kita. Sunatullah menjelaskan kepada kita bahwa manusia berasal dari tanah, dan perikehidupan manusia seluruhnya berasal dari tanah. Makna Sunatullah yang menyatakan kehidupan manusia berasal dari tanah adalah benar, karena makanan kita berasal dari tanah, kalau makanan kita ada yang hidup di udara misalnya burung, maka burung tersebut makannannya bersumber dari tanah yaitu biji-bijian dan buah-buahan yang kesemuanya hanya dapat tumbuh di tanah.

Kualitas tanah pada umumnya dinilai dari kondisi lapisan humus hasil pelapukan dan pembusukan sisa-sisa tanaman di bagian permukaan tanah (*top soil*). Semakin beragam organisme hidup yang terdapat di permukaan tanah, maka semakin berkualitas tanah tersebut. Hal ini dapat terjadi karena di dalam tanah atau di permukaan tanah terdapat beranekaragam kehidupan organisme-organisme yang terjalin secara harmonis dengan lingkungannya.

Kehidupan di dalam tanah termasuk *top soil* terutama didominasi oleh mikroorganisme yang ikut serta mendorong terjadinya berbagai siklus, seperti siklus nitrogen, siklus karbohidrat, siklus hara makanan, dan lain sebagainya. Misalnya, bakteri nitrifikasi (*Nitrochomonas* sp. dan *Nitrobacter* sp.) ikut membantu mengubah gas nitrogen bebas menjadi senyawa nitrogen yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Bakteri pengurai akan menguraikan zat-zat organik menjadi zat anorganik sehingga berguna bagi tumbuhan. Di sisi lain bakteri di tanah ikut melapukkan bebatuan yang terdapat di dalam tanah. Cacing tanah (*Lumbricus* sp.) akan membantu tanah menjadi gembur sehingga oksigen dapat mencapai akar-akar tanaman. Semuanya menjadikan tanah subur dan bermanfaat bagi perikehidupan makhluk hidup termasuk manusia.

Biologi:

Ekosistem lingkungan alam kita dimana manusia dan makhluk hidup lainnya berada dan saling berintegrasi satu sama lainnya, pada dasarnya tersusun atas beberapa komponen fisik-kimia, biologi dan sosial. Susunan komponen ekosistem alam terdiri atas empat kelompok yaitu:

1. Komponen ekosistem berupa **material tak hidup** yang biasa disebut material abiotik atau bahan tak hidup dan atau material non-hayati. Bahan tak hidup ini berupa komponen fisik dan kimia lingkungan yang terdiri dari; air, udara, tanah, sinar matahari, dan lain sebagainya.
2. Komponen ekosistem berupa material **produsen** yaitu material organisme autotrofik yang umumnya berupa tumbuhan berkhlorofil yang mampu mensintesisakan makanannya dari sinar matahari kemudian diproduksi menjadi bahan material organik.
3. Komponen ekosistem berupa **konsumen** yaitu organisme heterotrofik seperti hewan dan manusia yang tugasnya dalam ekosistem adalah untuk memakan organisme lain.
4. Komponen ekosistem berupa **pengurai** atau perombak (*decomposer*) yaitu organisme heterotrofik yang tugasnya untuk menguraikan bahan material organik yang berasal dari organisme mati, seperti bakteri dan jamur.

Di dalam ekosistem lingkungan alam kita dimana kita hidup komponen-komponen alam secara biologis dapat berfungsi sebagai komponen autotrofik maupun sebagai komponen heterotropik.

Komponen **Autotrofik**: autotrofik berasal dari kata *autos* artinya sendiri, *trophitos* artinya menyediakan makanannya sendiri. Sehingga definisi komponen autotrofik adalah organisme yang mampu menyediakan makanannya sendiri berupa bahan-bahan organik maupun material anorganik melalui bantuan energi matahari. Contoh komponen autotrofik

ini adalah vegetasi atau tumbuh-tumbuhan berdaun hijau dan berkhlorofil.

Komponen **Heterotrofik**: heterotrofik berasal dari kata *hetero* artinya berbeda atau berlainan yaitu organisme yang hanya mampu memanfaatkan bahan-bahan material makanan yang disintesis dan disediakan oleh organisme lain. Contoh komponen heterotrofik ini adalah makhluk hidup yang mampu memakan apa saja yang menjadi makanan pokoknya, seperti manusia, hewan dan mikroorganisme.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka faktor kualitas lingkungan hidup berupa; makhluk hidup, makhluk tak hidup, berupa manusia, hewan, tumbuhan, bakteri, udara, air, dan tanah adalah faktor penentu kualitas lingkungan hidup dimana manusia bertempat tinggal/berada. Apabila salah satu factor memiliki masalah, maka akan ditemukan keadaan/kondisi kualitas lingkungan hidup yang buruk.

Analisis Fenomena Alam dan Kualitas Lingkungan Hidup

Memperhatikan fenomena alam lingkungan di Indonesia pada satu dekade terakhir, seperti gempa bumi, gunung meletus, banjir, kekeringan yang berkepanjangan di beberapa daerah Indonesia, tsunami di Aceh Nangroe Darrussalam, tanah longsor dan bencana alam lainnya merupakan fenomena alam yang diduga terkait dengan faktor aliran energy di bumi.

Sunatullah adalah hukum alam; di dalam berbagai buku literatur internasional maupun nasional menyebutnya sebagai hukum termodinamika (*thermodynamic law*) atau hukum alam yang mengatur tentang peristiwa energi.

Di dalam berbagai buku literatur internasional maupun nasional, para ahli membagi hukum termodinamika menjadi 2 (dua) prinsip hukum alam yaitu; hukum termodinamika I dan hukum termodinamika II.

Bunyi hukum termodinamika I atau *Sunatullah pertama* adalah: “energi tidak dapat diciptakan dan energi tidak dapat dimusnahkan”, hal ini menegaskan kepada manusia bahwa yang dapat menciptakan dan yang dapat memusnahkan energi tersebut hanyalah Allah subhana wata’ala.

Sedangkan bunyi hukum termodinamika II atau *Sunatullah kedua* adalah: “peristiwa energy tidak pernah berlangsung sempurna dan setiap transformasi energi selalu terjadi *entropy* atau kerugian panas”, hal ini menegaskan kepada manusia bahwa “yang paling sempurna itu hanyalah Allah subhana wata’ala”.

Dengan demikian maka kejadian gempa bumi adalah peristiwa energi yang tidak sempurna yang dilepas ke lingkungan hidup

kita sebagai entropy guna menyeimbangkan kehidupan untuk menuju kesempurnaan ciptaan Allah. Kejadian gunung meletus adalah pelepasan energy (*entropy*) secara alamiah untuk mencari keseimbangan energi dalam perut bumi.

Mengapa hal ini dapat terjadi? Mungkinkah hal ini disebabkan oleh adanya pohon atau hutan yang ditebang manusia secara serakah, dan mereka tidak mengetahui bahwa daun yang ada di pohon dan di hutan tersebut berfungsi untuk menyerap energy yang terus menerus dipancarkan oleh matahari ke bumi. Jadi, sangatlah logis bila energi matahari yang dipancarkan ke bumi bila tidak segera diserap oleh daun hijau berklorofil yang kemudian mensintesiskannya menjadi gula, selulosa, buah, biji, makanan untuk makhluk hidup, maka energy panas dari matahari tersebut akan menumpuk di dalam perut bumi yang lama kelamaan akan dimuntahkannya kembali menjadi energi letusan gunung berapi, menjadi penggeser lempeng kulit bumi (gempa), menjadi energi gempa di bawah laut dan menggerakkan air laut sehingga terjadi malapetaka dan bencana Tsunami.

Allah subhana wata'ala mengutus manusia ke muka bumi sebagai khalifah yaitu sebagai "orang yang tidak merusak bumi" atau "tidak merusak alam", dan tugas utama manusia menurut Sunatullah adalah untuk meminimumkan terbentuknya entropy yang terjadi di setiap peristiwa *energy* dan kegiatan yang dilakukan oleh manusia itu sendiri. Dengan kata lain, bahwa manusia sebagai khalifah tugasnya adalah untuk mengendalikan entropy menuju kesempurnaan Allah Subhana Wata'ala dengan cara tidak merusak alam lingkungan kehidupan, dan khalifah/manusia harus berperan dalam melindungi lingkungan alam dari kerusakan.

Pada konteks permasalahan lingkungan yang kita hadapi bersama saat ini adalah keadaan pemanasan lingkungan secara global (*global warming*), perubahan iklim (*climate change*), menipisnya cadangan sumber daya alam terbarukan maupun sumber daya alam tak terbarukan, pencemaran udara, gempa bumi, banjir, kekeringan, longsor, dan tsunami. Kesemua

persoalan lingkungan hidup tersebut di atas bersumber dari sikap dan perilaku manusia yang tidak lagi berfungsi sebagai khalifah, karena kita yakini bahwa tidak ada satupun binatang/hewan ataupun makhluk vegetasi yang mampu merusak alam, akan tetapi dapat kita yakini bahwa manusialah yang menjadi perusak alam lingkungan kita. Kebanyakan manusia telah berubah dari khalifah menjadi la'natullah atau orang yang mendapat kutukan dari Allah, manusia yang merusak lingkungan alam akan menerima kutukan dari Allah dalam bentuk peristiwa-peristiwa energy seperti; *global warming, climate change, tsunami, quake earth* dan musibah-musibah lainnya.

Beberapa fenomena alam yang mengindikasikan telah terjadi kerusakan lingkungan hidup yang serius antara lain adalah sebagai berikut:

1. **Global Warming** adalah keadaan dan kondisi meningkatnya temperatur udara lingkungan kehidupan dibanding temperatur udara lingkungan kehidupan sebelumnya yang terjadi dan berlangsung dalam kurun waktu singkat. Indikatornya antara lain adalah; suhu udara panas, kenaikan permukaan air laut, berubahnya jadwal musim tanam dan panen pada kegiatan pertanian, kekeringan, kebakaran hutan, banyaknya polutan di udara dan lain sebagainya.
2. **Gempa bumi** adalah peristiwa energy yang menggerakkan dan menggeser lempengan kulit bumi hingga menimbulkan getaran dan gerakan yang besar dirasakan oleh manusia hingga menimbulkan kepanikan dan kekacauan kondisi lingkungan kehidupan.
3. **Tsunami** adalah keadaan naiknya gelombang dan permukaan air laut di daerah pesisir pantai (naik secara mendadak dan kemudian surut secara perlahan) yang terjadi akibat peristiwa energy gempa atau terjadinya

pergeseran lempengan kulit bumi di dasar laut oleh energy dalam perut bumi.

4. **Banjir** atau genangan adalah keadaan mengalir dan menggenangnya sejumlah air pada tempat atau daerah yang biasanya tidak ada genangan air, dan kondisi ini dapat menimbulkan gangguan dan kerusakan pada system lingkungan yang ada. Adanya air yang menggenang pada suatu daerah adalah sebagai akibat adanya peristiwa energy yaitu adanya energy yang menggerakkan dan mendorong air untuk pindah dari laut ke udara (menguap) menjadi awan dan kemudian turun hujan deras jatuh di wilayah yang tidak mampu menyerap air hujan, sehingga terjadilah banjir atau genangan.
5. **Kekeringan** adalah keadaan berkurang atau tidak adanya debit air pada sumbernya, dan kondisi ini dapat menimbulkan gangguan dan kerusakan pada system lingkungan yang ada. Tidak adanya air pada suatu daerah atau kekeringan adalah sebagai akibat adanya peristiwa energy yaitu adanya energy yang menggerakkan dan mendorong air untuk pindah dari laut ke udara (menguap) menjadi awan dan kemudian turun hujan deras, namun air hujan tersebut jatuh di wilayah lain atau jatuh di laut, sehingga terjadilah kekeringan di wilayah yang tidak mendapatkan hujan.
6. **Longsor** adalah keadaan jatuhnya material tanah dari daerah atau tempat tertinggi ke daerah atau tempat terendah, dan keadaan longsor ini dapat menimbulkan gangguan dan kerusakan pada sistem lingkungan hidup yang ada.

Fenomena alam seperti; *global warming*, gempa, *tsunami*, banjir, kekeringan dan tanah longsor sebagaimana definisi di atas terjadi secara alamiah, dan umumnya kondisi tersebut merugikan kepentingan manusia. Fenomena tersebut seharusnya dianggap sebagai la'natullah agar manusia mau

memperbaiki sikap dan perilakunya terhadap alam yaitu bersikap sebagai *Khalifatullah* (orang yang tidak merusak bumi).

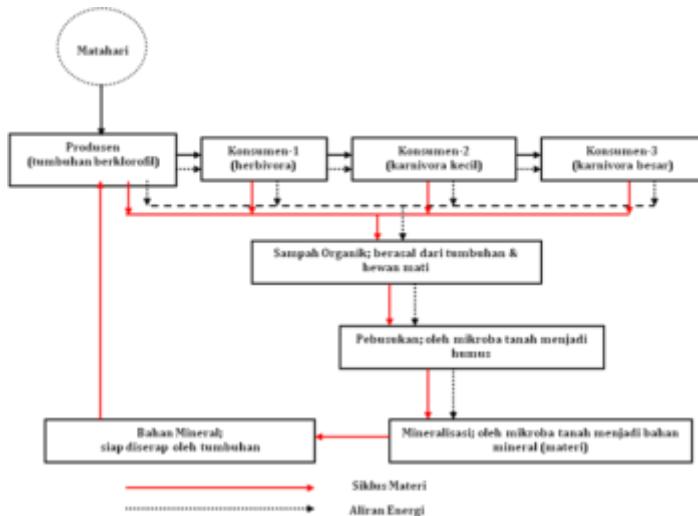
Fenomena alam yang dianggap merugikan manusia tersebut dapat dikaji dari aturan hukum alam yaitu hukum aliran energi dan siklus materi. Hukum aliran energi dan siklus materi ini dijadikan sebagai basis untuk menganalisis tatanan kualitas lingkungan hidup.

Hukum termodinamika *pertama* menyebutkan bahwa; jumlah energi dalam alam semesta adalah konstan, artinya jumlah energi dalam alam lingkungan kita tidak dapat bertambah ataupun tidak berkurang; energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dihilangkan, akan tetapi energi dapat berubah bentuk dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi atau sebaliknya, dan hal ini disebut sebagai hukum konversi energi.

Hukum termodinamika *kedua* menyebutkan bahwa; energi yang ada tidak seluruhnya dapat dipakai untuk melakukan proses kerja. Proses-proses atau peristiwa energi tidak pernah terjadi secara spontan, kecuali terjadi perombakan dari keadaan pekat menjadi encer, dan proses transformasi energi tidak pernah 100% efisien, atau entropi (kerugian panas dan limbah) suatu sistem selalu hadir menyertainya.

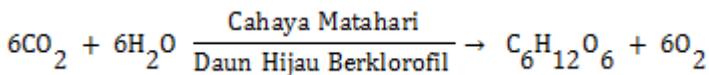
Berdasarkan uraian di atas, maka hukum termodinamika *pertama* berlaku secara mutlak sesuai kehendak Tuhan pencipta alam semesta, sedangkan hukum termodinamika *kedua* dapat diintervensi oleh perilaku manusia yang melakukan kesalahan atau kelalaian dan merusak alam lingkungan, baik secara langsung ataupun secara tak langsung.

Dalam kerangka berfikir dan tindakan manusia untuk melindungi dan menyelamatkan lingkungan (berperan selaku Khalifah) maka khalifah perlu mempelajari implementasi hukum alam (*Sunatullah*) dalam hukum aliran energi dan siklus materi sebagaimana dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 9. Aliran Energi dan Siklus Materi

Gambar 9 menjelaskan bahwa sumber kehidupan di planet bumi berasal dari matahari yang sepanjang waktu kehidupan memancarkan energy ke bumi. Energy matahari tersebut ditangkap secara produktif oleh vegetasi yang memiliki daun berkhlorofil dan merubahnya menjadi material di vegetasi tersebut. Secara sederhana dapat dijelaskan bahwa energy matahari dirubah menjadi material dalam vegetasi melalui reaksi kimia fotosintesa sebagai berikut.



Secara simultan vegetasi akan menangkap pencemar yang ada di udara berupa karbon dioksida (CO_2) yang berasal dari atmosfer (termasuk polutan kendaraan dan industri), menyerap sejumlah air ($2\text{H}_2\text{O}$) dari tanah dan udara, dan menangkap energy yang dipancarkan oleh matahari, kemudian terjadi reaksi fotosintesa

yang menghasilkan gula ($C_6H_{12}O_6$) dalam sel tumbuhan serta menghasilkan oksigen ($6O_2$) yang akan terlepas ke atmosfer sebagai bagian komponen udara bersih di lingkungan hidup.

Peristiwa fotosintesis ini merupakan titik awal keberlanjutan system alamiah pembentukan atau perubahan energy menjadi material yang terdapat pada seluruh vegetasi atau hutan. Peristiwa fotosintesis ini juga dapat dipandang sebagai kegiatan alamiah untuk meminimumkan dampak pemanasan global (*global warming*) karena panas energy matahari dapat diserap oleh daun berkhlorofil atau tumbuh-tumbuhan. Peristiwa fotosintesis ini juga dapat meminimumkan dampak negative pencemaran yang ada di udara serta produk fotosintesa akan memproduksi oksigen yang sangat dibutuhkan oleh system pernafasan makhluk hidup secara sehat dan bersih. Karena vegetasi memproduksi material dan energi dalam bentuk buah-buahan, kacang-kacangan, biji-bijian, daun dan batang, maka secara alamiah vegetasi dipandang sebagai produsen makanan. Vegetasi atau tumbuh-tumbuhan adalah makhluk hidup yang mampu mencari dan mengolah makanannya secara mandiri (autotrof) dan meghasilkan produk makanan (produsen) untuk kehidupan manusia dan hewan yang berperan sebagai konsumen.

Selanjutnya, material dan energy yang terdapat pada vegetasi akan dimanfaatkan atau dimakan oleh manusia dan atau hewan untuk kelangsungan kehidupannya. Peristiwa ini merupakan titik awal terbentuknya rantai makanan yang selanjutnya dalam ilmu pengetahuan lingkungan dikenal sebagai daur hidup atau siklus material yang terjadi dalam alam semesta. Siklus material yang terjadi dalam alam semesta akan selalu mengikuti hukum alam yang dikenal dalam ilmu pengetahuan sebagai hukum termodinamika (hukum aliran energi dan siklus materi).

Berdasarkan atas hukum aliran energi dan siklus materi, maka kualitas lingkungan hidup akan mengikuti ketentuan prinsip dasar hukum lingkungan hidup yang meliputi; i) bahwa di dalam suatu lingkungan kehidupan mutlak harus ada kondisi-kondisi

hubungan timbal balik antar komponen lingkungan hidup, ii) adanya sifat saling ketergantungan yang terjadi antar komponen lingkungan hidup, iii) adanya keanekaragaman hayati dalam lingkungan hidup, iv) adanya keserasian-keharmonisan dan keselarasan hubungan antar komponen lingkungan hidup, v) adanya keberlanjutan kondisi-kondisi lingkungan yang ada atau kelestarian lingkungan hidup, dan vi) bahwa seluruh komponen maupun anggota dalam lingkungan hidup memiliki kegunaan atau manfaat bagi lingkungan itu sendiri.

Dengan demikian maka kualitas lingkungan akan semakin baik apabila hubungan timbal balik antar komponen lingkungan hidup berlangsung baik. Kualitas lingkungan hidup semakin baik apabila terdapat keadaan atau kondisi saling ketergantungan satu sama lain antar komponen lingkungan hidup, dan kualitas lingkungan hidup berbanding lurus dengan indeks keanekaragaman hayati (KEHATI). Semakin tinggi indeks keanekaragaman hayati pada suatu wilayah lingkungan tertentu, maka semakin baik kualitas lingkungan hidup wilayah tersebut. Kualitas lingkungan hidup akan semakin baik bilamana semua komponen lingkungan melaksanakan tugas dan fungsinya sebaik mungkin serta memberikan manfaat sepenuhnya terhadap alam lingkungannya.

Berkaitan dengan kualitas lingkungan kehidupan masyarakat, sering kita bertanya tentang pertanyaan berikut ini; mengapa banyak nyamuk di lingkungan kita?, mengapa banyak tikus di rumah kita?, mengapa banyak cicak di lingkungan kita?, mengapa banyak sampah?, dan seterusnya. Jawaban pertanyaan tersebut dapat dijawab dengan menggunakan logika hukum alam yaitu; bahwa, tidak satupun makhluk hidup ataupun makhluk tak hidup yang tidak memiliki manfaat. Hewan yang kita benci sekalipun adalah memiliki peran dan fungsi dalam kehidupan, proses daur hidup material dan cicak, nyamuk dan tikus adalah ciptaan Tuhan yang memiliki fungsi dan memberikan manfaat tertentu dalam lingkungan kehidupan termasuk fungsi dan manfaat setiap mata-rantai pada system rantai makanan.

📖 Mekanisme Terjadinya Pencemaran Lingkungan Hidup

Secara teoritis pencemaran terhadap komponen lingkungan hidup pada dasarnya terjadi pada media udara, air, dan tanah. Proses kejadiannya bermula dari aktivitas kegiatan manusia dan industri. Kegiatan manusia dalam mengelola industri merupakan sumber utama pencemaran terhadap lingkungan hidup baik terhadap air, udara maupun terhadap tanah. Bagaimana mekanisme terjadinya proses pencemaran terhadap lingkungan hidup dapat dijelaskan pada skema trilobal pencemaran berikut.



Gambar 10. Trilobal Pencemaran Lingkungan Hidup

Gambar 10 menjelaskan analisis kasus pencemaran lingkungan hidup oleh sumber pencemar yang berasal dari segala bentuk aktivitas kegiatan manusia termasuk kegiatan manusia yang

mengelola industry. Sesuai dengan hukum alam yaitu *Sunatullah* kedua atau hukum termodinamika kedua, bahwa setiap peristiwa transformasi energi akan selalu disertai *entropy* atau kerugian energi. Karena setiap material selalu mengandung energy baik dalam bentuk energy potensial ataupun energy kinetik, maka transformasi materi yang terjadi pada berbagai kegiatan apapun juga pasti akan diikuti timbulnya limbah dan polutan sebagai *entropy*.

Aktivitas kegiatan manusia dan industri akan selalu mengikuti pola-pola hukum termodinamika kedua yaitu menghasilkan limbah dan polutan sebagai *entropy* yang dilepas ke udara, air, dan ke tanah. Apabila zat pencemar utama dilepaskan ke udara maka bahan pencemar di udara akan bereaksi dengan molekul lainnya yang ada di udara dan jatuh bersama hujan ke tanah dan ke air sehingga mencemari tanah dan air. Bahan pencemar yang baru saja dilepas ke lingkungan tersebut disebut sebagai bahan pencemar primer atau polutan primer. Material pencemar utama yang bereaksi dengan material pencemar utama lainnya di media udara akan menghasilkan material atau zat kimia pencemar sekunder atau polutan sekunder. Apabila zat pencemar industri dilepaskan terlebih dahulu ke media air (disebut sebagai pelepasan pencemar primer ke air) maka dampak lanjutannya adalah akan terjadi pencemaran terhadap media tanah dan mencemari kualitas tanah (karena air akan mengalir ke tanah). Selanjutnya, zat pencemar dari media air dan tanah akan bereaksi dengan bahan kimia dalam tanah dan air akan membentuk senyawa baru (sebagai bahan pencemar sekunder) dan menguap ke udara sehingga pencemaran akan terjadi pada udara (menjadi pencemar tersier bila bereaksi dengan bahan kimia yang ada di udara). Sebaliknya apabila bahan pencemar dilepaskan pertama kali ke media tanah maka dampak lanjutannya adalah terhadap air dalam tanah serta air di permukaan tanah disebut sebagai pencemar sekunder. Apabila pelepasan zat pencemar utama dilepaskan ke media tanah maka bahan pencemar di tanah bisa menguap ke udara dan mencemari udara, kemudian bersama hujan di atmosfer pencemaran tadi akan jatuh kembali ke tanah dan ke air

sehingga mencemari tanah dan air. Pencemaran yang dilepas oleh manusia dan industri baik ke media tanah, udara ataupun ke air, dampak pencemaran tersebut akan kembali dirasakan oleh manusia dan industri melalui media air, tanah, dan udara yang dicemari tersebut. Dampak pencemaran ke tanah, air, dan udara tersebut selanjutnya akan dirasakan oleh manusia dalam bentuk penyakit dan menurunnya daya tahan tubuh serta kesehatan ataupun kualitas hidup manusia. Dampak pencemaran ke tanah, air, dan udara tersebut akan dirasakan oleh industri dalam bentuk menurunnya kualitas sumber daya yang akan dipakai oleh industri, misalnya air yang dibutuhkan industri untuk keperluan produksi dan lain sebagainya. Demikianlah seterusnya, pada setiap ada kegiatan pelepasan zat pencemar yang dilakukan oleh manusia dan industri pada media tanah, air, dan atau ke udara akan kembali ke manusia dan pabrik atau industri tersebut sebagai dampak negatif bagi dirinya.

Dua suku kata "pencemaran lingkungan" sering diungkapkan dalam pembicaraan atau pemberitaan melalui media massa. Ungkapan tersebut bermacam ragam diterima masyarakat, antara lain pernyataan yang menyebutkan; pencemaran udara oleh gas buang kendaraan bermotor sangat terasa dikota-kota besar yang padat lalulintasnya; pencemaran sungai oleh limbah cair industri sangat mengganggu kehidupan di perairan; limbah pulp (bubur kayu) pabrik kertas mengandung BOD (*biological oxygen demand*) dan COD (*chemical oxygen demand*) yang tinggi; sampah bahan berbahaya beracun (B3) mencemari air dan lain sebagainya.

Dalam bahasa sehari-hari, kalimat "pencemaran lingkungan" dipahami sebagai sesuatu kejadian lingkungan yang tidak diinginkan semua orang, kondisi yang dapat menimbulkan gangguan atau kerusakan lingkungan, dan suatu kondisi yang bahkan dapat menimbulkan gangguan kesehatan bahkan dapat mengakibatkan kematian. Hal-hal yang tidak diinginkan yang dapat disebut pencemaran, misalnya adalah kondisi udara berbau tidak sedap, air berwarna keruh, tanah ditimbuni banyak

sampah. Keadaan tersebut dapat berkembang dari sekedar tidak diinginkan menjadi suatu gangguan yang menyesakkan kenyamanan manusia. Udara yang tercemar misalnya, baik oleh debu, gas maupun unsur kimia lainnya dapat mengganggu kesehatan manusia bahkan menimbulkan iritasi pada saluran pernafasan, mata menjadi perih atau merah dan berair. Bila zat pencemar tersebut mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3), kemungkinan dapat berakibat fatal pada kematian makhluk hidup.

Hal yang sama dapat pula terjadi pada air. Air yang tercemar dapat menimbulkan gangguan gatal pada kulit bagi orang yang mandi menggunakan air tercemar, atau menimbulkan sakit saluran pencernaan bila air tersebut terminum dan bahkan dapat berakibat lebih buruk bila ternyata zat pencemar air mengandung B3 (bahan berbahaya dan beracun). Demikian pula halnya dengan tanah yang tercemar oleh limbah B3, selain dapat meracuni makhluk hidup yang berada di dekatnya juga dapat mengkontaminasi sumber air tanah yang terdapat di sekitarnya.

Kebiasaan manusia yang suka membuang limbah ke lingkungan akan menimbulkan masalah pada lingkungan yang lebih luas. Misalnya, limbah gas dapat terbawa oleh angin dari satu tempat ke tempat lainnya. Limbah cair atau padat yang dibuang ke sungai, akan dihanyutkan oleh arus air dari hulu sampai jauh ke hilir hingga melampaui batas-batas wilayah yang akhirnya bermuara di laut atau danau yang seolah-olah laut, sungai atau danau menjadi tempat sampah.

Limbah adalah material sisa yang tidak termanfaatkan secara sempurna oleh suatu kegiatan. Limbah yang menimbulkan masalah dalam kehidupan kita antara lain berasal dari kegiatan pemukiman, industri, pertanian, pertambangan dan rekreasi. Limbah pemukiman selain berupa limbah padat yaitu sampah rumah tangga, juga berupa tinja dan limbah cair yang semuanya dapat mencemari lingkungan perairan. Air yang tercemar akan menjadi sumber penyakit yang dapat menular ke berbagai agen.

Limbah industri baik berupa gas, cair maupun padat umumnya termasuk kategori atau dengan sifat limbah B3. Kegiatan industri disamping bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia, ternyata menjadi generator limbah pencemar lingkungan perairan, tanah, dan udara. Limbah cair, yang dibuang ke perairan akan mengotori air yang dipergunakan untuk berbagai keperluan dan mengganggu kehidupan biota air. Limbah padat akan mencemari tanah dan sumber air tanah.

Limbah gas yang dibuang ke udara pada umumnya mengandung senyawa kimia berupa Sulfur dioksida (SO₂), Nitrogen dioksida (NO₂), Karbon dioksida (CO₂), Karbon monoksida (CO), dan gas-gas lain yang tidak diinginkan kehadirannya di udara bersih. Adanya SO₂ dan NO₂ di udara dapat menyebabkan terjadinya hujan asam yang selanjutnya dapat menimbulkan berbagai dampak negative kerugian lingkungan, karena air asam dapat merusak bangunan, menimbulkan sifat korosif dan mengganggu ekosistem perairan, dan mengganggu produktivitas lahan pertanian dan hutan.

Dari sekian banyak limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang sangat ditakuti adalah limbah dari industri kimia. Limbah dari industri kimia pada umumnya mengandung berbagai macam unsur logam berat dan mempunyai sifat reaktif dan kumulatif serta beracun (*toxic*) sehingga sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan kesehatan lingkungan.

Dampak pencemaran lingkungan hidup (pencemaran udara, pencemaran air, dan pencemaran tanah) sebagaimana digambarkan oleh teori Trilobal Pencemaran Lingkungan, maka perlu dibahas dampaknya terhadap kesehatan masyarakat.

1. Dampak negatif kesehatan masyarakat oleh pengaruh bahan-bahan pencemar yang ada di udara antara lain adalah;
 - Gangguan pada system pernafasan diantaranya; penyakit asma, penyakit bronchitis dan gangguan pernafasan lainnya. Bahan-bahan kimia atau zat pencemar udara yang secara umum diketahui adalah oksida karbon

(berupa karbon monoksida = CO dan karbon dioksida = CO₂).

- Zat pencemar udara berupa gas oksida karbon dapat mengganggu pernafasan, tekanan darah, saraf dan mengikat hemoglobin (Hb) sehingga sel darah kekurangan oksigen (O₂).
 - Zat pencemar udara berupa oksida sulphur (berupa sulfur dioksida = SO₂ dan sulfat = SO₃) dapat merusak selaput lendir pada mata, hidung dan tenggorokan.
 - Zat pencemar udara berupa oksida nitrogen (berupa nitrogen monoksida = NO dan nitrogen dioksida = NO₂) dapat menimbulkan kanker.
 - Zat pencemar udara berupa hidro karbon (HC) dapat mengakibatkan kerusakan pusat saraf.
2. Dampak negatif terhadap kesehatan lingkungan (tumbuhan/vegetasi dan hewan serta mikro organisme tanah), tanaman yang tumbuh di daerah yang tingkat pencemaran udaranya tinggi dapat mengganggu pertumbuhan tanaman dan rawan berbagai penyakit tanaman seperti; khlorosis, nekrosis dan munculnya bintil hitam pada dedaunan tanaman.
 3. Dampak timbulnya hujan asam dapat pula menimbulkan dampak lanjutan pada; perubahan kualitas air yang tersiram hujan asam, hujan asam dapat merusak pertumbuhan tanaman, hujan asam dapat melarutkan logam-logam dan menimbulkan korosif, dan dampak lanjutan adanya air karat (korosif) akan mencemari tanah dan air tanah.
 4. Dampak negatif kesehatan masyarakat oleh pengaruh air yang tercemar antara lain adalah diare, gatal-gatal pada kulit, dan penyakit lainnya.

Pada air pertanian yang tercemar oleh limbah pertanian, permasalahan utamanya adalah karena berlebihannya penggunaan pestisida, herbisida, fungisida dan pupuk untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Meskipun pestisida digunakan untuk membunuh hama, namun ternyata oleh sebab pemakaiannya yang tidak sesuai dengan peraturan keselamatan kerja dan kesehatan dan keselamatan lingkungan, maka

pestisida dapat berubah menjadi biosida yaitu pembunuh kehidupan.

Penggunaan jumlah pestida pada sistem pertanian yang berlebihan dalam pemakaiannya, akan dapat mengkontaminasi sayuran dan buah-buahan hasil pertanian tersebut yang kemudian dapat menyebabkan terjadinya keracunan pada konsumen yang memakan produk pertanian tersebut.

Pupuk yang sering dipakai secara berlebihan akan menghasilkan sisa pupuk di lahan pertanian, sisa-sisa pupuk yang ada di lahan pertanian bila hanyut sampai di perairan, maka sisa pupuk tersebut dapat merangsang pertumbuhan gulma penyebab timbulnya eutrofikasi. Sedangkan pada pemakaian bahan kimia herbisida untuk mengatasi eutrofikasi pada lahan pertanian, maka air pertanian tersebut bila mengalir ke perairan akan menjadi penyebab terkontaminasinya ikan, udang dan biota air lainnya yang berada di perairan tersebut.

Bila kita amati kegiatan industri pertambangan, kegiatan industri pertambangan memerlukan proses lanjutan setelah mengalami pengolahan hasil tambang menjadi bahan yang diinginkan. Misalnya; proses pertambangan biji emas, memerlukan bahan air raksa atau mercury akan menghasilkan limbah logam berat cair penyebab keracunan syaraf dan merupakan bahan teratogenik. Kegiatan sektor pariwisata menimbulkan limbah melalui sarana transportasi, dengan limbah gas buang di udara, tumpahan minyak dan oli di laut sebagai limbah perahu atau kapal motor di kawasan wisata bahari. Limbah padat yang dihasilkan dari kegiatan wisata adalah berupa sampah sisa makanan dan pembungkus makanan yang dibuang ke tanah atau ke perairan.

Tanah adalah salah satu dari sekian banyak sumber daya alam atau komponen lingkungan yang dapat memperbarui dirinya sendiri yang lazim disebut sebagai sumber daya terbarukan (*renewable resources*). Dalam pembagian atau penggolongan sumber daya alam, maka sumber daya yang dapat diperbarui, dan sumber daya yang tidak dapat diperbarui (*non renewable*

resources). Sumber daya yang dapat diperbarui berarti sumber daya tersebut memiliki kemampuan untuk memulihkan fungsi dan kapasitasnya secara berangsur-angsur setelah penyebab kemerosotan hilang atau berhenti. Tanah pada dasarnya merupakan sumber daya yang dapat memperbarui dirinya sendiri apabila tidak ada intervensi oleh manusia terhadapnya. Intervensi yang dimaksud adalah adanya faktor pengubah fungsi tanah alami menjadi fungsi yang berbeda secara hakiki atau merubah sebagian besar komponen yang ada di dalam tanah tersebut. Daya memperbarui diri tanah dapat hilang jika intervensi atau gangguan melampaui batas daya lenting komponen selaku bagian dari sistemnya. Hilangnya kemampuan tanah untuk memperbarui diri sendiri sesungguhnya tidak terjadi secara mutlak, akan tetapi hilang kemampuan tanah secara relatif menurut ukuran waktu manusia. Daya memperbarui diri lingkungan akan tetap berlangsung pada ukuran waktu menurut alam. Contohnya; adalah minyak bumi dikatakan sebagai sumberdaya yang tak terbarui menurut ukuran waktu manusia, pada hal sesungguhnya pohon yang tumbang secara alami atau hewan yang mati secara alami dan terkubur dalam waktu jutaan tahun dapat berubah menjadi fosil hingga menjadi minyak fosil di dalam tanah. Komponen ekosistem bumi yang bersifat dapat diperbarui mencakup tanah, air, udara dan vegetasi, sedangkan yang bersifat tidak dapat diperbarui mencakup kontur permukaan tanah dan cadangan bahan tambang.

Suatu unsur lingkungan tanah dapat berubah karena tindakan langsung terhadapnya atau karena tindakan tak langsung berupa tindakan terhadap unsur-unsur lain yang berasosiasi dengannya. Unsur-unsur dan tindakan yang secara langsung dapat merubah keadaan masing-masing komponen dalam tanah adalah:

- a. Perubahan unsur tanah akibat cara pengolahan tanah pertanian, pemberian pupuk seperti bahan organik, kapur, pembuatan saluran irigasi dan drainase.
- b. Perubahan aliran air dan hidrologi akibat pengambilan air dari sumber air, pembendungan sungai, penambatan aliran

dalam waduk, pembagian air ke petak-petak sawah, drainase, dan penggunaan air dalam proses-proses manufaktur.

- c. Perubahan bentuk dan kontur permukaan tanah akibat pembabatan lereng bukit, pengirisan, pemancangan dan pengguguran bukit, pendataran dan proses penimbunan cekungan permukaan tanah.
- d. Perubahan keberadaan jumlah jenis dan spesies flora dan fauna akibat pembukaan hutan atau padang rumput untuk berbagai keperluan, pengusahaan hutan untuk kegiatan produksi kayu, penggunaan padang rumput untuk pengembalaan ternak dan lain sebagainya.

Perlakuan dan tindakan terhadap tanah dapat berpengaruh pada air berupa pemasukan bahan pupuk, pestisida dan aliran dari proses erosi tanah. Pengolahan tanah dan pemberian bahan pupuk dapat berpengaruh pada sifat air, perubahan sifat air yang digunakan untuk irigasi dan perubahan hidrologi dapat pula berpengaruh pada tanah. Perubahan tanah, air dan hidrologi dapat mempengaruhi flora, dan perubahan eksistensi flora dapat pula berdampak pada fauna. Perubahan kontur permukaan tanah dapat berpengaruh pada kondisi tanah itu sendiri dan hidrologi. Perubahan hidrologi dapat terjadi karena adanya perubahan tanah, flora dan fauna yang terkait dengan perubahan laju aliran limpasan air, infiltrasi air, perkolasi dan evapotranspirasi molekul air ke udara.



Gambar 11. Pencemaran Tanah oleh Sampah

Menurut para ahli bidang pemanfaatan tanah dan lahan, bahwa terdapat empat golongan kegiatan pemanfaatan lahan yang dapat mempengaruhi kualitas tanah yaitu; i) pertanian, kehutanan, peternakan, dan perikanan; ii) permukiman termasuk pengadaan infrastruktur jalan dan sarana lainnya; iii) pertambangan; dan iv) industri.

Masing-masing kegiatan memiliki kekhususan ragam dan pola dampak, misalnya apakah dampak kegiatan pemanfaatan lahan dapat terjadi pada keseluruhan komponen lahan ataukah ada komponen tertentu yang secara spesifik dapat dikenal dengan jelas. Industri adalah salah satu kegiatan penggunaan lahan yang paling besar kepentingannya terhadap tanah, karena tanah merupakan sarana utama tempat berlangsungnya kegiatan industri. Dengan demikian maka pencemaran terhadap tanah oleh suatu kegiatan akan berdampak langsung dan utama terhadap proses dan aktivitas industri, pertanian, perkebunan dan penanaman tumbuhan lainnya. Dampak lanjutan dari pencemaran tanah adalah apabila tanah tercemar diguyur hujan, maka parameter pencemar tanah

akan ikut hanyut oleh air ke aliran air dan terserap ke dalam tanah sehingga dapat mengkontaminasi sumber air bersih dalam tanah.

Upaya untuk mengelola kualitas tanah secara berkelanjutan dapat kita lakukan dengan berbagai cara yaitu:

- a. Pengaturan tata ruang dan tata penggunaan lahan sesuai dengan fungsinya menurut ekosistem setempat.
- b. Mengatur dan mengendalikan interaksi antar komponen dalam tanah dan lingkungannya menuju ke arah yang menguntungkan secara berkelanjutan untuk pemenuhan kebutuhan manusia dan makhluk hidup lainnya.
- c. Memperbaiki kualitas tanah (*recovery*) yang telah tercemar dengan cara memperkaya unsur hara atau nutrisi bagi kepentingan mikroorganisme tanah dan membiarkan tumbuhan dapat hidup di tanah tersebut secara alamiah.
- d. Mencegah intervensi manusia secara berlebihan terhadap suatu lingkungan yang merugikan tanah, menghilangkan segala gangguan terhadap tanah dan komponen-komponen lingkungan tanah yang terdapat di dalam tanah.

Upaya pemantauan terhadap kualitas tanah dapat dilakukan dengan cara:

- a. Pemantauan secara langsung dilakukan dengan cara melihat secara kasat mata apakah telah terjadi perubahan-perubahan pada tanah dibandingkan dengan keadaan sebelumnya.
- b. Melakukan penelitian dengan mengambil sampel tanah tersebut dan memeriksakannya ke laboratorium.
- c. Meneliti jumlah dan spesies flora dan fauna yang hidup di atas tanah atau lahan tersebut.
- d. Meneliti penyebaran dampak yang terjadi akibat pengaruh suatu kegiatan tertentu di tanah tersebut, misalnya dengan melihat banyak sedikitnya organisme hewan dan tumbuhan yang mati pada kawasan

tersebut. Apabila ditemukan banyak perubahan komponen lingkungan dan dampak negative sudah menyebar berarti telah terjadi pencemaran pada tingkat konsentrasi yang tinggi.

- e. Pada tingkat konsentrasi zat pencemar yang rendah, pemantauan dapat dilakukan dengan melihat dan membandingkan tingkat pertumbuhan tanaman dalam suatu kawasan, terhadap kawasan lainnya dengan catatan tipe, jenis tanahnya dan waktu pertumbuhan harus sama. Umumnya tanah yang kondisinya telah tercemar mengakibatkan perkembangan tumbuhan dan tanaman di atasnya menjadi tidak normal dan atau tidak optimal.

Beberapa Metode Analisis Kualitas Lingkungan Hidup

Beberapa metode yang akan digunakan dalam menganalisis kualitas lingkungan hidup dalam buku ini antara lain menggunakan metode:

1. Metode analisis metabolisme kegiatan.
2. Metode analisis entropy.
3. Metode analisis kuantitatif-matematik.
4. Metode analisis kualitatif.
5. Metode analisis kausal.
6. Metode Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan.
7. Metode analisis tematik.
8. Metode analisis rantai makanan dan jejaring makanan.
9. Metode analisis laboratorium dan baku mutu lingkungan.
10. Metode penilaian oleh para ahli atau pakar disiplin ilmu tertentu.
11. Metode analogi
12. Metode analisis keefisiensi.

Secara rinci dengan menggunakan contoh-contoh kasus pencemaran lingkungan hidup dan atau kasus pengungkapan kualitas lingkungan hidup dalam aspek kimia-fisik, biologi aspek social-ekonomi dan budaya, serta aspek kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Metode Analisis Metabolisme Kegiatan

Metode analisis metabolisme kegiatan akan membahas aspek siklus material input, proses, output dan entropi suatu kegiatan yang berdampak negatif terhadap kualitas kehidupan masyarakat dan kualitas lingkungan.

Pada pembahasan analisis metabolisme kegiatan ini akan mengambil contoh kasus pada aktivitas kegiatan seorang Ibu menyusui Bayinya. Analisis metabolisme pemberian ASI, cara menyusui dan mekanisme menyusui anak oleh ibu yang terkait dengan Kesehatan Balita yang disebut sebagai analisis *input-process-output-entropy* pada kesehatan Balita.

Secara teoritis konsep *input-process-output-entropy* pada aspek kesehatan Balita adalah sebagai berikut:

- Bila *input* makanan yang diberikan pada bayi berkualitas baik, maka dapat dihasilkan BALITA sehat.
- Bila proses-proses (*processing*) perlakuan, penanganan dan perawatan terhadap bayi dilakukan secara baik dan berkualitas, maka dapat dihasilkan BALITA sehat.
- Bila *output* (dalam bentuk gerakan tubuh yang aktif dan dinamis, maka dapat dihasilkan BALITA sehat.
- Bila tinja tidak terlalu banyak, tidak banyak muntah, tidak banyak keringat (*entropy minimum*), maka BALITA Sehat.

Apabila *input* makanan yang diberikan kepada bayi (BALITA) berkualitas baik maka bayi tersebut dapat dipastikan hidup sehat. Bila proses-proses pengolahan makanan atau proses pencernaan makanan pada tubuh bayi berkualitas baik maka bayi tersebut dapat dipastikan hidup sehat. Demikian pula apabila entropi atau limbah dan sekresi bayi berkualitas baik dengan jumlah minimum, maka bayi tersebut dapat dipastikan hidup sehat. Namun apabila salah satu dari ketiga aspek tersebut di atas berlangsung tidak baik atau tidak berkualitas

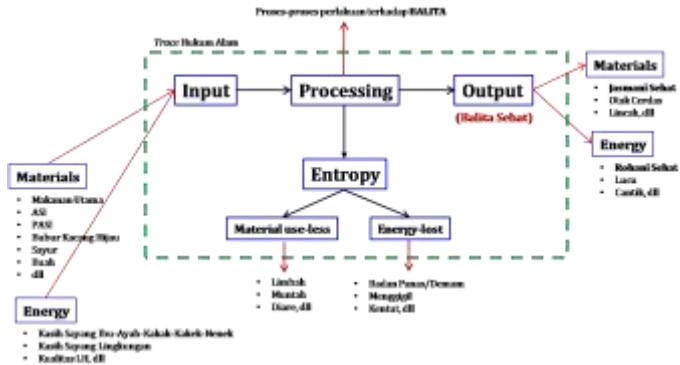
maka *output* bayi atau kualitas kesehatan bayi akan terganggu atau merosot.

Tidak jarang para orang tua balita yang kita temukan berpendapat bahwa anak bayi sebaiknya diberi makanan tambahan (*suplement*) seperti susu bubuk. Namun di era modern, makanan tambahan seperti pemberian susu bubuk telah berubah fenomena dari ASI (air susu ibu) menjadi PASI (pengganti air susu ibu) sebagai makanan pokok.

Fenomena ini sebenarnya menjadi sangat keliru dalam konteks Sunatullah atau hukum alam, karena sesungguhnya *output product* dari sebuah *processing* yang menggunakan *input* yang salah (merubah *input* ASI menjadi *input* PASI) akan menghasilkan *output* yang tidak berkualitas (bayi kurang sehat atau tidak sehat).

Dalam analisis ini menggunakan prinsip Sunatullah atau hukum alam sebagai acuan untuk melaksanakan kehidupan secara berkualitas dan alamiah. Artinya; bahwa tidak ada sesuatu apapun atau proses-proses apapun di dunia ini yang sempurna hasilnya (*no one perfect output*), setiap proses apapun tidak ada yang sempurna hasilnya apalagi sesuatu hal yang tidak sesuai dengan kondratnya (seharusnya anak balita diberi ASI dan bukan PASI).

Menggunakan diagram alir berikut di bawah ini akan dijelaskan bagaimana cara memberikan makanan (*input*) kepada BALITA agar menghasilkan *output* BALITA yang berkualitas (sehat jasmani dan rohani) sesuai Sunatullah.



Gambar 12. Analisis *Input-Process-Output* Kesehatan Balita

Secara teotitis makanan atau material *input* yang lazim diberikan kepada BALITA antara lain makanan utama, ASI, PASI, bubur kacang hijau, sayur, buah air dan lain sebagainya. Input dalam bentuk bukan material yaitu “energy” adalah “immaterial” berupa; kasih sayang dan perhatian dari Ibu-Ayah-Kakak-Kakek-Nenek, kasih sayang dan perhatian dari lingkungan, serta kualitas lingkungan dan lain sebagainya.

Keseluruhan *input* makanan dan *energy* kasih sayang yang diberikan kepada bayi akan diproses dan dicerna secara alamiah oleh metabolisme tubuh bayi untuk kemudian menghasilkan output bayi yang sehat secara fisik dan mental. *Output* secara fisik dalam bentuk sehat secara fisik (lincak, gemuk dan gagah serta tingkah laku baik), sedangkan *output* secara non fisik (berupa mental, kecerdasan, cantik, cakep dan lucu). Bayi yang sehat secara alamiah dapat dipastikan dia memperoleh input makanan (*material*) dan kasih sayang (*energy*) dari orang tuanya, dalam hal ini bayi memperoleh ASI langsung dari orang tuanya. Namun bila *input* makanan yang diberikan adalah berupa PASI, maka material dalam PASI berasal dari susu SAPI dan energy yang terkandung adalah energy SAPI. Sehingga dapat dipastikan bahwa bayi yang memperoleh *input* dari SAPI maka menghasilkan kualitas kesehatan hampir sama dengan

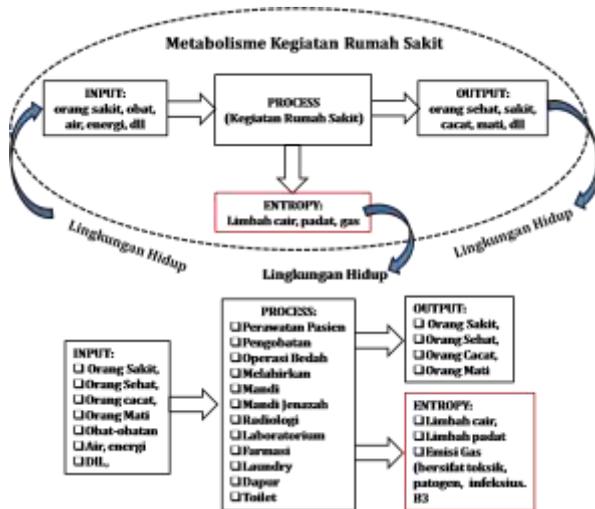
SAPI. Artinya; bahwa jika kita menginginkan anak balita yang sehat jasmani dan rohani, maka berikanlah *input* makanan yang sehat berasal dari ASI. Demikian pula dengan factor asal-usul material; apakah material PASI dibeli menggunakan uang haram atau dengan cara tidak baik (misalnya hasil tipu atau mencuri), maka input demikian pasti menghasilkan output yang tidak baik yang ditandai dengan tingkah-laku balita yang tidak baik, anak mudah sakit dan lain sebagainya, sehingga PASI yang dibeli dengan cara melanggar aturan hukum akan berakibat kualitas balita menjadi buruk.

Jika kita tinjau pada aspek *entropy* balita; entropy menjadi besar atau kualitasnya buruk apabila input yang diberikan berasal dari PASI. *Entropy* balita yang buruk dapat diindikasikan oleh kondisi anak diare, muntah, dan atau badan panas menggigil. Hal ini dapat terjadi oleh karena kemungkinan si orang tua tidak mengetahui kualitas PASI yang diberikan, demikian pula formula yang terdapat dalam material PASI tersebut, sehingga si anak menjadi tidak sehat secara fisik dan bahkan tidak sehat secara mental-spiritual. Rohani anak tidak sehat, aspek psikis anak yang tidak baik, anak mudah terserang penyakit adalah refleksi *output* kesehatan balita yang bersifat *energy-lost* atau menjadi *entropy* yang dapat mengganggu lingkungannya.

Pembahasan analisis metabolisme kegiatan ini juga akan menyajikan analisis kualitas lingkungan pada kasus aktivitas kegiatan suatu rumah sakit.

Rumah sakit merupakan industri yang bergerak dibidang jasa karena aktivitasnya berkaitan erat dengan jasa atau pelayanan di bidang kesehatan yang diberikan rumah sakit kepada pasien. Ditinjau dari Sunatullah atau hukum alam yang mengatur siklus material dan aliran energy, maka jasa-pelayanan merupakan product output dalam bentuk energy yaitu suatu aktivitas atau serangkaian aktivitas yang bersifat tidak dapat dilihat secara visual, namun efek energy dapat dilihat dan dirasakan atau energy dapat diraba. Jasa-pelayanan kesehatan yang terjadi sebagai akibat dari adanya interaksi antara konsumen dengan

produsen (rumah sakit) yang disediakan perusahaan pemberi pelayanan yang dimaksudkan untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi pasien sebagai *customer*. Dalam konsep pelayanan rawat inap di rumah sakit misalnya, maka aktivitas yang dimaksud adalah aktivitas yang diberikan tenaga profesi kesehatan kepada pasien di instalasi rawat inap dalam rangka menyembuhkan pasien, mengurangi keterbatasan dan ketidakmampuan, memenuhi harapan pasien secara berkualitas. Mutu pelayanan kesehatan (*output-product*) sebuah rumah sakit akan selalu terkait dengan struktur input, struktur proses dan struktur output dari sistem pelayanan kesehatan rumah sakit.



Gambar 13. Analisis Metabolisme Kegiatan Rumah Sakit

Menggunakan metode analisis metabolisme kegiatan Rumah Sakit seperti pada gambar 13 di atas dapat kita simpulkan dampak negative kegiatan industry rumah sakit terhadap lingkungan hidup berupa entropy yang akan menjadi limbah dan pencemar lingkungan hidup di sekitar kegiatan rumah sakit.

Entropy kegiatan rumah sakit dalam bentuk limbah padat dapat berupa;

1. Potongan tubuh manusia (yang terinfeksi kuman)
2. Daging dan kulit manusia yang terinfeksi
3. Sisa obat yang bersifat racun
4. Sampah kontong, kotak, bungkus obat
5. Sisa makanan pasien dan pengunjung
6. Alat peralatan rumah sakit seperti; jarum suntik atau jarum injeksi

Entropy kegiatan rumah sakit dalam bentuk limbah cair dapat berupa:

1. Darah
2. Nanah
3. Cairan tubuh lainnya
4. Sisa cairan obat
5. Sisa minuman pasien dan pengunjung
6. Limbah cair kegiatan MCK

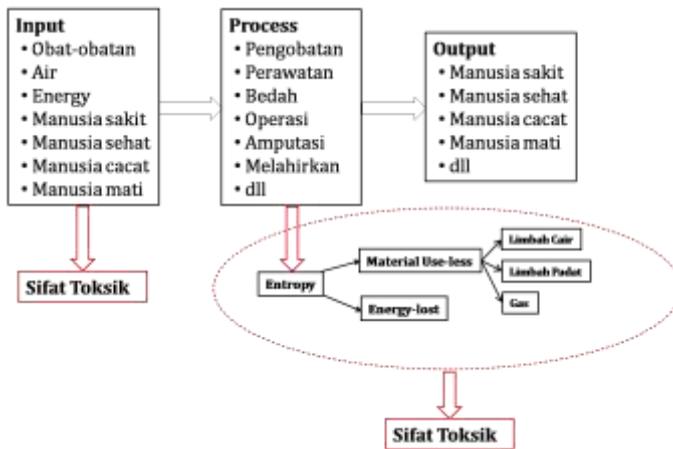
Entropy kegiatan rumah sakit dalam bentuk limbah energi gas dapat berupa:

1. Bau
2. Asap dapur
3. Asap genset
4. Asap incinerator
5. Uap air
6. Panas
7. Bising

Aspek input kegiatan rumah sakit sebagai industry kesehatan dapat kita lihat berupa obat-obatan, air, energi, dan manusia sakit yang menjadi "*customer*" nya. Pada aspek material input rumah sakit terdapat material yang bersifat toksik karena melibatkan obat-obatan yang terdiri dari senyawa kimia serta manusia sakit atau pasien yang lebih banyak datang dengan keluhan berbagai penyakit termasuk jenis penyakit menular.

Aspek proses (*process*) dalam pelayanan rumah sakit dapat kita temukan adanya interaksi profesional utama antara pemberi pelayanan (dokter, perawat, tindakan bedah, operasi, amputasi, melahirkan atau persalinan, alat kesehatan dan pemberian obat) terhadap pasien sebagai *customer*. Sedangkan output product yang dihasilkan dari industry kesehatan (rumah sakit) adalah perubahan kesehatan fisika-energy pasien dalam bentuk sehat, pasien masih sakit, pasien cacat dan atau mati dan sebagainya.

Sama seperti industri lainnya, kegiatan pelayanan rumah sakit menghasilkan entropy dalam berbagai macam bentuk limbah material dan energy pollutant, baik yang terdiri dari material sisa yang umumnya tidak dapat digunakan kembali, dalam bentuk benda cair, padat dan gas; maupun energi yang hilang. Sama seperti input, maka sifat material limbah rumah sakit memiliki karakteristik atau sifat toksik terutama limbah infeksius yang masih mengandung mikroorganisme patogen yang dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan dan kesehatan.



Gambar 14. Analisis Diagram *Input*, Proses, *Output* dan Entropy di Rumah Sakit

Dengan memperhatikan sifat dari entropy dalam bentuk material limbah dan pencemaran yang dihasilkan oleh kegiatan pelayanan rumah sakit, maka perlu dilakukannya pengelolaan limbah dan pencemaran yang merupakan bagian dari kegiatan penyehatan lingkungan di rumah sakit untuk melindungi masyarakat dari bahaya pencemaran lingkungan yang bersumber dari kegiatan rumah sakit itu sendiri.

Jenis Entropy Kegiatan Rumah Sakit

Entropy atau limbah rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit dan kegiatan penunjang lainnya. Mengingat dampak yang mungkin timbul, maka diperlukan upaya pengelolaan yang baik meliputi pengelolaan sumber daya manusia, alat dan sarana, keuangan dan tatalaksana pengorganisasian yang ditetapkan dengan tujuan memperoleh kondisi rumah sakit yang memenuhi persyaratan kesehatan lingkungan. Entropy rumah sakit bisa mengandung bermacam-macam mikroorganisme bergantung pada jenis rumah sakit, tingkat pengolahan yang dilakukan sebelum dibuang. Entropy dalam bentuk limbah cair rumah sakit dapat mengandung material organik dan anorganik yang umumnya diukur dan parameter BOD, COD, TSS dan lain sebagainya. Sedangkan entropy dalam bentuk limbah padat rumah sakit terdiri atas sampah mudah membusuk, sampah mudah terbakar, dan lain-lain. Limbah- limbah tersebut kemungkinan besar mengandung mikroorganisme patogen atau material kimia beracun berbahaya yang dapat menimbulkan penyakit infeksi dan dapat tersebar ke lingkungan rumah sakit yang disebabkan oleh teknik pelayanan kesehatan yang kurang memadai, kesalahan penanganan bahan-bahan terkontaminasi dan peralatan, serta penyediaan dan pemeliharaan sarana sanitasi yang masih buruk.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 18 tahun 1999 jo Peraturan Pemerintah Nomor 85 tahun 1999 menyebutkan bahwa limbah medis termasuk dalam kategori limbah

berbahaya dan beracun (limbah B3). Bahwa limbah rumah sakit dan limbah klinis yang termasuk kategori limbah B3 adalah limbah klinis, produk farmasi kadaluarsa, peralatan laboratorium terkontaminasi, kemasan produk farmasi, limbah laboratorium, dan residu dari proses insinerasi. Dalam pengelolaan limbah padat rumah sakit diwajibkan melakukan pemilahan limbah dan menyimpannya dalam kantong plastik yang berbeda-beda berdasarkan karakteristik limbahnya.

Limbah domestik kegiatan rumah sakit di masukkan kedalam plastik berwarna hitam, limbah infeksius kedalam kantong plastik berwarna kuning, limbah sitotoksik kedalam warna kuning, limbah kimia/farmasi kedalam kantong plastik berwarna coklat dan limbah radio aktif kedalam kantong warna merah.

Limbah yang Menimbulkan Infeksius adalah limbah laboratorium yang terinfeksi penyakit atau limbah yang mengandung kuman penyakit, seperti bagian tubuh manusia yang diamputasi dan cairan tubuh manusia yang terkena infeksi.

Limbah yang Bersifat Korosif adalah limbah yang menyebabkan iritasi pada kulit atau mengkorosikan baja, yaitu memiliki pH sama atau kurang dari 5,0 untuk limbah yang bersifat asam dan lebih besar dari 12,5 untuk yang bersifat basa.

Limbah Beracun adalah limbah yang mengandung racun yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Limbah B3 dapat menimbulkan kematian atau sakit bila masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan, kulit atau mulut. *Limbah Reaktif* adalah limbah yang menyebabkan kebakaran karena melepaskan atau menerima oksigen atau limbah organik peroksida yang tidak stabil dalam suhu tinggi.

Limbah klinik; limbah klinik ini merupakan limbah infeksius, yang masih mengandung mikroorganisme patogen selama pelayanan pasien secara rutin, pembedahan dan di unit-unit resiko tinggi. Limbah ini masuk dalam kategori berbahaya dan

beresiko tinggi terhadap infeksi kuman kepada populasi umum dan staf rumah sakit. Oleh karena itu perlu diberi label yang jelas sebagai risiko tinggi. Contoh limbah jenis tersebut ialah perban atau pembungkus yang kotor, cairan badan, anggota badan yang diamputasi, jarum-jarum suntik dan alat semprotan bekas, kantong urine dan kantong produk darah.

Limbah patologi; limbah ini juga dianggap beresiko tinggi karena masih mengandung mikroorganisme patogen dan sebaiknya diproses dengan teknologi *autoclaf* sebelum keluar dari unit patologi. Limbah tersebut harus diberi label *biohazard*.

Limbah bukan klinik; limbah ini meliputi kertas-kertas pembungkus atau kantong dan plastik yang tidak berkontak dengan cairan badan. Meskipun tidak menimbulkan resiko sakit, limbah tersebut cukup merepotkan karena memerlukan tempat yang besar untuk mengangkut dan menbuangnya.

Limbah dapur; limbah ini mencakup sisa-sisa makanan dan air kotor. Berbagai serangga seperti kecoa, kutu dan hewan pengerat seperti tikus merupakan gangguan bagi staf maupun pasien di Rumah sakit.

Limbah radioaktif; walaupun limbah ini tidak menimbulkan persoalan pengendalian infeksi di rumah sakit, pembuangan secara aman perlu diatur dengan baik. Pemberian kode warna yang berbeda untuk masing-masing sangat membantu pengelolaan limbah tersebut.

Berdasarkan hukum alam bahwa setiap material pasti mengandung energy potensial, maka keseluruhan material limbah tersebut di atas memiliki nilai potensi energy yang dapat hilang bersamaan dengan waktu pengelolaan limbah tersebut. Artinya, bahwa material limbah klinik masih memiliki enery (misalnya bau) yang sifatnya dapat “mengalir” terdispersi dalam bentuk penguapan atau pengenceran di udara atau di air akan memberikan risiko penularan penyakit pada makhluk hidup

lainnya termasuk manusia yang berada di sekitarnya (lingkungan hidup).

Dampak terhadap lingkungan hidup, bahwa terdapat kemungkinan beberapa kelompok masyarakat atau anggota masyarakat yang mempunyai risiko untuk mendapat gangguan karena buangan entropy rumah sakit. Pertama, pasien yang datang ke rumah sakit untuk memperoleh pertolongan pengobatan dan perawatan rumah sakit. Kelompok ini merupakan kelompok yang paling rentan. Kedua, karyawan rumah sakit dalam melaksanakan tugas sehari-harinya selalu kontak dengan orang sakit yang merupakan sumber agen penyakit. Ketiga, pengunjung dan atau pengantar orang sakit yang berkunjung ke rumah sakit, risiko terkena gangguan kesehatan akan semakin besar. Keempat, masyarakat yang bermukim di sekitar rumah sakit, lebih-lebih lagi bila rumah sakit membuang hasil buangan rumah sakit tidak sebagaimana mestinya ke lingkungan sekitarnya. Akibatnya adalah mutu lingkungan menjadi turun kualitasnya, dengan akibat lanjutannya adalah menurunnya derajat kesehatan masyarakat di lingkungan tersebut.

Contoh lain analisis kualitas lingkungan hidup pada kasus kegiatan permukiman atau perumahan penduduk dengan metode analisis metabolisme kegiatan permukiman.

Input

Metabolisme lingkungan permukiman masyarakat kita dapat melihat input yang masuk ke dalam lingkungan permukiman antara lain ada Manusia, Hewan, Tumbuhan, makanan sayur mayur, bahan makanan seperti daging, teknologi transporter, segala jenis pembungkus makanan dan minuman, cairan deterjen dan sabun, pencucian seperti pencucian perlengkapan makan, dan lain sebagainya. Kesemua material yang terdapat dalam lingkungan permukiman ataupun perkampungan

tersebut merupakan input untuk proses-proses kehidupan masyarakat permukiman.

Process

Pada proses-proses kegiatan yang berlangsung dalam lingkungan permukiman masyarakat akan kita sakasikan akativitas dan proses-proses berlangsung antara lain kegiatan masyarakat/manusia, hewan, dan tumbuhan akan dapat menimbulkan entropi. Material input yang masuk ke dalam lingkungan permukiman nantinya akan diproses, misalnya material yang masuk ke dapur seperti beras,sayur mayur,daging, tempe, tahu, dan lain lain akan dimasak yang nantinya akan menghasilkan masakan yang dapat di makan, sedangkan material seperti sabun akan digunakan sebagai bahan untuk mencuci. Dari proses-proses tersebut, nantinya akan menghasilkan produk output dan produk samping berupa limbah dan polutan.

Output

Output produk kegiatan aktivitas masyarakat di lingkungan perumahan meliputi produk dan energy yang siap dipakai untuk bekerja, berusaha, berdagang di luar kompleks perumahan, untuk sekolah bagi anak-anak dan lain sebagainya. Produk output berupa energy yang dihasilkan dari proses-proses kegiatan permukiman adalah energy positif berupa semangat untuk bekerja, berusaha bagi orang tua dan semangat bagi anak usia sekolah sehingga menghasilkan output yang baik berupa interaksi positif di antara warga penduduk dan antara penduduk dengan warga lain di luar lingkungan perumahan tersebut. Dari hasil kegiatan-kegiatan yang dilakukan akan menghasilkan dampak entropy berupa material-useless dan energy-lost. Entropy dalam wujud material-useless dan energy-lost akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan seperti

dampak fisik, kimia, biologi, sosekbud dan kesehatan masyarakat serta kesehatan lingkungan.

Dampak negatif *entropy* dari hasil metabolisme permukiman masyarakat ini antara lain adalah:

Dampak fisik-kimia antara lain sampah, asap, limbah padat, limbah cairan deterjen, minyak kotor, bising, getaran, panas yang dilepas ke lingkungan;

Dampak biologi antara lain berkembang-biaknya lalat, bakteri, jamur dan mikroorganisme patogen yang dapat mempengaruhi kualitas kehidupan biologi.

Dampak sosekbud antara lain:

Pengelolaan sampah yang kurang baik akan membentuk lingkungan yang kurang menyenangkan bagi masyarakat: bau yang tidak sedap dan pemandangan yang buruk karena sampah bertebaran dimana-mana. Memberikan dampak negatif terhadap kegiatan kepariwisataan. Pengelolaan sampah yang tidak memadai dapat menyebabkan rendahnya tingkat kesehatan masyarakat. Aspek penting dalam hal ini adalah meningkatnya biaya secara langsung (untuk mengobati orang sakit) dan biaya secara tidak langsung pada penurunan penghasilan/pendapatan akibat tidak masuk kerja, rendahnya produktivitas. Pembuangan sampah padat ke badan air dapat menyebabkan banjir dan akan memberikan dampak bagi fasilitas pelayanan umum seperti jalan, jembatan, drainase, dan lain-lain. Infrastruktur lain dapat juga dipengaruhi oleh pengelolaan sampah yang tidak memadai, seperti tingginya biaya yang diperlukan untuk pengolahan air. Jika sarana penampungan sampah kurang atau tidak efisien, orang akan cenderung membuang sampahnya di jalan. Hal ini mengakibatkan jalan perlu lebih sering dibersihkan dan diperbaiki.

Dampak kesehatan masyarakat antara lain; limbah yang tidak dikelola dengan baik akan mempengaruhi derajat kesehatan masyarakat. Hal ini dipengaruhi karena lingkungan yang

memburuk, sehingga kuman-kuman penyakit akan mudah berkembang biak dan mengakibatkan masyarakat yang tinggal di pemukiman tersebut rentan terjangkit penyakit.

Dampak pada kesehatan lingkungan antara lain adalah; cairan rembesan sampah (air lindi) yang masuk ke dalam drainase atau sungai dapat mencemari sumber air bersih. Berbagai organisme fitoplankton, benthos, zooplankton, termasuk ikan dapat mati sehingga beberapa spesies organisme perairan akan lenyap, hal ini dapat mengakibatkan berubahnya ekosistem perairan biologis. Penguraian sampah yang dibuang ke dalam air akan menghasilkan asam organik dan gas-cair organik, seperti gas metana. Proses penguraian sampah tersebut selain berbau kurang sedap, maka gas tersebut dalam konsentrasi tinggi dapat meledak dan dalam skala besar dapat merusak tatanan ekologi.

Entropy

Entropi yang dimaksud dapat berupa *material useless* dan *energy lost*. *Material useless* dari proses kegiatan manusia, hewan dan tumbuhan yaitu sekresi, kotoran dan keringat hasil metabolisme tubuh, dedaunan dan ranting yang berjatuh dari tumbuhan vegetasi, sisa-sisa segala jenis pembungkusan makanan dan minuman masyarakat, bungkus deterjen, dan sampah rumah tangga seperti segala jenis sisa makanan. *Energy lost* yang dihasilkan dari kegiatan permukiman penduduk dapat berupa:

1. **Gas**, yang dihasilkan dari kegiatan manusia yakni adanya proses pembakaran sampah dari dedaunan dan ranting yang berjatuh, sisa - sisa segala jenis pembungkusan makanan dan minuman, bungkus deterjen, sampah rumah tangga, penggunaan pewangi (parfum), dan penggunaan alat transportasi. Hal ini dapat berpotensi mencemari lingkungan hidup khususnya untuk kualitas udara. Gas yang dihasilkan akan terbang keudara dan mencemari

udara misalnya CO (karbon monoksida) yang dapat merusak kualitas udara sekitar.

2. **Bau**, yang dihasilkan dari kotoran hewan dan manusia yang dibuang sembarangan dan sampah rumah tangga seperti segala jenis sisa makanan. Hal ini dapat berpotensi mencemari lingkungan hidup khususnya kualitas udara. Dimana dari kotoran hewan dan manusia serta sampah rumah tangga seperti segala jenis sisa makanan yang tidak dikelola dengan baik akan membusuk dan menimbulkan bau. Dari bau ini akan menghasilkan misalnya gas amoniak, dan H_2SO_4 , yang akan mencemari udara.
3. **Limbah padat**, yang dihasilkan dari pepohonan seperti ranting dan daun, segala jenis pembungkus makanan, yang tidak dikelola dengan baik akan menumpuk dan dapat mencemari lingkungan hidup khususnya tanah karena akan merusak segala unsur yang terkandung dalam tanah. Limbah padat yang menumpuk juga akan dapat berpotensi menimbulkan banjir yang akhirnya akan merusak segala unsur tanah beserta habitatnya. Limbah padatan yang dibuang ke sungai atau saluran air juga dapat merusak kualitas lingkungan hidup khususnya air dan habitatnya. Limbah padatan akan membuat masuknya cahaya matahari sehingga dapat menghambat proses fotosintesis tumbuhan air dan alga, serta dapat menimbulkan berkurangnya kualitas air bersih karena tercemarnya air yang diakibatkan misalnya oleh kandungan logam berat yang dapat dihasilkan dari sampah padatan.
4. **Limbah cair**, yang dihasilkan dari kegiatan manusia seperti cairan deterjen dan sabun, pencucian misalnya perlengkapan makan, dan sampah rumah tangga, yang tidak dikelola dengan baik akan dapat mencemari lingkungan hidup khususnya kualitas air. Hal ini dapat mencemari air, sehingga dapat mengurangi persediaan air bersih. Dengan masuknya deterjen yang berbahan dasar ABS (*Alkil Benzene Sulfonat*) dapat mencemari kualitas air

karena senyawa ABS sukar diuraikan oleh mikroorganisme dalam air. Kandungan senyawa ABS ini juga dapat menjadikan minyak dan lemak dapat bercampur dengan air. Selain itu, senyawa ABS ini juga dapat meracuni mikroorganisme pada air. Penggunaan deterjen secara besar-besaran juga meningkatkan senyawa fosfat pada sungai atau saluran air yang merangsang pertumbuhan ganggang dan enceng gondok (*eichornia crassipes*).

2. Metode Analisis Entropy

Kualitas lingkungan hidup dapat dinilai dari kerugian-kerugian yang terjadi ditimbulkan oleh suatu aktivitas kegiatan kehidupan masyarakat. Kerugian-kerugian yang timbul dari suatu kegiatan merupakan kerugian dalam bentuk energy yang dilepas ke lingkungan disebut sebagai entropy.

Entropy menurut hukum alam atau hukum termodinamika II adalah; bahwa peristiwa transformasi energy tidak pernah berlangsung sempurna 100%, tetapi pasti terdapat *energy-lost* sebagai *entropy* yang hilang diserap oleh alam. Pengertian entropy dalam konteks aktivitas kerja adalah “ketidaksempurnaan” proses transformasi energy dalam segala aktivitas kehidupan. Entropy merupakan ukuran keseragaman distribusi energi yang secara sederhana sering disebut sebagai ukuran sejumlah energi panas dalam sistem fisika yang tidak dapat digunakan untuk bekerja. Pada definisi ini dapat dipahami bahwa entropy adalah sejumlah energy yang hilang selama proses-proses penggunaan energi.

Entropy adalah kerugian energy (kerugian panas) yang timbul akibat sesuatu kegiatan yang menggunakan material dan/atau energy yang kemudian *entropy* tersebut dilepas/terlepas ke lingkungan. *Entropy* yang timbul sebagai kerugian dapat berupa *material useless* (limbah) dan atau *energy lost (pollutant)*.

Terminologi entropy diungkapkan pertama kali pada tahun 1865 oleh ahli fisika Jerman bernama *Rudolf Clausius*; berasal dari penggal kata “*en-*”, sebagai “*in*” dalam bahasa Inggris, dan penggal kata “*trope*” yang dianalogikan sebagai energi.

Konsep entropi dalam ilmu panas merupakan sentral hukum termodinamika-II terkait dengan proses-proses fisika dan terjadi secara spontan. Secara umum hukum termodinamika-II

menyatakan bahwa proses transformasi energi tidak berlangsung secara 100% dalam setiap proses kerja, akan tetapi dalam setiap proses kerja selalu terjadi kehilangan energi yang disebut sebagai entropy. Dalam ilmu pengetahuan lingkungan (*environmental science*) definisi entropy antara lain disebut sebagai nilai ketidakteraturan, kesemrawutan, kekacauan, dan atau ketidakharmonisan. Selanjutnya menurut ilmu teknik menyebutkan entropy sebagai kerugian energi yang pasti terjadi dalam setiap proses transformasi energi dan atau materi.

Rumus entropy adalah $Entropy = 1 - \text{efisiensi kegiatan}$. Secara matematis nilai efisiensi dapat dihitung dari hasil bagi antara besaran *output* dan besaran *input* dikalikan seratus persen [$\text{efisiensi} = (\text{output}/\text{input}) * 100\%$].

Menganalisis besaran entropy yang sesuai kepatutan dan kepantasan (*properly*), bagaimana dan kemana entropy tersebut dilepas serta ke lingkungan apa ditempatkan. Selanjutnya bagaimana pertanggungjawaban institusi kegiatan terhadap dampak negative yang ditimbulkan oleh pelepasan entropy tersebut ke lingkungan hidup.

Jadi, kesimpulan yang dapat diambil dari penggunaan metode analisis entropy kegiatan adalah, bahwa semakin besar entropy suatu kegiatan maka semakin buruk kualitas lingkungan tersebut. Sebaliknya, semakin kecil nilai entropy yang ditimbulkan oleh suatu aktivitas kegiatan maka semakin baik kualitas lingkungan hidup kita.

3. Metode Analisis Kuantitatif-Matematik

Metode analisis kuantitatif yang dapat diterapkan dalam menganalisis dan menilai kualitas lingkungan hidup dapat menggunakan model matematika maupun model statistika.

Metode analisis kuantitatif-matematik yang digunakan untuk memperkirakan dampak penurunan kualitas udara (konsentrasi polutan atau bahan pencemar udara) dari pengaruh kegiatan lalu lintas kendaraan bermotor di jalan raya dapat dihitung menggunakan rumus matematika sebagai berikut:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{\pi u \sigma_z \sigma_y} \exp\left[\frac{-H^2}{2\sigma_z^2}\right] \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right]$$

dimana :

C (x,y,z) = konsentrasi polutan atau bahan pencemar udara (gram/m³)

Q = kekuatan emisi (gram/detik)

(x,y,z) = koordinat reseptor (m)

u = kecepatan angin rata-rata (m/s), 0,81 meter/detik

H = ketinggian sumber emisi (m), 0,5 meter

σ = standar deviasi

z = 1,5 m, dalam kasus ini dianggap 0 (*ground level*)

y = 0, tegak lurus terhadap titik sumber dan σ_y ≈ 1

Besaran atau jumlah emisi yang timbul dapat dihitung dengan menggunakan model “sumber dan garis pencemaran” yang menggunakan rumus:

$$Q = n * q$$

dimana :

Q = besaran emisi (gram/detik).

n = jumlah kendaraan per detik = 0,065 SMP/detik.
q = laju emisi (gram/km).
SMP = satuan mobil per penumpang.

Laju emisi untuk parameter pencemar karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} q_{CO} &= 867,92 \cdot V - 0,8648 \\ q_{NO_2} &= 0,0005 \cdot V^2 + 0,0656V + 3,6586 \end{aligned}$$

dimana : q = laju emisi (gram/km)
V = kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)

Penghitungan tingkat dispersi atau penyebaran zat pencemar di udara menggunakan model “sumber dan garis pencemaran” dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_z &= cxd + f \\ \sigma_y &= ax0,948 \end{aligned}$$

dimana:

σ_{xy} = Standar deviasi sebaran pada arah z dan y
x = jarak jalan dari reseptor (m), 0,2 m

Misalkan jarak jalan dari reseptor adalah x = 0,2 meter atau x < 1 meter, maka diperoleh nilai konstanta untuk standar deviasi yaitu :

$$\begin{aligned} a &= 104 \\ c &= 61,0 \\ d &= 0,911 \\ f &= 0 \end{aligned}$$

sehingga dapat dihitung nilai standar deviasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_z &= cxd + f \\ &= 61(0,2)0,911 + 0 \\ &= 14,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma &= ax^{0,948} \\ &= 104(0,2)^{0,948} \\ &= 24,67\end{aligned}$$

Hasil perhitungan menggunakan analisis kuantitatif-matematis tersebut di atas dimasukkan ke dalam tabel berikut di bawah ini:

Tabel 1. Perhitungan Besaran Emisi Kendaraan Bermotor

Kecepatan Rata-Rata Kendaraan (km/jam)	qCO (gr/km)	qNO ₂ (gr/km)	n (SMP/det)	QCO (gr/det)	QNO ₂ (gr/det)
10	118,49	3,69	0,065	7,78	0,24
40	35,73	5,76	0,065	2,34	0,38

Sumber: Hasil Penghitungan

Konsentrasi zat pencemar udara ambien yang dihasilkan oleh akibat pembakaran bahan bakar pada aktivitas dan mobilisasi kendaraan bermotor tersebut di atas adalah sebagai berikut.

Tabel 2 Perkiraan Peningkatan Konsentrasi Pencemar Udara

Kecepatan Kendaraan (km/jam)	Parameter Pencemar Udara	Konsentrasi Pencemar Udara (µg/Nm ³)	Baku Mutu PPRI No: 41/1999 (µg/Nm ³)	Keterangan
10	CO	8.807	10.000	< Baku Mutu
40	CO	2.656	10.000	< Baku Mutu
10	NO ₂	274	150	> Baku Mutu
40	NO ₂	428	150	> Baku Mutu

Sumber: Hasil Penghitungan

Konsentrasi zat pencemar kualitas udara ambien seperti pada tabel tersebut di atas menunjukkan bahwa parameter kualitas udara nitrogen dioksida (NO₂) berada di atas Nilai Ambang

Batas atau Baku Mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PPRI) Nomor 41 Tahun 1999.

Contoh kasus lainnya untuk penerapan analisis kualitas lingkungan metode analisis kuantitatif matematik guna menganalisis dan menilai kualitas lingkungan hidup tertentu adalah pada kasus pencemar suara bising (kebisingan) atau intensitas energy bising dari suatu bunyi benda bergerak dan bunyi benda tidak bergerak dapat menggunakan rumus L_{eq} .

Menilai tingkat kebisingan dari **benda bergerak** misalnya; bising dari mesin kendaraan bermotor yang sedang berjalan, bising mesin pesawat terbang yang sedang melakukan *take-off* ataupun pesawat terbang yang sedang *landing* menggunakan rumus matematika berikut;

$$L_{eq}(\mathbf{h})_i = L_{oe} + \log(N_i/SiT) + \log(15/d)^{1+\alpha} + \nabla - 13$$

Dimana:

$L_{eq}(\mathbf{h})_i$ = Kebisingan pada jarak (h) untuk jenis kendaraan (i), [dBA]

L_{oe} = Tingkat kebisingan untuk jenis kendaraan (i), [dBA]

N_i = Jarak kendaraan tipe (i) yang lewat pada waktu T, [m].

S = Rata-rata kecepatan kendaraan tipe (i), [km/jam].

T = Lama waktu kendaraan yang melewati jalan yang diamati minimum 1 jam.

d = Jarak tegak lurus antara sumber pencemar dengan titik yang terkena dampak bising yang diamati, [m].

a = Faktor yang berhubungan dengan tingkat penyerapan bising oleh vegetasi penutup tanah.

∇ = Faktor perisai suara bising, [*noise barrier*]

Menilai tingkat kebisingan dari **benda tidak bergerak** (tetap) misalnya; kebisingan dari mesin turbin dan atau mesin diesel menggunakan rumus matematika **Lp**.

$$\mathbf{Lp = Lw - 20 \text{ Log } r - 11}$$

Dimana :

Lp = Tingkat kebisingan pada jarak (r) dari sumber suara bising, [dBA]

Lw = Tingkat kebisingan di sumber suara bising, [dBA]

R = Jarak dari sumber kebisingan ke lokasi yang diamati, [m]

Hasil analisis kualitas lingkungan adalah; semakin tinggi tingkat kebisingan lingkungan dibandingkan dengan baku mutu lingkungan, maka kualitas lingkungan tersebut dapat dinyatakan tidak berkualitas karena dapat menimbulkan kerugian pada pihak lain, seperti gangguan komunikasi, gangguan pendengaran, dan gangguan kenyamanan masyarakat.

Contoh kasus lainnya untuk penerapan analisis kuantitatif matematik guna menganalisis dan menilai kualitas lingkungan hidup pada aspek fisika-kimia lingkungan adalah parameter air larian (*run-off*) dan genangan air atau banjir. Perhitungan secara matematis dengan analisis perkiraan jumlah air larian (*run-off*) yang berpotensi menimbulkan genangan atau banjir di suatu lahan terendah adalah menggunakan rumus matematika sebagai berikut :

$$\mathbf{\text{Air Larian} = C . I . A}$$

Dimana :

C = Koefisien Air Larian

I = Intensitas Hujan Rata-Rata di Lokasi kegiatan (mm)

A = Luas area terbangun (m²)

Hasil analisis kualitas lingkungan adalah; semakin banyak jumlah material air larian maka kualitas lingkungan tersebut dapat dinyatakan tidak berkualitas karena dapat menimbulkan kerugian pada pihak lain, seperti jalanan banjir, jalanan becek dan jika air larian berada di permukiman masyarakat maka akan terjadi banjir yang dapat merugikan masyarakat permukiman.

Contoh pada kasus Erosi Tanah

Penghitungan perkiraan besaran terjadinya erosi tanah pada setiap unit lahan digunakan rumus matematika USLE (*Universal Soil Loss Equation*) dan Wichmeier (1968). Rumus matematika tersebut adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P}$$

Dimana:

- A = besarnya erosi (ton/ha/tahun).
- R = faktor erosivitas hujan.
- K = faktor erodibilitas tanah.
- LS = faktor topografi (L= panjang lereng tanah, S = kemiringan lereng tanah).
- C = faktor pengelolaan tanah dan tanaman atau vegetasi penutup tanah.
- P = faktor teknik konservasi tanah.

Faktor erosivitas hujan (R) dihitung berdasarkan data hujan bulanan dengan menggunakan persamaan Bols (1978) berikut:

$$R = Z_{i=j}^{12} (El_{30})$$

$$El_{30} = 6,119 (P)^{1'21} (Hy)^{0'47} (MP)^{0'53}$$

Dimana

- R = Erosivitas hujan.
El₃₀ = Energi kinetik hujan pada intensitas 30 menit.
P = Jumlah hujan (mm).
H = Jumlah hari hujan bulanan.
MP = Hujan maksimum bulanan (mm).

Hasil analisis kualitas lingkungan adalah; semakin banyak jumlah material erosi maka kualitas lingkungan tersebut dapat dinyatakan tidak berkualitas karena dapat menimbulkan kerugian pada pihak lain, seperti jalanan becek, jalanan licin dan jika erosi tanah terjadi di jalan umum dan menutupi jalan akan menimbulkan kerugian materil bagi masyarakat pengguna jalan.

4. Metode Analisis Kualitatif

Analisis Kualitatif adalah analisis yang menggunakan data kualitatif seperti “persepsi dan pendapat manusia atau masyarakat” dalam menilai kondisi suatu lingkungan dengan kalimat jawaban; bagus, baik, rusak, bau, kotor lestari, memuaskan, cantik, dan lain sebagainya.

Analisis Kualitatif umumnya menghasilkan data atau informasi kualitas lingkungan hidup yang bersifat “subyektif” yang belum tentu penilaiannya sama antara suatu masyarakat dengan masyarakat yang lainnya.

Metode analisis kualitatif yang dapat digunakan pada saat melakukan penelitian lingkungan adalah metode analisis kualitatif. Sebagai contoh adalah; kualitas air kotor dilihat secara kasat mata, kualitas udara buruk dilihat secara kasat mata. Air sungai (Kali Malang) berwarna cokelat dan kotor dikatakan tidak berkualitas, tetapi jika dianalisis melalui laboratorium menunjukkan air Kali Malang tersebut memenuhi baku mutu untuk Air Baku pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) DKI Jakarta atau PaliJa. Dalam konteks analisis kualitatif maka sesuatu komponen lingkungan hidup yang terkait dengan kesehatan manusia dapat saja dianalisis secara kualitatif, namun kesimpulannya harus bersifat sementara dan perlu pembuktian secara kuantitatif di laboratorium. Metode kuantitatif menganalisis kualitas lingkungan misalnya adalah dengan cara menghitung volume atau jumlah sampah yang dihasilkan oleh suatu kegiatan tertentu. Jumlah lalat yang terdapat pada bak sampah dapat dijadikan indicator kualitas lingkungan; dimana semakin banyak jumlah lalat maka kualitas lingkungan semakin buruk. Jumlah nyamuk, jumlah kecoa dan tikus dapat pula dijadikan sebagai salah satu faktor untuk dianalisis secara kuantitatif kualitas lingkungan hidup. Sehingga dengan mengetahui kuantitas hewan penyebar penyakit maka dapat

kita simpulkan kualitas lingkungan tersebut dalam kualitas baik atau tidak.

Metode analisis kualitatif ini juga dapat diterapkan untuk menilai estetika lingkungan, indah dan atau buruknya estetika lingkungan. Menilai keberagaman vegetasi pada suatu lingkungan tertentu mengindikasikan kualitas lingkungan semakin baik, dan semakin seragam vegetasi yang ada maka semakin buruk lingkungan tersebut.

Bila kita melihat pelajar sekolah luar biasa atau sekolah kelompok anak-anak yang tergolong hiperaktif, dimana hampir semua anak-anak dalam satu kelas wajahnya serupa. Hal ini mengindikasikan kualitas kelompok anak-manusia yang kurang baik karena anak-anak ini berasal keturunan orang tua atau suami-istri yang berdekatan darah, atau hasil perkawinan suami-istri yang berasal dari keturunan nenek moyang yang berdekatan darah. Sehingga, semakin seragam bentuk wajah anak-anak sekolah dalam satu sekolah, maka semakin tidak berkualitas lingkungan tersebut dibanding dengan bentuk wajah anak-anak sekolah dalam satu sekolah yang beranekaragam (ada yang kulitnya hitam dan ada yang putih, ada yang hidungnya mancung dan ada yang pesek, ada yang berambut lurus dan ada yang berambut keriting atau ikal, ada yang bermata sipit dan ada yang bermata belok atau tidak sipit).

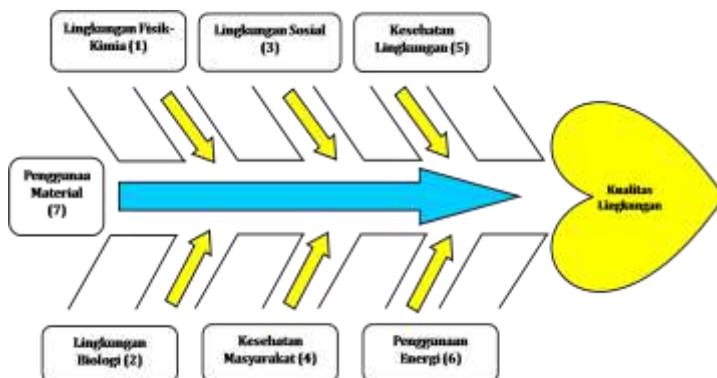
Secara filosofis, sesungguhnya metode analisis kualitatif ini dapat diterapkan pada nilai keanekaragaman hayati yang terdapat pada suatu lingkungan hidup; sehingga apabila semakin beragam atau semakin beranekaragam bentuk dan keberadaan suatu komponen lingkungan, maka semakin berkualitas lingkungan hidup tersebut.

5. Metode Analisis Kausal

Analisis kausal adalah analisis sebab-akibat (*cause-effect analyze*) dari suatu peristiwa yang berdampak negative terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan hidup. Analisis terhadap keadaan kualitas lingkungan kehidupan dapat kita lakukan menggunakan pendekatan sebab dan akibat. Metode analisis lingkungan sebab-akibat dapat dilakukan menggunakan sebuah matrik sebab akibat dan atau menggunakan bagan tulang ikan (*fishbone analysis*).

Metode kausal ini akan mendeskripsikan satu factor kualitas lingkungan (factor akibat) dari beberapa factor penyebab turunnya kualitas lingkungan berupa indicator penyebab pencemar. Parameter pencemar yang ada ditelusuri penyebab munculnya parameter pencemar tersebut dari sumber aktivitas kegiatan terdekat dengan lingkungan yang tercemar.

Meneliti kegiatan manusia sebagai penyebab terjadinya dampak negative terhadap kesehatan masyarakat dan kesehatan lingkungan (akibat). Berbagai jenis kegiatan masyarakat menjadi factor sebab (*factor X*) terjadinya dampak negative terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan sebagai akibat (*factor Y*).



Gambar 15. Analisis Diagram Tulang Ikan (*fish-bone analyze*)

Berdasarkan gambar tulang ikan di atas, maka factor sebab (X) baik-buruknya kualitas lingkungan hidup dapat dijelaskan pada masing-masing tulang yang terdapat pada badan ikan, sedangkan factor akibat (Y) dijelaskan oleh kepala ikan tersebut. Sehingga pada prinsipnya, kualitas lingkungan hidup yang baik akan ditentukan oleh; 1) kualitas lingkungan kimia-fisik, 2) kualitas biologi lingkungan, 3) kondisi lingkungan social-ekonomi dan budaya masyarakat, 4) kondisi kesehatan masyarakat, 5) kondisi kesehatan lingkungan, 6) penggunaan energy oleh komunitas, dan 7) penggunaan material oleh komunitas lingkungan tersebut. Semakin baik kualitas lingkungan maka semakin baik pula kualitas kesehatan masyarakat dan kesehatan lingkungan.

Contoh: perilaku masyarakat yang terbiasa merokok (budaya merokok) bukan pada tempatnya dapat menimbulkan dampak negative terhadap kesehatan masyarakat, lingkungan dan ekonomi. Dampak negative terhadap kesehatan manusia (masyarakat) antara lain adalah mengganggu kesehatan paru-paru, kanker paru, *stroke*, mengganggu system pernafasan, mengganggu penglihatan dan meningkatkan risiko serangan

jantung. Dampak negative terhadap kesehatan lingkungan antara lain adalah pencemaran kualitas udara sekitar, menaikkan suhu udara lingkungan, bertambahnya volume sampah puntung dan bungkus rokok, secara visual akan menurunkan nilai estetika lingkungan (menggangu keindahan lingkungan), serta bara api puntung rokok yang tidak padam dapat menimbulkan risiko kebakaran lingkungan.

Permasalahan “budaya merokok” dapat ditelusuri penyebabnya menggunakan metode analisis kausal atau analisis sebab akibat. Seseorang melakukan kebiasaan merokok dapat disebabkan oleh beberapa factor sebab, yaitu factor lingkungan fisik-kimia seorang perokok, factor lingkungan biologi, factor lingkungan social-ekonomi-budaya, factor kesehatan masyarakat di sekitarnya, factor kesehatan manusia (perokok itu sendiri), factor penggunaan energy, dan factor penggunaan material input dalam interaksi social-budayanya.

Factor lingkungan fisik-kima dimana seseorang perokok sebagai penyebab dia menjadi perokok adalah; misalnya beraktivitas di lingkungan terbuka beriklim dingin dan kelembaban tinggi akan mendorong seseorang ingin merokok untuk memanaskan tubuhnya. Factor lingkungan biologi adalah; misalnya beraktivitas di lingkungan bervegetasi banyak atau tingginya nilai keanekaragaman tumbuhan yang ada di sekitarnya akan mendorong seseorang ingin merokok untuk menghasilkan CO₂ dengan asumsi bahwa CO₂ dari merokok dapat bermanfaat untuk proses fotosintesa bagi factor biologi tumbuhan sekitarnya. Factor lingkungan social-ekonomi-budaya adalah; misalnya di lingkungan masyarakat di mana dia berada banyak orang yang merokok (perokok) sehingga seseorang terpengaruh untuk merokok karena di sekitarnya banyak yang merokok, alasan ekonominya adalah bisa karena kebetulan dia punya banyak uang untuk bisa membeli rokok dan mengisapnya, ataupun oleh sebab karena tidak punya uang banyak dia terdorong untuk merokok agar terinspirasi untuk bisa bekerja lebih giat (sambil merokok) dan menghasilkan pendapatan ekonomi dari hasil bekerja yang lebih giat. Factor kesehatan

masyarakat di sekitarnya yang berstatus tidak sehat (masyarakat perokok) dapat pula menyebabkan seseorang terpengaruh untuk melakukan perilaku buruk yaitu merokok.

Menurut berbagai hasil penelitian ilmiah tentang perilaku merokok dan kesehatan masyarakat mengungkapkan bahwa factor lingkungan masyarakat perokok lebih dominan pengaruhnya terhadap seseorang yang sebelumnya tidak merokok (perokok pasif) untuk kemudian menjadi perokok (perokok aktif). Factor kesehatan manusia (perokok itu sendiri) dapat mengakibatkan timbulnya dorongan bagi dia sendiri untuk semakin menjadi perokok berat apabila ternyata kesehatannya dia dirasakan tidak terpengaruh oleh perilaku dia merokok, dan bahkan bisa jadi dia semakin banyak merokok bila dia masih tetap dalam keadaan sehat pada saat dia merokok.

6. Metode Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup

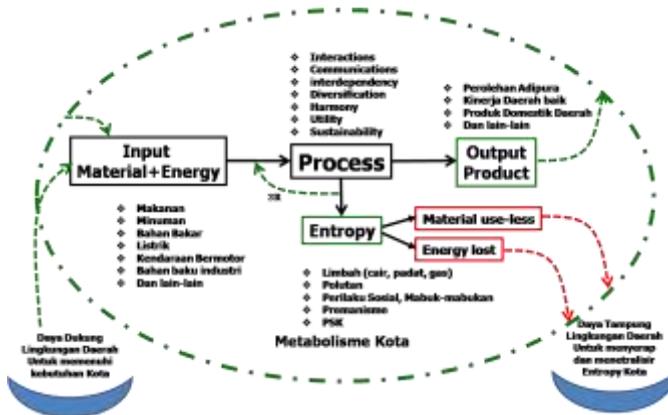
Daya Dukung Lingkungan Hidup

Hukum lingkungan tentang termodinamika (*thermo-dynamic law*) mengisyaratkan bahwa sesungguhnya lingkungan secara alami memiliki kemampuan untuk memulihkan keadaannya. Pemulihan keadaan ini merupakan suatu prinsip bahwa sesungguhnya lingkungan itu senantiasa arif menjaga keseimbangannya.

Sepanjang belum ada gangguan “paksa” maka apapun yang terjadi, lingkungan itu sendiri tetap bereaksi secara seimbang”. Namun, perlu ditetapkan daya dukung lingkungan untuk mengetahui kemampuan lingkungan menetralisasi parameter pencemar dalam rangka pemulihan kondisi lingkungan seperti semula.

Daya dukung (*carrying capacity*) adalah ukuran maksimum populasi jenis tertentu yang dapat disangga oleh suatu wilayah tanpa mengurangi kemampuannya dalam menyangga populasi jenis yang sama pada masa yang akan datang (Cohen 1996). Menurut Roughgarden 1979, daya dukung (*carrying capacity*) adalah ukuran jumlah sumberdaya yang dapat diperbarui (*renewable resources*) yang diperlukan untuk mendukung kehidupan sejumlah organisme di suatu lingkungan. Sedangkan menurut Pasal 1 Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan untuk mendukung perikehidupan manusia, makhluk hidup lain, dan keseimbangan antar keduanya. Daya tampung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke

dalamnya (Pasal 1 Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup).



Gambar 16. Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Menggunakan Teori Metabolisme Kegiatan

Berdasarkan gambar Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Menggunakan Teori Metabolisme Kegiatan, maka indicator kualitas lingkungan suatu kota yang baik adalah daya tampung lingkungan daerah mencukupi untuk dapat menyerap dan menetralsisir entropy kota. Sebagai contoh entropy kota berupa sampah yang dihasilkan kegiatan masyarakat kota mampu dikelola dengan baik sehingga sampah yang ada dapat didaur ulang maupun didegradasi oleh lingkungan alamiah wilayah tersebut, ataupun limbah dan pencemaran yang ada tidak mengganggu kenyamanan lingkungan wilayah tersebut. Indicator lainnya adalah daya dukung lingkungan mampu mendukung kebutuhan perikehidupan makhluk di wilayah tersebut. Sebagai contoh, wilayah tersebut mampu menyediakan bahan makanan tanpa impor dari luar wilayah tersebut, ekologi wilayah tersebut mampu mendukung (*support*) kebutuhan pokok wilayah tersebut dan lain sebagainya.

Enger, *et.al.* (1983, p.109) mendefinisikan daya dukung (*carrying capacity*) lingkungan sebagai jumlah optimum individu suatu spesies yang dapat didukung kebutuhan hidupnya oleh satu kawasan tertentu pada periode perkembangan spesies secara maksimum. Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menjelaskan bahwa yang dimaksud dengan daya dukung (*carrying capacity*) adalah kemampuan lingkungan hidup untuk dapat mendukung perikehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya di dalam suatu ekosistem. Senada dengan Enger, maka G. Tyler Miller, JR. dalam bukunya berjudul *Sustaining the Earth, An Integrated approach*. 5th.Edition 2002, mendefinisikan daya dukung sebagai kemampuan atau daya memberi dukungan terhadap kebutuhan hidup populasi maksimum suatu spesies tertentu pada periode waktu tertentu. Dengan kata lain bahwa daya dukung lingkungan atau daya dukung ekosistem adalah kemampuan ekosistem untuk dapat menyediakan kebutuhan hidup (sumber makanan, air dan lain-lain) dari populasi maksimum di dalam habitatnya.

Terdapat empat faktor yang saling mempengaruhi untuk dapat menjelaskan daya dukung lingkungan yaitu;

1. ketersediaan bahan/material dalam suatu ekosistem
2. ketersediaan energi dalam ekosistem
3. akumulasi produk limbah dan tempat pembuangan akhir sampah
4. interaksi diantara organisme-organisme yang ada

Ketersediaan material bahan dimaksud adalah material untuk dijadikan sebagai makanan; bagaimana lahan yang tersedia mampu diolah ataupun terolah sendiri secara alami untuk mampu menyediakan sumber pokok makanan spesies, sehingga organisme mampu bertahan hidup dalam jangka waktu lama secara terus menerus. Ketersediaan energi bagi makhluk hidup yang berada di suatu wilayah dimaksudkan untuk digunakan sepenuhnya untuk keperluan hidupnya. Energi bagi makhluk hidup seperti manusia sangat dibutuhkannya untuk melakukan

kerja, kegiatan dan pergerakan yang perlu menurut kebutuhannya masing-masing. Tanpa energi di bumi, maka sudah pasti tidak ada kehidupan; tidak ada matahari maka tidak ada tumbuh-tumbuhan yang bisa hidup dan berkembang, dan secara berantai tidak akan ada hewan herbivora, tidak ada hewan karnivora dan seterusnya tidak ada yang hidup di permukaan bumi. Bagaimana proses interaksi diantara organisme ataupun komponen lingkungan; apakah proses interaksi menghasilkan manfaat ataukah tidak, jika tidak maka daya dukung tidak mampu menahan proses interaksi sehingga dapat mengakibatkan ambrohnya lingkungan serta merugikan semua pihak dalam ekosistem tersebut. Sedangkan mengenai akumulasi limbah yang dihasilkan; apakah limbah yang dihasilkan oleh proses kegiatan yang dilakukan organisme mampu diasimilasi oleh lingkungan secara alami ataukah tidak, jika tidak maka akan terjadi pencemaran dan ambrohnya lingkungan yang selanjutnya merugikan semua pihak dalam ekosistem tersebut.

Menurut Enger, terdapat 4 (empat) faktor yang mempengaruhi daya dukung (*carrying capacity*) suatu kawasan yaitu;

1. Kompetisi di dalam dan di antara spesies (*competition within and between species*).
2. Imigrasi dan emigrasi (*immigration and emigration*).
3. Bencana alam yang disebabkan faktor alam ataupun manusia (*natural and human-caused catastrophic events*).
4. Fluktuasi musim dalam menghasilkan bahan makanan, air, hilangnya lahan, dan tempat persediaan air atau situ (*seasonal fluctuations in supply of food, water, hiding places, and nesting sites*).

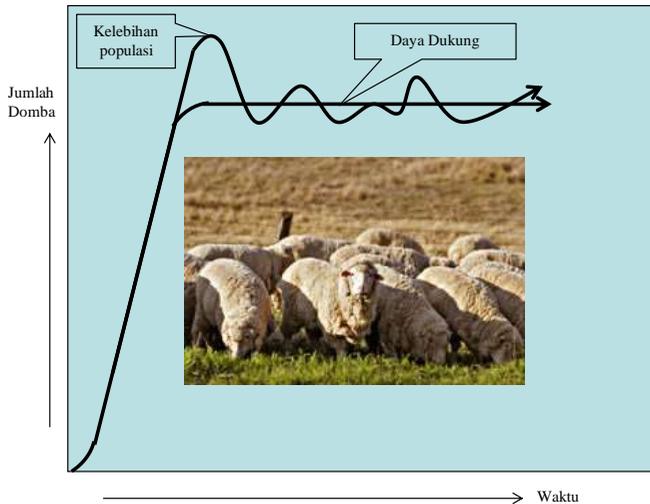
Menurut Leibig bahwa faktor-faktor pembatas (*limiting factors*) keberhasilan ekosistem dapat dijadikan ukuran untuk mengetahui daya dukung dan daya tampung lingkungan. Faktor batas minimum atau maksimum yang dapat menopang perikehidupan suatu ekosistem dapat dijadikan tolok ukur keberhasilan ekosistem dalam menghadapi masalahnya. Misalnya seberapa besar pencemaran udara maksimum yang

dapat ditolerir lingkungan, seberapa besar ketersediaan (*supply*) air tanah minimum yang dapat menopang perikehidupan suatu ekosistem perkotaan. Demikian pula faktor teknologi yang dapat dilibatkan untuk membantu mengatasi persoalan ekosistem, misalnya seberapa besar kemampuan teknologi pengolah limbah yang tersedia untuk dapat mengelola limbah yang dihasilkan oleh ekosistem perkotaan. Faktor kepadatan dan pertumbuhan populasi spesies misalnya jumlah penduduk dapat menjadi salah satu penyebab timbulnya berbagai persoalan dalam menetapkan kebijakan pembangunan di berbagai bidang. Faktor pertumbuhan penduduk ini pengaruhnya terhadap daya dukung adalah melalui penutupan lahan untuk permukiman, kegiatan industri dan perdagangan yang dapat berpengaruh pada ketersediaan bahan pokok manusia pada lahan yang dihuni, serta daya tampung lingkungan untuk menerima sampah dan pencemaran dari aktivitas kehidupan manusia.

Lahan sebagai sumberdaya alam memiliki nilai yang sangat strategis pada kenyataannya memiliki keterbatasan, baik berupa luasan maupun kemampuannya untuk dapat menghasilkan sumber-sumber daya yang dibutuhkan. Keterbatasan kemampuan lahan tersebut menunjukkan bahwa tidak semua lahan dapat mendukung sepenuhnya kebutuhan organisme yang hidup di dalamnya, dan menampung semua limbah aktivitas organisme. Kemampuan lahan untuk dapat mendukung kehidupan perkotaan misalnya, dan pembangunan kota akan sangat tergantung pada faktor-faktor fisik dasar yang terdapat pada lahan tersebut, baik faktor hidrologi, geomorfologi, geologi, unsur-unsur hara dalam tanah serta kondisi atmosfer lingkungan. Karena suatu lahan memiliki keterbatasan dalam menyediakan sumberdaya dan keterbatasan kemampuan untuk menyerap limbah maka diperlukan optimalisasi pemanfaatan lahan dengan mempertimbangkan seluruh aspek perencanaan lahan secara seksama, agar dapat diambil kebijakan pemanfaatan yang paling menguntungkan bagi semua pihak. Prinsip penentuan kesesuaian lahan untuk suatu pemanfaatan dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai aspek guna menghindari timbulnya dampak negatif seperti penurunan

kualitas lingkungan yang direfleksikan melalui pencemaran, kelangkaan air bersih, produktivitas rendah dan lain sebagainya. *Carrying capacity* maksimum jumlah populasi spesies tertentu yang dapat didukung (*support*) oleh habitat selama periode tertentu (Miller, Jr. 2002, p.61), dicontohkannya bahwa pada luasan tertentu suatu lapangan rumput hanya mampu mendukung kehidupan 100 ekor kambing, jika 110 ekor maka lama kelamaan persediaan rumput akan habis sehingga terjadi keamrukan lingkungan (*degradation and collaps*).

Untuk mengetahui daya dukung suatu lingkungan hidup tidaklah sederhana, namun factor-factor penting yang mempengaruhi *carrying capacity* suatu lingkungan adalah; kompetisi di antara sepsis, adanya migrasi dan emigrasi, adanya bencana alam atau bencana yang disebabkan oleh manusia, dan fluktuasi suplai makanan serta air dan ketersediaan cadangannya. Daya dukung sebuah kota misalnya, dapat diukur melalui beberapa factor penting yang memenuhi kebutuhan makhluk hidup (manusia) yang ada dalam kota tersebut dengan tidak menurunkan kualitas lingkungan kota tersebut (limbah dan pencemaran dalam kondisi normal ambang batas baku mutu lingkungan kota). Dalam hal ini berapa jumlah rumah, bangunan, kendaraan, industri, pabrik, rumah sakit, dan lain-lain yang dibutuhkan oleh masyarakat kota tersebut hingga masyarakat memiliki kepuasan hidup (kualitas lingkungan baik) dan keberlanjutan hidupnya di kota tersebut. Apabila salah satu factor daya dukung tersebut berkurang maka kepuasan masyarakat/kualitas hidup semakin rendah.



Gambar 17. Kurva Sigmoid Daya Dukung Lingkungan Untuk Kehidupan Domba

Sumber : Miller Jr, (1998, p.61) direvisi penulis

Dari Gambar 17 Kurva Sigmoid yang dikemukakan oleh Miller menjelaskan daya dukung lingkungan merupakan kemampuan suatu lingkungan menyediakan sumberdaya yang diperlukan oleh makhluk yang ada di lingkungan tersebut. Sebagai contoh untuk memahami daya dukung suatu lingkungan adalah; daya dukung suatu luasan padang rumput penggembalaan domba, berapa jumlah domba yang mampu didukung kehidupannya oleh sumberdaya rumput (sebagai bahan makanan domba) yang tersedia di lingkungan padang rumput tersebut hingga kualitas kehidupan domba berlangsung baik, dan persediaan rumput dapat terpulihkan secara alami tanpa terjadi kerusakan lingkungan padang rumput tersebut.

Daya Tampung Lingkungan Hidup

Daya tampung lingkungan adalah kemampuan lingkungan untuk menampung, menerima dan menyerap limbah dan pencemaran serta gangguan (hingga kualitas lingkungan tidak mengalami degradasi) yang dihasilkan oleh kegiatan manusia dalam suatu lingkungan tertentu hingga lingkungan tersebut tidak mengalami degradasi. Untuk menghitung daya tampung kota/wilayah maka beberapa factor penting yang harus diukur adalah jumlah/besaran limbah dan pencemaran yang dihasilkan dari aktivitas kegiatan manusia atau aktivitas perkotaan secara menyeluruh.

Pada kasus penggembalaan domba di lapangan rumput, maka daya tampung lingkungan padang rumput adalah kemampuan lahan padang rumput menerima seluruh kotoran domba dan beban injakan domba terhadap rumput yang ada sekalipun kotoran domba pada dasarnya dapat berfungsi sebagai pupuk untuk pertumbuhan rumput. Akan tetapi jumlah kotoran domba atau pupuk alami yang berasal dari domba melebihi kemampuan lahan rumput yang ada untuk menyerapnya secara alami, sehingga terjadilah degradasi lingkungan padang rumput.

Dalam kasus perencanaan tata ruang suatu kota/wilayah maka pemerintah harus memperhatikan dan mengukur seluruh factor yang ikut menentukan daya dukung dan daya tampung suatu lingkungan hingga lingkungan kota/wilayah tersebut tidak mengalami degradasi, atau dengan kata lain bahwa menghitung daya dukung dan daya tampung harus bisa dicapai tingkat kestabilan lingkungan untuk dapat pulih secara alami (*self recovery*). Jika perencanaan tata ruang suatu kota (keadaan lingkungan kota/wilayah) dapat dicapai dalam batas daya dukung dan daya tampung lingkungan maka keadaan stabil lingkungan dapat tercapai dengan baik (*steady save*) dan berkelanjutan.



Gambar 18. Ekosistem Padang Rumput Pengembalaan Domba

Soemarwoto, (1991, p.291) menggambarkan definisi daya dukung lingkungan suatu ekowisata (ekologi pariwisata), bahwa setiap daerah mempunyai kemampuan tertentu untuk menerima wisatawan. Daya dukung lingkungan ekowisata dinyatakan dalam jumlah wisatawan per satuan luas per satuan waktu. Tetapi baik luas maupun waktu umumnya tidak dapat dirata-ratakan, karena kenyataannya penyebaran wisata dalam ruang dan waktu tidak merata.

Daya dukung lingkungan pariwisata dipengaruhi oleh dua factor utama, yaitu tujuan wisatawan dan factor lingkungan biofisik lokasi pariwisata (factor ekowisata). Oleh karena tujuan berwisata adalah untuk mendapatkan rekreasi dan tidak hanya kesenangan semata, karena unsur rekreasi dapat memulihkan kembali kekuatan diri wisatawan (*refreshing*) agar setelah berekreasi dapat bekerja kembali lebih baik dan produktif.

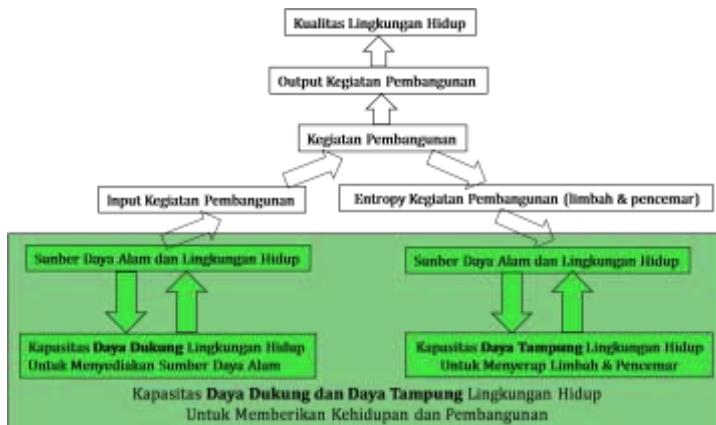


Gambar 19. Obyek Wisata Alam Sungai di Perkotaan

Dalam aspek daya dukung ekowisata sangat berbeda satu sama lain dan sangat ditentukan oleh tujuan ekowisata yang akan dilakukan masyarakat misalnya, ekowisata Gunung Kawah Papandayan atau Kawah gunung lainnya. Gunung ini sangat terbatas menerima jumlah kunjungan wisatawan karena ekosistemnya rapuh, banyak bahaya mengancam seperti gas belerang, tidak cepat pulih bila ada gangguan oleh manusia, sehingga jumlah wisatawan harus dibatasi guna mempertahankan kualitas lingkungan ekowisata gunung tersebut disamping menjaga keselamatan wisatawan. Dengan demikian maka factor biofisik lingkungan akan mempengaruhi dayadukung lingkungan ataupun kuat/rapuhnya suatu ekosistem. Ekosistem yang kuat mempunyai daya dukung lingkungan yang tinggi, yaitu dapat menerima wisatawan dalam jumlah yang besar, karena tidak mudah rusak dan dapat cepat pulih dari kerusakan (*recovery*).

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 tahun 2009 menyebutkan bahwa penentuan daya dukung lingkungan hidup dapat dilakukan dengan cara mengetahui kapasitas lingkungan alam dan sumber daya untuk mendukung kegiatan manusia/penduduk yang menggunakan ruang bagi kelangsungan hidupnya. Besarnya kapasitas tersebut di suatu tempat dipengaruhi oleh keadaan dan karakteristik sumber daya yang ada di hamparan ruang yang bersangkutan. Kapasitas lingkungan hidup dan sumber daya akan menjadi faktor pembatas dalam penentuan pemanfaatan ruang yang sesuai.

Daya dukung lingkungan hidup terbagi menjadi 2 (dua) komponen, yaitu kapasitas penyediaan (*supportive capacity*) dan kapasitas tampung limbah (*assimilative capacity*), telaahan daya dukung lingkungan hidup terbatas pada kapasitas penyediaan sumber daya alam, terutama berkaitan dengan kemampuan lahan serta ketersediaan dan kebutuhan akan lahan dan air dalam suatu ruang/wilayah.



Gambar 20. Model Analisis Daya Dukung Lingkungan (Permen LH 17/2009)

Kapasitas atau kemampuan sumber daya alam menyediakan sumber daya sangat tergantung pada kemampuan, ketersediaan, dan kebutuhan akan lahan dan air, sehingga penentuan daya dukung lingkungan hidup dapat dilakukan berdasarkan 3 (tiga) pendekatan, yaitu:

1. Kemampuan lahan untuk alokasi pemanfaatan ruang.
2. Perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan lahan.
3. Perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan air

Agar pemanfaatan ruang di suatu wilayah sesuai dengan kapasitas atau kemampuan lingkungan hidup dan sumber daya menyediakan sumber daya untuk kehidupan, maka alokasi pemanfaatan ruang harus memperhatikan faktor kemampuan lahan tersebut. Perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan akan lahan dan air di suatu wilayah akan sangat menentukan keadaan surplus atau defisit dari lahan dan air untuk mendukung perikehidupan dalam kegiatan pemanfaatan ruang.

Hasil penentuan daya dukung lingkungan hidup dapat dijadikan acuan dalam penyusunan rencana tata ruang wilayah. Mengingat daya dukung lingkungan hidup tidak dapat dibatasi berdasarkan batas wilayah administratif, sehingga penerapan rencana tata ruang harus memperhatikan aspek keterkaitan ekologis, efektivitas dan efisiensi pemanfaatan ruang, serta dalam pengelolaannya memperhatikan kerja sama antar daerah yang berbatasan langsung dengan daerah tersebut.

Sebagai contoh, penentuan status daya dukung lingkungan dapat menggunakan analogi penentuan status daya dukung suatu lahan tertentu. Status daya dukung lahan diperoleh dari perbandingan antara ketersediaan lahan dan kebutuhan lahan. Bila ketersediaan lahan lebih besar dari kebutuhan lahan, maka daya dukung lahan dapat dinyatakan surplus (berlebihan sumber daya), sedangkan apabila ketersediaan lahan lebih kecil dari kebutuhan lahan, maka daya dukung lahan dapat dinyatakan defisit atau terlampaui.

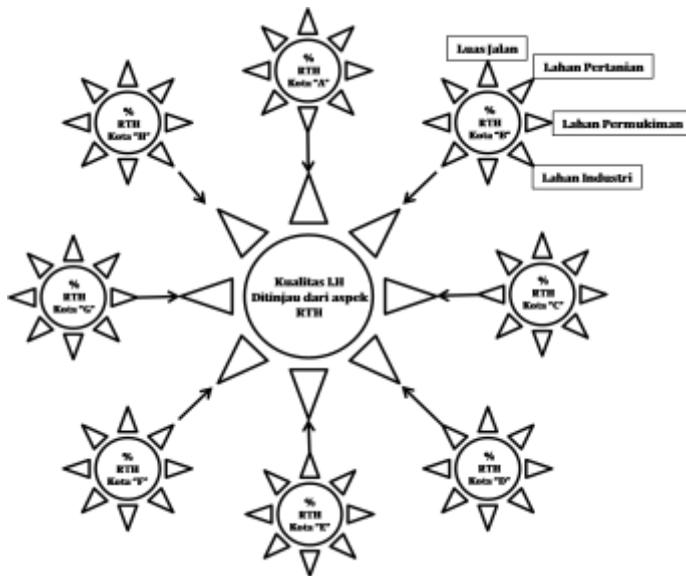
Contoh lain adalah; apabila ketersediaan air bersih melebihi kebutuhan makhluk hidup di lingkungan tersebut maka, daya dukung lingkungan dalam keadaan berkualitas baik karena mampu memenuhi kebutuhan makhluk hidup akan air bersih di wilayah tersebut. Namun apabila suplai air lebih kecil dari kebutuhan, maka daya dukung lingkungan adalah deficit tidak mampu mendukung perikehidupan di wilayah tersebut, sehingga lingkungan tersebut dapat dikategorikan sebagai lingkungan yang tidak berkualitas baik.

7. Metode Analisis Tematik

Analisis tematik adalah analisa terhadap kualitas lingkungan wilayah tertentu menggunakan tema-tema yang pernah dibahas atau diteliti oleh pihak lain. Data yang digunakan merupakan data sekunder, contoh; melakukan analisis berdasarkan tema (*theme*) yang dibahas pada berbagai kasus pencemaran lingkungan terkait dengan masalah pokok yang akan dianalisis. Metode ini dapat kita lakukan dengan cara mengumpulkan berbagai makalah hasil seminar yang membahas masalah pencemaran lingkungan di suatu tempat yang lokasinya belum tentu sama dengan lokasi lingkungan yang kita bahas. Hasil pembahasan selanjutnya dirangkum menjadi suatu isu utama lingkungan dan atau merupakan solusi mengatasi masalah lingkungan.

Cara lain yang dapat kita lakukan untuk menganalisis kualitas lingkungan adalah dengan cara mengumpulkan data sekunder tentang kondisi lingkungan tertentu, misalnya data SLHD (Status Lingkungan Hidup Daerah) pada daerah tertentu yaitu data berkala yang biasanya terdokumentasi setiap tahunnya oleh Pemerintah Daerah. Data SLHD dapat dijadikan bahan analisis untuk mengkaji kualitas lingkungan daerah tersebut, demikian pula pada daerah-daerah lainnya.

Meneliti aspek tema (*theme*) ataupun topic kegiatan masyarakat terkait dengan dampak negatifnya terhadap kesehatan masyarakat dan kesehatan lingkungan. Metode analisis tematik ini lebih menitik beratkan pada satu tema atau topic yang sedang hangat dibicarakan atau didiskusikan oleh berbagai pihak, dan pembahasan tema atau topic tersebut dikaitkan dengan faktor dampak negative terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan.



Gambar 21. Metode Analisis Tematik

Contoh: penelitian tentang musibah banjir, genangan, air bah dan longsor. Mengkaji masalah bencana banjir dari aspek penyebabnya, baik dari masalah pengelolaan sampah, masalah penggunaan lahan, masalah pembalakan hutan, masalah tata ruang lahan, masalah daya serap tanah untuk menangkap air hujan, dan lain sebagainya. Pembahasan tema tentang banjir harus dikaitkan dengan kualitas kesehatan masyarakat dan lingkungan, misalnya banjir di permukiman akan mengencerkan limbah pada septic-tank dan limpasan air limbah dari septic tank akan menyebar ke sumber-sumber air bersih, sehingga sumber air bersih akan tercemar oleh bakteri e-coli yang berasal dari limpasan air septic tank tadi. Contoh lain adalah; melakukan pengkajian terhadap kualitas lingkungan dengan cara membandingkan keadaan di tempat yang berbeda dengan tema lingkungan yang sama; misalnya membahas persentase ruang terbuka hijau (RTH) di kota A dengan kota B yang

menurut peraturan perundangan adalah minimum 30% dari total luas lahan kota tersebut dijadikan tolok ukur sehat atau tidak sehatnya suatu lingkungan perkotaan. Dalam hal ini temanya adalah ruang terbuka hijau yang dijadikan sebagai topic atau tema untuk membahas kualitas lingkungan tertentu. Contoh lain analisis tematik adalah; “tema: maraknya perokok di kalangan masyarakat”. Menimbulkan masalah apabila perokok melakukan perilaku merokok tidak pada tempatnya, seperti; merokok di dalam kendaraan umum, di ruang ber-AC, di ruang public yang tertutup, di area lingkungan anak-anak balita dan lain sebagainya. Teori menyebutkan bahwa hubungan antara perilaku merokok dengan kesehatan manusia dan lingkungan hidup adalah berbanding lurus yaitu; semakin buruk perilaku merokok, maka semakin buruk pula kualitas kesehatan masyarakat dan lingkungan.

Contoh lain analisis tematik adalah; “Permukiman Kumuh” diartikan sebagai kawasan permukiman atau hunian yang tidak layak di sisi kesehatan lingkungan. “Permukiman Kumuh” mengindikasikan kualitas sanitasi lingkungan yang buruk, kualitas udara yang buruk, kualitas air tanah yang buruk, banyak vector penyakit, kualitas hubungan social yang kurang baik sebagai cerminan tidak adanya kepedulian anggota masyarakat terhadap kebersihan dan kesehatan lingkungan, cerminan tidak adanya budaya gotong-royong atau bantu membantu, dan lain sebagainya. Tema “Permukiman Kumuh” ini akan bermuara pada kualitas kesehatan masyarakat yang buruk dan kualitas lingkungan hidup yang buruk, dan secara social dan ekonomi akan menghasilkan produktivitas kerja yang rendah.

8. Metode Analisis Rantai Makanan dan Jejaring Makanan

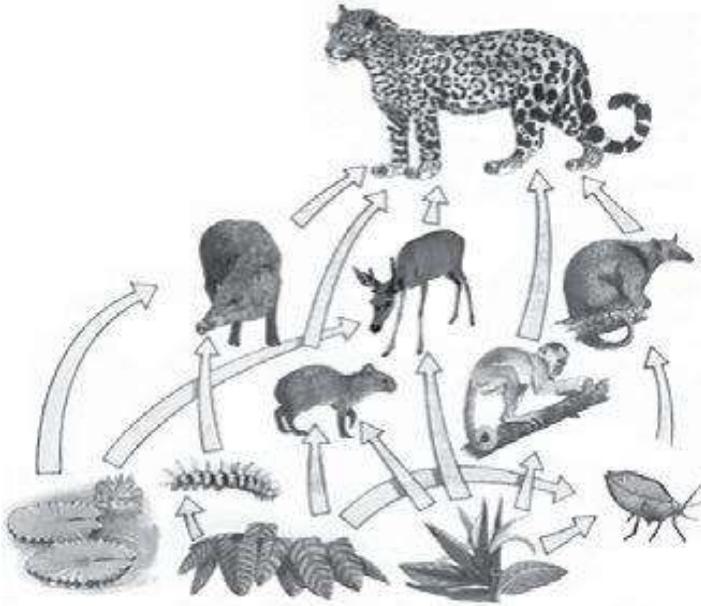
Rantai makanan merupakan titik tahapan perpindahan energi yang terdapat dalam setiap makanan dari sumber daya tumbuhan melalui seri organisme ataupun melalui jejaring makanan yaitu, melalui; vegetasi, herbivora, karnivora, dan omnivora.

Pada setiap tahapan perpindahan energi, terdapat sekitar 80%-90% energi potensial hilang ke lingkungan sebagai panas atau entropy, oleh sebab itu tahapan-tahapan perpindahan energi dalam rantai makanan terbatas dan maksimum terjadi antara 4 dan atau 5 tahap saja. Dengan demikian maka, semakin pendek rantai makanan maka semakin besar pula energi yang tersedia di dalamnya. Terkait dengan faktor kesehatan manusia, maka jumlah energy terbesar dalam rantai makanan akan diperoleh bila kita memakan makanan yang mengandung energy besar yaitu melalui vegetasi. Dari teori ini dapat kita pahami bahwa jika kita membandingkan antara memakan daging kambing dengan memakan sayuran, maka energy terbesar akan kita perioleh bila kita memakan sayur-sayuran dan buah-buahan.

Secara garis besar terdapat **dua bentuk rantai makanan** dalam alam lingkungan kehidupan kita yaitu:

1. Rantai makanan yang terjadi melalui rerumputan (*grazing food chain*), misalnya dari tumbuhan vegetasi yang dimakan oleh organism golongan herbivore dan organisme herbivore dimakan oleh hewan karnivora, dan atau dari tumbuhan vegetasi yang dimakan oleh hokum123sm golongan omnivore seperti manusia.
2. Rantai makanan sisa (*detritus food chain*), misalnya dari organism yang telah mati dimakan oleh mikroorganisme (detrivora = pemakan sisa atau bangkai), dan melalui proses

mangsa dan memangsa, predator-prey serta hewan pemakan bangkai.



Gambar 22. Rantai Makanan (mengikuti Hukum Lingkungan: *Interdependency*)

Hukum lingkungan berupa faktor saling ketergantungan (*interdependency*) antara keberadaan satu makhluk atau organisme hidup terhadap suatu makhluk hidup lainnya selalu ada dalam alam kehidupan untuk menuju keberlanjutan dan keseimbangan kualitas lingkungan hidup. Berdasarkan Gambar tentang rantai makanan terlihat bahwa makhluk hidup yang berada pada bagian paling bawah dalam rantai makanan adalah berupa organisme tumbuhan. Tumbuhan merupakan organisme utama penyimpan energy terbesar yang dapat diserap langsung dari matahari dan terjadinya proses fotosintesis yang merubah

energy menjadi material, dan material tumbuhan inilah yang kemudian menjadi energy potensial (tersimpan) yang jumlahnya hanya sekitar 10% dari setiap suplai energy melalui penyinaran oleh matahari. Energy yang jumlahnya 10% tersimpan dalam tumbuhan vegetasi tadi bila dimakan oleh organisme herbivora misalnya kambing, maka jumlah energy yang berpindah dari tumbuhan ke hewan kambing kini hanya tersedia sekitar 10% dari setiap peristiwa memakan tumbuhan tadi.

Contoh rantai makanan sebagaimana gambar di atas memperlihatkan bahwa vegetasi dimakan oleh makhluk herbivora seperti; Ulat, Serangga, Babi, Kijang, Kambing dan Kelinci. Selanjutnya makhluk herbivora akan dimakan oleh makhluk karnivora seperti; Harimau, Macan, Singa dan lain sebagainya. Jumlah energy yang tersimpan dalam tubuh Singa lebih kecil dibanding energy yang tersimpan pada Kambing maupun tumbuhan vegetasi. Keterkaitan antara faktor kesehatan manusia dengan apa yang dimakan oleh manusia sebagaimana terlihat pada rantai makanan, maka manusia akan memperoleh energy lebih banyak dan berkualitas bila memakan vegetasi sayuran dan buah-buahan dibanding memakan daging kambing maupun daging ayam. Analog dengan analisis deskripsi di atas maka bila seseorang yang memakan daging kambing akan memperoleh limbah atau entropy yang tidak bermanfaat dari materi kambing yang dimakan, kemudian secara akumulasi dalam tubuh akan menimbulkan berbagai penyakit seperti kelebihan kolesterol dan lain sebagainya.

Metode analisis rantai makanan ini dipakai untuk melihat kualitas lingkungan dari pengaruh interaksi proses makan-memakan antara predator dan prey dalam rangka untuk mencari keseimbangan dalam lingkungan kehidupan. Sebagai contoh misalnya; di lingkungan permukiman terdapat banyak tikus (populasi tikus sangat banyak) mengindikasikan kualitas lingkungan hidup yang buruk. Penyebabnya adalah tidak adanya predator tikus (ular sebagai predator tikus) yang akan menyeimbangkan populasi tikus. Kalaulah ada predator tikus

berupa kucing, maka kondisi kucing yang terbiasa diberi makan keju, roti, susu dan sebagainya, sehingga kucing tidak lagi berfungsi sebagai hewan pemakan tikus. Disini telah terjadi kesalahan dalam pengelolaan lingkungan hidup dimana; limbah terlalu banyak sehingga tikus mempunyai makanan yang tersedia cukup banyak, sementara predatornya Ular dibunuh oleh manusia karena manusia takut dengan racun ular yang berbisa sehingga terjadilah ketidak seimbangan dalam lingkungan tersebut. Untuk mengatasinya, maka harus dilakukan pengelolaan limbah yang baik karena limbah sebagai sumber makanan tikus (karena memang utilitas tikus di alam adalah sebagai pemakan limbah), disamping itu masyarakat harus membiarkan ular dan kucing pada utilitasnya yaitu sebagai pemakan tikus.

Contoh lain adalah keterkaitan antara faktor rantai makanan dengan kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat atau kesehatan manusia adalah; jika di lingkungan kehidupan kita tidak ada Bakteri dan Virus penyakit maka akan terjadi ketidakseimbangan dalam alam. Lingkungan hidup terdiri atas dua komponen lingkungan yaitu; komponen biotik (benda hidup) dan komponen abiotik (benda tak hidup). Komponen lingkungan biotik adalah segala sesuatu makhluk yang bernyawa atau hidup seperti tumbuhan, hewan, manusia dan mikroorganisme (virus dan bakteri). Sedangkan komponen lingkungan abiotik adalah segala sesuatu makhluk yang tidak bernyawa atau tidak hidup seperti udara, air, batu dan zat kimia anorganik. Hubungan timbal-balik atau interaksi antar komponen biotik dan hubungannya dengan komponen abiotik berlangsung dalam suatu system ekologi yang disebut sebagai ekosistem. Ekosistem adalah suatu system lingkungan yang terbentuk oleh adanya hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem merupakan suatu tatanan kesatuan secara utuh dan menyeluruh antara segenap sub-sub system (komponen lingkungan) lingkungan hidup yang saling mempengaruhi satu sama lainnya. Bakteri adalah komponen lingkungan hidup yang berada pada strata bawah dalam rantai makanan memiliki kemampuan yang cukup besar

mempengaruhi tatanan system lingkungan hingga dapat pula mempengaruhi perubahan-perubahan pada lingkungan hidup.

Sebagai contoh bakteri saprofit yang dapat menguraikan tumbuhan atau hewan yang telah mati, dan sisa-sisa material ataupun kotoran organisme. Jika tidak terdapat bakteri di suatu lingkungan tertentu, maka aktivitas pengurai tidak akan menghasilkan gas CO₂ yang penting bagi proses foto sintesa, karena decomposer, hewan atau tumbuhan yang mati akan diuraikan dan dikembalikan ke tanah sebagai unsure hara yang penting bagi pertumbuhan tumbuhan oleh bakteri pengurai. Sehingga dengan adanya hubungan timbal-balik antar komponen lingkungan dalam ekosistem akan terjadi keseimbangan antara yang hidup dan yang mati serta komponen lain yang menyokong kehidupan makhluk hidup.

Dalam bidang kesehatan masyarakat, bakteri dapat menghasilkan zat antibiotic yang memiliki daya penghambat terhadap kegiatan mikroorganisme lain, dan senyawa bakteri ini banyak digunakan untuk menyembuhkan suatu penyakit tertentu, namun pada ekosistem lain bakteri tersebut dapat bersifat patogen.

Peranan jamur di lingkungan kehidupan kita, jamur yang bersifat saprofit berfungsi sebagai pengubah susunan zat organik yang mati menjadi zat terurai, dan fungsi lainnya dapat berperan secara simbiosis mutualisme. Peran jamur dalam rantai makanan dapat bersifat menguntungkan dan ada pula yang bersifat merugikan. Oleh karena bersifat menguntungkan dan merugikan dalam ekosistem maka jamur memegang peran yang penting untuk membentuk keseimbangan dan keharmonisan dalam lingkungan kita. Sehingga bila tidak ada jamur dalam lingkungan kehidupan kita, maka akan mudah timbul ketidakseimbangan dalam system lingkungan hingga terjadi kemerosotan kualitas lingkungan.

Virus bukanlah tergolong pada mikroorganisme yang mudah dilihat secara kasat mata, akan tetapi dampak dari aktivitas dan perkembangan virus yang bukan pada ekosistemnya akan

menimbulkan kerugian pada system dimana dia berada. Keberadaan virus dalam lingkungannya sangat tergantung kepada sel-inang untuk menjalankan fungsi fisiologisnya dan proses-proses interaksinya yang terjadi baik pada manusia dan hewan secara alamiah.

Kita orang awam mengkonotasikan kata virus sebagai sesuatu makhluk hidup atau mikroorganisme yang merugikan bagi manusia. Pada hal tidak semua virus merugikan lingkungan kehidupan kita, dan sesuai dengan Sunatullah bahwa segala sesuatu yang ada di lingkungan kita seperti Kecoa, Lalat, Tikus, Jamur dan Virus pasti ada utilitas atau manfaatnya. Virus dalam dunia kesehatan justru diperlukan dalam rangka rekayasa genetika, sebagai contoh untuk memproduksi interveran, untuk membuat vaksin, sebagai antibacterial dan bahan pembuatan insulin, bila tidak ada virus di alam lingkungan kita maka tidak akan pernah terjadi hubungan timbal-balik yang saling menguntungkan bagi ekosistem yang stabil.

9. Metode Analisis Laboratorium dan Baku Mutu Lingkungan

Kualitas lingkungan hidup wilayah tertentu dapat diindikasikan oleh kualitas air bersih, kualitas air tanah, kualitas air drainase, kualitas udara ambient, kualitas biologi lingkungan dan lain sebagainya. Analisis kualitas lingkungan dapat dilakukan dengan mengambil sampel kualitas air tersebut untuk kemudian diuji di laboratorium lingkungan (laboratorium terakreditasi). Parameter yang terukur pada hasil uji laboratorium dibandingkan dengan baku mutu kualitas air yang sesuai dengan peruntukannya.

Baku mutu lingkungan (BML) adalah standard mutu lingkungan (batas maksimum pencemar) yang ditetapkan melalui peraturan perundangan. Parameter BML menunjukkan jumlah atau kadar bahan pencemar yang boleh dilepas ke lingkungan ataupun batas kondisi maksimum pencemar yang dapat ditenggang sebagai kondisi kualitas lingkungan yang diputuskan atau ditetapkan berkualitas baik. Parameter BML juga dimaknai sebagai jumlah atau kadar zat pencemar yang dianggap dapat menimbulkan dampak negative terhadap kesehatan lingkungan.

Metode ini akan memperbandingkan antara kualitas komponen lingkungan yang sedang diteliti dengan baku mutu lingkungan (BML) yang ditunjukkan oleh parameter-parameter yang tersedia baku mutunya. Sebagai contoh, hasil penelitian terhadap kualitas udara ambient di lingkungan yang ada dibandingkan dengan BML yang tercantum pada Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Contoh lain misalnya, hasil penelitian terhadap kualitas air sumur pada suatu lingkungan permukiman dibandingkan dengan BML yang tercantum pada Peraturan

Menteri Kesehatan Nomor 416 tahun 1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air.

Dalam menganalisis kualitas air bersih yang mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 tahun 1990 atau Nomor 907 tahun 2002, maka metode pembobotan dan penilaian parameter pencemar pada air bersih menggunakan sistem pemberian skor sebagai berikut.

Tabel 3. Metode Pembobotan dan Nilai Parameter

Jumlah Contoh (Sampel)	Nilai Parameter	Pembobotan Untuk Kelompok Parameter		
		Fisika	Kimia	Bakteri
< 10	Maksimum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Rata-rata	-3	-6	-9

Sumber: Permenkes Nomor 416 Tahun 1990

Pemberian skor tersebut di atas didasarkan pada jumlah contoh yang dianalisis, untuk lokasi pengamatan yang contoh airnya dianalisis sejumlah 10 atau lebih maka parameter-parameter yang tidak memenuhi syarat baku mutu diberi skor nilai negatif dua kali lipat dibanding jika jumlah contoh yang dianalisis lebih kecil dari 10.

Untuk menentukan total skor suatu titik sampling yang diamati, maka nilai skor negatif dan parameter-parameter yang tidak memenuhi syarat baku mutu dijumlahkan sehingga akan diperoleh suatu kategori tingkat kualitas air.

Tabel 4. Metode Penilaian Tingkat Kualitas Air

Total Skor	Kategori	Tingkat Kualitas Air
0	A = Semua parameter memenuhi standard	Sangat Baik
-1 sampai -10	B = sebagian besar parameter memenuhi standard	Baik
-11 sampai -30	C = beberapa parameter memenuhi standard	Sedang
-31 dan seterusnya	D = sebagian kecil parameter memenuhi standard	Buruk

Sumber: Permenkes Nomor 416 Tahun 1990

Penggunaan metode perbandingan baku mutu untuk melakukan prakiraan dampak penting suatu kegiatan proyek (dalam analisis dampak lingkungan) terhadap parameter kualitas lingkungan juga dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Dampak penurunan **kualitas udara ambien** dengan membandingkan kondisi kualitas udara sebelum ada proyek dan kondisi kualitas udara setelah ada kegiatan proyek dengan menggunakan baku mutu sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- 2) Dampak penurunan **kualitas air bersih** dengan membandingkan kondisi kualitas air bersih (pada air sumur penduduk) sebelum ada proyek dan kondisi kualitas air bersih setelah ada kegiatan proyek dengan menggunakan baku mutu sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 tahun 1990 tentang Persyaratan Kualitas Air Bersih.
- 3) Dampak penurunan **kualitas air laut** dengan membandingkan kondisi kualitas air laut sebelum ada proyek dan kondisi kualitas air laut setelah ada kegiatan proyek dengan menggunakan baku mutu sesuai Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut.

10. Metode Analisis Penilaian Para Ahli

Metode analisis kualitas lingkungan dengan meminta pendapat para ahli dibidangnya masing-masing terkait dengan isu pokok lingkungan hidup yang sedang dikaji. Metode ini digunakan untuk memprakirakan dampak lingkungan yang akan terjadi berdasarkan atas pendapat para Pakar (para ahli dari berbagai disiplin ilmu) terhadap pengalamannya pada kegiatan yang sejenis atau kasus tematik sesuai bidang keahlian para pakar. Pada penggunaan metode penilaian oleh para ahli ini dilakukan untuk memprakirakan dampak yang akan terjadi dari suatu kegiatan terhadap parameter kualitas lingkungan hidup.

Sebagai contoh, dampak kegiatan proyek terhadap keresahan masyarakat ataupun dampak pada perubahan sikap dan persepsi masyarakat terhadap proyek. Pada kasus ini analisis kualitas lingkungan yang akan terjadi adalah dengan meminta pendapat kepada para ahli dibidang social-budaya masyarakat, bagaimana suatu kegiatan dapat mempengaruhi perubahan sikap dan persepsi masyarakat, dan kemungkinan dapat menimbulkan keresahan pada masyarakat. Ukuran kualitas lingkungan pada aspek social, keresahan dan persepsi negative masyarakat terhadap kegiatan yang dinilai antara lain adalah; semakin resah masyarakat maka semakin buruk kualitas lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan proyek. Semakin kearah negative tanggapan ataupun persepsi masyarakat terhadap kegiatan proyek, maka semakin buruk kualitas lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan proyek.

Contoh lain pada analisis penilaian oleh para ahli, misalnya bagaimana dampak kegiatan proyek terhadap peningkatan kesempatan kerja dan berusaha bagi masyarakat sekitar lokasi proyek. Pada kasus ini analisis kualitas lingkungan yang akan terjadi adalah dengan meminta pendapat kepada para ahli dibidang social-ekonomi masyarakat. Bagaimana suatu kegiatan

dapat mempengaruhi peluang kesempatan kerja dan peluang berusaha bagi masyarakat di sekitar lokasi proyek. Ukuran kualitas lingkungan pada aspek social, ekonomi dan budaya masyarakat terhadap kegiatan yang dinilai antara lain adalah; semakin banyak penyerapan tenaga kerja yang dapat diserap oleh kegiatan proyek maka semakin baik kualitas lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan proyek. Semakin banyak peluang berusaha bagi masyarakat di sekitar proyek, maka semakin baik kualitas lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan proyek.

Contoh lain pada analisis penilaian oleh para ahli, misalnya dampak kegiatan proyek terhadap penurunan kualitas kesehatan masyarakat sekitar lokasi proyek, maka pada kasus ini analisis kualitas lingkungan yang akan terjadi adalah dengan meminta pendapat kepada para ahli dibidang kesehatan masyarakat, bagaimana suatu kegiatan dapat mempengaruhi kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat di sekitar lokasi proyek. Ukuran kualitas lingkungan pada aspek kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat yang dinilai antara lain adalah; semakin buruk kualitas kesehatan masyarakat sekitar kegiatan proyek maka semakin buruk kualitas lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan proyek. Demikian pula semakin banyak parameter pencemar yang melampaui baku mutu kesehatan lingkungan ditimbulkan oleh kegiatan proyek, maka semakin buruk pula kualitas lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan proyek.

Kegiatan dalam analisis kualitas lingkungan menggunakan metode penilaian oleh para ahli sebagaimana dicontohkan pada kasus-kasus di atas, selayaknya dilaksanakan dalam bentuk diskusi formal terbuka agar diperoleh argumentasi ilmiah dalam menilai kualitas lingkungan yang menjadi faktor akibat dari suatu kegiatan yang direncanakan.

11. Metode Analisis Analogi

Metode analisis analogi merupakan suatu pendekatan analisis yang dilakukan terhadap parameter-parameter yang belum ada baku mutunya. Baku mutu lingkungan adalah suatu standard atau batas-batas toleransi penetapan status mutu lingkungan pada parameter tertentu, apakah lingkungan hidup berstatus kualitas baik atau berkualitas buruk.

Parameter kualitas lingkungan yang belum ada baku mutunya, maka penentuan kualitas lingkungan dapat dilakukan menggunakan metode analogi. Metode analogi menggunakan analisis terhadap penjelasan kasus-kasus tertentu yang parameternya mudah dimengerti secara umum, penjelasan kasus-kasus tersebut diberikan oleh ahli yang biasa membahas dan menjelaskan parameter tersebut. Penjelasan tentang kasus-kasus yang dianalogikan tersebut dapat digunakan informasinya untuk dibandingkan dan dianalisis dengan kegiatan sejenis di lokasi yang berbeda. Kualitas lingkungan ditentukan dari hasil analogi yang dijelaskan oleh para ahli, apakah kualitas lingkungan yang dianalisis berkualitas baik atautkah berkualitas buruk.

Sebagai contoh; hukum alam menyebutkan bahwa efisiensi proses transformasi materi dan atau energy tidak pernah 100 %, dan pada suatu kasus produksi gula dari bahan baku tebu, maka 100 kg pohon tebu tidak mungkin dapat menghasilkan 100 kg gula, tetapi berdasarkan informasi data produksi pabrik gula di Jawa Timur menunjukkan rata-rata efisiensi produksi gula dari pengolahan bahan baku tebu adalah 70%.

Analoginya adalah, pada suatu daerah tertentu yang memiliki pabrik gula berbahan baku tebu, maka paling tidak terdapat 30% material limbah yang harus dikelola oleh pengelola pabrik tersebut.

Contoh metode analogi pada kasus lainnya adalah; membandingkan antara keadaan kualitas lingkungan yang sedang diteliti atau yang sedang diselidiki dengan kondisi kualitas lingkungan yang dianalogikan. Bila sebidang lahan terbuka yang dipenuhi oleh vegetasi tertentu maka air hujan yang dapat ditangkap atau ditahan oleh vegetasi dan akarnya adalah sebanyak 1 m^3 per detik, sehingga apabila lahan tersebut vegetasinya dibabat habis dan diganti dengan penutupan lahan oleh bangunan beton semen, maka paling tidak terdapat air larian tambahan sebanyak minimum 1 m^3 per detik, sehingga akan terjadi dampak potensial limpasan air hujan menjadi genangan atau banjir di wilayah lahan terendah.

Contoh metode analogi pada kasus lainnya adalah; bila pada suatu wilayah permukiman penduduk mengalami musibah banjir/genangan air dalam tempo yang relatif lama, maka dapat dipastikan air genangan tersebut akan masuk ke dalam *septic-tank* yang terdapat pada setiap rumah penduduk. Analogi yang muncul adalah, akan terjadi pengenceran pada air limbah tinja yang terdapat dalam *septic-tank* dan kemudian air limbah *septic-tank* tersebut akan akan luber ke luar permukaan air dan mencemari air permukaan. Selanjutnya air yang tercemar oleh tinja bercampur air genangan/banjir tersebut akan masuk ke dalam sumur pompa air bersih, akhirnya sumber air bersih (sumur pompa air) yang akan digunakan penduduk untuk memasak dan minum akan tercemar oleh bakteri *e-coli*. Jadi, analoginya, bila terjadi banjir/genangan air di suatu permukiman penduduk, maka dapat dipastikan masyarakat/penduduk yang tinggal di wilayah tersebut akan terserang penyakit diare dan penyakit kulit akibat sumber air tercemar oleh air limbah *septic-tank*.

12. Metode Analisis Ekoefisiensi

Ekoefisiensi adalah efisiensi penggunaan sumber daya alam secara ekonomi dan secara ekologi oleh kegiatan industri. Kegiatan “Rumah Sakit” dapat dipandang sebagai sebuah industri karena dalam prakteknya, output yang dihasilkan oleh sebuah Rumah Sakit adalah “Manusia Sehat”. Ekoefisiensi merupakan daya guna yang dihitung dari perbandingan antara nilai *output* dan *input* dalam satuan persen (perbandingan berupa materi atau energi). Ekoefisiensi juga dapat berarti daya guna materi dan energi sebagai sumber daya yang digunakan pada proses penyehatan manusia (orang sakit) adalah menggunakan rumus matematis dinyatakan sebagai “ekoefisiensi = 1 – entropi”

Terdapat berbagai cara untuk meningkatkan ekoefisiensi diantaranya dengan menerapkan praktek-praktek peningkatan efisiensi di segala bidang yaitu kegiatan produksi bersih dan produk bersih dengan cara memperkecil entropi; daur ulang materi; penggunaan material dan energi yang berkualitas dengan memperhatikan pula kualitas *input*, kualitas proses, kualitas produk (kesehatan masyarakat).

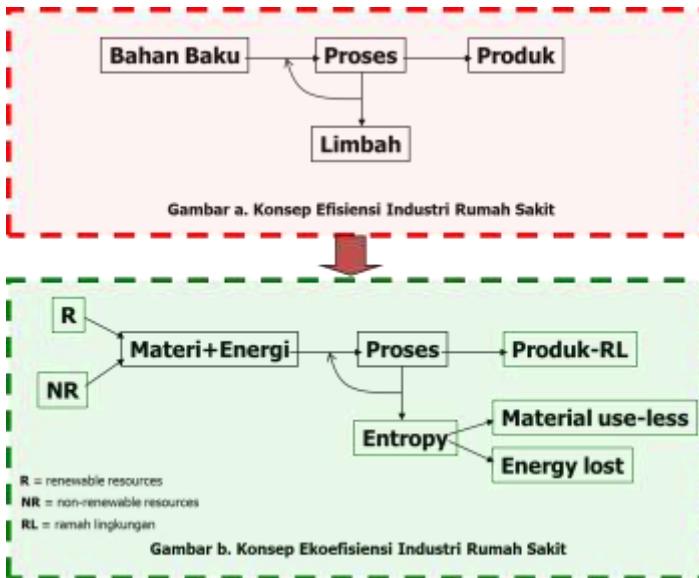
Efisiensi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Efisiensi materi (bahan baku), dimana penggunaan bahan baku yang efisien akan menurunkan beban limbah yang terjadi, karena limbah merupakan sisa/bagian dari bahan baku, produk setengah jadi maupun produk jadi (orang sakit dalam perawatan dan orang sakit langsung dapat dapat disembuhkan). Dengan cara meningkatkan efisiensi di segala bidang akan meningkatkan jumlah produk, dan *revenue* yang lebih tinggi (dalam hal ini efisiensi penyembuhan penyakit pasien, dan meningkatkan keuntungan operasional rumah sakit).
2. Efisiensi energi, konsumsi energi semakin meningkat akan meningkatkan biaya proses penanganan dan pengobatan

pasien (proses produksi) dan meningkatkan harga produk (harga yang harus dibayar oleh pasien). Oleh sebab itu harus dikembangkan teknologi dan peralatan medis yang dapat mengkonsumsi jumlah energi yang minimum.

Pada paradigma lama; konsep efisiensi industri selama ini digunakan hanya mengkaji empat aspek dalam menentukan tujuan akhir rumah sakit yaitu mencapai keuntungan ekonomi dengan mengkaji: (1) *input* bahan baku obat-obatan; (2) proses produksi (tindakan medis); (3) produk *output* (jumlah pasien yang dapat disembuhkan/sehat); dan (4) limbah. Sedangkan konsep baru tentang keefisiensi untuk mencapai tujuan akhir perusahaan rumah sakit (yaitu keuntungan ekonomi) yang memperhatikan aspek ekologi secara berkelanjutan meliputi: (1) menggunakan input material, baik dari sumber daya yang terbarukan maupun yang tidak terbarukan (obat yang ramah lingkungan); (2) input energy, baik dari sumber daya yang terbarukan maupun yang tidak terbarukan; (3) proses produksi (kegiatan medis); (4) output produk yang ramah lingkungan (manusia yang sehat jasmani dan rohani); (5) entropi dalam bentuk; (6) *material use-less* dalam bentuk limbah; dan (7) *energy lost* dalam bentuk pencemaran udara, pencemaran air, pencemaran tanah, dan sebagainya.

Gambar di bawah ini menjelaskan perubahan paradigma dalam ekologi kegiatan industri rumah sakit menuju pengelolaan rumah sakit yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.



Gambar 23. Kerangka Konsep Perubahan Paradigma Ekologi Kegiatan Industri Rumah Sakit

Sifat atau jenis material sebagai input (obat-obatan dan teknologi) yang digunakan oleh kegiatan rumah sakit akan mempengaruhi tingkat ekoefisiensi. Material obat-obatan yang tidak terbarukan (NRR - *non renewable resources*) seperti obat sintetik pada umumnya akan menjadi persoalan bagi lingkungan karena akan memberikan nilai ekoefisiensi yang rendah apabila dikemudian hari menjadi entropi yang tidak dapat diasimilasi oleh alam. Ekoefisiensi yang rendah dengan faktor entropi yang tinggi berimplikasi negatif pada aspek sosial dan ekonomi dalam bentuk kerugian material limbah (*material use-less*) dan dalam bentuk pencemaran (*energy-lost*) terhadap kesehatan manusia dan makhluk biologis lainnya di lingkungan industri.

Secara operasional untuk mencapai nilai keefisiensi yang baik, mengharuskan manajemen industri rumah sakit mengkaji sedikitnya enam aspek yaitu:

- 1) Mengupayakan penggunaan material bahan baku (obat-obatan generik) dengan efisiensi yang tinggi,
- 2) Mengupayakan penggunaan energi dalam proses produksi (penanganan pasien) dengan efisiensi yang tinggi
- 3) Meminimumkan kuantitas material limbah yang tidak dapat didaur ulang,
- 4) Meminimumkan jumlah *energy lost*,
- 5) Memperbesar proporsi penggunaan material jenis yang dapat terbarukan (*renewable resources*) atau obat-obat alamiah dan murah.
- 6) Memperkecil proporsi penggunaan material jenis NRR (meminimumkan penggunaan obat-obat yang tidak terbarukan atau non-generik).

Kegiatan rumah sakit adalah salah satu jenis industri jasa yang tak terhitung jumlahnya yang dapat memainkan peran sentral dalam mitigasi, atau memperluas dampak sosial-lingkungan dengan sektor terkait. Dari semua kegiatan pelayanan, rumah sakit adalah salahsatu konsumen utama listrik dalam pemenuhan energinya, disamping untuk menghasilkan jumlah yang signifikan limbah. Dalam konteks ini keefisiensi merupakan alat penting sehingga aktivitas pelayanan rumah sakit tetap berjalan serta dapat menyesuaikan efisiensi ekonomi yang lebih besar dengan mengurangi dampak lingkungan.

Sektor rumah sakit memiliki kepentingan ekonomi yang terus berkembang di negara maju. Penelitian oleh Davies dan Lowe (1999) di Amerika Serikat menunjukkan bahwa sektor ini mempekerjakan satu dari setiap sembilan karyawan dan satu disetiap tujuh dolar yang dihabiskan dalam perekonomian dikontribusikan dari sektor ini. Selain kepentingan ekonomi mereka sehubungan dengan fungsi pelayanannya, rumah sakit melibatkan berbagai kegiatan yang berpotensi besar untuk menyebabkan pencemaran lingkungan. Kegiatan pelayanan rumah sakit beroperasi 24 jam sehari, 365 hari setahun,

memiliki berbagai jenis peralatan untuk memproduksi makanan, mengkonsumsi minyak bahan bakar untuk menghasilkan energi dan juga permintaan berbagai sumberdaya umum lainnya dalam jumlah yang cukup besar, termasuk karet, plastik dan produk kertas. Dalam konteks ini rumah sakit melaksanakan fungsi-fungsi yang seringkali sama dengan yang ditemukan di industri, seperti mencuci pakaian, transportasi, membersihkan, makanan fotografi, pengolahan, dan lain-lain. Yang membedakan rumah sakit dari sektor industri atau jasa lainnya adalah rumah sakit mengkonsumsi dalam jumlah besar produk medis sekali pakai yang digunakan untuk mencegah penularan penyakit terhadap dokter, pasien dan karyawan. Karena karakteristik ini, operasi rumah sakit di satu sisi menghasilkan sejumlah besar limbah, dan disisi lain memiliki kebutuhan yang besar akan sumber daya, seperti energi listrik dan air.

Hasil penelitian para ahli kesehatan menyebutkan bahwa kegiatan rumah sakit di Amerika Utara telah mengkonsumsi listrik rata-rata sebesar 240 kWh/m²/per tahun. Di Denmark, misalnya, konsumsi air dingin per tempat tidur/hari hampir 600 liter, sementara di Austria adalah 200 liter/tempat tidur/hari. Sedangkan konsumsi air panas di rumah sakit di Amerika Serikat dan negara-negara di Eropa Timur bervariasi 340-110 liter/tempat tidur/hari.

Dalam kaitannya dengan enam aspek yang perlu dikaji dalam meningkatkan keefisiensi rumah sakit, seperti disebutkan sebelumnya, terdapat langkah-langkah yang dapat diadopsi oleh organisasi rumah sakit untuk menyesuaikan antara keuntungan ekonomi dengan keuntungan lingkungan melalui aplikasi keefisiensi. Berikut adalah langkah-langkah signifikan yang paling direkomendasikan ditinjau dari efisiensi material dan energi.

- 1) Efisiensi material dan pengurangan limbah, seperti:

- a. Penggantian jenis material selimut sekali pakai yang digunakan pada kamar operasi dengan jenis material selimut yang dapat digunakan kembali.
 - b. Penggunaan masker *jelly* diperkenalkan untuk mengganti produk sekali pakai.
 - c. Bahan-bahan yang dapat didaur ulang, seperti gelas, kertas kantor, koran, potongan logam, aluminium, kaleng baja dikumpulkan secara terpisah untuk proses daur ulang.
 - d. Tempat sampah plastik di kantor-kantor hanya diganti apabila telah benar-benar rusak.
 - e. Mengumpulkan sampah sisa makanan bersama sampah kebun untuk dilakukan pengomposan.
 - f. Mengumpulkan dan mengolah minyak, lemak, dan oli untuk digunakan kembali sebagai bahan baku pembuatan *grease*.
 - g. Pemberian edukasi terhadap staf untuk mencetak (*print*) di atas kertas dua sisi guna menghemat konsumsi kertas.
- 2) Efisiensi energi, dengan melakukan langkah-langkah seperti:
- a. Menggunakan lift dengan teknologi modern yang hemat energy, karena dalam pelayanan rumah sakit penggunaan lift akan mengkonsumsi sejumlah energi yang begitu besar;
 - b. Mematikan AC ketika tidak diperlukan;
 - c. Penghematan bahan bakar pada aktivitas operasional *boiler* untuk memanaskan air. Upaya ini dilakukan untuk menghemat gas dan melakukan identifikasi jika terdapat kelebihan oksigen di boiler pada proses pembakaran;
 - d. Gunakanlah hanya satu *chiller* (sistem pendingin air) bagi kegiatan industry dan atau perkantoran apapun. Biasanya terdapat dua alat pendingin yang digunakan industry atau perkantoran untuk mendinginkan air

- pada sistem pendingin udara. Setiap kali diaktifkan, dianjurkan hanya satu *chiller* saja yang digunakan apabila sistem tidak bekerja pada kapasitas penuh;
- e. Mengisolasi dan menginstal saklar sirkuit sedemikian rupa sehingga lampu di daerah yang berbeda dapat dimatikan ketika tidak diperlukan; menggunakan instalasi sensor gerakan dan/atau saklar waktu untuk mengontrol pencahayaan ruangan kerja;
 - f. Memperbaiki standar pencahayaan untuk lampu secara efektif dan efisien di tempat umum dan memasang lampu dengan system pencahayaan tinggi. Di daerah kerja, desain ulang sistem pencahayaan dan disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing area tertentu dan menyiapkan program penghematan listrik;
 - g. Mengatur aliran air dengan memasang perangkat sistem hemat air di ruang pencucian, *shower*, area kebersihan dan kamar mandi. Mengganti katup konvensional dengan katup hemat air untuk mengurangi volume air ketika menyiram toilet;
 - h. Memperkenalkan kebijakan tidak menerima produk kemasan yang menggunakan bahan yang tidak dapat didaur ulang dan terus meningkatkan penanganan limbah padat. Hindari pencampuran limbah berbahaya dengan limbah terkontaminasi.

Dewasa ini, tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan limbah serta aplikasi keefisiensi di rumah sakit adalah fakta bahwa isu lingkungan masih menempati porsi yang sangat kecil dalam proses pelatihan untuk menyiapkan para profesional di bidang pelayanan kesehatan. Sehingga kesadaran mengenai pengelolaan limbah yang sesuai dan mengadopsi prinsip untuk meningkatkan keefisiensi masih rendah. Dalam situasi ini penggabungan strategi keefisiensi dengan peningkatan kualitas sumberdaya manusia dapat dimungkinkan untuk meningkatkan kinerja dalam indikator keefisiensi yang pada gilirannya membawa keuntungan disektor ekonomi dan lingkungan serta

akan membawa nilai indikator ini lebih dekat dengan nilai-nilai yang akan ditemui nantinya pada skala internasional.

Teori *Cradle to Grave* dalam Pengelolaan Limbah Rumah Sakit. Konsep pengelolaan limbah dengan teori *cradle-to-grave* merupakan konsep yang menekankan pengelolaan limbah mulai dari penggunaan bahan baku melalui pemrosesan material; manufaktur; distribusi; penggunaan; perbaikan dan pemeliharaan; dan pembuangan atau daur ulang entropi.

Sejauh mungkin sistem pemberitahuan pada aplikasi *cradle-to-grave* harus diikuti, yang berarti bahwa semua tahap pembuangan limbah secara sistematis dapat dikendalikan. Kebutuhan dan sifat dari tindakan pengendalian harus menjadi bagian integral dari keseluruhan kebijakan pengelolaan limbah berbahaya rumah sakit.

Tahap awal dalam pengelolaan limbah rumah sakit adalah melakukan pencegahan pada sumbernya. Semaksimal mungkin harus diupayakan pencegahan terhadap timbulnya limbah yang seharusnya tidak terjadi. Upaya pencegahan pencemaran dan minimisasi limbah yang sering dikenal dengan Produksi Bersih (*clean production*) akan memberikan keuntungan bagi pengelola dan lingkungan.

Tahap kedua, terhadap limbah yang tidak bisa dihindari adalah langkah segregasi atau pemilahan. Pemilahan dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan limbah berdasarkan karakteristiknya. Limbah domestik harus terpisah dari limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) ataupun limbah infeksius. Hal ini bertujuan agar jumlah ataupun limbah yang harus ditreatment secara khusus (limbah B3) tidak terlalu besar atau minimum. Limbah kimia dari laboratorium dan sisa racikan obat harus memiliki tempat penampungan tersendiri agar tidak mengkontaminasi limbah cair lainnya yang bukan limbah B3.

Tahap ketiga adalah pemanfaatan limbah. Limbah yang masih bisa dimanfaatkan agar dipisahkan dari limbah yang tercemar

oleh limbah B3 ataupun limbah infeksius. Limbah domestik yang dapat didaur ulang ataupun dimanfaatkan harus dipisah pada tempat terpisah. Limbah domestik berupa kertas atau karton, plastik, gelas dan logam masih mempunyai nilai ekonomi untuk di *reuse*. Begitu pula dengan limbah domestik berupa sampah organik bisa dilakukan pengomposan. Limbah plastik bekas pengobatan lainnya seperti bekas kantong infus yang tidak terkontaminasi limbah B3 atau limbah infeksius dapat didaur ulang. Pada saat ini hanya sekitar 19% limbah domestik dari rumah sakit yang sudah dimanfaatkan untuk didaur ulang. Limbah berbahaya dan beracun sendiri tidak menutup kemungkinan untuk dapat dimanfaatkan ataupun untuk didaur ulang. Beberapa limbah kimia yang dapat dimanfaatkan kembali antara lain adalah limbah radiologi seperti *fixer* dan *developer* dengan dikirimkan ke pihak ke-tiga yang memiliki izin dari otoritas keselamatan lingkungan (Kementerian Lingkungan Hidup).

Selanjutnya adalah penghancuran terhadap limbah infeksius dan padatan limbah B3 menggunakan teknologi *incinerator*. *Incinerator* yang digunakan adalah *incinerator* yang mempunyai spesifikasi khusus sesuai dengan yang disyaratkan dalam Surat Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 1995.

Evaluasi pengelolaan limbah berdasarkan "*cradle to grave*" penting untuk dilakukan mulai dari aliran, proses distribusi, proses penggunaan dan proses pembuangan akhir produk dan kemasannya dari gudang ke area perawatan pasien guna mengidentifikasi peluang untuk melakukan daur ulang tahap awal dan pemisahan sumber limbah.

From Cradle to Grave theory adalah suatu konsep untuk menilai siklus material sumberdaya alam (ekologi) yang digunakan oleh sistem industry guna menghasilkan produk barang tertentu. *Cradle* berarti ayunan-timang-disayang-dirawat atau penggunaan sebuah produk barang secara berkualitas, sedangkan *grave* adalah kuburan dimana semua produk sampah dikubur dalam tanah. Siklus material yang bermakna positif bagi

keberlanjutan sumber daya alam adalah penciptaan produk barang yang berkualitas dengan durasi pemanfaatan yang lama (*high duration life-time*). Nilai siklus akan bermakna positif bagi ekologi bilamana sebuah produk yang sudah usang dapat didaur ulang menjadi produk tertentu dengan masa pakai produk yang tahan lama (*high durable*). Nilai ekologis yang bermakna positif bila mana suatu material bahan baku industry mampu dirancang untuk dapat diproduksi menjadi produk tahan lama, bahan baku diambil dari sumber yang dapat diperbarui (*renewable resources*), dan pasca-penggunaan produk dapat didaur ulang sepanjang waktu. Nilai siklus material sumberdaya alam akan bermakna positif bilamana terdapat keadaan (upaya) industry untuk melakukan perawatan (*maintenance*) dan memelihara kondisi sistem industry yang mampu menghasilkan produk barang berkualitas (produk barang berkualitas tentunya tahan lama dipakai konsumen).



Gambar 24. *From Cradle to Grave Theory*

Bermula dari proses pengambilan material produk atau material bahan baku untuk proses-proses produksi pada industry dari tempat sumber bahan baku (Q_1) yaitu di tanah (*soil*), kemudian diekstraksi menjadi produk barang Q_1 . Setelah masa pemanfaatan material atau produk barang Q_1 habis, maka

dilanjutkan dengan proses daur ulang material produk menjadi material produk Q_2 . Setelah masa pemanfaatan material atau produk barang Q_2 habis, maka dilanjutkan dengan proses daur ulang material produk menjadi material produk Q_3 . Setelah masa pemanfaatan material atau produk barang Q_3 habis, maka dilanjutkan dengan proses daur ulang material produk menjadi material produk Q_4 . Demikian seterusnya proses daur ulang material produk sampai produk terakhir Q_n yang tidak lagi bisa dimanfaatkan dan atau tidak bisa lagi didaur ulang menjadi produk barang yang bersifat cradle, maka daur ulang material akan dilakukan oleh komponen alam (*decomposer*) secara alamiah di dalam tanah (*soil*) atau masuk kuburan (*grave*) untuk didaur ulang oleh organisme mikro (*micro organism*).

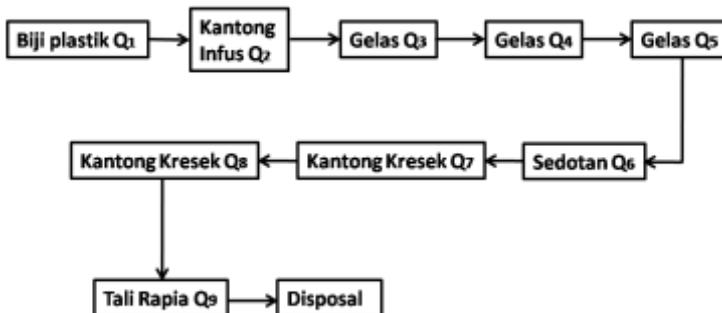
Dalam fenomena proses daur ulang material produk seperti dijelaskan tersebut di atas maka kualitas material atau produk $Q_1 > Q_2 \dots > Q_7$. Untuk dapat menjamin dan menjaga keberlanjutan kualitas material dan produk serta durabilitas manfaat suatu produk barang secara berkualitas, maka diperlukan perawatan dan penanganan produk sebaik mungkin.

Tanggungjawab implementasi tidakan perawatan dan penanganan ataupun pemanfaatan sumberdaya material atau produk mulai dari produk Q_1 sampai produk Q_7 selama proses pemanfaatan produk (*cradle*) adalah terletak pada produsen dan konsumen.



Gambar 25. Implementasi Teori *From Cradle to Grave*

Sebagai ilustrasi implementasi teori ini dapat kita analisis melalui perancangan produk industry yang bahan bakunya diambil dari tanah (*soil*) sebagai tempat dimana ada sumberdaya (*resources*) yaitu biji plastic yang diperoleh dari hasil ekstraksi minyak bumi.



Gambar 26. Alir Material dalam Analisis *Cradle to Grave*

Bermula dari kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sumberdaya alam yang terdapat di tanah (*soil*) yang kemudian diekstraksi menjadi minyak mentah dan menjadi produk *polypropylene*. Biji plastik atau *polypropylene* adalah material bahan baku industri

untuk pembuatan produk plastic kantong infuse keperluan medik. Bila kantong infuse sudah tidak terpakai lagi sebagai kantong infuse keperluan medik, maka materialnya dapat didaur ulang menjadi gelas plastic kualitas-1; bila gelas plastic kualitas-1 tidak terpakai lagi maka materialnya dapat didaur ulang menjadi produk gelas plastic kualitas-2; bila gelas plastic kualitas-2 tidak terpakai lagi maka materialnya dapat didaur ulang menjadi produk gelas plastic kualitas-3; bila gelas plastic kualitas-3 tidak terpakai lagi maka materialnya dapat didaur ulang menjadi produk sedotan minuman; bila sedotan minuman tidak terpakai lagi maka materialnya dapat didaur ulang menjadi produk kantong kresek kualitas-1; bila kantong kresek kualitas-1 tidak terpakai lagi maka materialnya dapat didaur ulang menjadi produk kantong kresek kualitas-2, dan terakhir bila kantong kresek kualitas-2 tidak terpakai lagi maka materialnya dapat didaur ulang menjadi produk tali rafia plastic, bila tali rafia plastic yang telah terpakai tidak mungkin lagi bias didaur ulang menjadi produk tertentu (menjadi sampah) maka ia akan masuk ke dalam kuburan (*grave*).

Masa *cradle* terpenting bagi sistem alam (ekosistem) adalah pada saat material produk berada pada posisi Q_3 , Q_4 , dan Q_5 sebagai produk gelas plastic. Hal ini menjadi sangat penting karena selama pemanfaatan material produk Q_3 , Q_4 , dan Q_5 tidak terjadi pengurasan sumberdaya bahan baku untuk industry plastic maupun penumpukan sampah sampah di tanah. Hal penting lainnya adalah terdapat masa atau waktu jeda bagi alam untuk regenerasi material bahan baku bagi industry lainnya (meskipun regenerasi bahan baku plastic atau minyak bumi berlangsung ratusan tahun lamanya).

Ukuran tingkat keberhasilan implementasi teori "*from cradle to grave*" ini pada dunia industry adalah: i) durasi pemanfaatan material sebagai material Q_1 , Q_2 , .. Q_n , ii) daya manfaat produk di tingkat Q_1 , Q_2 ,.. Q_n , iii) biaya minimum pada proses daur ulang produk Q_1 menjadi Q_2 , Q_2 menjadi Q_3 , dan seterusnya sampai Q_n , iv) biaya perawatan material dan produk mulai dari Q_1 sampai Q_n , dan biaya yang timbul pada saat material produk menjadi sampah, v) proses pemilahan sampah organik dan anorganik

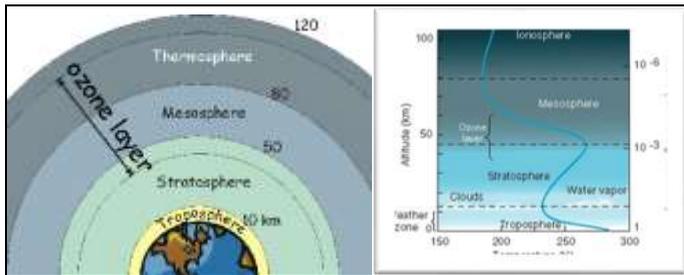
pada saat sampah produk gelas Q_3 , Q_4 , dan Q_5 berada pada tempat pembuangan sementara (TPS) atau di tempat pembuangan akhir sampah (TPA) agar memudahkan proses-proses daur ulang material produk, dan vi) biaya risiko lingkungan pada saat proses daur ulang dan pembuangannya di tanah (*soil*).

Masa "*cradle*" adalah total durasi waktu pemanfaatan material sebagai produk $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_7$, sedangkan masa "*grave*" adalah durasi waktu degradasi sampah produk Q_n menjadi nutrient dalam tanah oleh mikro-organisme sebagai pengurai material limbah.

Akhirnya, hasil analisis kualitas lingkungan hidup menggunakan metode analisis ekoefisiensi, maka kualitas lingkungan hidup dapat berstatus baik apabila nilai ekoefisiensi suatu kegiatan semakin tinggi, ekoefisiensi yang tinggi diindikasikan oleh jumlah limbah minimum dan tingkat pencemaran yang minimum.

📖 Analisis Kualitas Udara

Bumi diselubungi oleh atmosfer (*atmosphere*) berupa lapisan gas yang terbagi atas beberapa pada ruang yang berbeda, yaitu lapisan troposfer (*troposphere*), stratosfer (*stratosphere*), mesosfer (*mesosphere*), dan termosfer (*thermosphere*). Manusia hidup pada bagian lapisan paling bawah dari atmosfer bumi. Atmosfer merupakan lapisan gas yang menyelimuti bumi terbagi atas beberapa lapisan dengan kondisi suhu berbeda, yang merupakan hasil penyerapan energi matahari yang dipancarkan ke bumi.



Gambar 27. Lapisan Kulit Bumi dan Lapisan Gas di Udara

Lapisan troposfer memiliki 75 -80% massa udara yang membentang pada jarak antara 8 -17 km di atas permukaan bumi, dan massa udara pada umumnya tersusun atas beberapa gas, yaitu gas nitrogen sebanyak kurang lebih 78%, oksigen (21%), Argon, Karbon dioksida atau CO₂, Ne, He, CH₄ (methane) dan uap air (H₂O).

Tabel 5. Komponen Gas di Udara Bersih

	Komponen Udara	Persentase
1	Nitrogen (N ₂)	78.10
2	Oxygen (O ₂)	20.90
3	Argon (Ar)	0.90
4	Karbon dioksida (CO ₂)	0.033
5	Lainnya, seperti Ne, He, CH ₄ (methane)	0.003
6	Uap air (H ₂ O)	Bervariasi
	Jumlah	100.00

Lapisan stratosfer yang berada di atas lapisan troposfer membentang pada jarak antara 17-48 km dari permukaan bumi, dimana komposisi gas yang ada pada lapisan troposfer ini terdapat kandungan air yang lebih rendah dibanding yang terdapat pada lapisan troposfer, namun kandungan ozon lebih besar dibanding yang terdapat pada lapisan troposfer.

Komponen Ozon yang terdapat pada lapisan stratosfer ini merupakan hasil reaksi antara molekul oksigen dengan radiasi Ultra Violet matahari, dan lapisan Ozon berupa lapisan tabir surya di atas kulit bumi yang fungsinya dalam kehidupan makhluk hidup termasuk manusia adalah sebagai berikut:

1. Manusia dan semua organisme dapat hidup di muka bumi apabila tidak terkena sinar ultraviolet secara langsung, sehingga gas ozon yang terdapat di lapisan stratosfer akan berfungsi untuk melindungi manusia dari pengaruh kanker kulit dan mata, serta kerusakan sistem kekebalan tubuh apabila terkena sinar ultraviolet dari matahari.
2. Lapisan Ozon yang terdapat di lapisan stratosfer akan mencegah oksigen yang terdapat di lapisan troposfer berubah menjadi ozon (O₃) yang menjadi polutan udara yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Jadi, gas ozon yang terdapat di lapisan stratosfer akan berfungsi untuk melindungi manusia dari pengaruh kanker kulit dan mata, serta kerusakan sistem kekebalan tubuh apabila terkena sinar ultraviolet dari matahari, namun ozon yang terdapat di lapisan troposfer akan menjadi polutan udara yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Bahan pencemar udara bersumber dapat berasal atau bersumber dari kegiatan alam dan kegiatan manusia.

Bahan pencemar udara bersumber dari kegiatan alam:

1. Debu dan bahan-bahan partikulat yang berasal dari tanah yang tertiuip angin/badai.
2. SO₂ dan bahan partikulat dari kegiatan gunung berapi.
3. CO, NO dan bahan partikulat dari peristiwa kebakaran hutan.
4. Hidrokarbon dan serbuk sari dari berbagai vegetasi atau tumbuhan.
5. Gas Metan dan H₂S dari hasil proses dekomposisi berbagai vegetasi dan hewan mati.
6. Partikel garam dari ombak laut yang tertiuip angin ke daratan.
7. Bising dari ledakan gas alam dan gunung meletus.
8. Getaran gempa dan ombak laut.
9. Panas; radiasi matahari, panas bumi, gunung meletus dan lain sebagainya.

Bahan pencemar udara bersumber dari kegiatan Manusia:

1. Kegiatan Industri dan jasa yang menggunakan energi BBM dan atau batubara untuk operasional kegiatannya.
2. Kegiatan Rumah Tangga yang menggunakan minyak tanah atau gas untuk kegiatan dapur juga menggunakan energi BBM
3. Kendaraan Bermotor yang menggunakan energi BBM.

Bahan pencemar (polutan) udara dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok yaitu polutan primer dan polutan sekunder.

1. **Polutan primer** merupakan bahan kimia bersifat pollutant yang masuk secara langsung atau tak langsung ke udara alamiah dengan tingkat konsentrasi yang membahayakan kesehatan makhluk hidup, seperti; SO₂, NO, NO₂, CO dan bahan partikulat (debu dan jelaga).

2. **Polutan sekunder** merupakan bahan kimia bersifat pollutant yang terbentuk melalui hasil reaksi kimia antara beberapa komponen kimia di udara bebas seperti Asam Sulfat (H₂SO₄) menjadi hujan asam dengan reaksi yang terbentuk sebagai berikut:
 - a. $SO_4 + H_2 \rightarrow H_2SO_3$
 - b. $H_2SO_3 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2SO_4$ (hujan asam), atau reaksi berikut;
 - c. $SO_2 + O \rightarrow SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ (hujan asam)
 - d. Sinar matahari + Hidrokarbon + NO₂ (emisi kendaraan bermotor) yang akan membentuk senyawa kimia berbahaya seperti; **photo chemical smog** yang dapat dirasakan perih di mata pada saat kita berjalan di jalan macet kendaraan bermotor dan dalam keadaan hujan. Pada saat hari hujan tersebut terjadi adalah reaksi antara air hujan dengan asap knalpot kendaraan bermotor, dan atau reaksi antara asap dengan air mata kita sehingga terasa perih di mata.

3. **Polutan sekunder berupa Asam Nitrat (HNO₃);**
Reaksi kimia yang terjadi pada saat zat pencemar NO₂ menjadi hujan asam (Asam Nitrat) adalah sebagai berikut;
 - a) $NO_2 + OH = HNO_3$
 - b) $NO_2 + O_3 = NO_3 + O_2$
 - c) $NO_2 + NO_3 = N_2O_5$
 - d) $N_2O_5 + H_2O = HNO_3$

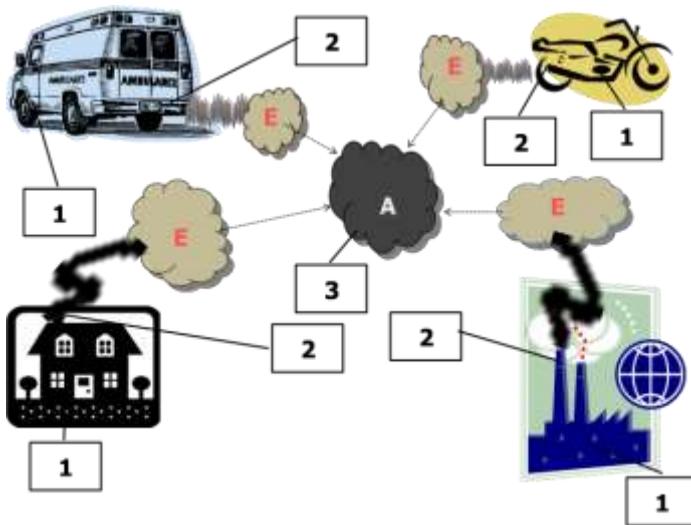
Reaksi tersebut di atas terjadi pada saat hari hujan dimana air hujan dapat bereaksi dengan asap knalpot kendaraan bermotor membentuk asam nitrat dan asam sulfat.

Sebagian besar pencemaran udara dihasilkan oleh kegiatan manusia (transportasi, industri dan rumah tangga). Bahan pencemar tersebut berasal dari sisa proses pembakaran energi (transformasi energi potensial menjadi energi kinetik) yang berlangsung tidak efisien (efficiency = 1-Entropy).

Proses pembakaran Bensin, Solar atau LNG pada kendaraan bermotor dan industri, pembakaran batubara pada industri, pembakaran Minyak Tanah atau LPG pada kegiatan rumah tangga, pembakaran sampah, dan lain sebagainya akan menghasilkan Entropy dalam bentuk; panas, bising, getaran dan partikulat serta asap yang mengandung CO₂, NO₂, SO₂, HC, Pb, Cd dan lain sebagainya.

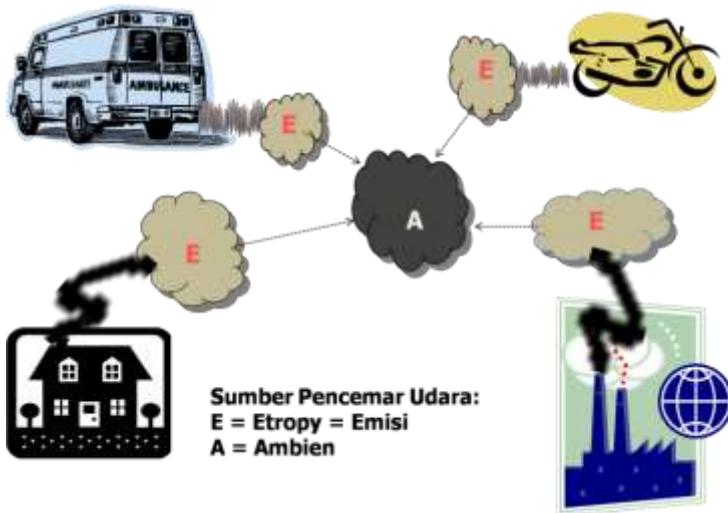
Dampak negative material pencemar atau pollutant sekunder terhadap kesehatan lingkungan akan jauh lebih besar dibandingkan dampak yang ditimbulkan material pencemar primer. Hal ini disebabkan pengelolaan material pencemar sekunder atau polutan sekunder (terdiri atas beberapa material pencemar) lebih sulit dibanding mengelola polutan primer.

Bagaimana peristiwa terjadinya pencemaran udara? kejadiannya adalah sebagaimana dijelaskan pada gambar berikut:



Gambar 28. Peristiwa Pencemaran Udara Ambient dari Berbagai Emisi

Bagaimana cara mengelola zat pencemar udara? adalah sebagaimana dijelaskan pada gambar berikut:



Gambar 29. Manajemen Pengendalian Zat Pencemar Udara

Cara Mengelola Pencemar Udara Pada Sumber Pencemar:

1. Mengelola sistem pembakaran energi pada sumber pencemar (kendaraan bermotor, aktivitas pembangkit listrik, kegiatan rumah tangga).
2. Memilih dan menggunakan energi yang menghasilkan emisi rendah dengan cara; 1) melakukan konversi Minyak Disel/Solar ke gas Alam, gas LPG ke gas LNG; 2) melakukan konversi energi rumah tangga dari Minyak Tanah ke Gas LPG dan atau LNG.
3. Menerapkan system aturan program langit biru yang telah dicanangkan oleh pemerintah.
4. Memilih dan menggunakan energi yang konsentrat tinggi/nilai oktan tinggi (misal; dari kayu bakar ke minyak tanah, dari minyak tanah ke gas, dan seterusnya).
5. Meningkatkan efisiensi pembakaran.
6. Memperbaiki teknologi pada sistem pembakaran (karburator pada mesin kendaraan, sistem pengapian yang sempurna) sehingga sistem pembakaran berlangsung sempurna.

7. Manajemen pencemar udara tahap-1 (Transformasi Energi): melakukan perbaikan kualitas sistem pembakaran energi, penggunaan teknologi ramah lingkungan, penggunaan energi yang berkualitas.
8. Manajemen pencemar udara tahap-2 (Emisi): penggunaan alat saringan, penggunaan air penyerap bahan pencemar.
9. Manajemen pencemar udara tahap-3 (Ambien): penggunaan vegetasi penyerap ambien.

Cara Mengelola Emisi Pencemar:

1. Gunakanlah teknologi bersih lingkungan hingga teknologi menghasilkan minimum entropy atau minimum emisi.
2. Gunakanlah alat saringan pada saluran atau cerobong emisi, dan atau knalpot yang baik pada kendaraan bermotor.
3. Emisi yang terjadi langsung ditangkap menggunakan uap atau molekul air.
4. Mengelola emisi pada sumbernya dan mengelola ambient
5. Menangkap emisi dan ambient menggunakan daun-daun vegetasi dengan cara menanam pohon yang memiliki daun lebat di sekitar sumber emisi.

Berbagai jenis energy bahan bakar yang dibakar dapat menghasilkan berbagai jenis zat kimia pencemar dan parameter pencemar yang dapat kita gunakan untuk menganalisis kualitas udara yang dicemari dapat dijelaskan sebagaimana tabel berikut.

Table 6. Parameter Pencemar Hasil Pembakaran Berbagai Jenis Energi

Jenis Energi/Bahan Bakar yang Dibakar	Kimia Pencemar	Parameter Pencemar
Minyak Tanah	<ul style="list-style-type: none">• Oksida Karbon• Hidrokarbon• Oksida Belerang• Oksida Nitrogen• Partikulat	CO dan CO ₂ HC SO dan SO ₂ NO dan NO ₂ Debu, Pb, Cd, Hg
Bensin	<ul style="list-style-type: none">• Oksida Karbon• Hidrokarbon• Oksida Belerang• Oksida Nitrogen• Partikulat	CO dan CO ₂ HC SO dan SO ₂ NO dan NO ₂ Debu, Pb, Cd, Hg
Solar	<ul style="list-style-type: none">• Oksida Karbon• Hidrokarbon• Oksida Belerang• Oksida Nitrogen• Partikulat	CO dan CO ₂ HC SO dan SO ₂ NO dan NO ₂ Debu, Pb, Cd, Hg
Batubara	<ul style="list-style-type: none">• Oksida Karbon• Oksida Belerang• Oksida Nitrogen• Partikulat	CO dan CO ₂ SO dan SO ₂ NO dan NO ₂ Debu

Perbedaan atas jenis energi yang digunakan sebagaimana pada table di atas adalah konsentrasi bahan pencemar seperti; unsur Pb pada Bensin lebih besar dibanding Minyak Solar, unsur Sulfur pada bahan bakar Batubara lebih banyak dibanding yang terdapat pada Minyak tanah dan lain sebagainya.

Sumber pencemar udara, karakteristik, parameter yang dapat diukur dalam menganalisis kualitas udara serta dampak negative terhadap kesehatan lingkungan dapat dijelaskan sebagaimana table berikut.

Tabel 7. Karakteristik Zat Pencemar di Udara

PENCEMAR UDARA	KARAKTERISTIK	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK LINGKUNGAN
Partikulat	Partikel padatan tersuspensi di udara,	Unit penggilingan, pengeringan, pembakaran batubara dan minyak bumi, Kegiatan kendaraan bermotor	Mengurangi visibilitas, Gangguan pernafasan/ kesehatan
NO ₂	Berwarna kemerahan, lebih berat dari udara, parameter NO, dan NO ₂	Pembakaran batubara dan minyak bumi, kegiatan Kendaraan bermotor	Menghambat pertumbuhan tanaman, Gangguan kesehatan, Hujan asam, Pemanasan global, Korosi logam
SO ₂	Tidak berwarna, relatif stabil di atmosfer, berbau tajam, parameter SO, dan SO ₂	Pembakaran terutama pembakaran batubara dan minyak bumi, Gunung berapi	Hujan asam, Korosi logam, Merusak tumbuhan dan batuan Mengganggu pernafasan
CFC	Stabil, tidak beracun, tidak mudah terbakar, parameter CFC ₃ , CF ₂ Cl ₂	Refrigeran dan propelan, Produk2 spray	Penipisan ozon
Oksida Karbon	Tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa, parameter CO dan CO ₂	Pembakaran, kendaraan bermotor	CO beracun, bereaksi dengan Hemoglobin dengan afinitas 300 kali lebih tinggi dibanding dengan Oksigen, CO ₂ menangkap panas di

PENCEMAR UDARA	KARAKTERISTIK	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK LINGKUNGAN
			atmosfer, pemanasan global
Hidrokarbon	Tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa, parameter HC	Tanki penyimpanan bahan bakar, Pembakaran tak sempurna, kendaraan bermotor, sawah, pertambangan batubara, minyak dan gas bumi	Kanker, gangguan pernafasan, CH ₄ terlibat dalam peristiwa pemanasan global

Zat Kimia Pencemar Udara di Dalam Ruangan Kerja

Beberapa senyawa *volatile organic compound* (VOC) yang sering ditemukan di dalam ruangan kerja atau dalam rumah yang menjadi pencemar utama udara dalam ruang adalah:

1. Formaldehyde atau berbagai jenis formalin yang digunakan untuk mengusir bakteri, jamur dan *microorganism* seperti semprotan obat nyamuk, pembersih lantai dan lain sebagainya.
2. Benzene yang terdapat pada bahan bahan cat digunakan untuk ataupun zat pewangi yang bahan utamanya adalah benzena dan lain sebagainya
3. Naphtalene yang terdapat pada bahan pengusir ngengat dan pencegah munculnya bakteri dan jamur pada pakaian dan kain dalam lemari baju seperti kamper (*champer*) dan lain sebagainya.
4. Styrene yang terdapat pada bahan karpus yang mudah terpecah menimbulkan debu pada perabotan rumah tangga.

5. Berbagai Pestisida (*pesticide*) zat yang terdapat pada bahan pengusir pest.
6. Berbagai Fungisida (*fungicide*) zat yang terdapat pada bahan pencegah timbulnya jamur pada peralatan rumah tangga.
7. Berbagai Herbisida (*herbicide*) zat yang terdapat pada bahan pencegah timbulnya ulat pada tumbuhan di sekitar rumah tangga ataupun pada sayur.

Tabel 8. Metode Sampling dan Analisis Kualitas Udara Ambien

No.	Parameter	Alat Sampling	Metode Sampling
1	Hidrokarbon	Carbon Tube dan Air Pump	Dry Method
2	Sulfur Dioxide (SO ₂)	Impinger dan Air Pump	Wet Method
3	Nitrogen Oxide (NO ₂)	Impinger dan Air Pump	Wet Method
4	Ozone (O ₃)	Impinger dan Air Pump	Wet Method
5	Carbon monoxide (CO)	Impinger dan Air Pump	Wet Method
6	Carbon Dioxide (CO ₂)	Impinger dan Air Pump	Wet Method
7	TSP (Dust)	HVAS	Active Method
8	Lead (Pb)	HVAS	Active Method
9	Bising	Sound Level Meter	Direct Reading
10	Hydrogen Sulfide (H ₂ S)	Impinger dan Air Pump	Wet Method
11	Ammonia (NH ₃)	Impinger dan Air Pump	Wet Method
12	Methyl Sulfide	Carbon Tube dan Air Pump	Dry Method
13	Methyl Mercaptan	Carbon Tube dan Air Pump	Dry Method
14	Styrene	Carbon Tube dan Air Pump	Dry Method
15	Opacity	Stack Sampling	Dry Method

Data kualitas udara dan kebisingan dapat diperoleh melalui pengambilan contoh udara dan khusus untuk pengukuran tingkat kebisingan dapat langsung diukur di lapangan dengan menggunakan alat *sound level meter*.

Tabel 9. Baku Mutu Udara Ambient dan Tingkat Kebauan

NO.	PARAMETER	WAKTU PENGUKURAN	BAKU MUTU*)	SATUAN	METODE
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 Jam	900	µg/Nm ³	SNI 19-7119.7-2005
		24 Jam	365	µg/Nm ³	
2	Karbon Monoksida (CO)	1 Jam	30.000	µg/Nm ³	SNI 19-7117.10-2005
		24 Jam	10.000	µg/Nm ³	
3	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 Jam	400	µg/Nm ³	SNI 19-7119.2-2005
		24 Jam	150	µg/Nm ³	
4	Oksidan (O ₃)	1 Jam	235	µg/Nm ³	SNI 19-7119.8-2005
5	Hidrokarbon (HC)	3 Jam	160	µg/Nm ³	SNI 19-7119.13-2009
6	Debu (TSP)	24 Jam	230	µg/Nm ³	SNI 19-7119.3-2005
		-	-	µg/Nm ³	
7	Timbal (Pb)	24 Jam	2	µg/Nm ³	SNI 19-7119.4-2005
		-	-	µg/Nm ³	
8	Amonia (NH ₃)	-	2 **)	ppm	SNI 19-7119.1-2005
9	Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	-	0,02 **)	ppm	Method of Air Sampling & Analysis 3 rd ed.part 2.701

Keterangan:

*) =PPRI No. 41 Tahun 1999 Baku Mutu Udara Ambient Nasional

***) =KEP. 50/MENLH/XI/1996 Baku Tingkat Kebauan

N =Satuan Volume Hisap Udara Kering dikoreksi pada Kondisi Normal (25°C, 76 cmHg)

Tabel 10. Baku Mutu Kualitas Udara Emisi Cerobong Asap

NO.	PARAMETER	SATUAN	BAKU *) MUTU	METODA
1	Partikulat	mg/m ³	230	SNI 19-7117.12-2005
2	Sulfur Dioksida (SO ₂ **)	mg/m ³	750	22-9/IK/UETB-0
3	Nitrogen Oksida ditentukan sebagai NO ₂ **)	mg/m ³	825	22-9/IK/UETB-0
4	Opasitas	%	20	SNI 19-7117.11-2005

Keterangan :

*) = Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 7 Tahun 2007 (Lampiran IV tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Ketel Uap Yang Menggunakan Bahan Bakar Batubara

- Konsentrasi Partikulat dikoreksi sebesar 6 % Oksigen
- Volume Gas dalam keadaan standar (25 °C dan tekanan 1atm.)

**) = PERMENLH Nomor 21 tahun 2008

Opasitas emisi adalah tingkat ketidakterlihatan cahaya yang dihasilkan dari gas buang proses pembakaran pada emisi sumber tidak bergerak. Opasitas digunakan sebagai indikator praktis pemantauan dan dikembangkan untuk memperoleh hubungan korelatif dengan pengamatan total partikel.

Tabel 11. Baku Mutu Emisi Untuk Industri Besi dan Baja

Sumber		Parameter	Batas Maksimum (mg/m ³)
1.	Penanganan Bahan Baku (<i>Raw Material Handling</i>)	Total Partikel	600
2.	Tanur Oksigen Basa (<i>Basic Oxygen Furnace</i>)	Total Partikel	600
3.	Tanur Busur Listrik (<i>Electric Arc Furnace</i>)	Total Partikel	600
4.	Dapur Pemanas (<i>Reheating Furnace</i>)	Total Partikel	600
5.	Dapur Proses Pelunakan Baja (<i>Annealing Furnace</i>)	Total Partikel	600
6.	Proses Celup Lapis Metal (<i>Acid Pickling dan Regeneration</i>)	Total Partikel	600
		<i>Hydrochloric Acid Fumes (HCl)</i>	10
7.	Tenaga Ketel Uap (<i>Power Boiler</i>)	Total Partikel	400
		Sulfur Dioksida (SO ₂)	1200
		Nitrogen Oksida (NO ₂)	1400
8.	Semua Sumber	Opasitas	40%

Sumber: KEP-13/MENLH/3/1995 Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak

Catatan:

- Nitrogen oksida ditentukan sebagai NO₂
- Volume gas dalam keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm).
- Untuk sumber pembakaran, partikulat dikoreksi sebesar 10% oksigen.
- Opasitas digunakan sebagai indikator praktis pemantauan dan dikembangkan untuk memperoleh hubungan korelatif dengan pengamatan total partikel.
- pemberlakuan BME untuk 95 % waktu normal selama tiga bulan.

Tabel 12. Baku Mutu Emisi Untuk Industri Pulp dan Kertas

Sumber		Parameter	Batas Maksimum (mg/m ³)
1.	Tungku Recovery (<i>Recovery Furnace</i>)	Total Partikel	400
		Total Sulfur Tereduksi (Total Reduced Sulphur - TRS)	20
2.	Tanur Putar Pembakaran Kapur (<i>Lime Klin</i>)	Total Partikel	400
		Total Sulfur Tereduksi (Total Reduced Sulphur - TRS)	40
3.	Tangki Pelarutan Lelehan (<i>Smelt Dissolving Tank</i>)	Total Partikel	400
		Total Sulfur Tereduksi (Total Reduced Sulphur - TRS)	40
4.	Digester	Total Sulfur Tereduksi (Total Reduced Sulphur - TRS)	14
5.	Unit Pemutihan (<i>Bleach Plant</i>)	Khlorin (Cl ₂)	15
		Khlorin dioksida (ClO ₃)	130
6.	Tenaga Ketel Uap (<i>Power Boiler</i>)	Total Partikel	400
		Sulfur Dioksida (SO ₂)	1200
		Nitrogen Oksida (NO ₂)	1400
7.	Semua Sumber	Opasitas	40%

Sumber: KEP-13/MENLH/3/1995 Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak

Catatan:

- TRS ditentukan sebagai H₂. TRS meliputi adanya senyawa Hidrogen Sulfida, Metil Merkaptan, Dimetil Sulfida, Dimetil Disulfida.
- Nitrogen oksida ditentukan sebagai NO₂
- Koreksi 8% oksigen untuk Tungku Recovery.
- Koreksi 7% oksigen untuk Boiler.
- Koreksi 10% untuk sumber lain (selain Tungku Recovery dan Boiler).
- Volume gas dalam keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm).

- Opasitas digunakan sebagai indikator praktis pemantauan dan dikembangkan untuk memperoleh hubungan korelatif dengan pengamatan total partikel.
- pemberlakuan BME untuk 95 % waktu normal selama tiga bulan.

Tabel 13. Baku Mutu Emisi Untuk Kegiatan PLTU yang Menggunakan Bahan Bakar Batubara

Parameter		Batas Maksimum (mg/m³)
1.	Total Partikel	300
2.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	1500
3.	Nitrogen Oksida (NO ₂)	1700
4.	Opasitas	40%

Sumber: KEP-13/MENLH/3/1995 Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak

Catatan:

- Nitrogen oksida ditentukan sebagai NO₂
- Konsentrasi partikulat dikoreksi sebesar 3% O₂
- Volume Gas dalam keadaan standar (25 °C dan Tekanan 1 atm)
- Opasitas digunakan sebagai indikator praktis pemantauan dan dikembangkan untuk memperoleh hubungan korelatif dengan pengamatan total partikel
- Pemberlakuan BME untuk 95% waktu operasi normal selama tiga bulan

Tabel 14. Baku Mutu Emisi Untuk Industri Semen

Sumber		Parameter	Batas Maksimum (mg/m ³)
1	Tungku Recovery (Kilns)	Total Partikel	150
		Sulfur Dioksida (SO ₂)	1500
		Nitrogen Oksida (NO ₂)	1800
		Opasitas	35%
2	Pendingin Terak (Clinker Coolers)	Total Partikel	150
3	Milling, Grinding, Alat Pengangkut, Conveying), Pengepakan (Bagging)	Total Partikel	150
4	Tenaga Ketel Uap (Power Boiler)	Total Partikel	400
		Sulfur Dioksida (SO ₂)	1200
		Nitrogen Oksida (NO ₂)	1400

Sumber: KEP-13/MENLH/3/1995 Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak

Catatan:

1. Nitrogen oksida ditentukan sebagai NO₂
2. Volume Gas dalam keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm)
3. Konsentrasi partikel untuk sumber pembakaran (misal: Kiln) harus dikoreksi sampai 7% oksigen
4. Standar diatas berlaku untuk proses kering
5. Batas maksimum total partikel untuk: (i) Proses basah = 250 mg/m³ (ii) Shaft kiln = 500 mg/m³
6. Opasitas digunakan sebagai indikator praktis pemantauan dan dikembangkan untuk memperoleh hubungan korelatif dengan pengamatan total partikel
7. Pemberlakuan BME untuk 95% waktu operasi normal selama tiga bulan

Tabel 15. Dampak Pencemaran Udara Pada Kesehatan Masyarakat

BAHAN PENCEMAR	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA MANUSIA / KESEHATAN MASYARAKAT
Suhu Udara	Alamiah, kegiatan industry, domestic, transportasi dan kegiatan pembakaran lainnya.	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam ruangan; suhu udara yang tinggi dapat mempercepat timbul kelelahan kerja, mempercepat metabolisme tubuh, dehidrasi tubuh, dan dapat mempermudah menjalarnya api pada saat terjadi kebakaran bangunan, memicu timbulnya listrik static pada benda plastik. • Katalisator timbulnya penyakit tertentu yang berakibat pada terganggunya kesehatan manusia. • Di alam terbuka; suhu udara yang tinggi dapat mempercepat proses penguapan, menghambat proses fotosintesis, terganggunya pertumbuhan tanaman, kekeringan. Dapat menyebabkan kematian pada vegetasi. • Api/kebakaran mudah menyebar.
Kelembaban udara	Alamiah, kegiatan yang banyak menggunakan air dan tidak ada sirkulasi udara.	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam ruangkankerja misalnya; kelembaban yang terlalu tinggi dapat menghambat produktivitas kerja, memacu terjadi penyakit paru basah. • Katalisator timbulnya

BAHAN PENCEMAR	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA MANUSIA / KESEHATAN MASYARAKAT
		<p>penyakit tertentu yang berakibat pada terganggunya kesehatan manusia.</p>
Timbal (Pb)	Pembakaran bahan bakar bensin	<ul style="list-style-type: none"> • Jika berada di atas standar baku mutu, maka sangat membahayakan kesehatan manusia karena cenderung untuk berakumulasi dalam jaringan tubuh manusia dan meracuni jaringan syaraf • menghambat pertumbuhan vegetasi, bintik hitam particulat yang terdeposisi dipermukaan tanaman sehingga dapat menghambat proses fotosintesis
Sulfur Dioksida (SO ₂)	Pembakaran bahan bakar Batu bara atau bahan bakar minyak yang mengandung Sulfur. Pembakaran limbah pertambangan. Proses-proses dalam kegiatan industri.	<ul style="list-style-type: none"> • Pemajanan melalui ingesti efeknya berat, rasa terbakar dimulut, pharynx, abdomen yang disusul dengan muntah, diare, tinja merah gelap (melena). Tekanan darah turun drastis • Pemajanan melalui inhalasi, menyebabkan iritasi saluran pernafasan, batuk, rasa tercekik, kemudian dapat terjadi edema paru, rasa sempit didada, tekanan darah rendah dan nadi cepat • pemajanan melalui kulit terasa sangat nyeri dan kulit terbakar • Menimbulkan efek iritasi pada saluran pernafasan sehingga menimbulkan gejala batuk dan sesak nafas. • menyebabkan pedih pada

BAHAN PENCEMAR	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA MANUSIA / KESEHATAN MASYARAKAT
		<p>mata</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rasa pedih pada mata, polusi, iritasi saluran pernafasan, batuk, kemudian dapat terjadi edema paru, rasa sempit didada, tekanan darah rendah dan nadi cepat, kulit terbakar. • pemajanan lewat ingesti efeknya berat, rasa terbakar dimulut, pharynx, abdomen yang disusul dengan muntah, diare, tinja merah gelap (melena). Tekanan darah turun drastis • pemajanan lewat inhalasi, menyebabkan iritasi saluran pernafasan, batuk, rasa tercekik, kemudian dapat terjadi edema paru, rasa sempit didada, tekanan darah rendah dan nadi cepat • pemajanan lewat kulit terasa sangat nyeri dan kulit terbakar • menyebabkan pedih pada mata
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	Bau Bangkai, bau sampah, bau got, bau limbah, gas kawah gunung yang masih aktif.	<ul style="list-style-type: none"> • Menimbulkan bau yang tidak sedap, dapat merusak indera penciuman (nervus olfactory) • Dalam jumlah besar dapat memperbesar keasaman air sehingga dapat menyebabkan korosifitas pada pipa-pipa logam dan H₂S bersifat sangat beracun dan berbau busuk

BAHAN PENCEMAR	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA MANUSIA / KESEHATAN MASYARAKAT
		<ul style="list-style-type: none"> • Zat beracun dapat menyerap pada tumbuhan dan menimbulkan bahaya bila dikonsumsi • Menimbulkan bau yang tidak sedap, bersifat racun yang dapat membahayakan lingkungan sekitar • dalam jumlah besar dapat memperbesar keasaman air sehingga dapat menyebabkan korosifitas pada pipa-pipa logam
<ul style="list-style-type: none"> ○ Nitrogen Oksida (N₂O) ○ Nitrogen Monoksida (NO) ○ Nitrogen Dioksida (NO₂) 	<p>Berbagai jenis pembakaran. Gas buang kendaraan bermotor. Peledak, pabrik pupuk.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mengganggu sistem pernapasan. • Melemahkan sistem pernapasan paru dan saluran nafas sehingga paru mudah terserang infeksi. • Keracunan akut sehingga tubuh menjadi lemah, batuk yang menyebabkan edema pada paru-paru, meningkatkan timbulnya penyakit asthma, bronchiale, emphysema pulmonum, mempengaruhi kapasitas fungsi paru bila menghirup dalam jangka panjang dan menghambat perjalanan oksigen di dalam tubuh • menyebabkan korosifitas pada logam bila bereaksi dengan uap air.
Amoniak (NH ₃)	Proses-proses dalam kegiatan industri	<ul style="list-style-type: none"> • Amoniak relatif beracun dan dapat menimbulkan bau yang sangat tajam dan menusuk hidung

BAHAN PENCEMAR	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA MANUSIA / KESEHATAN MASYARAKAT
		<ul style="list-style-type: none"> • Pada lingkungan perairan, meningkatnya konsentrasi amoniak di perairan dapat mengakibatkan melimpahnya fitoplankton sehingga dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi di perairan • Amoniak relatif beracun terhadap ikan daripada dalam bentuk basanya (NH_3)Menimbulkan bau yang tidak sedap/menyengat. • Menyebabkan sistem pernapasan, Bronchitis, merusak indera penciuman.
<ul style="list-style-type: none"> ○ Karbon Dioksida (CO_2) 	<p>Semua hasil pembakaran. Proses-proses dalam kegiatan industri</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Menimbulkan efek sistematis, karena meracuni tubuh dengan cara pengikatan hemoglobin yang amat vital bagi oksigenasi jaringan tubuh akibatnya apabila otak kekurangan oksigen dapat menimbulkan kematian. • Dalam jumlah kecil dapat menimbulkan gangguan berfikir, gerakan otot, gangguan jantung. • Polusi, perih pada mata, sesak nafas, gangguan pada paru-paru • CO_2 dapat diserap oleh tanaman melalui proses fotosintesis (dampak positif). • menyebabkan korosifitas pada logam bila bereaksi dengan uap air

BAHAN PENCEMAR	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA MANUSIA / KESEHATAN MASYARAKAT
<ul style="list-style-type: none"> ○ Karbon Monoksida (CO) ○ Hidrokarbon (HC) 	<p>Semua hasil pembakaran. Proses-proses dalam kegiatan industry.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Menghambat pembentukan formasi karbon-hemoglobin dalam darah, Mengurangi kapasitas pengangkutan oksigen oleh darah ke organ vital, Mengganggu penglihatan, Meningkatkan timbulnya penyakit pada lambung dan perut, Memicu penyakit kardiovaskuler, meningkatkan gangguan stress fisiologis, mengecilnya berat badan janin, meningkatkan tingkat kematian pada bayi, memicu terjadinya kerusakan otak. • Keracunan akut: Terjadi setelah terpajan Karbon monoksida berkadar tinggi. Yang dapat mengakibatkan gangguan fungsi otak atau hypoxia, susunan syaraf dan jantung, karena organ tersebut kekurangan oksigen dan selanjutnya dapat mengakibatkan kematian • Keracunan Kronis: Terjadi karena terpajan berulang-ulang oleh CO yang berkadar rendah atau sedang. Yang dapat menimbulkan kelainan pada pembuluh darah, gangguna fungsi ginjal, jantung dan darah. Menimbulkan efek sistematik, karena

BAHAN PENCEMAR	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA MANUSIA / KESEHATAN MASYARAKAT
		<p>meracuni tubuh dengan cara pengikatan hemoglobin yang amat vital bagi oksigenasi jaringan tubuh akaibatnya apabila otak kekurangan oksigen dapat menimbulkan kematian.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dalam jumlah kecil dapat menimbulkan gangguan berfikir, gerakan otot, gangguan jantung.
Partikulat/ Partikel debu	Kegiatan yang menghasilkan debu dan asap.	<ul style="list-style-type: none"> • ISPA • partikel debu dapat berdampak pada lingkungan sekitar (manusia). Dimana SPM masuk langsung keparu-paru dan mengendap di alveoli yang dapat mengganggu saluran pernafasan bagian atas dan menyebabkan iritasi. • Menghambat proses fotosintesis jika debu menempel pada daun vegetasi.
Opasitas	Kegiatan yang menghasilkan debu dan asap.	<ul style="list-style-type: none"> • ISPA • Opasitas digunakan sebagai indikator praktis pemantauan lingkungan dan dikembangkan untuk memperoleh hubungan korelatif dengan pengamatan jumlah/total partikel

Kegiatan pengukuran kualitas udara di lingkungan kehutanan atau pada peristiwa kebakaran hutan dan analisis terhadap kesehatan lingkungan dan masyarakat di sekitarnya.



Gambar 30. Kegiatan Sampling Kualitas Udara Ambien

Dampak pencemaran udara terhadap lingkungan hidup dapat dijelaskan sebagai berikut:

Pencemaran terhadap udara dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan hidup, antara lain: hujan asam, terjadinya penipisan lapisan ozon di stratosfer, mesosfer, dan termosfer serta terjadinya pemanasan global.

Hujan Asam

Istilah hujan asam pertama kali diperkenalkan oleh A. Smith ketika ia menulis tentang polusi industri di Inggris. Hujan asam adalah hujan yang memiliki kandungan pH (derajat keasaman) kurang dari pH 5,6.



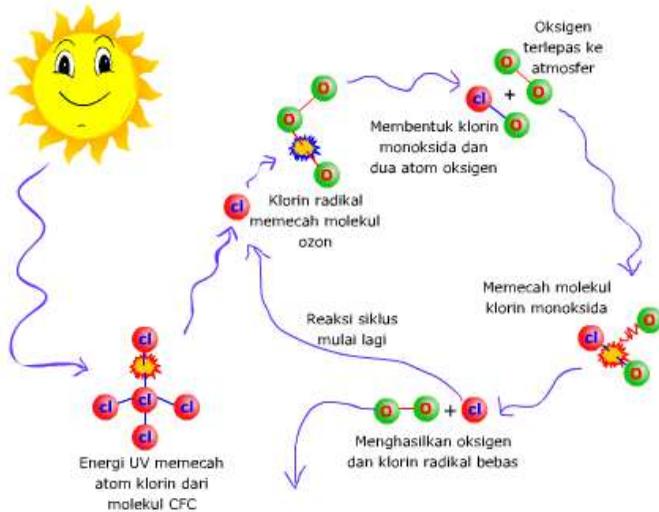
Gambar 31. Proses Terbentuknya Hujan Asam

Sulfur dioksida atau SO_2 dan Nitrogen Oksida atau NO_x (berupa NO_2 dan NO_3) yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil (kendaraan bermotor) dan pembakaran batubara (pabrik dan pembangkit energi listrik) akan menguap ke udara. Sebagian lainnya bercampur dengan O_2 yang dihirup oleh makhluk hidup, dan sisanya akan langsung mengendap di tanah sehingga mencemari air dan mineral tanah. SO_2 dan NO_x (berupa NO_2 dan NO_3) yang terlepas ke udara akan bercampur dengan uap air di udara. Dengan bantuan cahaya matahari, senyawa tersebut akan diubah menjadi tetesan-tetesan asam yang kemudian turun ke bumi sebagai hujan asam. Namun, bila H_2SO_2 dan HNO_2 dalam bentuk butiran-butiran padat dan halus turun ke permukaan bumi akibat adanya gaya gravitasi bumi, maka peristiwa ini disebut dengan deposisi asam.

Penipisan Lapisan Ozon

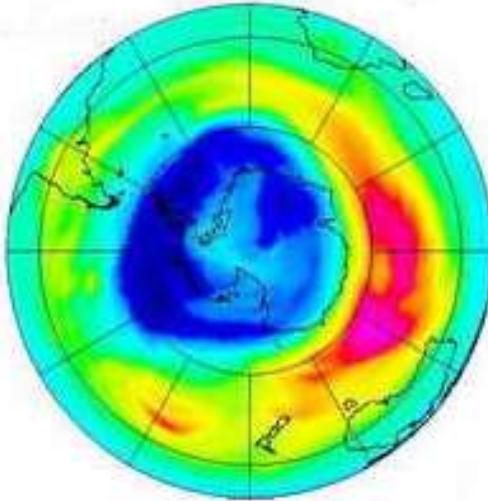
Ozon (O_3) adalah senyawa kimia yang memiliki tiga ikatan oksigen yang bersifat tidak stabil. Pada atmosfer bumi, ozon terbentuk secara alamiah dan terletak di lapisan stratosfer pada ketinggian 15 - 60 km di atas permukaan bumi. Fungsi dari lapisan ozon ini adalah untuk melindungi bumi dari pengaruh radiasi sinar ultraviolet yang dipancarkan sinar matahari ke

bumi, dan sinar ultraviolet ini sangat berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup termasuk manusia.



Gambar 32. Proses Kerusakan Ozon Oleh Khlorin

Namun, zat kimia buatan manusia yang disebut sebagai ODS (*Ozone Depleting Substances*) atau BPO (Bahan Perusak Ozon) ternyata mampu merusak lapisan ozon sehingga akhirnya lapisan ozon menipis. Hal ini dapat terjadi karena zat kimia buatan tersebut dapat membebaskan atom khlorida (Cl) yang akan mempercepat lepasnya ikatan O₃ menjadi O₂. Lapisan ozon yang berkurang disebut sebagai lubang ozon (*ozone hole*) atau ada yang menyebutnya sebagai penipisan ozon (*ozone depletion*).



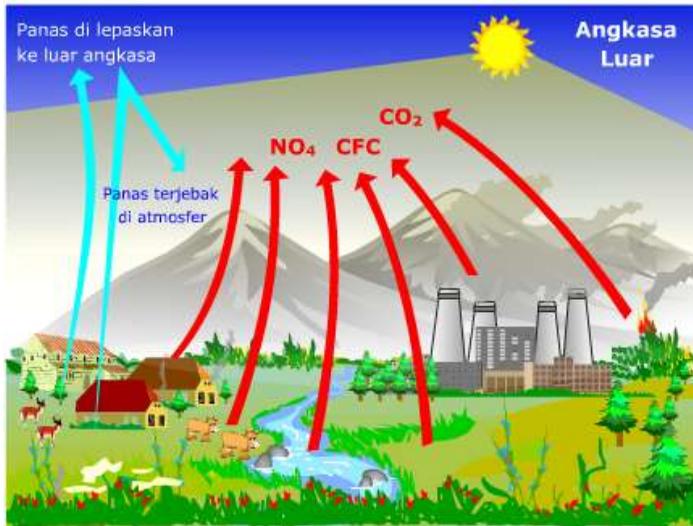
Gambar 33. Lubang Ozon

Diperkirakan telah timbul adanya lubang ozon di Benua Artik dan Antartika. Oleh karena itulah, PBB menetapkan setiap tanggal 16 September setiap tahunnya diperingati sebagai hari ozon dunia dengan tujuan agar lapisan ozon terjaga dan tidak mengalami kerusakan yang lebih parah parah.

Pemanasan Global:

Para ahli menyebutkan bahwa kadar CO₂ yang tinggi di lapisan atmosfer dapat menghalangi pantulan panas dari bumi ke atmosfer sehingga permukaan bumi menjadi lebih panas. Peristiwa ini disebut dengan efek gas rumah kaca (*green house gas effect*). Efek gas rumah kaca ini mempengaruhi terjadinya kenaikan suhu udara di bumi atau sering disebut sebagai pemanasan global (*global warming*). Pemanasan global adalah kenaikan suhu rata-rata di seluruh dunia dan menimbulkan dampak berupa berubahnya pola iklim.

Proses terjadinya efek rumah kaca dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 34. Peristiwa Terjadinya Efek Gas Rumah Kaca

Permukaan bumi akan menyerap sebagian radiasi matahari yang masuk ke bumi dan memantulkan sisanya. Namun, karena meningkatnya CO_2 di lapisan atmosfer maka pantulan radiasi matahari dari bumi ke atmosfer tersebut terhalang dan akan kembali dipantulkan ke bumi. Akibatnya, suhu di seluruh permukaan bumi menjadi semakin panas atau pemanasan global. Peristiwa ini sama dengan yang terjadi di rumah kaca. Rumah kaca membuat suhu di dalam ruangan rumah kaca menjadi lebih panas bila dibandingkan di luar ruangan. Hal ini dapat terjadi karena radiasi matahari yang masuk ke dalam rumah kaca tidak dapat keluar.



Gambar 35. Kegiatan Sampling Kualitas Udara Ambient

Pengendalian Pencemaran Udara

Udara mempunyai arti yang sangat penting di dalam kehidupan makhluk hidup dan keberadaan benda-benda lainnya. Sehingga udara merupakan sumber daya alam yang harus dilindungi untuk hidup dan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Hal ini berarti bahwa pemanfaatannya harus dilakukan secara bijaksana dengan memperhitungkan kepentingan generasi sekarang dan yang akan datang. Untuk mendapatkan udara sesuai dengan tingkat kualitas yang diinginkan maka pengendalian pencemaran udara menjadi sangat penting untuk dilakukan. Pencemaran udara diartikan sebagai turunnya kualitas udara sehingga udara mengalami penurunan mutu dalam penggunaannya yang akhirnya tidak dapat digunakan lagi sebagaimana mestinya sesuai dengan fungsinya.

Dalam pencemaran udara selalu terkait dengan sumber yang menghasilkan pencemaran udara yaitu sumber yang bergerak (umumnya kendaraan bermotor) dan sumber yang tidak bergerak (umumnya kegiatan industri) sedangkan pengendaliannya selalu terkait dengan seangkaian kegiatan pengendalian yang bermuara dari batasan baku mutu udara. Dengan adanya tolok ukur baku mutu udara maka akan dapat dilakukan penyusunan dan penetapan kegiatan pengendalian pencemaran udara. Penjabaran kegiatan pengendalian

pencemaran udara nasional merupakan arahan dan pedoman yang sangat penting untuk pengendalian pencemaran udara di daerah. Disamping sumber bergerak dan sumber tidak bergerak seperti tersebut di atas, terdapat emisi yang spesifik yang penanganan upaya pengendaliannya masih belum ada acuan baik ditingkat nasional maupun internasional. Sumber emisi ini adalah pesawat terbang, kapal laut, kereta api, dan kendaraan berat spesifik lainnya. Maka penggunaan sumber-sumber emisi spesifik tersebut diatas harus tetap mempertimbangkan kaidah-kaidah pengelolaan lingkungan hidup.

Mengacu kepada Undang-undang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup ditetapkan bahwa sasaran pengelolaan lingkungan hidup adalah tercapainya keselarasan, keserasian dan keseimbangan antara manusia dan lingkungan hidup dengan mempertimbangkan generasi kini dan yang akan datang serta terkendalinya pemanfaatan sumber daya alam secara bijaksana. Pengendalian pencemaran udara mengacu kepada sasaran tersebut sehingga pola kegiatannya terarah dengan tetap mempertimbangkan hak dan kewajiban serta peran serta masyarakat. Selanjutnya ditegaskan pula bahwa hak setiap anggota masyarakat atas lingkungan hidup yang baik dan sehat yang diikuti dengan kewajiban untuk memelihara dan melestarikan fungsi lingkungan hidup. Sehingga setiap orang mempunyai peran yang jelas di dalam hak dan kewajibannya mengelola lingkungan hidup. Dalam peraturan pemerintah ini juga diatur hak dan kewajiban setiap anggota masyarakat serta setiap pelaku usaha dan/atau kegiatan agar dalam setiap langkah kegiatannya tetap menjaga dan memelihara kelestarian fungsi lingkungan hidup.

Pengendalian pencemaran udara mencakup kegiatan-kegiatan yang berintikan:

1. inventarisasi kualitas udara daerah dengan mempertimbangkan berbagai kriteria yang ada dalam pengendalian pencemaran udara;

2. penetapan baku mutu udara ambien dan baku mutu emisi yang digunakan sebagai tolok ukur pengendalian pencemaran udara;
3. penetapan mutu kualitas udara di suatu daerah termasuk perencanaan pengalokasian kegiatan yang berdampak mencemari udara;
4. pemantauan kualitas udara baik ambien dan emisi yang diikuti dengan evaluasi analisis;
5. pengawasan terhadap penataan peraturan pengendalian pencemaran udara;
6. peran masyarakat dalam kpedulian terhadap pengendalian pencemaran udara;
7. kebijakan bahan bakar yang diikuti dengan serangkaian kegiatan terpadu dengan mengacu kepada bahan bakar bersih dan ramah lingkungan;
8. penetapan kebijakan dasar baik teknis maupun non-teknis dalam pengendalian pencemaran udara secara nasional.

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya; Pengendalian pencemaran udara adalah upaya pencegahan dan/atau penanggulangan pencemaran udara serta pemulihan mutu udara; Sumber pencemar adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya; Udara ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya; Mutu udara ambien adalah kadar zat, energi, dan/atau komponen lain yang ada di udara bebas; Status mutu udara ambien adalah keadaan mutu udara di suatu tempat pada saat dilakukan inventarisasi; Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada

dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien; Perlindungan mutu udara ambien adalah upaya yang dilakukan agar udara ambien dapat memenuhi fungsi sebagaimana mestinya; Emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar; Mutu emisi adalah emisi yang boleh dibuang oleh suatu kegiatan ke udara ambien; Sumber emisi adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan emisi dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak maupun sumber tidak bergerak spesifik; Sumber bergerak adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor; Sumber bergerak spesifik adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kereta api, pesawat terbang, kapal laut dan kendaraan berat lainnya; Sumber tidak bergerak adalah sumber emisi yang tetap pada suatu tempat; Sumber tidak bergerak spesifik adalah sumber emisi yang tetap pada suatu tempat yang berasal dari kebakaran hutan dan pembakaran sampah; Baku mutu emisi sumber tidak bergerak adalah batas kadar maksimum dan/atau beban emisi maksimum yang diperbolehkan masuk atau dimasukkan ke dalam udara ambien; Ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor adalah batas maksimum zat atau bahan pencemar yang boleh dikeluarkan langsung dari pipa gas buang kendaraan bermotor; Sumber gangguan adalah sumber pencemar yang menggunakan media udara atau padat untuk penyebarannya, yang berasal dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak, atau sumber tidak bergerak spesifik; Baku tingkat gangguan adalah batas kadar maksimum sumber gangguan yang diperbolehkan masuk ke udara dan/atau zat padat; Ambang batas kebisingan kendaraan bermotor adalah batas maksimum energi suara yang boleh dikeluarkan langsung dari mesin dan/atau transmisi kendaraan bermotor; Kendaraan bermotor adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu; Kendaraan bermotor tipe baru adalah kendaraan bermotor yang

menggunakan mesin dan/atau transmisi tipe baru yang siap diproduksi dan dipasarkan, atau kendaraan yang sudah beroperasi tetapi akan diproduksi ulang dengan perubahan desain mesin dan sistem transmisinya, atau kendaraan bermotor yang diimpor tetapi belum beroperasi di jalan wilayah Republik Indonesia; Kendaraan bermotor lama adalah kendaraan yang sudah diproduksi, dirakit atau diimpor dan sudah beroperasi di jalan wilayah Republik Indonesia; Uji tipe emisi adalah pengujian emisi terhadap kendaraan bermotor tipe baru; Uji tipe kebisingan adalah pengujian tingkat kebisingan terhadap kendaraan bermotor tipe baru; Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu, yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya; Inventarisasi adalah kegiatan untuk mendapatkan data dan informasi yang berkaitan dengan mutu udara; Instansi yang bertanggung jawab adalah instansi yang bertanggung jawab di bidang pengendalian dampak lingkungan; Menteri adalah Menteri yang ditugasi untuk mengelola lingkungan hidup; Gubernur adalah Gubernur Kepala Daerah Tingkat I.

Tabel 16. Baku Tingkat Getaran Untuk Kenyamanan dan Kesehatan

Frekuensi (Hz)	Nilai Tingkat Getaran dengan Satuan Mikron (10^{-6} meter)			
	Tidak Mengganggu	Mengganggu	Tidak nyaman	Menyakitkan
4	< 100	100-500	>500-1000	>1000
5	< 80	80-350	>350-1000	>1000
6,3	< 70	70-275	>275-1000	>1000
8	< 50	50-160	>160-500	>500
10	< 37	37-120	>120-300	>300
12,5	< 32	32-90	>90-220	>220
16	< 25	25-60	>60-120	>120
20	< 20	20-40	>40-85	>85
25	< 7	17-30	>30-50	>50
31,5	< 2	12-20	>20-30	>30
25	< 7	17-30	>30-50	>50
31,5	< 2	12-20	>20-30	>30
40	< 9	9-15	>15-20	>20
50	< 8	8-12	>12-15	>15
63	< 6	6-9	>9-12	>12

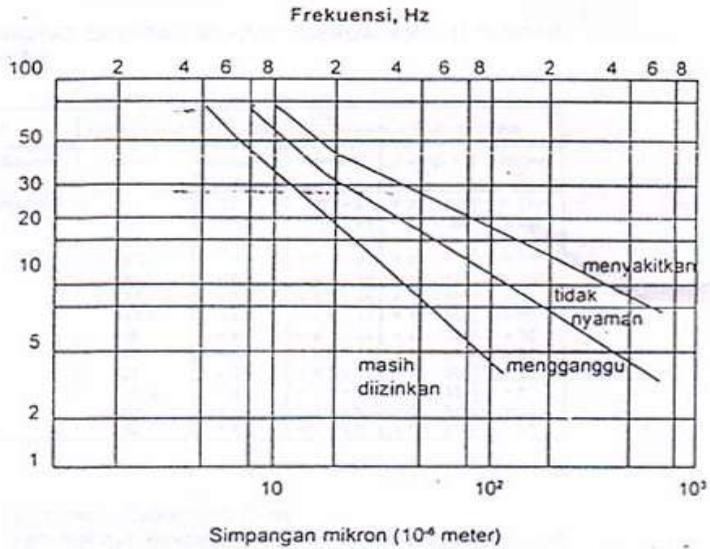
Sumber: KepMenLH No. 49/1996

Konversi :

Percepatan = $(2\pi f)^2 \times$ simpangan

Kecapatan = $2\pi f \times$ simpangan

$\pi = 3,14$



Gambar 36. Grafik baku tingkat Getaran untuk Kenyamanan dan Kesehatan

Tabel 17. Baku Tingkat Getaran Mekanik Berdasarkan Dampak Kerusakan

Getaran		Frekuensi	Batas Gerakan Peak (mm/detik)			
Parameter	Satuan		Kategori A	Kategori B	Kategori C	Kategori D
Kecepatan Getaran	mm/detik	4	<2	2-27	>27-40	>140
		5	<7,5	>7,5-25	>24-130	>130
Frekuensi	Hz	6,3	<7	>7-21	>21-110	>110
		8	<6	>6-19	>19-100	>100
		10	<5,2	>5,2-16	>16-90	>90
		12,5	<4,8	>4,8-15	>15-80	>80
		16	<4	>4-14	>14-70	>70
		20	<3,8	>3,8-12	>12-67	>67
		25	<3,2	>3,2-10	>10-60	>60
		31,5	<3	>3-9	>9-53	>53
		40	<2	>2-8	>8-50	>50
		50	<1	>1-7	>7-42	>42

Sumber: KepMenLH No. 49/1996

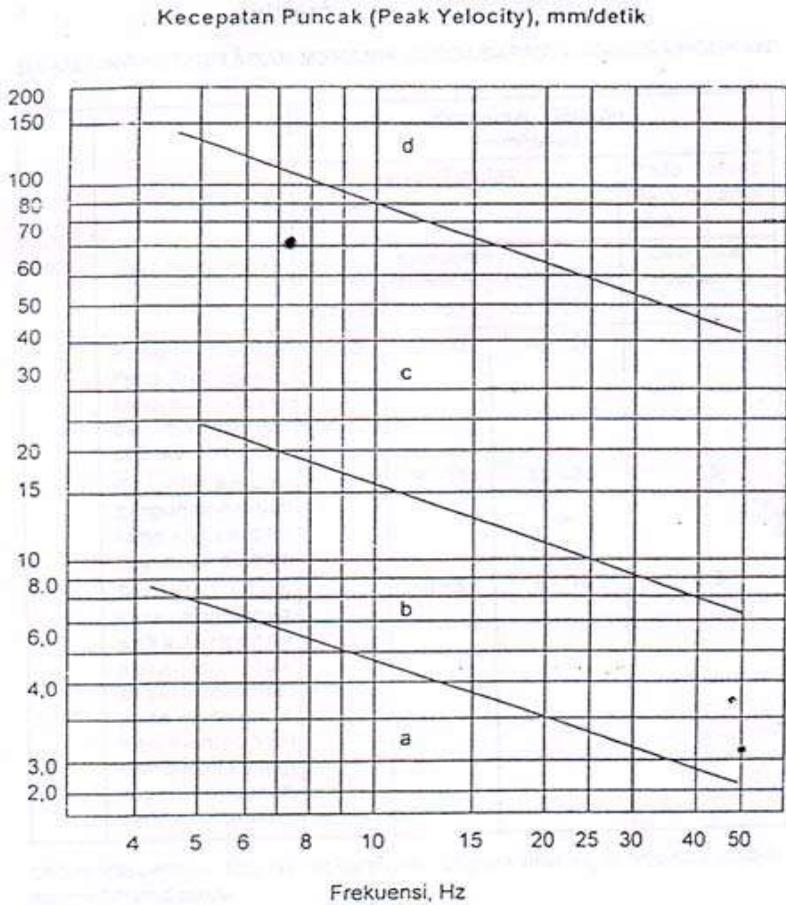
Keterangan :

Kategori A : Tidak menimbulkan kerusakan

Kategori B : Kemungkinan keretakan plesteran (retak/terlepas plesteran ada dinding pemikul beban pada kasus khusus)

Kategori C : Kemungkinan rusak komponen struktur dinding pemikul beban

Kategori D : Rusak dinding pemikul beban



Gambar 37. Grafik Baku Tingkat Getaran Mekanik Berdasarkan Dampak Kerusakan

Tabel 18. Baku Tingkat Getaran Mekanik Berdasarkan Jenis Bangunan

Kelas	Tipe Bangunan	Kecepatan Getaran (mm/detik)			
		Pada Fondasi			Pada Bidang Datar di Lantai Atas
		Frekuensi			
		<10 Hz	10-15 Hz	50-100 Hz	Campuran Frekuensi
1	Bangunan untuk keperluan niaga, bangunan industry dan bangunan sejenis	<10	20-40	40-50	40
2	Perumahan dan bangunan dengan rancangan dan kegunaan sejenis	5	5-15	15-20	15
3	Struktur yang karena sifatnya peka terhadap getaran, tidak seperti tersebut pada nomor 1 dan 2, nilai budaya tinggi seperti bangunan yang dilestarikan	3	3-8	8-10	8,5

Sumber: KepMenLH No. 49/1996

Tabel 19. Baku Tingkat Getaran Kejut

Kelas	Jenis Bangunan	Kecepatan Getaran Maksimum (mm/detik)
1	Peruntukan dan bangunan kuno yang mempunyai nilai sejarah yang tinggi	2
2	Bangunan dengan kerusakan yang sudah ada, tampak keretakan-keretakan pada tembok	5
3	Bangunan untuk dalam kondisi teknis yang baik, ada kerusakan-kerusakan kecil seperti; plesteran yang retak	10
4	Bangunan "kuat" (misalnya; bangunan industry terbuat dari beton atau baja)	10 - 40

Sumber: KepMenLH No. 49/1996

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil-hasil pengukuran kualitas udara ambient adalah sebagai berikut:

Faktor difusi dan dispersi suatu zat ke dalam udara ambient adalah sebagai berikut.

1. Struktur temperatur vertikal yang mempengaruhi pergerakan udara di dalam atmosfer.
2. Struktur angin di wilayah udara yang ada, akan menentukan tingkat penyisihan atmosfer, seperti halnya dampak inversi.
3. Topografi dan orografi dapat merubah profil temperatur dan angin karena adanya pengaruh gabungan gesekan permukaan radiasi dan drainase.
4. Kedalaman lapisan pencampur yang juga akan menentukan tingkat intensitas pencemar udara. Lembah umumnya lebih sering mengalami stagnasi, dibandingkan dengan daerah/dataran terbuka dan rata, atau lereng bukit.
5. Kelembaban dan tekanan juga mempengaruhi kecepatan difusi pencemar yang diemisikan dari sumber kegiatannya.
6. Stabilitas dan instabilitas kecepatan udara.
7. Presipitasi sebagai unsur penyisihan suatu zat dalam udara ambien.

Kendala yang sering dihadapi pada saat pengukuran kualitas udara dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Gas di udara ada yang berbentuk fluida dan memiliki sifat dinamis dan ada yang dalam keadaan terkompresikan.
2. Volume, temperatur dan tekanan udara sangat mempengaruhi konsentrasi unsure atau senyawa kimia yang ada di dalamnya.
3. Temperatur di udara keadaannya sering berubah-ubah, maka mengakibatkan tekanan dan volume udara juga akan berubah pula, sehingga dapat mengakibatkan konsentrasi zat kimia udara yang terukur akan berbeda konsentrasinya dengan konsentrasi pengukuran sebelumnya.

Masalah-masalah yang sering dihadapi dalam menentukan metode pengumpulan data fisik-kimia udara khususnya variasi konsentrasi senyawa udara ambient adalah sebagai berikut:

1. Perubahan yang terjadi di udara atmosfer kadangkala sangat cepat, dimana faktor meteorologis dan fisika kimia atmosfer secara langsung dapat mempengaruhi jumlah dan konsentrasi kimia polutan di udara. Sehingga hal ini dapat menjadi kendala utama dalam menentukan metode dan teknik pengukuran yang tepat.
2. Presisi dan akurasi pengukuran yang tinggi sangat dibutuhkan, hal ini dapat disebabkan oleh karena konsentrasi konstituen atmosfer sangat dipengaruhi oleh:
 - a. Intensitas emisi senyawa dari sumber pencemar.
 - b. Pola penyebaran atmosfer yang merangkum seluruh proses fisik dispersi, difusi, dan kombinasinya.
 - c. Transformasi fisik-kimia pada unsur-unsur kimia tertentu akibat adanya reaksi dengan unsur yang terdapat dalam atmosfer, baik dalam fase gas, cair dan padat dan lain sebagainya.
 - d. Transportasi udara akibat adanya pergerakan arah angin perpindahan secara horisontal maupun vertikal beserta turbulensinya.

Masalah-masalah yang sering dihadapi dalam menentukan metode pengumpulan data fisik-kimia udara terutama aspek variasi konsentrasi akibat faktor lingkungan:

Gas adalah fluida yang bersifat dinamis dan terkompresikan, maka volume, temperatur dan tekanan kerja akan sangat mempengaruhi konsentrasi unsur/senyawa di dalamnya. Perilaku konsentrasi senyawa kimia yang ada di udara; bahwa pengaruh parameter meteorologis sangat perlu diperhatikan. Konsentrasi senyawa yang diukur merupakan suatu fungsi dari:

intensitas emisi sumber emisi, keadaan meteorologis, potensi dispersi atmosfer (kecepatan dan arah angin), kelembaban, radiasi, sinar matahari, tekanan, temperatur, dan jarak titik pengukuran.

Bila temperatur udara berubah maka tekanan dan volume udara akan berubah pula, sehingga konsentrasi pencemar yang terukur akan berbeda dengan konsentrasi semula.

Tujuan Sampling dan Analisis Udara Ambien:

Untuk mengetahui tingkat pencemaran (udara) yang ada di suatu daerah dan mengacu pada ketentuan-perundangan yang berlaku.

- Data Base dalam evaluasi pengaruh (pengembangan kota, tata guna lahan, transportasi, evaluasi penerapan strategi pengendalian pencemaran).
- Pengamatan kecenderungan tingkat pencemaran
- Menentukan dan melaksanakan prosedur operasional yang standard pada saat pengendalian keadaan darurat.

Sampling Udara Ambien Dilakukan Dengan Cara:

- Kontinyu pada interval waktu reguler dan kecil.
- Sampling setengah kontinyu dan reguler misalnya; mingguan, bulanan, tahunan.
- Sampling sesaat tidak kontinyu, hanya dilakukan pada saat-saat tertentu saja.

Tujuan Sampling dan Analisis Udara Emisi:

1. Untuk mengetahui dipenuhi atau tidaknya peraturan-peraturan tentang emisi.
2. Mengukur tingkat emisi berdasarkan laju produksi industri yang ada. (kesetimbangan proses dan emisi)
3. Evaluasi efektivitas metode pengendalian dan peralatan pengendali
4. Beberapa kesalahan yang sering terjadi:
 - Kesalahan sampling dengan pertimbangan faktor lingkungan, metode penangkapan zat pencemar.

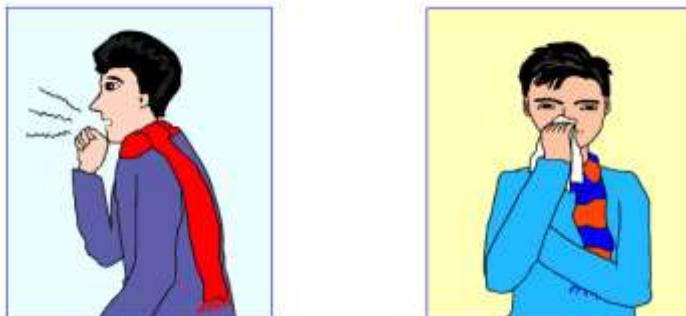
- Kesalahan pada analisis di laboratorium.

Titik Pemantauan Kualitas Udara

Untuk melakukan pemantauan kualitas udara, maka titik pemantauan harus disesuaikan dengan maksud dan tujuan pemantauan berdasarkan sumber pencemaran:

1. Pemantauan titik sumber pencemar (emisi); untuk mengukur kadar emisi pada daerah sumber emisi
2. Pemantauan di daerah dampak; untuk mengukur di sebelah hilir angin (*down wind*) yang menerima secara langsung pengaruh emisi.
3. Pemantauan daerah referensi; untuk mengetahui latar belakang kualitas udara (rona awal lingkungan sebagai pengontrol untuk menganalisis kondisi *up wind* area atau di daerah hulu.
4. Pemantauan pengaruh dari sumber lain; untuk mengetahui pengaruh sumber utama pencemar lain selain sumber yang diamati

Dampak Negative Pencemaran Udara Bagi Lingkungan Hidup;
Dampak pencemaran udara akan mempengaruhi keadaan lingkungan kehidupan, pencemaran udara akan memberikan dampak negatif bagi kehidupan makhluk hidup lain selain manusia yaitu organisme, baik hewan maupun tumbuhan.



Gambar 38. Batuk - Demam dan Daya Tahan Tubuh Menurun Dapat Disebabkan Udara Tercemar

Dampak pencemaran udara bagi manusia, antara lain:

1. Karbon monoksida (CO); zat karbon monoksida mampu mengikat Hb (hemoglobin) sehingga pasokan O₂ ke jaringan tubuh terhambat. Hal tersebut menimbulkan gangguan kesehatan berupa; rasa sakit pada dada, nafas pendek, sakit kepala, mual, menurunnya pendengaran dan penglihatan menjadi kabur. Selain itu, fungsi dan koordinasi motorik menjadi lemah. Bila keracunan berat (70 – 80 % Hb dalam darah telah mengikat CO), dapat menyebabkan pingsan dan diikuti dengan kematian.
2. Nitrogen dioksida (SO₂); manusia yang terpapar zat nitrogen dioksida dapat menyebabkan timbulnya serangan asma pada orang yang kondisi tubuhnya kurang baik.
3. Hidrokarbon (HC); manusia yang terpapar zat hidrokarbon dapat menyebabkan kerusakan otak, otot dan jantung.
4. Chlorofluorocarbon (CFC); manusia yang terpapar CFC dapat menyebabkan melanoma (kanker kulit) khususnya bagi orang-orang berkulit terang, katarak dan melemahnya sistem daya tahan tubuh.
5. Timbal (Pb); manusia yang terpapar zat Pb dapat menyebabkan terjadinya gangguan serius pada tahap awal pertumbuhan fisik dan mental serta mempengaruhi kecerdasan otak. Keadaan ini terutama terjadi pada anak balita.

6. Ozon (O_3); zat ozon dapat menyebabkan iritasi pada hidung, tenggorokan terasa terbakar dan memperkecil paru-paru.
7. NO_x (sering terjadi dalam bentuk NO_2); zat nitrogen dioksida ini dapat menyebabkan iritasi pada paru-paru, mata dan hidung.

Dampak Pencemar Udara Bagi Kehidupan Hewan

1. Pada saat terjadinya penipisan lapisan ozon; akan dapat menimbulkan kanker mata pada sapi, terganggunya atau bahkan putusnya rantai makanan pada tingkat konsumen di ekosistem darat maupun pada ekosistem perairan karena penurunan jumlah fitoplankton.
2. Pada saat terjadinya hujan asam; akan menyebabkan pH air turun di bawah normal sehingga ekosistem air terganggu.
3. Pada saat terjadinya pemanasan global; akan terjadi dampak penurunan hasil panen perikanan tambak maupun perikanan laut.

Selain membawa dampak negatif pada kehidupan hewan, pencemaran udara juga mampu merusakkan bangunan dan candi-candi. Iklim dunia yang berubah polanya mengakibatkan timbulnya kemarau panjang, bencana alam dan naiknya permukaan laut. Kemarau panjang memicu terjadinya kebakaran hutan dan menurunnya produksi panen, bencana alam (banjir, gempa, tsunami) banyak terjadi dan permukaan laut yang meninggi akan mengakibatkan tenggelamnya pulau-pulau kecil dan daerah-daerah pesisir pantai.

Dampak Pencemaran Udara Bagi Tumbuhan

Dampak pencemaran udara terhadap kehidupan tumbuhan, antara lain:

1. Pada saat terjadinya hujan asam; akan dapat merusak kehidupan ekosistem perairan, menghancurkan jaringan tumbuhan (karena memindahkan zat hara di daun dan menghalangi pengambilan Nitrogen) dan mengganggu pertumbuhan tanaman. Akan terjadi proses pelarutan kalsium, potasium dan nutrisi lain yang berada dalam tanah sehingga tanah akan berkurang kesuburannya dan akibatnya pohon akan mati.
2. Pada saat terjadinya Penipisan Lapisan Ozon; akan dapat merusak tanaman, mengurangi hasil panen (produksi bahan makanan, seperti beras, jagung dan kedelai), penurunan jumlah fitoplankton yang merupakan produsen bagi rantai makanan di laut.
3. Pada saat terjadinya Pemanasan global; akan dapat menurunkan hasil-hasil panen pertanian dan perubahan keanekaragaman hayati. Keanekaragaman hayati dapat berubah karena kemampuan setiap jenis tumbuhan untuk bertahan hidup berbeda-beda sesuai dengan kebutuhannya.
4. Gas CFC; adanya pencemar udara berupa CFC akan mengakibatkan tumbuhan vegetasi menjadi kerdil, ganggang di laut akan punah, terjadi mutasi genetik (perubahan sifat organisme).

Kualitas Udara Dalam Ruang Kerja

Hasil pengukuran terhadap kualitas udara dalam gedung atau di sekitar lokasi kegiatan karyawan yang melakukan kegiatan bekerja adalah sebagaimana disajikan pada table berikut:

- Temperatur : 27,0 °C
- Kelembaban Relatif (RH) : 55 %

Tabel 20. Contoh Hasil Pengukuran Kualitas Udara di Ruang Kerja Kantor

NO	PARAMETER	SATUAN	BAKU MUTU *)		METODA
			NAB	KTD	
1	Debu	mg/m ³	10	-	SNI 19-7119.3-2005
2	Hidrokarbon (HC **)	mg/m ³	-	-	18-6/IK/ULK-HC
3	Karbon Monoksida (CO **)	mg/m ³	29	-	18-7/IK/ULK-CO
4	Nitrogen Dioksida (NO ₂ **)	BDS	3	5	18-2/IK/ULK-NO ₂
5	Sulfur Dioksida (SO ₂ **)	mg/m ³	-	0,25	18-1/IK/ULK-SO ₂
6	Oksidan (Ox **)				
	• Pekerja berat	BDS	0,05	-	18-4/IK/ULK-O ₃
	• Pekerja sedang	BDS	0,08	-	
	• Pekerja keras	BDS	0,10	-	
	• Pekerja berat, sedang, dan keras (≤ 2 jam)	BDS	0,20	-	
7	Timah Hitam (Pb)	mg/m ³	0,05	-	SNI 19-7117.4-2005
8	Amonia (NH ₃ **)	mg/m ³	17	24	18-3/IK/ULK-NH ₃
9	Hidrogen Sulfida (H ₂ S **)	BDS	1	5	18-5/IK/ULK-H ₂ S

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Lingkungan

Keterangan :

*) =Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. PER. 13/MEN/X/2011 Tahun 2011, Lampiran II. NAB Faktor Kimia Di Udara Tempat Kerja

**) =Parameter terakreditasi oleh KAN No. LP-195-IDN

NAB = Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja

KTD =Kadar tertinggi diperkenankan

BDS = Bagian dalam sejuta (bagian uap/gas per juta volume dari udara terkontaminasi)

Pencahayaan Dalam Ruangan Kerja

Pencahayaan atau factor penyinaran dalam ruang kerja merupakan aspek lingkungan yang dapat mempengaruhi kualitas dan produktivitas kerja karyawan dalam melayani konsumen. Dalam hal pengelolaan lingkungan, maka aspek pencahayaan bukan merupakan dampak kegiatan, akan tetapi aspek pencahayaan dalam ruang kerja merupakan factor yang

dapat menimbulkan dampak positif atau negative terhadap kinerja para karyawan atau pekerja dalam melayani konsumen.

Tabel 21. Contoh Hasil Pengukuran Kualitas Pencahayaan di Dalam Ruang Kantor

NO	LOKASI	HASIL *) Lux
1	Ruang Lobby Pelayanan Pelanggan	267
2	Ruang Bank	265
3	Ruang Niaga	264
4	Ruang Konstruksi	269
5	Ruang Perencanaan	268
6	Ruang Rapat	262
	METODE	SNI 16-7062-2004

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Lingkungan

Keterangan :

*) = Nilai kebisingan adalah Nilai Equivalen selama waktu pengukuran dilakukan sesaat selama 10 menit dengan interval 5 detik.

**) = Parameter terakreditasi oleh KAN No. LP-195-IDN

Dari hasil pengukuran diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi lingkungan kualitas pencahayaan dalam ruang kantor masih dalam kualitas baik dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan mata karyawan maupun tidak menimbulkan dampak negatif terhadap produktivitas kerja karyawan.

Sebagai pembanding intensitas pencahayaan dalam ruang kerja kantor dengan pencahayaan yang menjadi Persyaratan Kesehatan Lingkungan pada kegiatan Perkantoran dan Industri dapat disampaikan sebagai berikut.

Tabel 22. Intensitas Cahaya di Ruang Kerja Perkantoran dan Industri

Jenis Kegiatan	Tingkat Pencahayaan Minimum (Lux)	Keterangan
Pekerjaan Kasar dan tidak terus menerus	100	Ruang penyimpanan dan ruang peralatan/intensitas yang memerlukan pekerjaan yang kontinyu
Pekerjaan kasar dan terus menerus	200	Pekerjaan dengan mesin dan kontinyu
Pekerjaan rutin	300	Ruang administrasi, ruang control, pekerjaan mesin dan perakitan/penyusun
Pekerjaan agak halus	500	Pembuatan gambar atau berkerja dengan mesin kantor pekerja pemeriksaan atau pekerjaan dengan mesin
Pekerjaan halus	1000	Pemilihan warna, pemrosesan tekstil, pekerjaan mesin halus dan perakitan halus
Pekerjaan amat halus	1500 Tidak menimbulkan bayangan	Mengukir dengan tangan, pemeriksaan pekerjaan mesin dan perakitan yang sangat halus
Pekerjaan terinci	3000 Tidak menimbulkan bayangan	Pemeriksaan pekerjaan, perakitan sangat halus

Sumber: Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 Lampiran II/V/A Tentang: Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri

Akhirnya, hasil analisis kualitas lingkungan hidup menggunakan metode analisis kualitas udara ambient ataupun analisis kualitas emisi, maka kualitas lingkungan hidup dapat berstatus baik apabila besaran parameter zat pencemar suatu kegiatan semakin mendekati baku mutu kualitas udara ambient dan kualitas emisi, kualitas lingkungan udara ambient tinggi memenuhi baku mutu diindikasikan oleh jumlah polutan udara dan tingkat pencemaran yang minimum.

Analisis Kualitas Air

Air adalah salah satu komponen fisik-kimia lingkungan yang sangat penting untuk kehidupan organisme di planet bumi.

Permukaan bumi sebagian besar ditutupi oleh air ($\pm 71\%$) sehingga keberadaan air merupakan salah satu faktor sangat besar mempengaruhi iklim lingkungan kita. Setiap makhluk hidup dominan banyak membutuhkan air untuk perikuhidupannya, di dalam tubuh manusia paling sedikit terdapat $\pm 70\%$ molekul air dari berat total tubuh manusia.

Di planet bumi dimana manusia berada, terdapat sebanyak 97% dari total jumlah air yang ada merupakan air asin yang terdapat di laut, dan hanya sebanyak 3% air di bumi yang merupakan air tawar. Air tawar yang berjumlah 3% dari total jumlah air di bumi tersebut terdapat di danau, sungai, tanah, tumbuhan, manusia, dan sebagian besar lainnya berbentuk gunung es yang terdapat di kutub utara dan selatan serta di puncak-puncak gunung tinggi dunia.

Berdasarkan atas siklus hidrologi maka air di bumi selalu dalam keadaan berpindah-pindah yang biasa disebut sebagai "siklus hidrologi". Air dari danau, sungai, permukaan tanah, dan dari laut akan menguap oleh pengaruh panas matahari, uap air yang terbentuk masuk ke dalam atmosfer bumi menjadi "awan". Awan di atmosfer bergerak akibat perbedaan tekanan panas dan membentur daratan tinggi ataupun membentur puncak gunung akan menjadi "hujan". Hujan turun membasahi permukaan bumi dan sebagian terserap oleh tumbuhan, mengalir kembali ke dalam tanah, ke sungai, ke danau dan ke laut.

Sumber air tawar yang terdapat di permukaan tanah adalah seperti di sungai, danau, air tanah dalam dan air tanah dangkal, di kutub dan di gunung berupa salju, serta air di atmosfer bumi berupa air hujan.

Berdasarkan atas siklus hidrologi maka air di bumi selalu dalam keadaan berpindah-pindah yang biasa disebut sebagai “siklus hidrologi”. “Air” dari danau, sungai, permukaan tanah, dan dari laut akan menguap oleh pengaruh panas matahari, uap air yang terbentuk masuk ke dalam atmosfer bumi menjadi “awan”. Awan di atmosfer bergerak akibat perbedaan tekanan panas dan membentur puncak gunung dan terjadi “hujan”. Hujan turun membasahi permukaan bumi dan mengalir kembali ke dalam tanah, ke sungai, ke danau dan ke laut.

Paradigma air di lingkungan kehidupan manusia antara lain adalah; jumlah air di bumi tidak pernah berubah, namun kualitasnya akan berubah-ubah dan cenderung menurun kualitasnya akibat pencemaran oleh berbagai limbah yang dihasilkan manusia. Air merupakan benda sosial yang mengandung nilai ekonomi, sumberdaya air bukan warisan leluhur tetapi merupakan titipan untuk generasi mendatang, sehingga azas perlindungan dan pengelolaan yang diterapkan adalah pengelolaan yang berkeadilan, berkemanfaatan yang tinggi, kelestarian, keterpaduan dan berkeseimbangan.

Tabel 23. Jumlah dan Bentuk Air di Planet Bumi

Bentuk Air	Jumlah/Volume (Km³)	Persen (%)
Padat	2.782 (10 ⁷)	2,010
Cair	1.356 (10 ⁹)	97,989
- di Samudera	1.348 (10 ⁹)	97,390
- di Bawah Permukaan Tanah	8.062 (10 ⁶)	0,583
- di Permukaan Tanah	2.250 (10 ⁵)	0,016
Gas	1.300 (10 ⁴)	0,001
Jumlah Total Semua Bentuk	1.384 (10 ⁹)	100,00

Sumber: *Baumgartner and Reichel* dalam *Miller*, 2002

Jumlah air di bumi tercatat sebanyak ±1400 milyar kiloliter kubik (1.384 x 10⁹) (*Baumgartner and Reichel* dalam *Miller*) terdiri atas bentuk padat atau es sebanyak ± 2,01%, dalam

bentuk gas sebanyak $\pm 0,001\%$, dalam bentuk cair sebanyak $\pm 97,989\%$. Jumlah air asin (di laut) lebih banyak dibanding jumlah air tawar yaitu; sebanyak 97% air asin, dan sisanya 3% adalah air tawar, dan dari sebanyak 3% air tawar yang ada tersebut hanya sekitar $5\% \times 3\% \times 1400$ milyar kilo meter kubik ($2,1$ milyar km^3) yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh semua makhluk hidup yang ada di bumi. Air tawar sebanyak $2,1$ milyar km^3 inilah yang kini sebagian besar tercemar oleh berbagai kegiatan manusia dan alam.

Kualitas Air Tanah

Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 tahun 1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air, menjelaskan tentang definisi air bersih sesuai kesehatan manusia adalah; bahwa air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum; dan air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak. Dijelaskan pula bahwa kualitas air minum dan kualitas air bersih tersebut harus memenuhi syarat kesehatan yang meliputi persyaratan mikrobiologi, Fisika kimia, dan radioaktif.

Untuk memeriksa kualitas air tanah sebagai sumber air bersih maka perlu dilakukan pemeriksaan terhadap beberapa sampel uji kualitas air tanah.

Jumlah titik sampling air tanah yang diambil dan dilakukan pada beberapa titik sampling yang jumlahnya sangat tergantung kepada target pemeriksaan kualitas air tanah yang hendak diketahui.

Pengambilan sampel air tanah dilakukan untuk mengetahui kondisi kualitas air tanah dan alat pengambilan sample air tanah menggunakan ember plastic yang kemudian dimasukkan ke dalam botol plastic untuk kemudian diuji di laboratorium.

Tabel 24. Metode Analisis Data Kualitas Air

No	Komponen Lingkungan	Parameter	Jenis Data	Metode Analisis
1.	Kualitas air sungai (air permukaan)	Parameter sesuai PP No. 82 Tahun 2001	Primer	Metode baku laboratorium sesuai SNI. Data yang ada dibandingkan dengan PP No. 82 Tahun 2001
2.	Kualitas air tanah	Parameter sesuai Permenkes No. 416 tahun 1990	Primer	Metode baku laboratorium sesuai SNI. Data yang ada dibandingkan dengan Permenkes No. 416/1990.

Tabel 25. Metode Analisis Kualitas Air Permukaan

NO.	PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM	METODE ANALISIS
A.	FISIKA			
1.	Suhu	°C	Normal	SNI 06-2413-1991
2.	Zat Padat Tersuspensi (TDS)	mg/L	200	SNI 06-2413-2002
3.	Zat Padat Terlarut (TSS)	mg/L	200	SNI 06-2413-2002
4.	Daya Hantar Listrik	Umhos/cm	1000	SNI 06-2413-1991
B.	KIMIA			
1.	Air Raksa (Hg)	mg/L	0,0005	SNI 06-2462-1991
2.	Arsen (As)	mg/L	0,050	SNI 06-2463-1991
3.	Boron (B)	mg/L	1,0	SNI 06-2481-1991
4.	Kadmium (Cd)	mg/L	0,010	SNI 06-2466-1991
5.	Kobalt (Co)	mg/L	0,020	SNI 06-2471-1991
6.	Khromium VI (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,050	SNI 06-1132-1989
7.	Mangan (Mn)	mg/L	1,0	SNI 06-2497-1991
8.	Garam Alkali (Na)	mg/L	50,0	Perhitungan
9.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	3,0	SNI 06-2425-1991
10.	pH	-	6,0-8,5	SNI 06-2413-1991
11.	Selenium (Se)	mg/L	0,050	SNI 06-2475-1991

NO.	PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM	METODE ANALISIS
12.	Seng (Zn)	mg/L	1,0	SNI 06-2507-1991
13.	Nikel (Ni)	mg/L	0,10	SNI 06-2520-1991
14.	Sulfat (SO ₄)	mg/L	100	SNI 06-2426-1991
15.	Residual Sodium Carbonat	mg/L	1,25-2,50	Perhitungan
16.	Tembaga (Cu)	mg/L	0,10	SNI 06-2514-1991
17.	Timbal (Pb)	mg/L	0,10	SNI 06-2517-1991
18.	Sodium Absorbtion Ratio (SAR)	-	10,0-18,0	Perhitungan
19.	Minyak dan Lemak	mg/L	Nihil	SNI 06-2502-1991
20.	Detergen (MBAS)	mg/L	0,50	SNI 06-2476-1991
21.	Phospat	mg/L	0,50	SNI 06-2583-1991
22.	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/L	25,0	SK SNI M-72-1990
23.	BOD	mg/L	20	SNI 06-2875-1991
24.	COD	mg/L	30	SNI 06-1423-1989

Keterangan : *) Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001

Penghitungan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau/Waduk

Perhitungan daya tampung beban pencemaran air **Danau/Waduk** dinyatakan dalam satuan luas danau/waduk (m²) dan perairan danau/waduk per satuan waktu (tahun) adalah sebagai berikut:

Rumus Umum Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau/Waduk

1. Rumus Morfologi dan hidrologi Danau/Waduk

Rumus morfologi dan hidrologi Danau/Waduk adalah sebagai berikut:

- a. Morfologi Danau/Waduk, yaitu luas perairan (A) dan volumenya (V), yang diperoleh dari hasil pengukuran dan kedalaman rata-rata (\bar{Z}) yang diperoleh dari hasil perhitungan Rumus:

$$\bar{Z} = 100 \times V / A \dots\dots\dots(1)$$

\bar{Z} : Kedalaman rata-rata Danau/Waduk (m)

V : Volume air Danau/Waduk (juta m³)

A : Luas perairan Danau/Waduk (Ha)

b. Hidrologi Danau/Waduk, yaitu debit air keluar dari waduk (Q_o), yang diperoleh dari hasil pengukuran.

c. Laju penggantian air Danau/Waduk (ρ), yang diperoleh dari hasil perhitungan Rumus:

$$\rho = Q_o / V \dots\dots\dots(2)$$

ρ : Laju penggantian air Danau/Waduk (per tahun)

Q_o : Jumlah debit air keluar Danau/Waduk (juta m³/tahun), pada tahun kering

2. Rumus Alokasi beban pencemaran air yang masuk Danau/Waduk yang dinyatakan dengan kadar parameter Pa adalah sebagai berikut:

a. Syarat kadar parameter Pa maksimal sesuai ketentuan dalam Baku Mutu Air atau Kelas Air yaitu [Pa] STD

b. Kadar parameter Pa hasil pemantauan Danau/Waduk yaitu [Pa]_i

c. Jumlah alokasi beban kadar parameter Pa dari DAS atau DTA yaitu [Pa]_{DAS} yang diperoleh dari hasil penentuan atau kajian dan perhitungan Rumus:

$$[Pa]_{STD} = [Pa]_i + [Pa]_{DAS} + [Pa]_d \dots\dots\dots(3)$$

[Pa]_{STD} : syarat kadar parameter Pa maksimal sesuai Baku Mutu Air atau Kelas Air (mg/m³)

[Pa]_i : kadar parameter Pa hasil pemantauan Danau/Waduk (mg/m³)

[Pa]_{DAS} : jumlah alokasi beban Pa dari daerah aliran sungai (DAS) atau daerah tangkapan air (DTA), (mg/m³)

[Pa]_d : alokasi beban Pa limbah kegiatan pada perairan Danau/Waduk (mg/m³)

- d. Alokasi beban kadar parameter Pa yang berasal dari limbah yang langsung masuk Danau/Waduk berasal dari kegiatan yang berada pada perairan Danau/Waduk yaitu [Pa]d yang diperoleh dari hasil perhitungan Rumus:

$$[Pa]STD = [Pa]i + [Pa]DAS + [Pa]d \dots\dots\dots (3)$$

$$[Pa]d = [Pa]STD - [Pa]i - [Pa]DAS \dots\dots\dots (4)$$

[Pa]STD : syarat kadar parameter Pa maksimal sesuai Baku Mutu Air atau Kelas Air (mg/m³)

[Pa]i : kadar parameter Pa hasil pemantauan Danau/Waduk (mg/m³)

[Pa]DAS : jumlah alokasi beban Pa dari daerah aliran sungai (DAS) atau daerah tangkapan air (DTA), (mg/m³)

[Pa]d : alokasi beban Pa limbah kegiatan pada perairan Danau/Waduk (mg/m³).

3. Rumus Daya tampung beban pencemaran air Danau/Waduk

- a. Daya tampung parameter Pa per satuan luas Danau/Waduk yaitu L, merupakan fungsi dari kedalaman rata-rata danau \bar{Z} , laju penggantian air Danau/Waduk yaitu ρ dan kadar parameter yang terbawa lumpur dan mengendap ke dasar Danau/Waduk. L dihitung dengan Rumus:

$$L = \Delta [Pa]d \bar{Z} \rho / (1 - R) \dots\dots\dots (5)$$

$$R = 1 / (1 + 0,747 \rho 0,507) \dots\dots\dots (6)$$

L : daya tampung limbah Pa per satuan luas Danau/Waduk (mg Pa/m². tahun)

La : jumlah daya tampung limbah Pa pada perairan Danau/Waduk (kg Pa/tahun)

R : total Pa yang tinggal bersama sedimen

Persamaan pada rumus-rumus (5) dan (6) berkaitan dengan alokasi beban pencemaran dari DAS atau DTA

dan kegiatan lain pada perairan Danau/Waduk pada Rumus (3).

- b. Jumlah daya tampung parameter Pa pada perairan Danau/Waduk yaitu La, yang merupakan fungsi L dan luas perairan Danau/Waduk atau A. La dihitung berdasarkan Rumus:

$$La = L \times A / 100 = \Delta [Pa] d A \checkmark \rho / 100 (1 - R) \dots (7)$$

L : daya tampung limbah Pa per satuan luas Danau/Waduk (mg Pa/m². tahun)

La : jumlah daya tampung limbah Pa pada perairan Danau/Waduk (kg Pa/tahun)

R : total Pa yang tinggal bersama sedimen

Persamaan pada rumus-rumus (7) berkaitan dengan alokasi beban pencemaran dari DAS atau DTA dan kegiatan lain pada perairan Danau/Waduk pada Rumus (3).

Tabel 26. Metode Analisis Kualitas Air Tanah

NO.	PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM	METODE ANALISIS
A.	FISIKA			
1.	Bau	-	Tdk. berbau	Organoleptik
2.	Zat Padat Terlarut (TSS)	mg/L	1500	SNI 06-2413-2002
3.	Kekeruhan	NTU	25	SNI 06-2413-1991
4.	Rasa	-	Tdk. berasa	Organoleptik
5.	Suhu	°C	Udara ±3 °C	SNI 06-2413-1991
6.	Warna	Pt - Co	50	SNI 06-2413-1991
B.	KIMIA			
1.	pH	-	6,5-9,0	SNI 06-2413-1991
2.	Besi (Fe)	mg/L	1,0	SNI 06-2523-1991
3.	Flourida (F)	mg/L	1,5	SNI 06-2482-1991
4.	Kadmium (Cd)	mg/L	0,005	SNI 06-2466-1991
5.	Kesadahan total (CaCO ₃)	mg/L	500	SK SNI M-16-1990
6.	Khlorida (Cl)	mg/L	600	SNI 06-2431-1991
7.	Khromium VI (Cr 6+)	mg/L	0,05	SNI 06-1132-1989
8.	Mangan (Mn)	mg/L	0,5	SNI 06-2497-1991

NO.	PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM	METODE ANALISIS
9.	Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$)	mg/L	10	SNI 06-2480-1991
10.	Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$)	mg/L	1,0	SNI 06-2484-1991
11.	Seng (Zn)	mg/L	15	SNI 06-2475-1991
12.	Sianida (Cn)	mg/L	0,1	SNI 06-1504-1989
13.	Sulfat (SO_4)	mg/L	400	SNI 06-2426-1991
14.	Surfactan Anion (MBAS)	mg/L	0,5	SNI 06-2476-1991
15.	Timbal (Pb)	mg/L	0,05	SNI 06-2517-1991
16.	Zat Organik (KMnO_4)	mg/L	10	SK SNI M-75-1990
C.	MIKROBIOLOGI			
1.	Total Koliform	MPN/ 100ML	50	SNI 19-3957-1995

Keterangan : *) Permenkes RI. No. 416/1990 tentang Kualitas Air Bersih



Gambar 39. Sampling Kualitas Air Sumur

Tabel 27. Dampak Negatif Parameter Pencemar Air

NO.	PARAMETER PENCEMAR AIR	DAMPAK NEGATIF TERHADAP LINGKUNGAN
1	Suhu	apabila suhu pada air limbah yang dilepas ke media air (sungai dan laut) melampaui baku mutu dapat mengganggu dan mempengaruhi kehidupan biota air
2	Total Padatan terlarut (TDS = <i>total dissolved solid</i>)	<ul style="list-style-type: none"> a. Secara umum, nilai TDS merupakan jumlah kation dan anion dalam air. b. Apabila kadar TDS melebihi standar bukan berarti suatu perairan berbahaya dan tidak dapat dipergunakan. tidak terlalu menimbulkan dampak yang serius untuk air keperluan pertanian.
3	Zat padat tersuspensi (TSS = <i>total suspended solid</i>) = zat padat melayang-layang di dalam air.	<ul style="list-style-type: none"> a. Merupakan zat padat yang dapat lolos dari filter, zat padat melayang-layang di dalam air, dimana keberadaan TSS ini dapat menurunkan nilai estetika pada air dan dapat mengakibatkan warna keruh pada air sehingga tidak baik untuk dikonsumsi. b. Tidak terlalu berpengaruh pada pertumbuhan tanaman tetapi zat ini dapat menyerap kedalam tanaman dan berbahaya apabila dikonsumsi.
4	pH (<i>power of Hydrogen</i>)	<ul style="list-style-type: none"> a. pH (<i>power of hydrogen</i>) yang lebih kecil dari 6.5 dan lebih besar dari 9.2 dapat mengakibatkan korosifitas pada pipa-pipa air, menyebabkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang mengganggu kesehatan. b. pH normal di lahan pertanian, tidak melewati batas baku mutu sehingga tidak menimbulkan dampak
5	Besi (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> a. Berbahaya bila melewati batas baku mutu. Dalam jumlah kecil diperlukan untuk pembentukan sel-sel darah merah, tetapi bila konsentrasi yang lebih besar dari 1.0 mg/l dapat menyebabkan warna air menjadi kemerah-merahan, Memberi rasa yang tidak enak pada minuman b. Berpengaruh pada pertumbuhan tanaman tetapi zat ini dapat menyerap kedalam

NO.	PARAMETER PENCEMAR AIR	DAMPAK NEGATIF TERHADAP LINGKUNGAN
		tanaman dan dalam dosis tertentu sangat berbahaya apabila dikonsumsi.
6	Mangan (Mn)	a. Konsentrasi Mn yang lebih besar dari 0.5 mg/l dapat menyebabkan rasa yang aneh pada minuman, Menyebabkan kerusakan pada hati. b. Pada dosis tertentu tidak terlalu berpengaruh pada pertumbuhan tanaman tetapi zat ini dapat menyerap kedalam tanaman dan dalam dosis yang tinggi dapat berbahaya apabila dikonsumsi.
7	Barium (Ba)	a. Mengganggu kesehatan manusia b. Pada dosis yang rendah tidak terlalu berpengaruh pada pertumbuhan tanaman tetapi zat ini dapat menyerap kedalam tanaman dan pada dosis yang tinggi berbahaya apabila dikonsumsi
8	Tembaga (Cu)	Cu Dalam jumlah kecil (1mg/hr) penting dalam diet agar manusia tetap sehat dan sangat diperlukan tubuh untuk pembentukan sel-sel darah merah, Bila minum air dengan kadar Cu lebih tinggi dari normal/Dalam jumlah besar dapat menyebabkan rasa yang tidak enak dilidah, selain itu dapat mengakibatkan muntah, diare, kram perut dan mual. Bila intake sangat tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada liver dan ginjal bahkan dapat mengakibatkan kematian.
9	Seng (Zn)	a. Dalam jumlah kecil merupakan unsur yang penting untuk metabolisme karena kekurangan Zn dapat menyebabkan hambatan pada pertumbuhan anak dan apabila dalam jumlah besar menimbulkan rasa pahit dan sepat pada air minum. b. Berpengaruh pada pertumbuhan tanaman dan zat ini dapat menyerap kedalam tanaman sehingga berbahaya apabila dikonsumsi.
10	Khromium Hexavalen (Cr IV)	a. Cr (VI) merupakan unsur penting dalam makanan (trace essential) yang mempunyai fungsi menjaga agar metabolisme glucosa, lemak dan kolesterol berjalan normal tetapi bila terlalu sering

NO.	PARAMETER PENCEMAR AIR	DAMPAK NEGATIF TERHADAP LINGKUNGAN
		terpapaj maka dapat menimbulkan gangguan kesehatan yang serius.
11	Khrom total (Cr)	Apabila melewati baku mutu dapat Menyebabkan batu ginjal, kerusakan pada liver, sistem imunitas, sistem susunan saraf dan darah, gangguan lambung, kerapuhan tulang, mengurangi haemoglobin darah dan pigmentasi gigi.
12	Air Raksa (Hg)	a. Air Raksa atau Mercury (Hg) adalah salah satu logam berat dalam bentuk cair b. apabila melewati ambang batas dapat menyebabkan kerusakan pada Susunan Saraf Pusat (SSP) dan ginjal antara lain tremor, kehilangan daya ingat, efek pada kerusakan janin dan pertumbuhan pada bayi. Bayi yang dilahirkan dari ibu yang terpajan MeHg bisa menderita kerusakan otak dengan manifestasi: Retardansi mental, tuli, penciutan lapangan pandang, buta, microcephaly, cerebral palsy, gangguan menelan.
13	Timbal (Pb)	Apabila melewati standar baku mutu tidak baik untuk dikonsumsi karena sangat membahayakan kesehatan manusia dimana zat ini cenderung untuk berakumulasi dalam jaringan tubuh manusia dan meracuni jaringan syaraf
14	Stanium (Sn)	Apabila Sn terkontaminasi logam berat dan masuk kedalam tubuh manusia akan menimbulkan suatu keracunan. Hal ini disebabkan toksikan dari logam berat mempunyai kemampuan untuk berfungsi sebagai co-faktor enzim, akibatnya enzim tidak dapat berfungsi sebagaimana biasanya sehingga reaksi metabolisme terhambat.
15	Arsen (As)	Arsen merupakan senyawa yang sangat beracun dan dapat berakumulasi dalam tubuh manusia. Dalam dosis rendah akan mengakibatkan kerusakan jaringan. Bila melalui mulut, pada umumnya efek yang timbul adalah iritasi saluran makanan, nyeri, mual, muntah dan diare. Mengakibatkan penurunan pembentukan sel darah merah dan putih, gangguan fungsi

NO.	PARAMETER PENCEMAR AIR	DAMPAK NEGATIF TERHADAP LINGKUNGAN
		jantung, kerusakan penbuluh darah, lika di hati dan ginjal serta kanker kulit.
16	Selenium(Se)	Dapat Memberi pengaruh pada kenaikan jumlah penyakit caries gigi pada anak-anak. Berupa racun yang diperkirakan dapat menyebabkan kanker pada hati, ginjal, dan limpa
17	Nikel (Ni)	a. Zat ini dalam air merupakan bahan yang bersifat karsinogenik. b. Inhalasi debu yang mengandung Ni-Sulfide mengakibatkan kematian karena kanker pada paru-paru dan rongga hidung, dan mungkin juga dapat terjadi kanker pita suara.
18	Kobalt (Co)	Dapat mengganggu kesehatan manusia
19	Sianida	a. Zat ini dalam air merupakan bahan yang bersifat toksik. b. Dapat mengganggu metabolisme oksigen, sehingga jaringan tubuh tidak mampu mengubah oksigen, dapat meracuni dan merusak hati
20	Fluorida (F)	Fluorida dalam jumlah kecil (1.0 mg/l) dibutuhkan sebagai pencegahan terhadap penyakit caries gigi yang paling efektif tanpa merusak kesehatan. Konsentrasi yang lebih besar dari 2.0 mg/l dapat menyebabkan "Fluorosis" pada gigi, yaitu terbentuknya noda-noda coklat yang tidak mudah hilang pada gigi.
21	Khlor (Cl ₂)	1. Bersifat beracun dan berbahaya bila dikonsumsi. 2. Memiliki bau yang menyengat gas khlorin dapat menyebabkan iritasi pada mata saluran pernafasan. Apabila gas khlorin masuk dalam jaringan paru-paru dan bereaksi dengan ion hidrogen akan dapat membentuk asam khlorida yang bersifat sangat korosif dan menyebabkan iritasi dan peradangan.
22	Nitrat (NH ₃ -N)	Jumlah Nitrat yang besar dalam usus cenderung untuk berubah menjadi Nitrit yang dapat bereaksi langsung dengan haemoglobin dalam darah membentuk "methaemoglobin" yang dapat menghalangi perjalanan oksigen di dalam tubuh.

NO.	PARAMETER PENCEMAR AIR	DAMPAK NEGATIF TERHADAP LINGKUNGAN
23	Nitrit (NO ₂ -N)	Apabila melewati ambang batas dapat menyebabkan terbentuknya "methaemoglobin" yang dapat menghambat perjalanan oksigen dalam tubuh. Dapat menyebabkan penyakit "blue babies"
24	Nitrogen-Amoniak (NH ₃) Amonia (NH ₃ -N)	Air yang terlalu banyak mengandung Amonia tidak layak untuk dikonsumsi karena menimbulkan bau yang sangat tajam dan menusuk hidung. Salah satu Indikator kualitas air; Tingginya amoniak mengindikasikan pencemaran dari limbah domestik (air limbah rumah tangga/dapur). (Air Sungai bersih apabila konsentrasi berkisar antara 0 – 2 mg/liter; Ikan dan biota lain di air tidak bisa hidup pada konsentrasi NH ₃ > 5 mg/liter; Effluent yang ternitrifikasi dengan baik apabila konsentrasi NH ₃ sebesar 4 mg/liter; dan Effluent tidak ternitrifikasi apabila konsentrasi NH ₃ sebesar 20 mg/liter).
25	Deterjen (MBAS)	Larutan deterjen akan menaikkan pH air sehingga dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air. Dapat mematikan mikroorganisme yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman
26	Fenol	Sangat berbahaya bagi kesehatan apabila dikonsumsi. Apabila bereaksi dengan Chlor dapat menimbulkan bau yang tidak enak.
27	Minyak dan lemak	Apabila melewati baku mutu penetrasi sinar matahari ke dalam air dapat berkurang, sehingga konsentrasi O ₂ terlarut menurun akibat adanya lapisan minyak yang dapat menghambat difusi O ₂ dari udara.
28	BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	Standar normal untuk mengetahui kualitas air berdasarkan kebutuhan oksigen dalam menguraikan limbah secara biokimiawi (persyaratan BOD pada Stream/badan air harus lebih kecil dari < 20 mg/liter dan pada Effluent harus lebih kecil dari < 75 mg/liter).
29	COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	COD adalah Standar normal untuk mengetahui kualitas air berdasarkan kebutuhan oksigen dalam menguraikan limbah secara kimiawi (persyaratan COD pada Stream/badan air harus

NO.	PARAMETER PENCEMAR AIR	DAMPAK NEGATIF TERHADAP LINGKUNGAN
		lebih kecil dari < 30 mg/liter dan pada Effluent harus lebih kecil dari < 100 mg/liter).
30	DO (<i>Dissolved Oxygen</i>)	Jumlah oksigen terlarut menggambarkan kondisi oksigen di perairan dan menunjukkan kemampuan untuk menjernihkannya (purifikasinya) Perairan dalam kondisi baik apabila DO lebih besar dari > 6 mg/liter (kondisi air jenuh apabila DO lebih besar dari > 90%); dalam kondisi air Normal bila DO lebih besar dari > 4 mg/liter (kondisi air jenuh apabila DO berkisar antara 50 - 90%); air dalam kondisi Tercemar apabila ditemukan jumlah DO lebih kecil dari < 2 mg/liter (kondisi air jenuh apabila DO lebih kecil < 50%)
31	Fecal Coliform	<ol style="list-style-type: none"> 1. Air yang mengandung Coli tinja berarti air tersebut tercemar tinja. Tinja dari penderita sangat potensial menularkan penyakit yang berhubungan dengan air 2. organisme coliform dalam air dianggap sebagai bukti kontaminasi karena organisme ini asal-usulnya dari dalam saluran pencernaan manusia atau hewan berdarah panas lainnya 3. karena implikasi bahwa penyakit virus dapat ditularkan melalui kontaminasi tinja dalam suplai air 4. Kelompok bakteri <i>coliform</i> dipilih sebagai indikator pencemaran yang diakibatkan oleh tinja. Bakteri ini secara umum tidak patogen, dikeluarkan dalam jumlah banyak dari saluran pencernaan, tidak berkembang biak diluar tubuh dan tahan hidup lebih lama di air.
32	Total Coliform	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kelompok bakteri <i>coliform</i> dipilih sebagai indikator pencemaran yang diakibatkan oleh tinja. 2. Bakteri ini secara umum tidak patogen, dikeluarkan dalam jumlah banyak dari saluran pencernaan, tidak berkembang biak diluar tubuh dan tahan hidup lebih lama di air.

Tabel 28. Kategori *Stressor* Air

Kategori Pencemar	Sumber Tertentu (<i>point source</i>)		Sumber Takentu (<i>Non-point source</i>)	
	Domestik	Industri	Daerah Pertanian	Daerah Urban
Material yang membutuhkan O ₂	X	X	X	X
Nutrien	X	X	X	X
Pathogen	X	X	X	X
SS/Sedimen	X	X	X	X
Garam-garam		X	X	X
Logam Beracun		X		X
Kimia Organic Beracun		X	X	
Panas		X		

Tabel 29. Indikator Kualitas Air

Parameter	Indikator	Keterangan
Nitrogen-Amoniak	Tingginya amoniak mengindikasikan pencemaran bersumber dari air limbah domestik	a. Sungai bersih: 0 – 2 mg/l b. Ikan tidak bisa hidup pada > 5 mg/l c. Efluent yang ternitrifikasi baik: 4 mg/l d. Efluent tak ternitfikasi: 20 mg/l
<i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD)	Standar normal untuk mengetahui kualitas air berdasarkan kebutuhan	a. Stream/badan air < 20 mg/l b. Efluent < 75 mg/l

	oksigen dalam menguraikan limbah secara biokimiawi	
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	Standar normal untuk mengetahui kualitas air berdasarkan kebutuhan oksigen dalam menguraikan limbah secara kimiawi	a. Stream/badan air < 30 mg/l b. Effluent < 100 mg/l
<i>Dissolved Oxygen (DO)</i>	Menggambarkan kondisi oksigen perairan dan kemampuan purifikasinya	a. Perairan baik > 6 mg/l (kejenuhan > 90%) b. Normal > 4 mg/l (kejenuhan 50 - 90%) c. Tercemar < 2 mg/l (kejenuhan < 50%)

Pemantauan Kualitas Air Limbah Kantin

Pemantauan kualitas limbah cair yang dihasilkan oleh aktivitas kegiatan Kantin ataupun Restoran adalah memantau kualitas air limbah yang terdapat di saluran drainase yang terdapat di saluran air limbah Kantin dan Restoran. Seharusnya parameter kualitas limbah cair yang dipantau harus sesuai dengan parameter BOD, COD, TSS, pH, NH₃, Phosphat dan Lumpur STP (*sludge*), yang mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Tabel 30. Hasil Pemantauan Air Limbah Kantin & Restoran

NO.	PARAMETER	SATUAN	GOLONGAN		HASIL	METODE ANALISIS
			I	II		
A	FISIKA					
1	Suhu (insitu)**)	°C	38	40	29,0	SNI 06-6989.23-2005
2	Zat padat terlarut (TDS)	mg/l	2.000	4.000	767	SNI 06-6989.27-2005
3	Zat padat tersuspensi (TSS)**)	mg/l	200	400	28	SNI 06-6989.3-2004
B	KIMIA					
1	pH (insitu)**)	-	6 - 9	6 - 9	8,26	SNI 06-6989.11-2004
2	Besi Terlarut (Fe)**)	mg/l	5	10	0,261	APHA Ed. 22nd 3010.A, 3120.B, 3500-Fe-2012
3	Mangan terlarut (Mn)**)	mg/l	2	5	<0,002 86	APHA Ed. 22nd 3010.A, 3120.B, 3500-Fe-2012
4	Barium (Ba)	mg/l	2	3	<0,004 19	APHA Ed. 22nd 3120.B, 3500-Ba-2012
5	Tembaga (Cu)**)	mg/l	2	3	<0,008 64	APHA Ed. 22nd 3120.B, 3500-Cu-2012
6	Seng (Zn)**)	mg/l	5	10	<0,008 51	APHA Ed. 22nd 3120.B, 3500-Zn-2012
7	Khromium heksavalen (Cr VI)**)	mg/l	0,1	0,5	<0,01	SNI 6989.71-2009
8	Khromium total (Cr)**)	mg/l	0,5	1	<0,004 42	APHA Ed. 22nd 3120.B, 3500-Cr-2012
9	Kadmium (Cd)**)	mg/l	0,05	0,1	<0,001 8	APHA Ed. 22nd 3120.B, 3500-Cd-2012
10	Raksa (Hg)	mg/l	0,002	0,005	<0,000 5	APHA Ed. 22nd 3120.B, 3500-Hg-2012
11	Timbal (Pb)**)	mg/l	0,01	1	<0,004 51	APHA Ed. 22nd 3120.B, 3500-Pb-2012
12	Stanum (Sn)	mg/l	2	3	<0,4	APHA Ed. 22nd 3120.B, 3500-Sn-2012
13	Arsen (As)	mg/l	0,1	0,5	<0,005	APHA Ed. 22nd 3120.B, 3500-As-2012
14	Selenium (Se)	mg/l	0,05	0,5	<0,002	APHA Ed. 22nd 3120.B, 3500-Se-2012
15	Nikel (Ni)**)	mg/l	0,2	0,5	<0,004 3	APHA Ed. 22nd 3120.B, 3500-Ni-2012
16	Kobalt (Co)**)	mg/l	0,4	0,6	<0,004 2	APHA Ed. 22nd 3120.B, 3500-Co-2012
17	Sianida (CN)**)	mg/l	0,05	0,5	<0,005	APHA Ed. 22nd 4500-CN.E-2012
18	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,05	0,1	<0,004	APHA Ed. 22nd 4500-S2.E-2012
19	Fluorida (F)**)	mg/l	2	3	0,65	APHA Ed. 22nd 4500-F.E-2012
20	Khlorin bebas (Cl ₂)	mg/l	1	2	<0,01	HACH
21	Amoniak bebas (NH ₃ -N)**)	mg/l	1	5	1,47	SNI 06-6989.30-2005
22	Nitrat (NO ₃ -N)**)	mg/l	20	30	3,0	APHA Ed. 22nd 4500-NO3.E-2012

NO.	PARAMETER	SATUAN	GOLONGAN		HASIL	METODE ANALISIS
			I	II		
23	Nitrit (NO ₂ -N)**)	mg/l	1	3	<0,002	SNI 06-6989.9-2004
24	BOD5	mg/l	50	150	18	SNI 6989.72-2009
25	COD**)	mg/l	100	300	54	SNI 06-6989.15-2004
26	Surfaktan anion (MBAS)	mg/l	5	10	0,15	SNI 06-6989.51-2005
27	Fenol	mg/l	0,5	1	<0,001	APHA Ed. 22nd 5530-Phenol.D-2012
28	Minyak & Lemak	mg/l	-	-	<0,2	HACH

Keterangan : *) = KEP. 51/MENLH/10/1995. Lampiran C : Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri
 **) = Parameter terakreditasi oleh KAN No. LP-195-IDN
 • Amonia bebas sudah dikoreksi terhadap pH dan Suhu
 < = Lebih kecil

Berdasarkan atas uji laboratorium terhadap kualitas air limbah yang bersumber dari kegiatan kantin, ternyata tidak satupun parameter uji kualitas air limbah yang melampaui baku mutu sebagaimana tercantum dalam peraturan KEP. 51/MENLH/10/1995. Dengan demikian, maka kualitas air limbah kantin masih memenuhi baku mutu yang berlaku.

Metode Uji Kualitas Air dan Air Limbah

1. Metode Uji COD pada Air dan Air Limbah dengan refluks tertutup secara Spektrofotometri.

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksidan Cr₂O₇²⁻ yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O₂ untuk tiap 1000 mL contoh uji. Senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi oleh Cr₂O₇²⁻ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr³⁺. Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O₂ mg /L) diukur secara spektrofotometri sinar tampak. Cr₂O₇²⁻ kuat mengabsorpsi

pada panjang gelombang 400 nm dan Cr^{3+} kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 600 nm. Untuk nilai COD 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L ditentukan kenaikan Cr^{3+} pada panjang gelombang 600 nm. Pada contoh uji dengan nilai COD yang lebih tinggi, dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebelum pengujian. Untuk nilai COD lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L ditentukan pengurangan konsentrasi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ pada panjang gelombang 420 nm.

2. Metode Uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid*, TSS) pada Air dan Air Limbah secara Gravimetri:

Padatan tersuspensi total (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal $2\mu\text{m}$ atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Contoh uji yang telah homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada saringan dikeringkan sampai mencapai berat konstan pada suhu 103°C sampai dengan 105°C . Kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Jika padatan tersuspensi menghambat saringan dan memperlama penyaringan, diameter pori-pori saringan perlu diperbesar atau mengurangi volume contoh uji. Untuk memperoleh estimasi TSS, dihitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total.

3. Metode Uji besi (Fe) pada Air dan Air Limbah dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala.

Metode ini digunakan untuk penentuan logam besi, Fe dalam air dan air limbah secara metode spektrofotometri serapan atom-nyala (SSA) pada kisaran kadar Fe 0,3 mg/L sampai dengan 6,0 mg/L dan panjang gelombang 248,3 nm.

Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat-zat pengganggu yang terdapat dalam contoh uji air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2 .

4. Metode Uji mangan (Mn) pada Air dan Air Limbah dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala.

Metode ini digunakan untuk penentuan logam mangan, Mn dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan atom-nyala (SSA) pada kisaran kadar Mn 0,1mg/L sampai dengan 4,0 mg/L dan panjang gelombang 279,5 nm.

Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat-zat pengganggu yang terdapat dalam contoh uji air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2 .

5. Metode Uji Tembaga (Cu) pada Air dan Air Limbah dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala.

Metode ini digunakan untuk penentuan logam tembaga, Cu dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan atom-nyala (SSA) pada kisaran kadar Cu 0,2 mg/L sampai dengan 4,0 mg/L dan panjang gelombang 324,8 nm. Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat-zat pengganggu yang terdapat dalam contoh uji air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2 .

6. Metode Uji Seng (Zn) pada Air dan Air Limbah dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala.

Metode ini digunakan untuk penentuan logam seng, Zn dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan atom-nyala (SSA) pada kisaran kadar Zn 0,05 mg/L sampai dengan 2,0 mg/L dan panjang gelombang 213,9 nm. Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat-zat pengganggu yang terdapat dalam contoh uji air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2 .

7. Metode Uji Timbal (Pb) pada Air dan Air Limbah dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala.

Metode ini digunakan untuk penentuan logam timbal, Pb dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan atom-nyala (SSA) pada kisaran kadar Pb 1,0 mg/L sampai dengan 20,0 mg/L dan panjang gelombang 283,3 nm. Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat-zat pengganggu yang terdapat dalam contoh uji air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2 .

8. Metode Uji nitrit, (NO_2-N) pada Air dan Air Limbah dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala.

Metode ini digunakan untuk penentuan nitrit, NO_2-N dalam air dan air limbah secara spektrofotometri pada kisaran kadar 0,01 mg/L sampai dengan 1,00 mg/L NO_2-N . Jika menggunakan kuvet 1 (satu) cm dalam penentuan kadar nitrit, NO_2-N dapat diperoleh kadar sampai dengan 0,18 mg/L NO_2-N . Untuk meningkatkan ketelitian pembacaan dapat digunakan kuvet yang lebih panjang lintasannya (5 cm atau 10 cm). Nitrit dalam suasana asam pada pH 2,0 – 2,5 akan bereaksi dengan sulfanilamid (SA) dan N-(1-naphthyl) ethylene diamine dihydrochloride (NED dihydrochloride) membentuk senyawa azo yang berwarna

merah keunguan. Warna yang terbentuk diukur absorbansinya secara spektrofotometri pada panjang gelombang maksimum 543 nm.

9. Metode Uji Minyak dan Lemak pada Air dan Air Limbah secara Gravimetri.

Metoda ini untuk menentukan minyak dan lemak dalam contoh uji air dan air limbah secara gravimetri. Metoda ini termasuk penanganan emulsi tertentu, zat yang tidak menguap, zat lain yang terekstraksi oleh pelarut dari contoh uji yang diasamkan seperti senyawa belerang, pewarna organik tertentu dan khlorofil.

Metoda ini tidak dapat digunakan untuk mengukur fraksi yang mempunyai titik didih lebih kecil dari 70^o C bila menggunakan pelarut trichlorotrifluoroethane atau bila menggunakan pelarut campuran n-hexana dengan methyl tert buthyl ether (80 : 20) pada titik didih di bawah 85^oC.

Metoda ini dapat digunakan untuk contoh uji yang mengandung minyak dan lemak lebih besar dari 10 mg/L. Minyak dan Lemak adalah minyak mineral, minyak nabati, asam lemak, sabun, malam yang dapat terekstrak oleh pelarut campuran n-hexana dan *methyl tert buthyl ether* (MTBE) (80:20). Minyak Mineral adalah minyak yang berasal dari tambang minyak termasuk crude oil dan fraksi-fraksi lainnya.

Prinsip uji: Minyak dan lemak dalam contoh uji air diekstraksi dengan pelarut organik dalam corong pisah dan untuk menghilangkan air yang masih tersisa digunakan Na₂SO₄ anhidrat. Ekstrak minyak dan lemak dipisahkan dari pelarut organik secara destilasi. Residu yang tertinggal pada labu destilasi ditimbang sebagai minyak dan lemak.

10. Metode Uji Kesadahan Total Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) pada Air dan Air Limbah Menggunakan Metode Titrimetri.

Metode ini digunakan untuk penentuan kesadahan total yang terdapat dalam air dan air limbah dengan metode titrimetri EDTA dengan batas terendah 5 mg/L. Metode ini digunakan untuk contoh uji air yang tidak berwarna.

Garam dinatrium etilen diamin tetra asetat (EDTA) akan bereaksi dengan kation logam tertentu membentuk senyawa kompleks kelat yang larut. Pada pH 10,0 + 0,1, ion-ion kalsium dan magnesium dalam contoh uji akan bereaksi dengan indikator Eriochrome Black T (EBT), dan membentuk larutan berwarna merah keunguan. Jika Na₂EDTA ditambahkan sebagai titran, maka ion-ion kalsium dan magnesium akan membentuk senyawa kompleks, molekul indikator terlepas kembali, dan pada titik akhir titrasi larutan akan berubah warna dari merah keunguan menjadi biru. Dari cara ini akan didapat kesadahan total (Ca + Mg).

Kalsium dapat ditentukan secara langsung dengan EDTA bila pH contoh uji dibuat cukup tinggi (12-13), sehingga magnesium akan mengendap sebagai magnesium hidroksida dan pada titik akhir titrasi indikator Eriochrome Black T (EBT) hanya akan bereaksi dengan kalsium saja membentuk larutan berwarna biru. Dari cara ini akan didapat kadar kalsium dalam air (Ca).

Dari kedua cara tersebut dapat dihitung kadar magnesium dengan cara mengurangkan hasil kesadahan total dengan kadar kalsium yang diperoleh, yang dihitung sebagai CaCO₃.

11. Metode Uji Kalsium (Ca) pada Air dan Air Limbah Menggunakan Metode Titrimetri.

Metode ini digunakan untuk penentuan kadar kalsium (Ca) dalam air dan air limbah dengan metode titrimetri EDTA pada kisaran kadar Ca 100 mg/L sampai dengan 200 mg/L. Metode ini digunakan untuk contoh uji air yang tidak berwarna.

Pada pH contoh uji cukup tinggi (12 sampai dengan 13), magnesium akan mengendap sebagai magnesium

hidroksida maka EDTA hanya akan bereaksi dengan kalsium. Pada awalnya indikator mureksid bereaksi dengan ion kalsium sehingga larutan berwarna merah muda. Pada titik akhir titrasi dengan EDTA, indikator akan lepas kembali dan larutan menjadi berwarna ungu.

12. Metode Uji Kadmium (Cd) pada Air dan Air Limbah Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala.

Metode ini digunakan untuk penentuan logam kadmium (Cd) dalam air dan air limbah secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) - nyala pada kisaran kadar Cd 0,05 mg/L sampai dengan 2,0 mg/L dan panjang gelombang 228,8 nm. Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat-zat pengganggu yang terdapat dalam contoh uji air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2 .

13. Metode Uji Krom Total (Cr-T) pada Air dan Air Limbah Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala.

Metode ini digunakan untuk penentuan logam krom total, Cr-T dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan atom (SSA) – nyala pada kisaran kadar Cr 0,2 mg/L sampai dengan 5,0 mg/L dan panjang gelombang 357,9 nm. Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat pengganggu yang terdapat dalam contoh uji dalam air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2 .

14. Metode Uji Nikel (Ni) pada Air dan Air Limbah Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala.

Metode ini digunakan untuk penentuan logam nikel, Ni dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan

atom (SSA) - nyala pada kisaran kadar Ni 0,3 mg/L sampai dengan 6,0 mg/L dan panjang gelombang 232,0 nm. Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat-zat pengganggu yang terdapat dalam contoh uji air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2 .

15. Metode Uji Khlorida (Cl^-) pada Air dan Air Limbah Dengan Metode argentometri (mohr).

Metode ini digunakan untuk penentuan kadar khlorida (Cl^-) dalam air dan air limbah dengan metode argentometri cara *mohr* pada kisaran kadar 1,5 mg/L sampai dengan 100 mg/L.

Senyawa khlorida dalam contoh uji air dapat dititrasi dengan larutan perak nitrat dalam suasana netral atau sedikit basa (pH 7 sampai dengan pH 10), menggunakan larutan indikator kalium kromat. Perak khlorida diendapkan secara kuantitatif sebelum terjadinya titik akhir titrasi, yang ditandai dengan mulai terbentuknya endapan perak kromat yang berwarna merah kecoklatan.

16. Metode Uji Sulfat (SO_4^{2-}) pada Air dan Air Limbah Dengan Metode Turbidimetri.

Metode ini digunakan untuk penentuan (SO_4^{2-}) dalam air dan air limbah secara turbidimetri pada kisaran 1 mg/L sampai dengan 40 mg/L pada panjang gelombang 420 nm.

Ion sulfat bereaksi dengan barium khlorida dalam suasana asam akan membentuk suspense barium sulfat dengan membentuk kristal barium sulfat yang sama besarnya diukur dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 420 nm. Reaksi: $SO_4^{2-} + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 + 2Cl^-$.

17. Metode Uji Kadar Fenol pada Air dan Air Limbah Secara Spektrofotometri.

Metode ini digunakan untuk penentuan kadar fenol dalam air dan air limbah menggunakan aminoantipirin dengan alat spektrofotometer. Kadar fenol yang di ukur antara 0,005 mg/L sampai dengan 0,1 mg/L menggunakan panjang gelombang 460 nm dan untuk kadar fenol lebih besar dari 0,1 mg/L menggunakan panjang gelombang 500 nm.

Semua fenol dalam air akan bereaksi dengan 4-aminoantipirin pada pH $7,9 \pm 0,1$ dalam suasana larutan kalium ferri sianida akan membentuk warna merah kecoklatan dari antipirin. Warna yang terbentuk diukur absorbansinya pada panjang gelombang 460 nm atau 500 nm.

18. Metode Uji Nilai Permanganat pada Air dan Air Limbah Menggunakan Titrimetri.

Metode ini digunakan untuk penentuan nilai permanganat dengan metode oksidasi suasana asam dalam contoh air dan air limbah yang mempunyai kadar khlorida (Cl-) kurang dari 300 mg/L. Nilai permanganate adalah jumlah miligram kalium permanganat yang dibutuhkan untuk mengoksidasi organik dalam 1000 mL air pada kondisi mendidih. Zat organik di dalam air dioksidasi dengan $KMnO_4$ direduksi oleh asam oksalat berlebih. Kelebihan asam oksalat dititrasi kembali dengan $KMnO_4$.

Kualitas Air Laut

Untuk menilai kualitas lingkungan air laut dapat dilakukan dengan pengambilan kualitas air laut dan memeriksanya ke laboratorium. Setelah diperoleh sertifikat hasil pengujian laboratorium, maka dilakukanlah analisis dengan cara membandingkannya dengan baku mutu air laut sesuai jenis dan peruntukan lingkungan air lautnya (yaitu air laut peruntukan pelabuhan ataukah peruntukan ekologi laut).

Tabel 31. Baku Mutu Kualitas Air Laut dan Metode Analisis

NO	PARAMETER	SATUAN	BAKU *) MUTU	METODE
A.	FISIKA			
1	Suhu (insitu)**)	°C	Udara ±3°C	SNI 06-6989.23-2005
2	Zat padat tersuspensi (TSS)	mg/L	50	SNI 06-6989.3-2004
3	Kekeruhan	NTU	-	SNI 06-2413-1991
4	Warna	Pt - Co	1 - 500	APHA 4500 21 st ed.part 2120C
5	Kecerahan (insitu)	Meter	-	SNI 06-2413-1991
B.	KIMIA			
1	Arsen (As)	mg/L	1 - 20	APHA ed.21 part 3500-As
2	Kadmium (Cd)	mg/L	0,05 - 2,0	SNI 06-6989.16- 2004**)
3	BOD ₅	mg/L	-	SNI 6989.72-2009
4	COD	mg/L	5 - 50	SNI 6989.2-2009
5	Merkuri (Air Raksa)	mg/L	0,6 - 15	SNI 19-6964.2-2003
6	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	0,001 - 0,5	SNI 06-6989.9-2004
7	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	-	SNI 06-6869.14-2004
8	pH (26°C)**)	mg/L	1 - 14	SNI 06-6989.11-2004
9	Selenium (Se)	mg/L	0,005 - 0,1	APHA ed.21 part 3500 Se
10	Seng (Zn)	mg/L	50 - 200	SNI 06-6989.7- 2004**)
11	Sianida (CN)	mg/L	-	APHA ed.21 part 4500-CN.E
12	Tembaga (Cu)	mg/L	0,2 - 10	SNI 06-6989.6-2009
13	Timbal (Pb)	mg/L	1 - 20	SNI 06-6989.8-2004
14	Fenol	mg/L	0,005 - 0,1	APHA ed.21 5530 D
15	Minyak dan Lemak	mg/L	1 - 50	HACH
16	Khromium heksavalen (Cr VI)	mg/L	-	SNI 6989.71-2009
17	Salinitas	‰	-	APHA ed.21 part 2520B

Keterangan : *) = Air Laut Kep. MENLH No. 51 Tahun 2004

**) = Parameter terakreditasi oleh KAN No. LP-195-IDN

< = Lebih kecil



Gambar 40. Sampling Kualitas Air Laut

Kasus hasil pemeriksaan terhadap kualitas air laut dari pengaruh kegiatan industry dapat disampaikan sebagai berikut.

a. Jenis Dampak

Jenis dampak berupa penurunan kualitas air yang disebabkan oleh kegiatan operasional industri.

b. Sumber Dampak

Sumber penyebab penurunan kualitas air berasal dari;

- 1) Air limbah pengoperasian unit mesin.
- 2) Kegiatan regenerasi dan demineralisasi air limbah.
- 3) Kegiatan pengelolaan limbah bahang air pendingin kondensor.
- 4) Limbah minyak (ceceran minyak dari operasional mesin-mesin).
- 5) Limbah domestic dari aktivitas karyawan administrasi dan teknisi.

c. Lokasi Pemantauan

Lokasi pemantauan dampak penurunan kualitas air dilakukan di;

- 1) Lokasi tambak penduduk.
- 2) Lokasi perairan pantai
- 3) Inlet dan outlet IPAL
- 4) Inlet dan outlet catcher
- 5) Inlet dan outlet IPAL domestic.
- 6) Media air laut.

7) Media air tambak.

d. Metode Pemantauan

Metode pemantauan dilakukan dengan cara pengambilan sample di lapangan dan analisis di laboratorium.

e. Jangka Waktu / Periode Pemantauan

Periode pemantauan terhadap kualitas air laut dilakukan 3 (tiga) bulan sekali selama kegiatan operasional industry berlangsung.

f. Hasil Pemantauan

Hasil pemantauan kualitas air laut di sekitar lokasi tapak kegiatan pada periode pemantauan bulan tertentu dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 32. Contoh Hasil Pengujian Kualitas Air Laut

NO	PARAMETER	SATUAN	BAKU *) MUTU	HASIL			METODE
				A	B	C	
A.	FISIKA						
1	Suhu (insitu **)	°C	Udara ±3°C	30.8	31.9	32.3	SNI 06-6989.23-2005
2	Zat padat tersuspensi (TSS)	mg/L	50	<2	<2	12	SNI 06-6989.3-2004
3	Kekeruhan	NTU	-	10	6	21	SNI 06-2413-1991
4	Warna	Pt - Co	1 - 500	2	1	3	APHA 4500 21 st ed.part 2120C
5	Kecerahan (insitu)	Meter	-	2,0	2,0	2,0	SNI 06-2413-1991
B.	KIMIA						
1	Arsen (As)	mg/L	1 - 20	<0,005	<0,005	<0,005	APHA ed.21 part 3500-As
2	Kadmium (Cd)	mg/L	0,05 - 2,0	<0,00180	<0,00180	<0,00180	SNI 06-6989.16-2004**)
3	BOD ₅	mg/L	-	13	13	14	SNI 6989.72-2009
4	COD	mg/L	5 - 50	94	92	99	SNI 6989.2-2009
5	Merkuri (Air Raksa)	mg/L	0,6 - 15	<0,0005	<0,0005	<0,0005	SNI 19-6964.2-2003
6	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	0,001 - 0,5	0,013	0,009	0,025	SNI 06-6989.9-2004
7	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	-	6,5	6,2	5,0	SNI 06-6869.14-2004
8	pH (26°C **)	mg/L	1 - 14	7,17	7,10	7,20	SNI 06-6989.11-2004
9	Selenium (Se)	mg/L	0,005 - 0,1	<0,002	<0,002	<0,002	APHA ed.21 part 3500 Se
10	Seng (Zn)	mg/L	50 - 200	<0,00851	<0,00851	<0,00851	SNI 06-6989.7-2004**)
11	Sianida (CN)	mg/L	-	<0,005	<0,005	<0,005	APHA ed.21 part 4500-CN.E
12	Tembaga (Cu)	mg/L	0,2 - 10	<0,00864	<0,00864	<0,00864	SNI 06-6989.6-2009
13	Timbal (Pb)	mg/L	1 - 20	<0,00451	<0,00451	<0,00451	SNI 06-6989.8-2004
14	Fenol	mg/L	0,005 - 0,1	<0,001	<0,001	<0,001	APHA ed.21 5530 D
15	Minyak dan Lemak	mg/L	1 - 50	<0,2	<0,2	<0,2	HACH
16	Khromium heksavalen (CrVI)	mg/L	-	<0,01	<0,01	<0,01	SNI 6989.71-2009
17	Salinitas	‰	-	39	40	26	APHA ed.21 part 2520B

Keterangan : *) = AIR LAUT Kep. MENLH No. 51 Tahun 2004

**) = Parameter terakreditasi oleh KAN No. LP-195-IDN

< = Lebih kecil

Berdasarkan pada hasil pengujian laboratorium terhadap kualitas air laut di sekitar lokasi kegiatan industri sebagaimana diperlihatkan pada Tabel di atas terpantau 1 (satu) parameter uji yang melampaui baku mutu air laut sebagaimana tertuang pada Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004. Parameter kualitas air laut yang telah melampaui baku mutu tersebut adalah COD pada seluruh lokasi pemantauan Air Laut.

Berdasarkan atas penelusuran terhadap sumber pencemar COD yang melampaui baku mutu tersebut dapat dimungkinkan oleh sebab sumber pencemar berasal dari kegiatan domestik masyarakat (warung masyarakat di sekitar industri) maupun oleh adanya kegiatan pengerukan (*dregging*) lumpur laut di sekitar Jetty. Nilai COD (*chemical oxygene demand*) pada baku mutu air laut menunjukkan nilai standar normal untuk mengetahui kualitas air laut berdasarkan kebutuhan oksigen dalam menguraikan limbah secara kimiawi.

Sumber pencemar yang akan menaikkan nilai COD pada air laut diperkirakan berasal dari hasil proses pelarutan debu batu bara yang masuk ke dalam air laut, sehingga dibutuhkan sejumlah oksigen kimiawi yang banyak untuk dapat membersihkan dan menjernihkan air laut.

Tabel 33. Baku Mutu dan Metode Analisis Kualitas Air Tambak

NO	PARAMETER	SATUAN	BAKU *) MUTU	METODE
A.	FISIKA			
1	Suhu (insitu **)	°C	Udara ± 3°C	SNI 06-6989.23-2005
2	Zat padat terlarut (TDS)	mg/L	1.000	SNI 06-6989.27-2005
3	Zat padat tersuspensi (TSS) **)	mg/L	400	SNI 06-6989.3-2004
B	KIMIA			
1	pH (insitu**)	-	6 - 9	SNI 06-6989.11-2004
2	Air raksa (Hg)	mg/L	0,002	APHA ed.21 3114 part B
3	Oksigen terlarut (DO) Lab	mg/L	3	SNI 06-6989.14-2004
4	Fluorida (F) **)	mg/L	1,5	APHA ed.21 4500-F part D
5	Fenol	mg/L	1	APHA ed.21 5530-Phenol part D
6	Kadmium (Cd)	mg/L	0,01	SNI 6989.16-2009
7	Kromium Heksavalen (Cr VI) **)	mg/L	0,05	SNI 6989.71-2009
8	Khlorin bebas (Cl ₂)	mg/L	0,03	HACH
9	Minyak Lemak	mg/L	1	HACH
10	Seng (Zn)	mg/L	0,05	SNI 06-6989.7-2009
11	Sianida (CN) **)	mg/L	0,02	APHA ed.21 4500-CN part E
12	Tembaga (Cu) **)	mg/L	0,02	SNI 06-6989.6-2009
13	Timbal (Pb)	mg/L	0,03	SNI 6989.8-2009
14	BOD ₅	mg/L	6	SNI 6989.72-2009
15	COD **)	mg/L	50	SNI 06-6989.15-2004
16	Amoniak (NH ₃ -N) **)	mg/L	-	SNI 06-6989.30-2005

Keterangan :

*) = **AIR PERMUKAAN Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 untuk Air Kelas III** : Air yang Peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.

***) = Parameter terakreditasi oleh KAN No. LP-195-IDN

****) = Logam merupakan Logam Terlarut

< = Lebih kecil



Gambar 41. Kegiatan Sampling Kualitas Air Tambak

Hasil analisis terhadap kualitas lingkungan hidup menggunakan metode analisis kualitas air (air bersih, air tanah, air permukaan dan air laut) dibandingkan dengan baku mutu, maka dapat ditetapkan kualitas lingkungan hidup dapat berstatus baik apabila besaran parameter zat pencemar yang dihasil oleh suatu kegiatan berada di bawah baku mutu kualitas air, kualitas lingkungan air yang memenuhi baku mutu diindikasikan oleh jumlah parameter pencemar air dan tingkat pencemaran yang minimum.

Analisis Kualitas Tanah

Tanah adalah salah satu komponen lahan, berupa lapisan teratas kerak bumi yang terdiri dari bahan mineral dan bahan organik serta mempunyai sifat fisik, kimia, biologi, dan mempunyai kemampuan menunjang kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Kerusakan tanah untuk produksi biomassa (vegetasi dan tanaman lainnya) adalah berubahnya sifat dasar tanah yang melampaui kriteria baku kerusakan tanah. Sedangkan biomassa adalah tumbuhan atau bagian-bagiannya yaitu bunga, biji, buah, daun, ranting, batang, dan akar, termasuk tanaman yang dihasilkan oleh kegiatan pertanian, perkebunan, dan hutan tanaman industri. Pengendalian kerusakan tanah adalah upaya pencegahan dan penanggulangan kerusakan tanah serta pemulihan kondisi kualitas tanah.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI Nomor 150 Tahun 2000, tentang Pengendalian Kerusakan Tanah Untuk Produksi Biomassa; dinyatakan pada Bab 2 Pasal 2 bahwa, penetapan kriteria baku kerusakan tanah untuk produksi biomassa, tidak termasuk biomassa dari kegiatan budi daya perikanan dan tata laksana pencegahan dan penanggulangan kerusakan tanah serta pemulihan kondisi tanah. Sedangkan pada Bab 2 Pasal 3 menyatakan bahwa PPRI 150/2000 bertujuan untuk mengendalikan kerusakan tanah untuk produksi biomassa.

Kriteria Baku Kerusakan Tanah

Berdasarkan PPRI 150/2000 tentang Pengendalian Kerusakan Tanah Untuk Produksi Biomassa, Bab 3 Pasal 4 bahwa kriteria baku kerusakan tanah untuk produksi biomassa meliputi; a) kriteria baku kerusakan tanah nasional; dan b) kriteria baku kerusakan tanah daerah.

Kriteria Baku Kerusakan Tanah Nasional

Kriteria baku kerusakan tanah nasional untuk kegiatan pertanian, perkebunan, dan hutan tanaman meliputi :

- a. kriteria baku kerusakan tanah akibat erosi air;
- b. kriteria baku kerusakan tanah di lahan kering;
- c. kriteria baku kerusakan tanah di lahan basah.

Kriteria baku kerusakan tanah nasional ini dapat di tinjau kembali sekurang-kurangnya 5 (lima) tahun sekali.

Tabel 34. Kriteria Baku Kerusakan Tanah Akibat Erosi Air

Tebal Tanah	Ambang Kritis Erosi		Metode Pengukuran	Peralatan
	(1)	(2)		
	Ton/ha/tahun	mm/10 tahun		
< 20 cm	> 0,1 - < 1	> 0,2 - < 1,3	1. Gravimetrik 2. Pengukuran Langsung	1. Timbangan, tabung ukur, penera debit (<i>discharge</i>) sungai dan peta daerah tangkapan air (<i>cathment area</i>) 2. Patok Erosi
20 - < 50 cm	1 - < 3	1,3 - < 4		
50 - < 100 cm	3 - < 7	4,0 - < 9,0		
100 - < 150 cm	7 - 9	9,0 - 12,0		
> 150 cm	> 9	> 12		

Sumber: PPRI 150 tahun 2000.

Tabel 35. Kriteria Baku Kerusakan Tanah di Lahan Kering

No.	Parameter	Ambang Kritis	Metode Pengukuran	Peralatan
1	Ketebalan Solum	< 20 cm	Pengukuran langsung	Meteran
2	Ketebalan permukaan	> 40%	Pengukuran langsung imbangan tanah dan batu dalam unit luasan	Meteran; <i>counter</i> (<i>line</i> atau total)
3	Komposisi fraksi	< 18% koloid; > 80% pasir kuarsitik	Warna pasir, gravimetrik	Tabung ukur; timbangan
4	Berat isi	> 1,4 g/cm ³	Gravimetric pada satuan volume	Lilin, tabung ukur, ring sampler, timbangan analitik
5	Porositas total	< 30%; > 70%	Perhitungan berat isi (BI) dan berat jenis (BJ)	Piknometer, timbangan analitik
6	Derajat pelulusan air	< 0,7 cm/jam; > 8,0 cm/jam	Permeabilitas	<i>Ring sampler</i> , <i>double ring permeameter</i>
7	pH (H ₂ O) 1 : 2,5	< 4,5; > 8,5	Potensiometrik	pH meter; pH <i>stick</i> skala 0,5 satuan
8	Daya hantar listrik (DHL)	< 4,0 mS/cm	Tahanan listrik	EC meter
9	Redoks	< 200 mV	Tegangan listrik	pH meter; elektroda platina
10	Jumlah mikroba	< 10 ² cfu/g tanah	<i>Plating technique</i>	Cawan petri; <i>colony counter</i>

Sumber: Peraturan Pemerintah RI Nomor 150 tahun 2000.

Tabel 36. Kriteria Baku Kerusakan Tanah di Lahan Basah

No.	Parameter	Ambang Kritis	Metode Pengukuran	Peralatan
1	Subsistensi gambut di atas pasir kuarsa	> 35 cm/5 tahun ketebalan gambut > 3 m atau 10%/5 tahun untuk ketebalan gambut 3 m	Pengukuran langsung	Patok subsidiensi
2	Kedalaman lapisan berpirit dari permukaan tanah	< 25 cm dengan pH < 2,5	Reaksi oksidasi dan pengukuran langsung	Cepuk plastic; H ₂ O ₂ : pH stick skala 0,5 satuan; meteran
3	Kedalaman air tanah dangkal	> 25 cm	Pengukuran langsung	Meteran
4	Redoks untuk tanah berpirit	> -100 mV	Tegangan listrik	pH meter; elektroda platina
5	Redoks untuk gambut	> 200 mV	Tegangan listrik	pH meter; elektroda platina
6	pH (H ₂ O) 1 : 2,5	< 4,0; > 7,0	Potensiometrik	pH meter; pH stick skala 0,5 satuan
7	Daya hantar listrik (DHL)	< 4,0 mS/cm	Tahanan listrik	EC meter
8	Jumlah mikroba	< 10 ² cfu/g tanah	<i>Plating technique</i>	Cawan petri; <i>colony counter</i>

Sumber: Peraturan Pemerintah RI Nomor 150 tahun 2000.

Penetapan Kondisi Tanah dan Status Kerusakan Tanah

Kondisi tanah untuk penetapan status kerusakan tanah ditetapkan berdasarkan:

1. Hasil analisis, inventarisasi, dan/atau identifikasi terhadap sifat dasar tanah;

2. Hasil inventarisasi kondisi iklim, topografi, potensi sumber kerusakan, dan penggunaan tanah.

Analisis sifat dasar tanah dilakukan oleh laboratorium tanah yang memenuhi persyaratan untuk melakukan uji laboratorium dan telah terakreditasi oleh institusi berwenang.

Baku Mutu Lingkungan Tanah

Pemilihan indikator mutu tanah dan besarnya nilai ambang batas tiap indikator sudah sangat dibutuhkan. Dengan demikian pemantauan dan pemulihan kualitas lingkungan dapat dilakukan secara lebih terpadu.

Baku mutu tanah (*soil quality standard*) belum tersedia karena sulit untuk didefinisikan dan dikuantitatifkan serta tidak dikonsumsi langsung oleh manusia maupun hewan. Akibatnya di Indonesia, pemantauan dan pemulihan mutu lingkungan tidak terlaksana secara terpadu, karena hanya ada baku mutu udara dan air. Masalah utama yang dihadapi dalam menentukan mutu tanah adalah tanah mempunyai banyak fungsi sehingga kalau baku mutu tanah ditetapkan hanya berdasarkan suatu fungsi dapat bertentangan dengan fungsi yang lain. Tanah sebagai fungsi produksi, misalnya, pemupukan akan meningkatkan mutu tanah sehingga produksi meningkat secara tajam. Di lain pihak, tanah sebagai fungsi lingkungan, pemupukan dinilai menurunkan mutu lingkungan karena dapat menimbulkan pencemaran pada air dan udara di sekitarnya. Pemikiran mengenai rekonsiliasi antara berbagai fungsi tanah (pencapaian produksi, mutu lingkungan, keamanan, kesehatan manusia serta hewan) dalam pengertian mengakomodasi berbagai fungsi tanah untuk menyusun baku mutu secara terpadu perlu segera dilakukan.

Batasan dan Lingkup Mutu Tanah

Mutu tanah tidak dapat diukur, tetapi indikatornya dapat diukur secara kuantitatif. Berbagai definisi indikator yang ditemukan dalam literatur pada intinya menekankan pada sifat tanah yang dapat diukur dan dipantau yang dapat

mempengaruhi kemampuan tanah untuk memperagakan fungsinya. Departemen Pertanian Amerika Serikat mendefinisikan indikator mutu tanah sebagai sifat-sifat fisik, kimia, dan biologi serta proses dan karakteristik yang dapat diukur untuk memantau berbagai perubahan dalam tanah. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai indikator mutu tanah akan menentukan kemampuan tanah untuk memenuhi fungsinya.

Penetapan baku mutu tanah tanpa mempertimbangkan semua fungsi tanah, manfaatnya hanya akan bersifat parsial sehingga hilang keandalannya. Oleh karena itu, perlu merenungkan dan mencermati penetapan baku mutu tanah sebagai tantangan utama. Jika tidak, maka penggunaan dan pengelolaan tanah kehilangan kendali. Pemantauan dan pemulihan mutu tanah tidak menyelesaikan masalah karena tidak ada ukuran baku yang digunakan. Terdapat konsensus umum bahwa ruang lingkup mutu tanah mencakup tiga komponen pokok. Pertama, produksi berkelanjutan yaitu kemampuan tanah untuk meningkatkan produksi dan tahan terhadap erosi. Kedua, mutu lingkungan yaitu mutu air, tanah, dan udara dimana tanah diharapkan mampu mengurangi pencemaran lingkungan, penyakit, dan kerusakan sekitarnya. Ketiga, kesehatan makhluk hidup, yaitu mutu makanan sebagai produk yang dihasilkan dari tanah harus memenuhi faktor keamanan (*safety*) dan komposisi gizi.

Tanah bermutu tinggi jika efektif untuk menahan, menerima, dan melepas air dan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman; mendorong dan mendukung produksi tanaman; menjadi habitat mikroorganisme; mengameliorasi lingkungan tercemar, tahan terhadap degradasi; mempertahankan atau memperbaiki kesehatan fauna dan manusia.

Kriteria Indikator Mutu Tanah

1. Banyak indikator potensial yang dapat digunakan untuk menetapkan mutu tanah. Namun, perlu dipilih indikator utama sehingga dapat diaplikasikan pada pola

monitoring baik pada tingkat nasional, propinsi atau kawasan DAS. Indikator mutu tanah harus memenuhi kriteria: berkorelasi baik dengan berbagai proses ekosistem dan berorientasi pemodelan;

2. mengintegrasikan berbagai sifat dan proses kimia, fisika, dan biologi tanah;
3. mudah diaplikasikan pada berbagai kondisi lapangan dan dapat diakses oleh para pengguna;
4. peka terhadap variasi pengelolaan dan iklim; dan
5. sedapat mungkin merupakan komponen dari basis data.

Terdapat formula pendekatan dengan cara pemberian skor untuk menentukan apakah suatu indikator potensial dipilih atau tidak untuk tanah terdegradasi atau terpolusi.

Formula yang diusulkan adalah:

$$A = \text{jumlah (S, U, M, I, R)}$$

- A = nilai skor yang dapat diterima suatu indikator;
- S = kepekaan suatu indikator terhadap proses degradasi atau pemulihan;
- U = kemudahan pemahaman pada suatu nilai indikator;
- M = mudah dan atau murah untuk diukur;
- I = pengaruh indikator dapat diprediksi pada tanah, kesehatan tanaman, hewan, dan produktivitas; dan
- R = mempunyai hubungan dengan proses ekosistem (khususnya yang menunjukkan aspek lingkungan dan keberlanjutan).

Tiap parameter dalam persamaan tersebut di atas diberikan skor (1 sampai 5) berdasarkan pengetahuan dan pengalaman pengguna terhadap parameter tersebut. Jumlah nilai dari tiap indikator tersebut memberikan tingkat penerimaan skor yang dapat diurut dan dibandingkan dengan indikator potensial yang lain, sehingga memudahkan pemilihan indikator pada suatu lokasi.

Contoh, berat jenis tanah (BD) dapat diberikan skor sebagai berikut (S = 4, U = 4, M = 5, I = 3, R = 2) sehingga diperoleh skor 18/25 (72%).

Di pihak lain, ukuran butir (UK) hanya mendapatkan nilai skor 10/25 (40%) yang diperoleh dari (S = 1, U = 3, M = 2, I = 2, R = 2). Pada kasus ini kita akan memilih BD sebagai salah satu indikator dalam pengkajian mutu tanah.

Indikator dan Indeks Mutu Tanah

Berdasarkan pengetahuan saat ini maka minimum data indikator mutu tanah terdiri atas tekstur tanah, kedalaman tanah, infiltrasi, berat jenis, kemampuan tanah memegang air, C organik, pH, daya hantar listrik, N, P, K, biomassa mikroba, potensi N dapat dimineralisasi, dan respirasi tanah. Logam berat perlu juga dijadikan indikator karena dapat mempengaruhi produksi tanaman, kesehatan hewan dan manusia, serta aktivitas mikroba tanah.

Tiga jenis logam berat beracun yaitu; 1) merkuri (Hg), 2) timbal (Pb), dan 3) cadmium (Cd). Nilai ambang batas logam berat pada tiap negara berbeda-beda, karena adanya perbedaan kemampuan sifat tanah untuk menyangga logam berat. Di Inggris dan di Belanda misalnya, nilai ambang batas untuk Pb 5-6 kali lebih besar dari negara industri lainnya. Untuk Indonesia dengan tingkat pelapukan tanah yang intensif, kemungkinan daya sangga tanah terhadap logam berat lebih rendah, sehingga nilai ambang batasnya akan lebih rendah dari negara industry tersebut.

Masalah utama yang dihadapi sekarang adalah belum ada nilai ambang batas dari tiap indikator baku mutu tanah, kecuali logam berat. Secara operasional hasil penilaian dari berbagai indikator yaitu fisik, kimia, dan biologi masih berdiri sendiri, sehingga perlu dipadukan untuk mendapatkan hasil evaluasi secara menyeluruh. Hal ini dapat dilakukan dengan menyusun indeks mutu tanah, sebagai berikut:

1. $SQ = f(SQE_1, SQE_2, SQE_3, SQE_4, SQE_5, SQE_6)$
2. SQ = indeks mutu tanah
3. SQE_1 = produksi makanan dan serat

4. SQE_2 = erosivitas
5. SQE_3 = mutu air bawah tanah
6. SQE_4 = mutu aliran air permukaan tanah
7. SQE_5 = mutu udara
8. SQE_6 = mutu makanan

Penetapan indeks mutu tanah dari fungsi di atas dilakukan dengan memberikan pembobotan pada tiap fungsi mutu tanah. Setelah pembobotan kemudian dilakukan perkalian biasa sebagai berikut:

$$SQ = (K_1SQE_1) (K_2SQE_2) (K_3SQE_3) (K_4SQE_4) (K_5SQE_5) (K_6SQE_6)$$

K = koefisien pembobotan.

Cara lain adalah dengan menggunakan fungsi skor menurut kerangka kerja. Untuk menghitung mutu tanah secara keseluruhan, semua fungsi kritis tanah seperti untuk mendukung produksi tanaman dan ternak, melindungi mutu air dan udara, dan meningkatkan kesehatan manusia harus dipertimbangkan.

Kerangka kerja tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$IMT = f (y \text{ produksi} + y \text{ air dan udara} + y \text{ keamanan dan kesehatan})$

IMT = indeks mutu tanah
y = faktor pembobotan dari masing-masing fungsi.

Indeks mutu tiap fungsi tanah tersebut dapat ditentukan dengan melakukan pembobotan terhadap semua indikator yang mempengaruhi fungsi tersebut. Selanjutnya dilakukan penggabungan tiap fungsi tadi menjadi indeks mutu tanah secara terpadu. Masalah lain yang mungkin dihadapi adalah terbatasnya data hasil analisis tanah. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan fungsi pedotransfer. Pada fungsi pedotransfer, suatu nilai indikator dapat diestimasi dari beberapa indikator lainnya karena sifat tanah mempunyai hubungan satu sama lain. Contoh berat jenis tanah sangat ditentukan oleh kadar C organik dan liat.

Sasaran Baku Mutu Tanah

Mutu tanah mempunyai peran kunci dalam pengelolaan tanah, dan merupakan bagian integral dari pengelolaan lahan untuk mewujudkan cita-cita pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Mutu tanah menjadi isu utama ketika membuat hubungan antara ketahanan pangan, lingkungan berkelanjutan, dan makanan yang aman dan bergizi.

Untuk mengimplementasikannya, mutu tanah perlu dikaji dan dievaluasi dengan indikator, kriteria, dan ambang batas.

Macam-macam tanah

1. Tanah **aluvial** adalah tanah yang terbentuk dari material harus hasil pengendapan aliran sungai di dataran rendah atau lembah. Tanah aluvial ini terdapat di pantai timur Sumatra, pantai utara Jawa, dan di sepanjang Sungai Barito, Mahakam, Musi, Citarum, Batanghari, dan Bengawan Solo.
2. Tanah **andosol** adalah tanah yang berasal dari abu gunung api. Tanah andosol terdapat di lerenglereng gunung api, seperti di daerah Sumatra, Jawa, Bali, Lombok, Halmahera, dan Minahasa. Vegetasi yang tumbuh di tanah andosol adalah hutan hujan tropis, bambu, dan rumput.
3. Tanah **regosol** adalah tanah berbutir kasar dan berasal dari material gunung api. Tanah regosol berupa tanah aluvial yang barn diendapkan dan tanah pasir terdapat di Bengkulu, pantai Sumatra Barat, Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara Barat. Material jenis tanah ini berupa tanah regosol, abu vulkan, napal, dan pasir vulkan. Tanah regosol sangat cocok ditanami padi, tebu, palawija, tembakau, dan sayuran.
4. Tanah **kapur** adalah tanah yang terbentuk dari batu kapur yang mengalami pelapukan. Tanah kapur terdapat di daerah perbukitan kapur Sumatra Selatan, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Sulawesi Selatan. Tanaman yang dapat hidup di daerah kapur adalah palawija, steps, savana, dan hutan jati atau hutan musim.

5. Tanah **litosol** adalah tanah berbatu-batu. Bahan pembentuknya berasal dari batuan keras yang belum mengalami pelapukan secara sempurna. Jenis tanah ini juga disebut tanah azonal. Tanaman yang dapat tumbuh di tanah litosol adalah rumput ternak, palawija, dan tanaman keras.
6. Tanah **argosol** atau tanah gambut adalah tanah yang terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan rawa yang mengalami pembusukan jenis tanah ini berwarna hitam hingga cokelat. Tanah jenis ini terdapat di rawa Sumatra, Kalimantan, dan Papua. Tanaman yang dapat tumbuh di tanah argosol adalah karet, nanas, palawija, dan padi.
7. Tanah **grumusol** atau margalith adalah tanah yang terbentuk dari material halus berlempung. Jenis tanah ini berwarna kelabu hitam dan bersifat subur, tersebar di Jawa Tengah, Jawa Timur, Madura, Nusa Tenggara, dan Sulawesi Selatan. Tanaman yang tumbuh di tanah grumusol adalah padi, jagung, kedelai, tebu, kapas, tembakau, dan jati.
8. Tanah **latosol** yaitu tanah yang banyak mengandung zat besi dan aluminium. Tanah ini sudah sangat tua, sehingga kesuburannya rendah. Warna tanahnya merah hingga kuning, sehingga sering disebut tanah merah. Tanah latosol yang mempunyai sifat cepat mengeras bila tersingkap atau berada di udara terbuka disebut tanah laterit. Tanah latosol tersebar di Sumatra Utara, Sumatra Barat, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan Papua. Tumbuhan yang dapat hidup di tanah latosol adalah padi, palawija, sayuran, buah-buahan, karet, sisal, cengkih, kakao, kopi, dan kelapa sawit.

Analisis Kualitas Biologi Perairan

Kualitas Plankton

Organisma plankton dan benthos merupakan organisma perairan yang mempunyai peran sangat besar terhadap kondisi suatu perairan. Peran tersebut tidak saja berkaitan dengan fungsinya sebagai strata atau tropik dasar dari jaring makanan di perairan, tetapi juga mempunyai peran terhadap perubahan lingkungan.

Berdasarkan sifat dan peran organisma plankton pada suatu perairan, maka organisma plankton kerap digunakan sebagai bio indikator terhadap kualitas lingkungan perairan. Nilai indeks keanekaragaman Simpson plankton diantara 0,6 - 0,8 merupakan kondisi atau ekosistem yang seimbang (stabil). Apabila sistem ini mendapat tekanan dari lingkungan, maka keseimbangan akan berubah sesuai perubahan yang terjadi.

Bila angka indeks lebih kecil dari angka tersebut di atas, maka kondisi lingkungan berada pada kondisi tidak stabil (mudah berubah).

Tabel 37. Komposisi Plankton

NO	INDIVIDU	P-1	P-2	P-3
	CHRYSOPHYTA			
1	<i>Amphiprora sp.</i>		495	
2	<i>Amphora sp.</i>			495
3	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	1485	990	990
4	<i>Bacteriastrum sp.</i>	990	495	495

5	<i>Biddulphia mobiliensis</i>	1980	495	990
6	<i>Biddulphia sinensis</i>			990
7	<i>Chaetoceros affine</i>	990	495	495
8	<i>Chaetoceros curvisetum</i>	1980	1485	
9	<i>Chaetoceros laevis</i>	495	990	495
10	<i>Chaetoceros pendulum</i>	495	495	495
11	<i>Chaetoceros sp.1</i>	495	495	
12	<i>Chaetoceros sp.2</i>			495
13	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	1485	495	495
14	<i>Coscinodiscus sp.</i>	1485	495	990
15	<i>Ditylum sol</i>	3465	1980	2475
16	<i>Eucampia sp.</i>	495		
17	<i>Guinardia haccida</i>	2475	1980	1980
18	<i>Ethmodiscus gazellae</i>	495		
19	<i>Hemiaulus sp.</i>	495	990	990
20	<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	495		495
21	<i>Lauderia borealis</i>	1485	1980	1980
22	<i>Navicula sp.</i>	495		
23	<i>Nitzschia longissima</i>			495
24	<i>Nitzschia sigma</i>	990	495	495
25	<i>Nitzschia sp.</i>	495		
26	<i>Pleurosigma angulatum</i>	990	495	495
27	<i>Pleurosigma elongatum</i>	495	495	990
28	<i>Pleurosigma normanii</i>		495	495
29	<i>Pleurosigma rectum</i>	495	495	
30	<i>Rhizosolenia</i>		495	

	<i>acuminata</i>			
31	<i>Rhizosolenia alata</i>	1980	990	1485
32	<i>Rhizosolenia arafurensis</i>	990	495	990
33	<i>Rhizosolenia calcar avis</i>	495	495	990
34	<i>Rhizosolenia setigera</i>	990	1485	990
35	<i>Rhizosolenia styliformis</i>	1980	1485	1485
35	<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	495	990	990
37	<i>Surirella sp.</i>	495	495	
36	<i>Stephanopyxis sp.</i>	495		495
38	<i>Thalassionema nitzschiodes</i>	2475	1980	1980
39	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	2970	1980	2475
	Jumlah individu/ m ³	38610	27720	30195
	Jumlah Taxa	33	30	30
	Indeks Diversitas H' = - E Pi log ₂ pi	4.73	4.66	4.67
	(SHANNON - WEAVER, 1949)			
	H-max = Log ₂ S	5.04	4.91	4.91
	Equitabilitas (E) = H'/H-max	0.94	0.95	0.95

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Jumlah jenis Plankton

Dari table di atas teridentifikasi sebanyak 49 jenis plankton, yang terdiri dari 39 jenis phytoplankton dan 11 jenis zooplankton.

a. Jenis Plankton Dominan

Jenis phytoplankton yang mendominasi perairan yaitu *Lauderia borealis* yang ditemukan di semua lokasi pemantauan. Jenis zooplankton yang dominan yaitu *Oithona* sp.

b. Keanekaragaman Jenis Plankton di Perairan

Nilai indeks keanekaragaman plankton di sekitar perairan sangat bervariasi tergantung jenis perairan dimana plankton tersebut hidup. Berdasarkan perhitungan indeks keanekaragaman-an Simpson nilai indeks berkisar antara 0 - 1 (Odum, 1975). Nilai indeks keanekaragaman pada interval 0,6 - 0,8 merupakan kondisi yang stabil dan bila angka indeks berada lebih kecil dari 0,6; maka stabilitas kondisi lingkungan menurun seiring dengan penurunan angka indeks.

c. Keanekaragaman Plankton di Perairan

Angka indeks keanekaragaman plankton pada table di atas berkisar antara 0,94 - 0,95. Secara umum nilai indeks keanekaragaman jenis plankton pada tabel menunjukkan angka indeks keanekaragaman yang baik (rata-rata berada pada kisaran indeks di atas 0,6).

Tabel 38. Komposisi Zooplankton

NO	INDIVIDU	P-1	P-2	P-3
	ARTHROPODA			
	CRUSTACEA			
1	<i>Acartia sp.</i>	495		495
2	<i>Acartia sp. (Nauplius)</i>	990	990	1485
3	<i>Microsetella sp.</i>	495	495	495
4	<i>Oithona sp.</i>	990	495	
5	<i>Oithona sp. (Nauplius)</i>	1485	990	990
	PROTOZOA			
	CILIATA			
6	<i>Codonellopsis parva</i>	1485	990	990
	<i>Codonellopsis sp.</i>	495	495	
7	<i>Favella campanula</i>	990	495	495
8	<i>Leprotintinnus boltnicus</i>	495		495
9	<i>Leprotintinnus nordqvisti</i>	990	495	990
	<i>Tintinnopsis beroidea</i>		990	
10	<i>Tintinnopsis gracilis</i>	495	990	495
11	<i>Tintinnopsis sp.</i>	990	495	495
	Jumlah individu/ m ³	10395	7920	7425
	Jumlah Taxa	12	11	10
	Indeks Diversitas H' = - E Pi log ₂ pi (SHANNON - WEAVER, 1949)	3.46	3.38	3.19
	H-max = Log ₂ S	3.58	3.46	3.32
	Equitabilitas (E) = H'/H-max	0.97	0.98	0.96

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Kualitas Benthos

Sebagai organisme biologi di dasar perairan, benthos merupakan biota perairan yang sangat terpengaruh oleh perubahan lingkungan sekitar. Untuk dapat melaksanakan kehidupannya, biota ini mempergunakan dan memanfaatkan

nutrisi serasah bahan organik di dasar perairan yang dilakukan dengan cara *filter feeder*.

Berkaitan dengan perubahan lingkungannya sama seperti biota lainnya, maka apabila tidak dapat menyesuaikan diri, biota inipun akan mengalami gangguan dan berakhir dengan kematian. Karena biota ini relatif menetap, maka seperti halnya organisma plankton kemampuannya untuk beradaptasi dengan lingkungannya sering dipergunakan sebagai kriteria untuk menjadi bio-indikator kualitas perairan secara biologis.

Berdasarkan hasil pemantauan lingkungan suatu perairan diperoleh data dan informasi sebagai berikut :

a. Jumlah Jenis Benthos

Telah teridentifikasi sebanyak 13 jenis organisme biologi benthos dengan kisaran jumlah individu/m² antara 1 sampai dengan 5. Tabel di bawah memperlihatkan komposisi, jumlah dan jenis benthos yang hidup di perairan.

Tabel 39. Komposisi Benthos

NO	INDIVIDU	B1	B2	B3
	MOLLUSCA			
	BIVALVIA			
1	<i>Tellina sp. 1</i>	1	2	
2	<i>Tellina sp. 2</i>	1		1
3	<i>Veneridae</i>	2	1	
4	BIVALVIA (sp.)		1	1
	GASTROPODA			
7	<i>Atys sp.</i>		1	1
8	<i>Vexillum sp.</i>	1		
9	GASTROPODA (sp. 1)	1		

10	GASTROPODA (sp. 2)			
	SCAPHOPODA			
11	<i>Dentalium sp.</i>		2	2
	PROTOZOA			
	FORAMINIFERA			
12	<i>Asterorotalia sp.</i>	6	4	5
13	<i>Pseudorotalia sp.</i>	3	2	4
14	<i>Quingueloculina sp.</i>	4	2	4
	Jumlah individu/sampel	19	15	18
	Jumlah Taxa	8	8	7
	Indeks diversitas $H' = - \sum p_i \log_2 p_i$	2.66	2.84	2.52
	(SHANNON - WEAVER, 1949)			
	H-max = $\log_2 S$	3.00	3.00	2.81
	Equitailitas (E) = $H'/H\text{-max}$	0.89	0.95	0.90

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

b. Jenis Benthos Dominan

Jenis benthos yang dominan terpantau pada lingkungan perairan adalah *Asterorotalia sp.* Benthos ini termasuk jenis benthos perairan yang cukup merata keberadaannya di perairan sekitar.

c. Keanekaragaman Benthos

Nilai indeks keanekaragaman benthos di sekitar perairan sangat bervariasi tergantung jenis perairan dimana benthos tersebut hidup.

Nilai indeks keanekaragaman Simpson benthos di perairan sebagaimana disajikan pada table di atas terdeteksi berkisar antara 0,89 - 0,95.

Akhirnya, hasil analisis kualitas lingkungan hidup menggunakan metode analisis kualitas lingkungan biologi air

ataupun analisis kualitas biota air, maka kualitas lingkungan hidup dapat berstatus baik apabila besaran jenis dan spesies atau keanekaragaman hayati suatu lingkungan semakin mendekati baku mutu kualitas biota air, bila terdapat keanekaragaman hayati yang tinggi maka kualitas lingkungan hidup dapat dinilai semakin baik.

Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air

Air merupakan sumber daya alam yang memenuhi hajat hidup orang banyak sehingga perlu dilindungi agar dapat tetap bermanfaat bagi hidup dan kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya.

Untuk menjaga atau mencapai kualitas air sehingga dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan sesuai dengan tingkat mutu air yang diinginkan, maka perlu upaya pelestarian dan atau pengendalian. Pelestarian kualitas air merupakan upaya untuk memelihara fungsi air agar kualitasnya tetap berada pada kondisi alamiahnya.

Pelestarian kualitas air dilakukan pada sumber air yang terdapat di hutan lindung. Sedangkan pengelolaan kualitas air pada sumber air di luar hutan lindung dilakukan dengan upaya pengendalian pencemaran air, yaitu upaya memelihara fungsi air sehingga kualitas air memenuhi baku mutu air.

Air sebagai komponen lingkungan hidup dapat mempengaruhi dan dipengaruhi oleh komponen lainnya. Air yang kualitasnya buruk akan mengakibatkan kondisi lingkungan hidup menjadi buruk sehingga akan **mempengaruhi kondisi kesehatan dan keselamatan manusia** serta kehidupan makhluk hidup lainnya.

Penurunan kualitas air akan menurunkan daya guna, hasil guna, produktivitas, daya dukung dan daya tampung dari

sumber daya air yang pada akhirnya akan menurunkan kekayaan sumber daya alam (*natural resources depletion*).

Air sebagai komponen sumber daya alam yang sangat penting maka harus dipergunakan untuk sebesar-besarnya bagi kemakmuran manusia dan makhluk hidup lainnya. Hal ini berarti bahwa penggunaan air untuk berbagai manfaat dan kepentingan harus dilakukan secara bijaksana dengan memperhitungkan kepentingan generasi masa kini dan masa depan. Untuk itu air perlu dikelola agar tersedia dalam jumlah yang aman, baik kuantitas maupun kualitasnya, dan bermanfaat bagi kehidupan dan perikehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya agar tetap berfungsi secara ekologis, guna menunjang pembangunan yang berkelanjutan. Di satu pihak, usaha dan atau kegiatan manusia memerlukan air yang berdaya guna, tetapi di lain pihak berpotensi menimbulkan dampak negatif, antara lain berupa pencemaran yang dapat mengancam ketersediaan air, daya guna, daya dukung, daya tampung, dan produktivitasnya. Agar air dapat bermanfaat secara lestari dan pembangunan dapat berkelanjutan, maka dalam pelaksanaan pembangunan perlu dilakukan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Dampak negatif pencemaran air mempunyai nilai (biaya) ekonomi, di samping nilai ekologi, dan sosial budaya. Upaya pemulihan kondisi air yang tercemar, bagaimanapun akan memerlukan biaya yang mungkin lebih besar bila dibandingkan dengan nilai kemanfaatan finansial dari kegiatan yang menyebabkan pencemarannya. Demikian pula bila kondisi air yang cemar dibiarkan (tanpa upaya pemulihan) juga mengandung ongkos, mengingat air yang cemar akan menimbulkan biaya untuk menanggulangi akibat dan atau dampak negatif yang ditimbulkan oleh air yang tercemar.

Berdasarkan definisinya, Pencemaran air yang diindikasikan dengan turunnya kualitas air sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan

peruntukannya. Yang dimaksud dengan tingkat tertentu tersebut di atas adalah baku mutu air yang ditetapkan dan berfungsi sebagai tolok ukur untuk menentukan telah terjadinya pencemaran air, juga merupakan arahan tentang tingkat kualitas air yang akan dicapai atau dipertahankan oleh setiap program kerja pengendalian pencemaran air.

Penetapan baku mutu air selain didasarkan pada peruntukan (*designated beneficial water uses*), juga didasarkan pada kondisi nyata kualitas air yang mungkin berada antara satu daerah dengan daerah lainnya. Oleh karena itu, penetapan baku mutu air dengan pendekatan golongan peruntukkan perlu disesuaikan dengan menerapkan pendekatan klasifikasi kualitas air (kelas air). Penetapan baku mutu air yang didasarkan pada peruntukan semata akan menghadapi kesulitan serta tidak realistis dan sulit dicapai pada air yang kondisi nyata kualitasnya tidak layak untuk semua golongan peruntukan.

Dengan adanya baku mutu air pada sumber air dan memperhatikan kondisi airnya, akan dapat dihitung berapa beban zat pencemar yang dapat ditanggung adanya oleh air penerima sehingga air dapat tetap berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Beban pencemaran ini merupakan daya tampung beban pencemaran bagi air penerima yang telah ditetapkan peruntukannya.

Air adalah semua air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah, kecuali air laut dan air fosil. Mengingat sifat air yang dinamis dan pada umumnya berada dan atau mengalir melintasi batas wilayah administrasi pemerintahan, maka pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air tidak hanya dapat dilakukan sendiri-sendiri (partial) oleh satu pemerintah daerah. Dengan demikian harus dilakukan secara terpadu antar wilayah administrasi dan didasarkan pada karakter ekosistemnya sehingga dapat tercapai pengelolaan yang efisien dan efektif. Keterpaduan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air ini

dilakukan melalui upaya koordinasi antar pemerintah daerah yang berada dalam satu kesatuan ekosistem air dan atau satu kesatuan pengelolaan sumber daya air antara lain daerah aliran sungai (DAS) dan daerah pengaliran sungai (DPS). Kerja sama antar daerah dapat dilakukan melalui badan kerja sama antar daerah. Dalam koordinasi dan kerja sama tersebut termasuk dengan instansi terkait, baik menyangkut rencana pemanfaatan air, pemantauan kualitas air, penetapan baku mutu air, penetapan daya tampung, penetapan mekanisme perizinan pembuangan air limbah, pembinaan dan pengawasan penataan.

Pengelolaan kualitas air dilakukan untuk menjamin kualitas air yang diinginkan sesuai dengan peruntukannya agar tetap dalam kondisi alamiahnya. Pengelolaan kualitas air dimaksudkan untuk memelihara kualitas air untuk tujuan melestarikan fungsi air, dengan melestarikan (*conservation*) atau mengendalikan (*control*). Pelestarian kualitas air dimaksudkan untuk memelihara kondisi kualitas air sebagaimana kondisi alamiahnya.

Upaya pengelolaan kualitas air dilakukan pada:

- a. sumber air yang terdapat di dalam hutan lindung;
- b. mata air yang terdapat di luar hutan lindung; dan
- c. akuifer air tanah dalam.

Kondisi alamiah air pada sumber air dalam hutan lindung, mata air dan akuifer air tanah dalam secara umum kualitasnya sangat baik. Air pada sumber-sumber air tersebut juga akan sulit dipulihkan kualitasnya apabila tercemar, dan perlu waktu bertahun-tahun untuk pemulihannya. Oleh karena itu harus dipelihara kualitasnya sebagaimana kondisi alamiahnya. Mata air kualitas airnya perlu dilestarikan sebagaimana kondisi alamiahnya, baik mata air di dalam maupun di luar hutan lindung.

Air di bawah permukaan tanah berada di wadah atau tempat yang disebut akuifer. Air tanah dalam adalah air pada akuifer yang berada di antara dua lapisan batuan geologis tertentu,

yang menerima resapan air dari bagian hulunya. Hutan lindung adalah kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok sebagai perlindungan system penyangga kehidupan untuk mengatur tata air, mencegah banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut, dan memelihara kesuburan tanah.

Upaya pengendalian pencemaran air antara lain dilakukan dengan membatasi beban pencemaran yang ditenggang masuknya ke dalam air sebatas tidak akan menyebabkan air menjadi cemar (sebatas masih memenuhi baku mutu air).

Status mutu air merupakan informasi mengenai tingkatan mutu air pada sumber air dalam waktu tertentu. Status mutu air menyatakan: a) kondisi cemar, apabila mutu air tidak memenuhi baku mutu air; b) kondisi baik, apabila mutu air memenuhi baku mutu air.

Dalam rangka pengelolaan kualitas air dan atau pengendalian pencemaran air, perlu diketahui status mutu air (*the state of the water quality*). Untuk itu maka dilakukan pemantauan kualitas air guna mengetahui mutu air, dengan membandingkan mutu air.

Tidak memenuhi baku mutu air adalah apabila dari hasil pemantauan kualitas air tingkat kualitas airnya lebih buruk dari baku mutu air. Memenuhi baku mutu air adalah apabila dari hasil pemantauan kualitas air tingkat kualitas airnya sama atau lebih baik dari baku mutu air. Dalam hal metoda baku penilaian status mutu air belum ditetapkan dalam peraturan perundang-undangan, dapat digunakan kaidah ilmiah.

Kondisi cemar dapat dibagi menjadi beberapa tingkatan, seperti tingkatan cemar berat, cemar sedang, dan cemar ringan. Demikian pula kondisi baik dapat dibagi menjadi sangat baik dan cukup baik. Tingkatan tersebut dapat dinyatakan antara lain dengan menggunakan suatu indeks.

Pencemaran air akibat keadaan darurat dapat disebabkan antara lain kebocoran atau tumpahan bahan kimia dari tangki penyimpanannya akibat kegagalan desain, ketidak-tepatan operasi, kecelakaan dan atau bencana alam. Upaya pengendalian pencemaran air dalam ayat ini antara lain dapat berupa prasarana dan sarana pengelolaan air limbah terpadu (*sewerage treatment plant*).

Informasi mengenai pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air yang dimaksud dapat berupa data, keterangan, atau informasi lain yang berkenaan dengan pengelolaan kualitas air dan atau pengendalian pencemaran air yang menurut sifat dan tujuannya memang terbuka untuk diketahui masyarakat, seperti dokumen analisis mengenai dampak lingkungan hidup, laporan dan evaluasi hasil pemantauan air, baik pemantauan penataan maupun pemantauan perubahan kualitas air, dan rencana tata ruang.

Peran serta masyarakat dalam proses pengambilan keputusan untuk pengelolaan, baik dengan cara mengajukan keberatan maupun dengar pendapat atau dengan cara lain yang ditentukan dalam peraturan perundang-undangan. Peran serta tersebut dilakukan antara lain dalam proses penilaian dan atau perumusan kebijaksanaan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, dan melakukan pengamatan. Pelaksanaannya didasarkan pada prinsip keterbukaan. Dengan keterbukaan memungkinkan masyarakat ikut memikirkan dan memberikan pandangan serta pertimbangan dalam pengambilan keputusan di bidang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Analisis Lingkungan Sosial Ekonomi dan Budaya

Lingkungan sosial ekonomi budaya masyarakat merupakan lingkungan yang terdiri atas berbagai jenis kelompok sosial dan jenis aktivitas kegiatan masyarakatnya serta kebudayaan yang muncul mencirikan kondisi kualitas suatu lingkungan kehidupan. Sejalan dengan hukum lingkungan (*environmental law*) yang telah dibahas pada bagian terdahulu menyebutkan bahwa, semakin beranekaragam komponen lingkungan hidup yang saling berinteraksi di dalam suatu lingkungan, maka semakin baik kualitas lingkungan tersebut.

Di Indonesia terdapat bermacam jenis kelompok sosial kemasyarakatan, misalnya kelompok masyarakat jawa, batak, minang, sunda dan lain sebagainya. Bila dalam suatu komunitas lingkungan permukiman misalnya terdapat hanya satu jenis kelompok masyarakat jawa saja, maka dapat kita bayangkan akan terjadi suatu keadaan sosial yang menjenuhkan, monoton dan hubungan sosial kekerabatan akan cenderung kurang harmonis satu sama lainnya. Akan tetapi bila dalam suatu komunitas terdapat keanekaragaman jenis kelompok masyarakat, maka semakin terasa baiknya kualitas hubungan sosial kehidupan satu sama lainnya.

Bila kita melihat suatu kelompok belajar di sekolah luar biasa "SLB" misalnya; kita menyaksikan seluruh murid-murid sekolah bentuk muka dan wajahnya mirip satu sama lainnya, maka kita dapat mengambil kesimpulan bahwa murid-murid sekolah luar biasa "SLB" tersebut adalah komunitas masyarakat yang kualitasnya kurang baik. Sebaliknya, bila kita melihat suatu sekolah internasional misalnya; terdapat murid berkulit hitam legam, murid berkulit putih, murid berambut keriting, murid berambut lurus, murid bermata

sipit dan lain sebagainya yang berasal dari berbagai etnis dan budaya, maka kondisi kualitas lingkungan sekolah tersebut terlihat sangat baik dan eksistensi hubungan sosial antar murid sangat baik.

Jadi, dalam menilai kualitas lingkungan sosial ekonomi budaya suatu kelompok masyarakat sangat ditentukan oleh factor interaksi, saling ketergantungan antar anggota kelompok, adanya harmonisasi, adanya utilitas dari masing-masing komponen masyarakat, adanya rasa saling membutuhkan dan kondisi-kondisi tersebut harus diupayakan berlangsung secara berkelanjutan.

Keanekaragaman hayati budaya masyarakat merupakan implementasi dan kata kunci dari filosofis “bhineka tunggal ika” bangsa Indonesia untuk menuju kualitas bangsa Indonesia yang berkualitas baik.

Kajian aspek sosial dalam penyusunan analisis dampak lingkungan dari pengaruh kegiatan pembangunan menurut Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Hidup diarahkan pada masalah demografi, masalah ekonomi dan budaya masyarakat.

Komponen lingkungan sosial dan parameter kualitas lingkungan hidup sosial yang harus dikaji adalah sebagaimana pada table berikut.

Tabel 40. Komponen dan Parameter Kualitas Lingkungan Sosial Ekonomi dan Budaya Masyarakat

NO.	KOMPONEN	PARAMETER KUALITAS LINGKUNGAN SOSIAL-EKONOMI-BUDAYA MASYARAKAT
1.	Demografi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Struktur Penduduk : <ol style="list-style-type: none"> a. Komposisi penduduk menurut kelompok umur, jenis kelamin, mata pencaharian, pendidikan, agama; b. Kepadatan penduduk 2. Proses Penduduk : <ol style="list-style-type: none"> a. Pertumbuhan Penduduk <ol style="list-style-type: none"> 1) tingkat kelahiran 2) tingkat kematian bayi 3) tingkat kematian kasar 4) pola perkembangan b. Mobilitas Penduduk <ol style="list-style-type: none"> 1) migrasi masuk 2) migrasi keluar 3) pola migrasi (sirkuler, komuter, permanen) 4) pola persebaran penduduk 3. Tenaga Kerja <ol style="list-style-type: none"> a. tingkat partisipasi angkatan kerja b. tingkat pengangguran
2.	Ekonomi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ekonomi Rumah Tangga: <ol style="list-style-type: none"> a. tingkat pendapatan; b. pola nafkah ganda 2. Ekonomi Sumber Daya Alam: <ol style="list-style-type: none"> c. pola pemilikan dan penguasaan sumber daya alam d. pola pemanfaatan sumber daya alam e. pola penggunaan lahan f. nilai tanah dan sumber daya alam lainnya g. Sumber daya alam milik umum (common property) 3. Perekonomian Lokal dan Regional: <ol style="list-style-type: none"> a. kesempatan kerja dan berusaha b. nilai tambah karena proses manufaktur c. jenis dan jumlah aktifitas ekonomi non-formal d. distribusi pendapatan e. efek ganda ekonomi (<i>multiplier effect</i>)

NO.	KOMPONEN	PARAMETER KUALITAS LINGKUNGAN SOSIAL-EKONOMI-BUDAYA MASYARAKAT
		<ul style="list-style-type: none"> f. produk Domestik Regional Bruto g. pendapatan asli daerah h. pusat-pusat pertumbuhan ekonomi i. fasilitas umum dan fasilitas sosial j. aksesibilitas wilayah
3.	Budaya	<ul style="list-style-type: none"> 1. Kebudayaan: <ul style="list-style-type: none"> a. adat-istiadat b. nilai dan norma budaya 2. Proses sosial: <ul style="list-style-type: none"> a. proses asosiatif (kerjasama) b. proses disosiatif (konflik sosial) c. Akulturasi d. asimilasi dan integrasi e. kohesi sosial 3. Pranata Sosial/ kelembagaan Masyarakat dibidang; <ul style="list-style-type: none"> a. ekonomi, misal hak ulayat b. Pendidikan c. Agama d. Sosial e. Keluarga 4. Warisan Budaya: <ul style="list-style-type: none"> a. situs purbakala b. cagar budaya 5. Pelapisan Sosial berdasarkan : <ul style="list-style-type: none"> a. Pendidikan b. Ekonomi c. Pekerjaan d. kekuasaan 6. Kekuasaan dan Kewenangan : <ul style="list-style-type: none"> a. kepemimpinan formal dan informal b. kewenangan formal dan informal c. mekanisme pengambilan keputusan di kalangan masyarakat d. kelompok individu yang dominan e. pergeseran nilai kepemimpinan 7. Sikap dan Persepsi Masyarakat terhadap rencana usaha atau kegiatan 8. Adaptasi Ekologis :

Beberapa metode pengumpulan data sosekbud yang dapat dipergunakan antara lain adalah:

1. Melakukan observasi atau pengamatan lapangan;
2. Pengumpulan data sekunder menggunakan data dan informasi berupa hasil-hasil penelitian, bahan-bahan pustaka dan referensi lain yang relevan diperoleh dari berbagai instansi terkait.
3. Metode wawancara dan menggunakan kuesioner; pengumpulan data pada sejumlah responden terpilih melalui wawancara dengan kuesioner yang terstruktur.
4. Melakukan wawancara mendalam (*indepth interview*) yaitu melakukan wawancara secara intensif dan mendalam dengan para tokoh-tokoh masyarakat atau orang-orang yang dianggap mengetahui tentang kondisi lingkungan masyarakat setempat dengan menggunakan pedoman pertanyaan.
5. Melakukan diskusi kelompok terarah (*focussed group discussion*). Diskusi ini dilakukan dalam kelompok kecil sekitar 5 - 7 orang yang disiplin ilmunya homogen untuk menghimpun pendapat, pandangan dan aspirasi mereka.
6. Metode pengumpulan data seperti tersebut di atas sebaiknya dilakukan secara simultan agar diperoleh keabsahan data dan tingkat ketelitian hasil yang tinggi.

Tabel 41. Metode Pengumpulan dan Analisis Data Bidang Sosial Ekonomi dan Budaya

No	Komponen Lingkungan	Parameter	Jenis Data	Metode Pengumpulan Data	Metode Analisis Data
1.	Kependudukan	a. Struktur penduduk b. Kepadatan penduduk	Sekunder	Studi pustaka	Deskriptif analisis
2.	Sosial Ekonomi	a. Mata pencaharian b. Pendapatan c. Kesempatan kerja	Primer dan sekunder	Studi pustaka pengamatan lapangan dan wawancara	Deskriptif analisis
3.	Sosial Budaya	a. Agama b. Pendidikan c. Persepsi masyarakat d. Kamtibmas	Primer dan sekunder	Studi pustaka pengamatan lapangan dan wawancara	Deskriptif analisis

Analisis Kesehatan Masyarakat dan Kesehatan Lingkungan

Kesehatan masyarakat adalah kondisi ketahanan fisik dan psikis dari suatu komunitas di daerah tertentu yang merupakan implementasi dan interaksi antara perilaku yang merupakan cermin dan kebiasaan hidup, dengan kualitas kesehatan lingkungannya.

Kesehatan lingkungan adalah kondisi kualitas berbagai media lingkungan (air, udara, tanah, makanan, manusia, vektor penyakit) yang tercermin dalam sifat fisik, biologis dan kimia dan kualitas parameter-parameter lingkungan yang berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat.

Untuk menggambarkan potensi besarnya dampak dan keterkaitan (asosiasi) antara parameter lingkungan dengan masyarakat yang terpajan, dapat dipergunakan pendekatan Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan, yang menggambarkan kondisi pengukuran pada:

1. Sumber, emisi/ambien,
2. Masyarakat terpajan (biomarker), dan
3. Dampak interaksi (prevalensi dan insidensi penyakit, kejadian keracunan, dan kecelakaan).

Dalam Analisis Mengenai Dampak lingkungan (AMDAL), terdapat dua komponen pokok yang tidak terpisahkan berkaitan dengan kajian aspek kesehatan masyarakat, yaitu analisis terhadap potensi besarnya dampak, dan pengelolaan dampak.

Dua komponen pokok tersebut mencakup berbagai metoda, model pendekatan seperti epidemiologi, keselamatan dan kesehatan kerja (K3), higiene, dan sanitasi, kinerja laboratorium, serta kajian komunikasi massa untuk diseminasi informasi.

Untuk memberikan panduan sebagai arahan dalam melakukan studi guna mengkaji aspek kesehatan masyarakat dalam penyusunan AMDAL, maka diperlukan kajian aspek kesehatan

masyarakat sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari kajian-kajian komponen lain di dalam studi AMDAL yang mencermati potensi besarnya dampak (risiko) pada kesehatan masyarakat. Dengan demikian bahasan aspek kesehatan akan lebih terfokus dan terkait dalam permasalahan atau isu pokok dari suatu rencana usaha atau kegiatan yang mencakup dua hal penting yaitu perubahan kualitas lingkungan dan dinamika masyarakat yang ada di sekitar rencana lokasi yang diperkirakan berdampak terhadap kesehatan masyarakat.

Kajian aspek lingkungan kesehatan masyarakat yang dikaji meliputi:

1. Parameter lingkungan yang diperkirakan terkena dampak rencana pembangunan dan berpengaruh terhadap kesehatan.
2. Proses dan potensi terjadinya pemajanan.
3. Potensi besarnya dampak lingkungan penyakit yang ditimbulkannya adalah, seperti; jumlah atau angka kesakitan dan jumlah atau angka kematian.
4. Karakteristik spesifik penduduk yang berisiko mendapat penyakit dari dampak suatu kegiatan.
5. Sumberdaya kesehatan yang terdapat di sekitar lingkungan wilayah studi.
6. Kondisi sanitasi lingkungan di wilayah studi.
7. Status gizi masyarakat yang berdomisili di sekitar lingkungan wilayah studi.
8. Kondisi lingkungan yang dapat memperburuk proses penyebaran penyakit di sekitar lingkungan wilayah studi.

Metode pengumpulan data primer komponen kesehatan masyarakat adalah sama dengan metode pada komponen lingkungan sosial, ekonomi, dan budaya.

Selanjutnya, dasar penentuan responden dilakukan secara *purposive* dengan ciri-ciri khusus, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait, data statistik, dan laporan tentang studi yang telah ada sebelumnya atau hasil-hasil studi

terdahulu yang mencakup berbagai hal tentang kajian kesehatan masyarakat.

Kuesioner yang disebarakan untuk menjaring data secara khusus dirancang untuk mengetahui riwayat atau status kesehatan masyarakat yang disampaikan langsung oleh masyarakat itu sendiri, kondisi fasilitas rumah tangga yang terkait dengan kualitas sanitasi lingkungan dan personal *hygiene*, pola pencarian pengobatan dan layanan kesehatan, persepsi serta harapan-harapan masyarakat terhadap pembangunan.

Data sekunder dari instansi terkait seperti pusat kesehatan masyarakat atau Puskesmas berupa informasi tentang penyakit yang paling dominan diderita oleh masyarakat di sekitar lokasi kegiatan, informasi tentang keberadaan jenis dan jumlah fasilitas/sarana dan prasarana kesehatan di sekitar lokasi tersebut serta berbagai upaya/kebijakan peningkatan status kesehatan masyarakat baik yang sifatnya promotif dan preventif maupun kuratif dan rehabilitatif.

Sesuai dengan dokumen panduan kajian aspek kesehatan masyarakat dalam penyusunan analisis mengenai dampak lingkungan yaitu sesuai Surat Keputusan KABAPEDAL Nomor 124 tahun 1997, metode analisis yang digunakan adalah metode analisis dampak kesehatan lingkungan dan metode epidemiologi, baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

Teknik analisis data lainnya yang dapat digunakan adalah teknik analisis deskriptif kualitatif untuk menggambarkan kondisi lingkungan, fasilitas pelayanan kesehatan, pola perilaku masyarakat, dan kondisi sanitasi lingkungan terhadap potensi munculnya suatu penyakit atau terjadinya gangguan kesehatan di masyarakat di sekitar lokasi rencana kegiatan.

Data yang diperoleh sesuai dengan parameter yang tercantum pada dokumen Surat Keputusan KABAPEDAL Nomor 124 tahun 1997 harus pula didukung dengan analisis terhadap farmakokinetika setiap agen (baik agen fisik, kimia, dan biologi)

yang muncul dari setiap aktivitas pada setiap tahapan kegiatan mulai dari tahap pra konstruksi, tahap konstruksi, dan tahap operasi.

Kajian dititikberatkan pada dari sumber mana agen tersebut muncul, keberadaannya di lingkungan ambien (baik udara, air, dan tanah), hingga potensinya masuk ke dalam tubuh manusia dan menyebabkan seseorang dapat menjadi sakit.

Parameter dan Teknik Pengumpulan Data Bidang Kesehatan Masyarakat dan Kesehatan Lingkungan.

Parameter dan teknik pengumpulan data yang digunakan untuk menilai kualitas lingkungan hidup pada aspek kesehatan masyarakat dan kesehatan lingkungan adalah sebagai berikut.

Tabel 42. Parameter dan Teknik Pengumpulan Data Kesehatan Masyarakat dan Lingkungan

NO.	KOMPONEN	TEKNIK PENGUMPULAN DATA
1	Pola 10 besar penyakit yang paling sering diderita oleh masyarakat	Data sekunder diperoleh dari: 1) Puskesmas, 2) BPS, 3) Survei Demografi dan Kesehatan, 4) Kantor Dinas Kesehatan
2	Jumlah sarana dan prasarana kesehatan yang tersedia di sekitar lokasi rencana kegiatan, baik fasilitas fisik maupun sumberdaya tenaga kesehatan. Sarana/Prasarana Kesehatan: a. puskesmas b. rumahsakit A,B,C c. rumah bersalin, klinik baik swasta/pemerintah Pengelola Kesehatan: a. Dokter Spesialis b. Dokter c. Perawat d. Bidan	Data sekunder: 1) Puskesmas, 2) BPS, 3) Survei Demografi dan Kesehatan, 4) Kantor Dinas Kesehatan
3	Pola kebiasaan mencari alternatif berobat.	Data primer diperoleh dari: 1) Survei, kuesioner,

NO.	KOMPONEN	TEKNIK PENGUMPULAN DATA
		2) wawancara, observasi langsung, terhadap pasien dan anggota masyarakat setempat.
4	Sanitasi Lingkungan, yang meliputi: a. Sumber air bersih. b. Tempat pembuangan tinja.	Data primer diperoleh dari: 1) survei, kuesioner, wawancara, 2) observasi langsung, dll
5	Pembuangan limbah rumah tangga.	Data primer diperoleh dari: 1) survei, kuesioner, wawancara, 2) observasi langsung, dll
6	Pengelolaan sampah rumah tangga.	Data primer diperoleh dari: 1) survei, kuesioner, wawancara, 2) observasi langsung, dll
7	Status gizi masyarakat. a. Masalah Gizi b. kekurangan Gizi pada anak, balita c. Masalah kekurangan Jodium d. Masalah Kemiskinan	Data sekunder diperoleh dari: 1) Puskesmas, 2) Kantor Dinas Kesehatan
8	Kondisi perumahan responden, yang meliputi: a. Bahan utama bangunan rumah responden. b. Luas bangunan/rumah. c. Jenis bahan lantai rumah. d. Ventilasi rumah. e. Jumlah kamar responden. f. Jarak rumah dengan jalan. g. Penghijauan di sekitar rumah.	Data primer diperoleh dari: 1) survei, 2) kuesioner, 3) wawancara, 4) observasi langsung, dll
9	Keberadaan vektor a. Nyamuk b. Lalat	Data primer diperoleh dari: 1) survei, kuesioner, 2) wawancara dan atau pengamatan langsung di lapangan

Sumber: Surat Keputusan KABAPEDAL Nomor 124 tahun 1997.

Parameter dan Analisis Data Bidang Kesehatan Masyarakat dan Kesehatan Lingkungan.

Parameter dan teknik analisis data yang digunakan untuk menilai kualitas lingkungan hidup pada aspek kesehatan masyarakat dan kesehatan lingkungan adalah sebagai berikut.

Tabel 43. Parameter dan Analisis Data Kesehatan Masyarakat dan Lingkungan

KOMPONEN	TEKNIK PENGUMPULAN DATA
1. Pola 10 besar penyakit yang paling sering diderita masyarakat.	Deskriptif Kualitatif ; menggambarkan kecenderungan pola penyakit dikaitkan dengan pola musim (kemarau/hujan) dan <i>mapping</i> penyakit dominan di daerah pengamatan.
2. Jumlah sarana dan prasarana kesehatan yang tersedia di sekitar lokasi rencana kegiatan, baik fasilitas fisik maupun sumberdaya tenaga kesehatan. 3. Sarana/Prasarana Kesehatan Puskesmas/rumahsakit A,B,C rumah bersalin, klinik baik swasta/pemerintah 4. Pengelola Kesehatan Dokter Spesialis, Dokter, Perawat, Bidan, Dukun Terlatih, dll	Deskriptif Kualitatif; menggambarkan rasio jumlah dan jenis pelayanan kesehatan dengan jumlah penduduk di wilayah studi
5. Pola kebiasaan mencari alternatif berobat.	Deskriptif Kualitatif ; Menggambarkan pola pencarian pengobatan yang dikaitkan dengan ketersediaan fasilitas layanan kesehatan dan pola kepercayaan serta tingkat pengetahuan masyarakat setempat
6. Pola kebiasaan mencari alternatif berobat.	Deskriptif Kualitatif; menggambarkan pola pencarian pengobatan yang dikaitkan dengan ketersediaan fasilitas layanan kesehatan dan pola kepercayaan serta tingkat pengetahuan masyarakat setempat
7. Sanitasi Lingkungan, yang meliputi: a. Sumber air bersih. b. Tempat pembuangan tinja.	Deskriptif Kualitatif ; menggambarkan rasio ketersediaan fasilitas air bersih dan fasilitas pembuangan ekskreta manusia dengan jumlah penduduk di wilayah

KOMPONEN	TEKNIK PENGUMPULAN DATA
	studi serta pola dominan pemanfaatannya dan potensi jenis penyakit tertentu yang muncul akibat kondisi tersebut.
8. Pembuangan limbah rumah tangga.	Deskriptif Kualitatif; menggambarkan pola pembuangan limbah rumah tangga oleh masyarakat di sekitar wilayah pengamatan dan potensi jenis penyakit tertentu yang muncul akibat kondisi tersebut.
9. Pembuangan limbah rumah tangga.	Deskriptif Kualitatif ; menggambarkan pola pembuangan limbah rumah tangga oleh masyarakat di sekitar wilayah pengamatan dan potensi jenis penyakit tertentu yang muncul akibat kondisi tersebut.
10. Pengelolaan sampah rumah tangga.	Deskriptif Kualitatif; menggambarkan pola pengelolaan sampah rumah tangga oleh masyarakat di sekitar wilayah pengamatan dan potensi jenis penyakit tertentu yang muncul akibat kondisi tersebut.
11. Status gizi masyarakat. a. Masalah Gizi b. Kurang gizi anak/balita c. Kurang Jodium d. Masalah Kemiskinan	Deskriptif Kualitatif; menggambarkan status gizi masyarakat di sekitar wilayah studi serta potensi jenis penyakit tertentu yang muncul akibat kondisi tersebut.
12. Kondisi perumahan responden, yang meliputi: a. Bahan utama rumah b. Luas bangunan/rumah. c. Jenis bahan lantai rumah. d. Ventilasi rumah. e. Jumlah kamar responden. f. Jarak rumah dengan jalan. g. Penghijauan di sekitar rumah.	Deskriptif Kualitatif; menggambarkan kondisi fisik bangunan tempat tinggal dan rasio kepadatan rumah dengan jumlah penghuninya serta potensi jenis penyakit tertentu yang muncul akibat kondisi tersebut.
11. Keberadaan vektor a. Nyamuk b. Lalat	Deskriptif Kualitatif; menggambarkan keberadaan vektor endemik di wilayah pengamatan dan kaitannya dengan risiko penyakit yang mungkin akan muncul karena perubahan lingkungan akibat dampak suatu pembangunan dan pengelolaannya.

Sumber: Surat Keputusan KABAPEDAL Nomor 124 tahun 1997.

Akhirnya, hasil analisis kualitas kesehatan masyarakat dan kesehatan lingkungan hidup menggunakan metode analisis kualitas kesehatan masyarakat ataupun analisis kualitas kesehatan lingkungan, maka kualitas lingkungan hidup dapat berstatus baik apabila besaran parameter kesehatan masyarakat semakin mendekati baku mutu yang ditentukan oleh kementerian kesehatan. Kualitas kesehatan masyarakat yang tinggi diindikasikan oleh jumlah dan jenis penyakit yang diderita masyarakat semakin minimum, jumlah ketersediaan sarana kesehatan yang semakin banyak dan jumlah akses layanan kesehatan semakin banyak.

Analisis Dampak Pencemaran Air oleh Kegiatan Industri

Fenomena Perairan Tambak dan Pencemar Khlorin

Perairan tambak merupakan jenis perairan tertutup yang menggenang yang dibatasi oleh pematang lahan petakan tambak, sehingga ditinjau dari dinamika perairan relatif bersifat statis dan kualitas perairannya sangat tergantung dari pengaruh atau perlakuan dari luar.

Ekosistem lingkungan yang terbentuk di dalam perairan tambak dapat dikategorikan sebagai ekosistem yang tidak dapat mengontrol keseimbangan dan kestabilan perairan tersebut oleh dirinya sendirinya sebagaimana yang terjadi pada ekosistem perairan yang bersifat alami dan terbuka. Suatu ekosistem perairan yang selalu terjaga dalam keseimbangan dan kestabilan ekosistem lingkungannya merupakan suatu wilayah perairan yang dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi komunitas organisme yang hidup di dalamnya.

Keseimbangan ekosistem perairan dapat dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu unsur-unsur penyusunnya yang terdiri atas komposisi yang ideal ditinjau dari segi jenis dan fungsinya yang membentuk suatu rantai makanan di dalam perairan tersebut. Faktor lainnya yang menentukan keseimbangan ekosistem perairan adalah proses-proses yang terjadi di dalamnya, baik yang bersifat biologi, kimia dan fisika yang berlangsung dalam kondisi ideal dan memberikan pengaruh yang tidak membahayakan bagi kehidupan organisme di dalam perairan tersebut.

Ekosistem perairan yang stabil memiliki kemampuan untuk dapat mempertahankan keseimbangannya dalam

menghadapi segala perubahan atau guncangan yang disebabkan oleh pengaruh dari luar ekosistem. Suatu ekosistem perairan yang tingkat keseimbangannya bersifat fluktuatif, akan memberikan dampak yang cukup signifikan pada kehidupan organisme yang berada di dalamnya, sehingga dengan sendirinya akan menjadi suatu tempat yang tidak kondusif bagi organisme yang hidup di dalam ekosistem perairan tersebut.

Berdasarkan pada uraian di atas maka ekosistem perairan tambak yang merupakan ekosistem tertutup akan sangat rentan terhadap timbulnya gangguan dan permasalahan pada organisme yang hidup di dalamnya, baik yang terkait dengan faktor kualitas perairan tambak maupun kondisi dan kualitas organisme dalam tambak.

Permasalahan kualitas perairan tambak secara garis besar dapat disebabkan oleh 3 (tiga) faktor:

1. Faktor internal, yaitu permasalahan yang muncul disebabkan oleh kondisi dari dalam perairan tambak itu sendiri. Pada kondisi ini dapat terjadi karena adanya proses-proses yang berlangsung di dalam ekosistem perairan cenderung tidak terkendali dan tidak dapat dikontrol oleh mekanisme keseimbangan yang bersifat alamiah.
2. Faktor eksternal, yaitu permasalahan yang muncul disebabkan oleh pengaruh dari luar ekosistem tambak dan biasanya karena adanya perubahan cuaca panas dan dingin serta intensitas dan jumlah hujan serta masuknya bahan pencemar ke dalam air tambak. Masuknya bahan pencemar ke dalam air pada mulanya tergolong ringan, namun terjadi akumulasi pencemar karena tidak adanya sirkulasi air dalam tambak dan bereaksi dengan material eksisting yang terdapat dalam tambak pada kurun waktu tertentu.
3. Faktor kesalahan perlakuan (*treatment*) terhadap tambak, yaitu permasalahan kualitas perairan yang

disebabkan oleh kesalahan teknis budidaya yang diterapkan. Kondisi ini dapat terjadi karena pengambilan keputusan untuk *treatment* yang tidak didasarkan atas hasil-hasil pengamatan, monitoring dan analisis yang cermat sesuai dengan kondisi yang ada di ekosistem perairan tambak. Dalam hal ini, kesalahan *treatment* atau perlakuan memberikan material pakan yang berlebihan akan dapat berubah menjadi toksik dalam perairan tambak.

Permasalahan kualitas ekosistem perairan tambak sebaiknya dapat diketahui dan diidentifikasi secara dini agar gangguan dan guncangan yang terjadi di dalam ekosistem perairan tambak tidak menimbulkan masalah yang lebih serius bagi komunitas organisme yang hidup di dalam tambak. Sebagai contoh, kasus pengamatan kondisi dan kualitas udang di dalam perairan tambak, maka tingkat permasalahan kualitas ekosistem air tambak dapat digolongkan ke dalam tiga kategori yaitu:

1. Tercemar Ringan. Pada tingkatan ini permasalahan kualitas air tambak belum mempengaruhi kondisi, kualitas, sifat dan aktifitas komunitas organisme di dalam perairan. Permasalahan yang timbul baru sebatas pada perubahan kondisi lingkungan perairan tambak yang disebabkan oleh salah satu dari tiga faktor tersebut di atas.
2. Tercemar Sedang. Pada tingkatan ini permasalahan kualitas air tambak belum mempengaruhi kondisi dan kualitas komunitas organisme, tetapi sudah berpengaruh nyata pada sifat (*behaviour*) dan aktifitas komunitas organisme di dalam perairan tersebut seperti komunitas organisme melakukan konvoi, nafsu makan menurun dan perilaku cenderung pasif. Permasalahan yang timbul sudah berpengaruh nyata pada sifat dan aktifitas komunitas organisme di dalam ekosistem perairan tersebut.

3. Tercemar Berat. Pada tingkatan ini permasalahan kualitas air tambak sudah berpengaruh nyata pada kondisi, kualitas, sifat (*behaviour*) dan aktifitas komunitas organisme di dalam perairan, seperti komunitas organisme mulai terinfeksi penyakit, melayang-layang di permukaan air, banyak menempel di dinding petakan tambak, pemunculan di permukaan air sangat banyak dan gerakannya sangat pasif.
4. Tercemar Sangat Berat. Pada tingkatan ini permasalahan kualitas air tambak sudah mengakibatkan kematian massal bagi komunitas organisme, sehingga pengambilan keputusan yang lebih mengarah pada tindakan segera melakukan pemanenan. Permasalahan yang timbul sudah mengakibatkan kematian massal bagi komunitas organisme akibat perubahan kondisi lingkungan perairan tambak yang disebabkan oleh berbagai faktor yang sulit dikendalikan.

Tingkat permasalahan kualitas ekosistem air tambak berkorelasi dengan pengelolaan kualitas ekosistem perairan yang dilakukan sebelum perairan terkena masalah terutama yang menyangkut tingkat ketelitian pengamatan kondisi perairan dan komunitas organisme, metode pengelolaan air, treatment yang telah digunakan, serta jangka waktu penanganan masalah tersebut. Suatu permasalahan kualitas yang tidak teridentifikasi dan terindikasi sejak dini akan memperberat tingkat permasalahan tersebut, karena terjadi akumulasi permasalahan yang semakin berkembang serta dapat menjalar ke permasalahan lainnya. Jika kondisi ini terjadi maka tingkat permasalahan tersebut tidak hanya bertambah berat tapi juga akan semakin rumit dalam proses penanganannya.

Zat Yang Terkandung Dalam Air

Air dapat melarutkan atau mengandung zat-zat, baik zat yang dibutuhkan maupun zat yang tidak dibutuhkan. Bahkan terkadang seharusnya zat-zat tersebut tidak ada untuk kehidupan ikan dan komunitas organisme lainnya. Adapun

zat-zat tersebut adalah gas, mineral, material organik, dan anorganik, serta material biologis.

Gas yang dapat larut di dalam air ada berbagai macam, yaitu antara lain oksigen (O_2), karbodioksida atau asam arang (CO_2), nitrat (NO_3), nitrit (NO_2), amoniak (NH_3), amonium (NH_4), dan asam sulfida (H_2S).

Untuk mineral yang umum terdapat dalam air antara lain kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), kalium (K), besi (Fe), mangan (Mn), aluminium (Al), seng (Zn), tembaga (Cu), cobalt (Co), fosfor (P), khlor (Cl), flour (F), iodin (I), boron (B), dan silikon (Si). Keberadaan mineral tersebut dalam air dapat sebagai ion maupun molekul kompleks organik maupun anorganik. Mineral-mineral inilah yang nantinya akan mempengaruhi tingkat keasaman air (pH air).

Sebagai material organik di antaranya adalah gula, asam, tanin, asam humus, vitamin B dan C, protein serta zat warna tumbuhan. Sementara material anorganik diantaranya adalah tanah liat, lumpur, debu dan sisa makanan. Material anorganik ini dalam air berupa partikel kecil atau koloid terapung yang menyebabkan air menjadi keruh.

Material biologi yang terdapat di dalam air antara lain meliputi plankton, benthos, ikan, lumut, jamur dan bakteri. Dalam budidaya ikan keberadaan material biologi sangat menunjang kelangsungan hidup komunitas organisme perairan. Namun demikian, ada juga jenis material biologi yang merugikan bahkan membahayakan bagi komunitas organisme perairan.

Parameter Kualitas Air

Sebagai parameter untuk pemeliharaan komunitas organisme perairan adalah aspek fisika dan kimia air, karakteristik tersebut sangat mendasar dan sangat berpengaruh pada komunitas organisme perairan. Karakteristik tersebut meliputi keasaman (pH), suhu, kekerasan air, salinitas, CO_2 terlarut, O_2 terlarut, kandungan nitrogen, dan material biologis.

1. Derajat Keasaman Air (pH = *power of hydrogen*)
Secara sederhana nilai keasaman (pH) pada air merupakan indikasi atau tanda air tersebut bersifat asam, basa, atau netral. Tingkat keasaman air sangat menentukan kualitas ekosistem perairan karena keasaman ini sangat menentukan reaksi proses-proses kimia di dalam air.

Penurunan pH bisa terjadi akibat aktivitas organisme hidup yang memproduksi asam. Pada pH rendah ini daya toksik amoniak dan nitrit menjadi lebih tajam. Tekanan asam yang sedemikian rupa akan membuat organisme kehilangan keseimbangan. Sebaliknya, jika pH terlalu tinggi maka kemunculan amoniak dalam air akan berakibat menjadi lebih bersifat toksik.

Pada lingkungan yang berubah terlalu asam atau tidak toleransi di bawah pH 5,5 atau terlalu alkalis di atas pH 8,0 maka akan menjadi reaksi dalam tubuh komunitas organisme perairan sehingga mempengaruhi perilakunya. Perubahan pH secara mendadak dalam ekosistem perairan tambak akan menyebabkan komunitas organisme perairan meloncat-loncat atau berenang secara cepat dan tampak seperti kekurangan oksigen sehingga komunitas organisme akan mati secara mendadak. Perubahan pH secara perlahan akan menyebabkan lendir keluar dari organisme secara berlebihan, kulit menjadi keputihan dan mudah kena bakteri.

Untuk menurunkan pH yang terlalu tinggi dapat dilakukan dengan cara penambahan asam fosfor (*phosphoric acid*), sedangkan untuk meningkatkan nilai pH dapat dilakukan dengan cara penambahan garam. **pH (power of hydrogen)** yang lebih kecil dari 6.5 dan lebih besar dari 9.2 dapat mengakibatkan korosifitas pada pipa-pipa air, menyebabkan beberapa senyawa kimia

berubah menjadi racun yang mengganggu kesehatan. pH normal di lahan pertanian, tidak melewati batas baku mutu sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap pertumbuhan pertanian.

2. Suhu Air

Air mempunyai kapasitas spesifik terhadap panas. Artinya perubahan suhu dapat ditahan dan terjadi relatif lambat. Pada lingkungan darat, fluktuasi suhu harian dapat mencapai perbedaan sampai 15°C. Sementara pada lingkungan perairan fluktuasinya hanya mencapai 3°C - 5°C. Suhu musiman pada umumnya berubah lambat di lingkungan perairan sepanjang bulan. Perubahan ekstrim dapat terjadi pada badan air yang terbuka dengan curah hujan secara langsung.

Suhu air akan mempercepat reaksi kimia, baik dalam media luar maupun air (cairan) dalam tubuh organisme perairan. Suhu semakin naik maka reaksi kimia akan semakin cepat berlansung, sedangkan konsentrasi gas dalam air akan semakin menurun, termasuk oksigen. Akibatnya, organisme perairan akan membuat reaksi toleran atau tidak toleran (sakit sampai kematian).

Sebagai contoh, ikan merupakan hewan berdarah dingin sehingga metabolisme dalam tubuh tergantung pada suhu lingkungannya termasuk ketebalan tubuhnya. Suhu luar yang berfluktuasi terlalu besar akan berpengaruh pada sistem metabolisme. Konsumsi oksigen dan fisiologi ikan akan mengalami kerusakan sehingga ikan akan sakit. Suhu yang rendah akan mengurangi imunitas (ketebalan tubuh) ikan. Sedangkan suhu tinggi akan mempercepat ikan terkena infeksi bakteri. Suhu optimal untuk ikan tropis berkisar antara 22°C - 27°C. Apabila suhu pada air limbah yang dilepas ke media air (sungai dan laut) melampaui baku mutu dapat mengganggu dan mempengaruhi kehidupan biota air.

Kekerasan Air

Kekerasan air (*hardness*) disebabkan oleh banyaknya mineral dalam air yang berasal dari batuan dalam tanah, baik dalam bentuk ion maupun dalam bentuk ikatan molekul. Pengukuran tingkat kekerasan air dapat dilakukan dengan penghitungan kadar CaCO_3 dalam air. Pengukuran ini dilakukan secara titrasi di laboratorium, selain itu juga dapat diukur dengan "*Hardness test Kit*", atau dikenal dengan GH Test (*General Hardness Test*).

3. Karbondioksida
Gas karbondioksida yang juga disebut asam arang (CO_2). Merupakan hasil buangan oleh semua makhluk hidup melalui proses pernapasan. Karbondioksida ini dalam air dapat berada dalam bentuk CO_2 bebas terlarut dan karbonat terikat. CO_2 dari udara akan masuk ke dalam air melalui difusi, hasil fotosintesis tanaman air dan senyawa yang masuk bersama air hujan.
4. Material Biologi
Material biologi yang umumnya terdapat di dalam air adalah plankton, jamur dan bakteri. Plankton dalam air ada dua macam yaitu zooplankton dan fitoplankton. Zooplankton yang terdapat dalam lingkungan budidaya perikanan umumnya berasal dari kelompok protozoa sedangkan fitoplankton berupa alga, terutama alga hijau, sangat sering tumbuh di kolam yang banyak mendapatkan sinar matahari langsung. Keberadaan fitoplankton dapat diketahui dengan melihat warna airnya yang hijau.

Tabel 44. Persyaratan Kualitas Air Tambak

No	Parameter	Satuan	Kisaran Optimum
1.	Suhu	°C	28 – 32
2.	Salinitas	Ppt	10 – 35
3.	PH	-	7,5 – 8,5
4.	Bahan Organik	Ppm	50 – 60

Parameter Kunci Kualitas Air Tambak

1. Salinitas

Untuk tumbuhan dan berkembangnya organisme yang dibudidayakan mempunyai toleransi optimal. Kandungan salinitas air terdiri dari garam-garam mineral yang banyak manfaatnya untuk kehidupan organisme air laut atau payau. Sebagai contoh kandungan calcium yang ada berfungsi membantu proses mempercepat pengerasan kulit udang setelah *moulting*. Salinitas air media pemeliharaan yang tinggi (> 30 ppt) kurang begitu menguntungkan untuk kegiatan budidaya udang windu. Karena jenis udang windu akan lebih cocok untuk pertumbuhan optimal berkisar 5-25 ppt.

Tingginya salinitas untuk kegiatan usaha budidaya udang windu akan mempunyai efek yang kurang menguntungkan, diantaranya : a) agak sulit untuk ganti kulit (kulit cenderung keras) pada saat proses biologis bagi pertumbuhan dan perkembangan; b) kebutuhan untuk beradaptasi terhadap salinitas tinggi bagi udang windu memerlukan energi (kalori) yang melebihi dari nutrisi yang diberikan; c) Bakteri atau vibrio cenderung tinggi; d) dang windu lebih sensitif terhadap guncangan parameter kualitas air yang lainnya dan mudah stres; dan e) umumnya udang windu sering mengalami lumutan. Selain itu, pada saat puncak musim kemarau jenis udang

umumnya akan lebih mudah terserang penyakit (*white spot*).

2. Suhu Air

Suhu pada air media pemeliharaan udang umumnya sangat berperan dalam keterkaitannya dengan nafsu makan dan proses metabolisme udang. Apabila suatu lokasi tambak yang iklimnya berfluktuatif, secara tidak langsung akan berpengaruh terhadap air media pemeliharaan. Sebagai contoh pada musim kemarau yang puncaknya mulai bulan Juli hingga September sering terjadi adanya suhu udara dan air media pemeliharaan udang yang sangat rendah (24°C). Rendahnya suhu tersebut akibat dari pengaruh angin selatan (musim bedding), pada musim seperti ini biasanya suhu air berkisar antara $22-26^{\circ}\text{C}$. Suhu $< 26^{\circ}\text{C}$ bagi udang windu akan sangat berpengaruh terhadap nafsu makan (bisa berkurang 50% dari kondisi normal). Sedangkan bagi jenis udang putih pada umumnya, nafsu makan masih normal pada suhu air antara $24-31^{\circ}\text{C}$.

3. Tingkat Kekeruhan Air

Tingkat kekeruhan air, baik air sumber maupun air media pemeliharaan mempunyai dampak positif dan negatif terhadap organisme yang dibudidayakan, dan setiap organisme mempunyai toleransi tingkat kekeruhan yang berbeda pula. Sebagai contoh bagi jenis kerang hijau masih dapat hidup normal dan tumbuh baik pada tingkat kekeruhan yang tinggi, sementara rumput laut pada umumnya memerlukan tingkat kekeruhan yang rendah. Bahan organik yang menumpuk dalam jumlah yang banyak (tebal) termasuk tempat bersarangnya bakteri dan vibrio yang merugikan bagi udang. Bila air sumber yang digunakan untuk kegiatan budidaya banyak membawa material organik akibat limbah kiriman dari darat, maka secara tidak langsung akan berpengaruh negatif terhadap biota air yang dipelihara di tambak. Tingkat kekeruhan yang tinggi (limbah dari darat) sering

terjadi pada musim penghujan, dimana material yang terbawa berupa cair, padat dan gas. Namun untuk mengendalikan air keruh akibat limbah bawaan tersebut masih dapat digunakan untuk kegiatan budidaya tambak, khususnya udang.

4. Pengendalian Kualitas Air

Upaya untuk mempertahankan kualitas air, dilakukan penggantian air 10% – 20% per hari. dengan kriteria parameter kualitas air sebagai berikut:

a) Parameter Fisika

- 1) Suhu : 28 °C – 32 °C.
- 2) pH : 7,5 – 8,5.
- 3) Salinitas : 10 ppt – 35 ppt .
- 4) Kedalaman air : 100 cm – 120 cm (semi intensif) dan >120 cm (intensif).
- 5) Kecerahan : 35 cm – 40 cm.

b) Parameter Kimia

- 1) Oksigen terlarut : > 3,5 ppm.
- 2) Amonia : < 0,01 ppm.
- 3) Nitrit : < 1 ppm.
- 4) Nitrat : < 10 ppm.
- 5) BOD : < 3 ppm.
- 6) Clorine : < 0,8 ppm.
- 7) Bahan organik : < 50 ppm.

c) Parameter biologis

- 1) Kepadatan plankton : 104 sel/ml – 109 sel/ml.

Tata cara pengukuran kualitas air tambak

Pengukuran Parameter fisika

1. Suhu; pengukuran suhu air dilakukan dengan menggunakan termometer, yang dinyatakan dalam satuan $^{\circ}\text{C}$.
2. pH; pengukuran pH air dilakukan dengan menggunakan pH meter atau kertas lakmus.
3. Salinitas; pengukuran salinitas air dilakukan dengan menggunakan salinometer atau refraktometer, yang dinyatakan dalam satuan ppt.
4. Kedalaman; pengukuran kedalaman air dilakukan dengan menggunakan papan skala, yang dinyatakan dalam satuan sentimeter (cm).
5. Kecerahan; pengukuran kecerahan air dilakukan dengan menggunakan piringan berwarna hitam putih (sechi disk), yang dinyatakan dalam satuan sentimeter (cm).

Pengukuran Parameter Kimia

Pengukuran kualitas air seperti oksigen terlarut, amonia, nitrit, nitrat dan bahan organik sesuai dengan APHA (*American Public Health Association*) dan AWWA (*American Water Works Association*).

Pengukuran Parameter Biologi

Cara pengukuran plankton adalah dengan menghitung jumlah plankton dalam haemocytometer dengan menggunakan mikroskop, yang dinyatakan dalam satuan sel permililiter (sel/ml). Ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengembalikan suatu kondisi lingkungan seperti semula selain dengan teknik *Bioremediation*. Salah satunya adalah dengan "*Artificial Wetland*", yaitu suatu teknik dalam pengembalian suatu kualitas lingkungan dengan suatu metode pemanfaatan lahan basah untuk mengembalikan kondisi lingkungan, dimana lingkungan yang telah mengalami penurunan kualitas dengan suatu *treatment* dialirkan pada suatu instalasi pengolahan lingkungan. Biasanya digunakan untuk mengembalikan kualitas air tambak, dimana air yang telah digunakan dialirkan pada suatu tangki pengendapan untuk mengendapkan zat padat yang selanjutnya masuk pada tangki yang berisikan *aerator* untuk membunuh bakteri yang

bersifat *anaerob* dan selanjutnya masuk kedalam wetland yang terdapat tumbuhan yang berperan dalam menjernihkan air tambak dan menambah kandungan oksigen dalam air selanjutnya air dapat digunakan kembali untuk tambak. Secara ekonomis *Bioremediation* dengan organisme lebih kompetitif dari pada teknik yang lain.

Chlorine

Khlor atau Khlorin berasal dari bahasa Yunani yaitu Chloros, berarti "hijau pucat", adalah unsur kimia dengan nomor atom 17 dan simbol Cl. Khlor adalah salah satu halogen, ditemukan di dalam tabel periodik dalam kelompok atom 17. Sebagai ion khlorida, dimana merupakan bagian dari garam biasa dan senyawa lain, secara alami banyak dan sangat dibutuhkan dalam banyak bentuk kehidupan, termasuk manusia.

Gas khlorin, berwarna kuning kehijauan, yang mana beratnya dua setengah kali lipat sedangkan baunya sangat menyakkan dan sangat beracun.

Dalam bentuk cair dan padat merupakan bahan pengoksidasi, pelunturan, yang sangat efektif.

Khlor berbentuk gas berwarna kuning kehijauan, Cl_2 . Unsur ini ada anggota ke seri pembentukan garam dan bisa diekstrakkan dari khlorida melalui oksidasi dan biasanya melalui elektrolisis. Khlorin adalah gas kuning kehijauan yang senang bergabung dengan hampir seluruh unsur-unsur lain. Pada 10 °C, satu liter dari air dapat melarutkan 3.10 liter khlorin dan pada 30 °C hanya 1.77 liter.

Khlorin adalah bahan kimia yang penting untuk beberapa proses pemurnian air, dan pelunturan. Ozon bisa juga digunakan untuk membunuh bakteri, dan lebih disukai untuk bahan minuman karena ozon tidak membentuk senyawa

organoklorin dan tidak tertinggal dalam air setelah perawatan.

Klorin juga banyak digunakan dalam pembuatan produk sehari-hari. Digunakan (dalam bentuk asam hipoklorus) untuk membunuh bakteri dan mikroba-mikroba dari pasokan minuman dan kolam renang.

Pada kegiatan industry, klorin banyak digunakan di dalam pembuatan kertas, antiseptik, bahan pewarna, makanan, insektisida, cat lukisan, produk-produk minyak bumi, plastik, obat-obatan, tekstil, pelarut, dan banyak produk pengguna yang lain. Unsur ini digunakan secara aktif dalam kimia organik sebagai sebagai agen oksidasi dan dalam reaksi penggantian karena klorin biasanya memasukkan fitur-fitur yang diinginkan dalam senyawa organik ketika ia dimasukkan untuk hidrogen (sebagai dalam pembuatan karet syntetik). Ia memiliki afinitas electron yang paling tinggi di antara halida-halida. Kegunaan lain adalah dalam pembuatan klorat, kloroform, karbon tetrakhlorida, dan dalam ekstraksi bromin.

Dampak Negatif Chlorine pada Kualitas Air

Chlorine merupakan senyawa desinfektan, yang banyak digunakan dalam proses pengolahan air. Desinfektan ini bekerja dengan baik untuk membunuh bakteri, fungi dan virus. Namun desinfektan ini juga dapat menimbulkan efek negative terhadap kesehatan manusia selain dapat menimbulkan bau dan rasa yang tidak enak pada air. Sebagai contoh *Chlorine* dapat bersifat merusak atau korosif pada kulit dan peralatan, selain itu *Chlorine* juga berpotensi merusak sistem pernafasan manusia dan hewan.

Desinfeksi

Yang dimaksud dengan desinfeksi adalah pembunuhan terhadap semua mikroba yang membahayakan. Zat-zat yang dipergunakan untuk usaha desinfeksi ini dinamakan desinfektan. Lebih dari 50 persen bakteri pathogen di dalam

air akan mati dalam waktu 2 hari, dan 90 persen akan mati dalam satu minggu. Oleh karena itu, waduk-waduk penampung sebenarnya cukup efektif untuk mengendalikan bakteri. Walaupun demikian, beberapa jenis bakteri patogen mungkin masih tetap hidup selama dua tahun atau lebih, karena itu dibutuhkan desinfeksi. Desinfeksi merupakan salah satu proses dari pengolahan air, yang mana proses desinfeksi adalah suatu proses atau usaha agar kuman patogen yang ada di dalam air dapat punah atau hilang.

Bahan-bahan desinfeksi yang dipakai tidak boleh membahayakan, dapat diterima masyarakat pemakai, serta mempunyai efek desinfeksi untuk waktu yang cukup lama. Beberapa cara desinfeksi yang dapat dilakukan yaitu dengan cara:

1. Penggunaan ozon (ozonisasi)
2. Penyinaran dengan sinar ultra violet
3. Perebusan
4. Penambahan senyawa khlor (khlorinasi)

Cara-cara desinfeksi yang dikemukakan diatas tidak semuanya efektif untuk skala industri, hanya khlorinasi yang umum digunakan, terhadap air minum dalam kemasan secara ekonomis.

Khlorinasi

Khlorinasi merupakan desinfeksi yang paling umum digunakan. Khlorin yang digunakan dapat berupa bubuk, cairan atau tablet. Bubuk khlorin biasanya berisi kalsium hipokhlorit, sedangkan cairan khlorin, berisi natrium hipokhlorit. Desinfeksi air minum yang mempergunakan gas *chlorine* atau preparat *chlorine* disebut khlorinasi. Sasaran khlorinasi terhadap air minum adalah penghancuran bakteri melalui daya germisidal dari khlorin terhadap bakteri.

Senyawa-senyawa khlor yang biasanya digunakan antara lain adalah:

1. Gas khlor

2. Senyawa hipoklorit, dapat berbentuk :
3. $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ atau Kaporit
4. CaOCl atau serbuk kelantang

Sifat-sifat yang dimiliki oleh senyawa zat khlor adalah sebagai berikut:

1. Khlor lebih berat dari udara
2. Bersifat racun
3. Bila bereaksi dengan air akan bersifat korosif
4. Khlor berbau merangsang dan spesifik

Tahap Pelaksanaan Khlorinasi

Tahap pelaksanaan khlorinasi pada pengolahan air, yaitu :

- a. Tahap *Pre Chlorinasi*; yaitu tahap pemberian *liquid chlorine* yang bertujuan untuk:
 - 1) Menghilangkan polutan dalam air seperti rasa dan bau
 - 2) Semua zat yang dioksidasi teroksidasi seperti besi, mangan.
 - 3) Mencegah molekul organik seperti warna
 - 4) Mencegah pertumbuhan jamur
 - 5) Mencegah pertumbuhan alga (ganggang)
- b. Tahap *post Chlorinasi*; yaitu tahap pemberian *liquid chlorine* yang bertujuan untuk membunuh mikroba yang masih terikat dalam air terutama mikroba patogen. Konsentrasi khlor yang ditambahkan adalah 0,5 mg/ml. Sisa khlor yang diinginkan dalam reservoir agar memenuhi syarat kesehatan sebagai air yang layak diminum berkisar antara 0,2 – 0,5 mg/l.

Penentuan Kadar Chlorine

Adapun pemeriksaan *Chlorine* dalam air dapat dianalisa dengan cara sebagai berikut :

Penentuan Kadar *Chlorine* dengan Komperator

Pemeriksaan khlor dilakukan dengan menggunakan komperator. Air yang akan diperiksa diambil sebanyak 10 cc dan ditempatkan didalam dua tabung yang terpisah. Salah satu dari tabung ini diberikan tablet N-dietil-p-penilendiamin (DPD) dan kemudian didiamkan beberapa menit, sedangkan yang lain tidak diberikan perlakuan. Amati dan lihat perubahan warna yang terjadi pada tabung yang telah diberikan N-dietil-penilendiamin dan kemudian sesuaikan warna ini dengan warna yang ada pada komperator mulai dari warna merah muda sampai warna merah tua. Bila warna tersebut sama dengan warna yang ada pada komperator dan menunjukkan angka misalnya 0,2 ppm maka kadar khlor yang ada dalam air adalah 0,2 ppm.

Siklus Biogeokimia Khlor (Khlorin)

Biogeokimia adalah transformasi atau pertukaran atau perubahan yang terus menerus terjadi antara komponen biosfer yang hidup dengan tak hidup. Dalam suatu ekosistem, materi pada setiap tingkat trofik tidak ada yang hilang. Materi berupa unsur-unsur penyusun bahan organik tersebut didaur-ulang oleh system ekologi (*ecosystem*). Unsur-unsur tersebut masuk ke dalam komponen biotik melalui udara, tanah, dan air. Daur ulang materi tersebut melibatkan makhluk hidup dan bebatuan (geofisik) sehingga disebut Siklus Biogeokimia.

Fungsi Biogeokimia

Fungsi Daur Biogeokimia adalah sebagai siklus material yang mengembalikan semua unsur-unsur kimia yang sudah terpakai oleh semua yang ada di bumi baik komponen biotik maupun komponen abiotik, sehingga kelangsungan hidup di bumi dapat terjaga dengan baik. Dari segi biosfir sebagai keseluruhan siklus biogeokimia itu dapat digolongkan dalam

dua golongan dasar yaitu tipe-tipe berbentuk gas yang tempat terjadinya di atmosfer atau hidrosfir (lautan) dan tipe-tipe sedimen yang terjadinya di dalam kulit bumi.

Siklus tipe gas agak cepat menyesuaikan terhadap gangguan-gangguan sebab adanya wilayah atmosfer yang luas serta relatif lebih sempurna dalam arti global sebab adanya pengendalian umpan balik negatif alam. Sebagai contoh: Peningkatan dalam produksi Klorin yang berupa penguapan air laut yang membawa zat klorin (Cl) sehingga penguapan tersebut mengakitatkan pengikisan lapisan ozone. Siklus tipe sedimen cenderung untuk lebih kurang sempurna dan lebih mudah diganggu oleh gangguan setempat sebab sebagian besar bahan terdapat dalam tempat dan relatif tidak aktif dan tidak bergerak di dalam kulit bumi. Akibatnya, beberapa bagian dari bahan yang dapat dipertukarkan cenderung "hilang" untuk waktu yang lama apabila gerakan menurunnya jauh lebih cepat dari pada gerakan "naik" kembali. Setiap peristiwa siklus selalu melibatkan unsur organisme untuk membantu menguraikan senyawa-senyawa menjadi unsur-unsur tertentu.

Klorin atau khlor ditemukan pada tahun 1774 oleh *Scheele*, yang awalnya disangka oksigen. Diberi nama khlor pada tahun 1810 oleh *Davy*, yang tetap bersikukuh bahwa zat ini adalah sebuah unsur.

Sumber di alam, khlor ditemukan hanya dalam keadaan bersenyawa, terutama dengan natrium sebagai garam (NaCl), karnalit dan silfit.

Khlor tergolong dalam grup unsur halogen (pembentuk garam) dan diperoleh dari garam khlorida dengan mereaksikan zat oksidator atau lebih sering dengan proses elektrolisis. Khlor merupakan gas berwarna kuning kehijauan dan dapat bersenyawa dengan hampir semua unsur. Pada suhu 10°C, satu volume air dapat melarutkan 3,10 volume khlor, sedangkan pada suhu 30°C hanya dapat melarutkan 1,77 volume khlor.

Khlor digunakan secara luas dalam pembuatan banyak produk sehari-hari. Khlor digunakan untuk menghasilkan air minum yang aman hampir di seluruh dunia. Bahkan, kemasan air terkecil pun sudah terkhlorinasi.

Khlor juga digunakan secara besar-besaran pada proses pembuatan kertas, zat pewarna, tekstil, produk olahan minyak bumi, obat-obatan, antiseptik, insektisida, makanan, pelarut, cat, plastik, dan banyak produk lainnya.

Kebanyakan khlor diproduksi untuk digunakan dalam pembuatan senyawa khlorin untuk sanitasi, pemutihan kertas, desinfektan, dan proses tekstil. Lebih jauh lagi, khlor digunakan untuk pembuatan khlorat, khloroform, karbon tetrakhlorida, dan ekstraksi brom. Bahan kimia organik sangat membutuhkan khlor, baik sebagai zat oksidator maupun sebagai substitusi, karena banyak sifat yang sesuai dengan yang diharapkan dalam senyawa organik ketika khlor mensubstitusi hidrogen, seperti dalam salah satu bentuk karet sintesis.

Khlor dapat menimbulkan iritasi pada sistem pernafasan. Khlor dalam bentuk gas khlor dapat mengiritasi lapisan lendir dan khlor dalam bentuk cair dapat membakar kulit. Bau khlor dapat dideteksi pada konsentrasi terkecil 3.5 ppm dan pada konsentrasi 1000 ppm dapat berakibat fatal setelah terhisap dalam-dalam. Pada kenyataannya, khlor juga dapat digunakan sebagai bahan senjata kimia pada saat perang gas yang terjadi pada tahun 1915. Manusia tidak boleh terpapar khlor melebihi 0.5 ppm selama 8 jam kerja sehari atau 40 jam per minggu.

Karakteristik bahan kimia khlor adalah sebagai berikut:

1. Nomor atom (Z) 17
2. Konfigurasi elektron [Ne]3s²3p⁵
3. Massa atom 35,5
4. Wujud zat gas
5. Warna Hijau kekuningan
6. Titik beku (°C) -101

7. Titik didih ($^{\circ}\text{C}$) -35
8. Kerapatan (g/cm^3) $3,21 \times 10^{-3}$
9. Kelarutan di air (g/ml) 20
10. Energi pengionan pertama (kJ/mol) 1251
11. Afinitas elektron (kJ/mol) -349
12. Keelektronegatifan (skala Pauling) 3,0
13. Potensial reduksi standar (volt) $\text{X}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{X}^-$ 1,36
14. Jari-jari atom (pm) 99
15. Jari-jari kovalen (\AA) 0,99
16. Jari-jari ion (X^-) (\AA) 1,67
17. Energi ikatan X-X (kJ/mol) 242

Terdapat tiga jenis khlorida sulfur, tetapi hanya satu yang disebutkan berdasarkan silabus di UK (untuk tingkat A atau yang sederajat) yaitu S_2Cl_2 .

Natrium khlorida dan magnesium khlorida merupakan molekul ionik (berikatan ion) dan terdiri dari kisi-kisi ion raksasa pada temperatur kamar. Aluminium khlorida dan fosfor khlorida rumit untuk diidentifikasi. Keduanya mengalami perubahan struktur dari ionik menjadi kovalen pada saat padatnya berubah menjadi cair atau uap. Natrium dan magnesium khlorida merupakan padatan dengan titik leleh dan titik didih yang tinggi karena banyaknya panas yang dibutuhkan untuk memecah daya tarik ionik yang kuat. Sisanya (selain natrium dan magnesium khlorida) merupakan cairan atau padatan dengan titik leleh yang rendah. Kita lewati aluminium khlorida dan fosfor khlorida yang cukup rumit, molekul yang lain mempunyai daya tarik intermolekuler yang lebih lemah seperti gaya dispersi *van der Waals*. Hal ini mengubah ketergantungan pada ukuran dan bentuk molekul, tetapi akan selalu jauh lebih lemah dari ikatan ionik. Natrium dan magnesium khlorida merupakan molekul ionik dan leburannya dapat mengalami elektrolisis pada saat meleleh. Sifat listriknya disebabkan oleh gerakan ion-ion dan muatannya pada elektroda.

Pada contoh aluminium khlorida dan fosfor (V) khlorida, padatnya tidak dapat menghantarkan listrik karena ion-

ionnya tidak dapat bergerak bebas. Dalam bentuk cair (bentuk ini dapat diperoleh keduanya menyublim pada tekanan normal), keduanya berubah menjadi bentuk kovalen, yang juga tidak menghantarkan listrik. Khlorida-khlorida yang lain tidak dapat menghantarkan listrik baik sebagai padatan maupun leburan karena tidak memiliki ion ataupun elektron yang dapat bergerak.

Sebagai perkiraan, khlorida ionik sederhana (natrium dan magnesium khlorida) larut dalam air. Khlorida-khlorida lain bereaksi dengan air dengan berbagai cara yang masing-masing akan dijelaskan. Reaksi dengan air dikenal dengan nama proses hidrolisis.

Siklus Khlorin

Banyak dari kita yang sehari-harinya memakai air ledeng. Khlorin, khlorin atau *chlorine* merupakan bahan utama yang digunakan dalam setiap proses khlorinasi. Sudah umum pula bahwa khlorinasi adalah proses utama dalam proses penghilangan kuman penyakit pada air ledeng, air bersih atau air minum yang akan kita gunakan. Sebenarnya proses khlorinasi tersebut sangat efektif untuk menghilangkan kuman penyakit terutama bila kita menggunakan air ledeng. Tetapi dibalik keefektifannya itu khlorin juga bisa berbahaya bagi kesehatan kita. Dari berbagai studi, ternyata orang yang meminum air yang mengandung khlorin memiliki kemungkinan lebih besar untuk terkena kanker kandung kemih, dubur ataupun usus besar. Sedangkan bagi wanita hamil dapat menyebabkan melahirkan bayi cacat dengan kelainan otak atau urat saraf tulang belakang, berat bayi lahir rendah, kelahiran prematur atau bahkan dapat mengalami keguguran kandungan. Selain itu pada hasil studi efek khlorin pada binatang ditemukan pula kemungkinan kerusakan ginjal dan hati.

Air ledeng yang diproduksi oleh PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) pada saat “pembuatan” air ledeng umumnya menggunakan air permukaan, yang umumnya akan lebih

banyak mengandung kuman atau mikroorganisme merugikan dari pada bila dibandingkan dengan air sumur. Campuran khlorin yang berlebihan tentunya akan dapat sampai ke kita dan akan masuk ke dalam tubuh jika kita meminum air yang mengandung khlorin tersebut.

Septik tank atau air pembuangan limbah rumah tangga. Ketika menggunakan pembersih atau pencuci yang mengandung khlorin, bisa jadi air pembuangan hasil cucian tersebut kemudian meresap ke dalam tanah dan mencemari air sumur yang merupakan sumber air bersih rumah tangga. Pembuangan air kolam renang, kolam renang umumnya menggunakan khlorin sebagai "penjernih" dari mikroorganisme yang ada dalam air. Air buangan dari kolam renang ini juga bisa saja mencemari sumur air bersih warga sekitarnya.

Kontaminasi melalui air minum dan proses meminum air adalah jalur utama gas khlorin masuk ke dalam tubuh kita yaitu melalui air yang kita minum. Umumnya risiko yang lebih "sering" meminumnya adalah orang-orang yang memakai air ledeng sebagai bahan air minumannya. Kontaminasi melalui udara dan proses pernafasan, ketika kita mandi menggunakan "shower" air panas atau hangat, uap air yang masih mengandung khlorin dapat terhirup dan masuk ke dalam tubuh kita. Selain itu walaupun sedikit, bagi sebagian orang khlorin juga bisa masuk melalui kulit ketika sedang mandi di kolam renang menggunakan air yang mengandung khlorin.

Dengan menggunakan *granulated activated carbon* (GAC) atau butiran karbon aktif sebagai filter air dapat mengurangi kadar khlorin dalam air yang akan kita pakai. Filter air dari arang ini efektif untuk mengurangi rasa dan bau khlor dari air. Kita juga dapat membuat saringan air sederhana yang menggunakan arang kayu sebagai salah satu bahan untuk saringan atau dapat juga menggunakan salah satu dari berbagai teknik penyaringan air bersih untuk mendapatkan air bersih. Namun cara terbaik adalah tidak menggunakan

khlorin untuk disinfeksi air minum dan sebagai gantinya dapat digunakan cara sederhana untuk melakukan disinfektan.

Gunakanlah air sehemat dan seoptimal mungkin untuk mandi (baik shower ataupun berendam), mencuci ataupun memasak dan sebaiknya air yang digunakan adalah air dingin. Lalu bukalah jendela atau ventilasi agar udara yang mengandung khlorin dapat keluar dan digantikan dengan udara yang bebas khlorin. Sedangkan untuk mengatasi bila kita menaruh khlorin pada bak atau sumur sumber air kita, kuruslah bak dan sumur kita.

Sumber khlorin alami yang seperti kita tahu terdapat pada air laut. Air laut sebagian besar memiliki kandungan khlorin yang terdapat pada senyawa NaCl (garam laut). Air laut tersebut dapat menguap dan pada akhirnya kandungan khlorin tersebut ikut naik menuju ozon. Kelebihan konsentrat khlorin dalam ozon dapat mengakibatkan menipisnya lapisan ozon khususnya pada lapisan troposfer. Dampak yang dirasakan oleh makhluk hidup pada kasus ini tidak terjadi secara langsung. Hanya dampak radiasi oleh cahaya matahari yang dirasakan karena lapisan ozon pada troposfer sudah terkikis.

Dampak lain dari khlorin juga terdapat pada gas pembuangan gas atau limbah berupa gas dari pabrik-pabrik pengolahan zat kimia. Khlorin sangat mudah menguap dan sangat mudah bereaksi dengan air. Kandungan air di udara khususnya di atmosfer mengakibatkan zat khlorin mudah menguap, sehingga lapisan ozon pun mudah berlubang atau berkurang jumlahnya.

Penggunaan Khlorin oleh industri pulp dan paper adalah manifestasi dari kurangnya perhatian industriawan turut berpartisipasi dalam pembangunan berkelanjutan, pembangunan yang berwawasan lingkungan. Terlalu banyak hal yang harus dikorbankan. Kita perhatikan pada kasus PT

Indah Kiat yang memproduksi kertas rayon di Provinsi Riau, dan kasus PT Indorayon di Sumatera Utara yang belakangan banyak membuat gegar Nasional di tahun 1993. Kejadian tersebut sangat meresahkan masyarakat, karena limbah khlor yang dihasilkan dapat merusak hajat hidup orang banyak dan mematikan organisme hidup di lingkungannya. Beberapa pernyataan dari pemerintah maupun industriawan tentang khlorin, bagi kita adalah sesuatu yang menyedihkan bagi kelangsungan pembangunan yang berwawasan lingkungan. Lebih satu abad, khlorin digunakan untuk memutihkannya kertas, karena kertas yang diproduksi secara alami (tanpa penggunaan unsur kimia hasil rekayasa manusia) berwarna coklat muda. Umumnya pabrik pulp dan kertas membuang limbah khlorin ke air dan menghasilkan banyak senyawa berbahaya, misalnya dioxin (senyawa kimia berbahaya yang termasuk dalam kelompok organokhlorin). Begitu berbahayanya khlorin bagi lingkungan hidup, sehingga membuat kelompok-kelompok masyarakat di dunia maju melakukan tekanan dan protes keras untuk pabrik yang menggunakan khlorin. Di kebanyakan dunia maju, pemerintahnya sudah membuat undang-undang untuk membatalkan penggunaan khlorin dan memberitahu akibat dari penggunaan khlorin tersebut. Di Swedia dan negara-negara lain di Skandinavia, Kanada, dan Jerman, saat ini sudah diberlakukan undang-undang sekaligus *law enforcement* (penegakan hukum lingkungan) untuk pabrik pulp dan kertas. Dapat dipastikan, sudah banyak perusahaan di negara-negara tersebut menjadi industri yang bebas khlorin (*chlorine free*), karena lebih sesuai dengan pasar, lebih efektif sebagai strategi jangka panjang, dan dengan sendirinya menjadi lebih ekonomis. Apalagi masyarakatnya dengan mudah dapat mengidentifikasi dan mengenal bahaya yang disebabkan oleh khlorin. Karena dahulunya khlorin digunakan sebagai gas beracun pada Perang Dunia I oleh Jerman (masa Hitler berkuasa).

Khlorin adalah unsur kimia ketujuh tertinggi yang diproduksi di dunia. Digunakan sebagai alat pemutih pada industri

kertas, pulp, dan tekstil. Digunakan untuk manufaktur pestisida dan herbisida, misalnya DDT, untuk alat pendingin, obat farmasi, vinyl (pipa PVC), plastik, bahan pembersih, dan untuk perawatan air dan air limbah. Supaya bisa dipakai, khlorin sering dikombinasikan dengan senyawa organik (bahan kimia yang mempunyai unsur karbon) yang biasanya menghasilkan organokhlorin. Organokhlorin itu sendiri adalah senyawa kimia yang beracun dan berbahaya bagi kehidupan karena dapat terakumulasi dan persisten di dalam tubuh makhluk hidup.

Pada kegiatan industri pulp, kertas dan tekstil, khlorin mempunyai dua kegunaan : pertama, untuk bahan pemutih dan penghalus pulp, dan kedua, untuk mendrop oksigen pada senyawa sulfur yang berada di liquor hitam (*black liquor*). Dalam proses produksi pulp dan kertas, khlorin banyak digunakan, karena dalam proses pemutihan (bleaching), khlorin dipakai di dalam tingkat terawal pada stage I yang disebut juga khlorin dan khlorin dioksid stage atau khlorinisasi, serta stage terakhir (stage IV) yang disebut juga khlorin dioksid stage. Dari proses produksi industri tersebut, khlorin dan bahan lainnya keluar dalam bentuk limbah cair dan padat. Sementara bau yang keluar dari semua industri pulp dan kertas adalah akibat dari proses pemasakan chips kayu dengan kimia sodium/natrium hidrosida (NaOH) dan sodium/natrium sulfida (Na₂S). Sulfida dari unsur Na₂S dapat bereaksi langsung dengan khlorin. Selain itu, gas khlorin dapat bereaksi keras dengan bahan yang mudah terbakar maupun bahan kimia lain, termasuk karbon, dan logam, sehingga dapat menimbulkan ledakan. Begitu juga bila bereaksi dengan gas-gas hidrokarbon (metan, asetilen, etan), baik dalam bentuk cair maupun gas, terhadap senyawa nitrogen dan senyawa yang non-logam seperti fospor, boron dan silikon.

Khlorin, baik berbentuk gas atau cairan dinilai mengandung "racun yang tinggi", dan diklasifikasikan sebagai bahan kimia yang mampu mengakibatkan kematian atau cacat permanent

(tetap) dari penggunaan yang normal (setiap hari pada industri) sekalipun". EPA di A.S (Agency Proteksi Lingkungan Hidup Amerika) menyatakan bahwa khlorin masuk kelompok kimia yang "punya potensi untuk mengakibatkan kematian pada penduduk yang tak memiliki alat perlindungan (*unprotected populations*) sesudah terjadi kebocoran dalam waktu relatif singkat" (*Citizen Enviromental Coalition*). Pendapat yang hampir sama "khlorin adalah salah satu kimia yang menjadikan manusia tidak punya kemampuan apapun karena beracun". Khlorin merupakan bahan kimia yang terklasifikasi sebagai "*Extremely Hazardous Substances* (EHS), atau bahan yang berbahaya sekali, yang mengandung amonia, hydrogen fluorida dan hydrogen khlorida. Campuran gas atau cairan khlorin dengan air, baik air hujan maupun udara lembab, akan memproduksi asam hidrokhlorik dan hypokhlorous yang berbahaya kepada manusia, ternak, dan vegetasi.

Bahaya Khlorin Pada Manusia

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya di atas, bahwa khlorin "sangat berbahaya bagi kesehatan manusia". Khlorin, baik dalam bentuk gas maupun cair mampu mengakibatkan luka yang permanen, terutama kematian. Pada umumnya luka permanen terjadi disebabkan oleh asap gas khlorin. Khlorin sangat potensial untuk terjadinya penyakit di kerongkongan, hidung dan trakt respiratory (saluran kerongkongan didekat paru-paru). Akibat-akibat akut untuk jangka pendek :

1. Pengaruh 250 ppm selama 30 menit kemungkinan besar berakibat fatal bagi orang dewasa.
2. Terjadi iritasi tinggi waktu gas itu dihirup dan dapat menyebabkan kulit dan mata terbakar.
3. Jika berpadu dengan udara lembab, asam hidrokhlorik dan hypokhlorus "dapat mengakibatkan peradangan jaringan tubuh yang terkena. Pengaruh 14 ppm s/d 21 ppm selama 30 menit s/d 60 menit menyababkan

penyakit pada paru- paru seperti pnumonitis, sesak nafas, emphisema dan bronkitis."

Akibat-akibat yang kronis atau *sublethal* untuk jangka panjang: untuk jangka waktu panjang, akibat dari pengaruh gas khlorine adalah kemungkinan akan "menjadi tua sebelum waktunya. Kontaminasi khlorin dapat menimbulkan masalah pada bagian cabang tenggorokan, terjadi pengkaratan pada gigi dan besar kecenderungan munculnya penyakit paru-paru seperti TBC dan penyakit emphisema.

Indikasi gangguan bila manusia terkontaminasi gas Khlorin pada konsentrat 0,2 ppm adalah hidung akan terasa gatal, pada konsentrat 1,0 ppm krongkongan akan merasakan gatal atau rasa kering, batuk, sulit bernafas, pada konsentrat 1,3 ppm (untuk selama 30 menit) menimbulkan sesak nafas berat dan kepala sangat pening, pada konsentrat 5 ppm dapat menimbulkan peradangan hidung, pengkaratan gigi dan sesak nafas, pada konsentrat 10,0 ppm dapat menjadi sangat diganggu, pada konsentrat 15-20 ppm dapat menimbulkan batuk lebih keras, leher terasa tercekik, sesak di dada, pada konsentrat 30 ppm dapat berbahaya untuk kehidupan selanjutnya seperti batuk hebat, tercekik, sesak nafas dan muntah-muntah, pada konsentrat 250 ppm kemungkinan besar fatal (mengakibatkan kematian), pada konsentrat 1000 ppm dapat dipastikan akan mengalami kematian.

Di dalam tubuh manusia pasti terdapat kandungan khlorin, sebagai contoh adanya asam lambung yang berfungsi sebagai zat penghancur makanan. Lain halnya khlorin tersebut bersumber dari makanan. Seperti yang kita tahu, kertas pembungkus teh celup dan segala bentuk pemutih pasti mengandung khlorin. Pemutih beras , pemutih tepung secara tidak langsung termakan oleh manusia dan bereaksi dalam tubuh manusia. Hasil dari metabolisme makanan tersebut pasti mengandung zat sisa dari khlorin tersebut. Walaupun zat khlorin tersebut tidak berdampak di alam, setelah

dikeluarkan dari tubuh (hasil metabolisme berupa entropy dalam bentuk urin dan keringat) maka zat tersebut akan berkurang konsentrasinya dan tidak berbahaya bagi lingkungan.

Dampak lain dari khlorin dapat kita rasakan dari air di kolam renang. Air kolam renang mengandung khlorin setelah di campurkan berupa cairan kaporit. Dampak langsung terhadap manusia berupa mata pedih dan permukaan kulit terasa kasar. Dan apabila tertelan akan mengakibatkan gangguan pencernaan. Tetapi dalam hal ini, peranan khlorin sangat membantu sebagai disinfektan, yang berfungsi sebagai antibakteri.

Cara mengurangi kadar khlorin dalam air adalah dengan menggunakan *Granulated Activated Carbon* (GAC) atau butiran karbon aktif sebagai filter air dapat mengurangi kadar khlorin dalam air yang akan kita pakai. Filter air dari arang ini efektif untuk mengurangi rasa dan bau dari air. Anda juga dapat sekaligus membuat saringan air sederhana yang menggunakan arang sebagai salah satu bahan untuk saringan atau anda dapat juga menggunakan salah satu dari berbagai teknik penyaringan air sederhana untuk mendapatkan air minum. Tetapi cara terbaik adalah tidak menggunakan khlorin untuk disinfeksi air minum dan sebagai gantinya dapat digunakan cara sederhana untuk melakukan disinfeksi pada air minum.

Pengaruh khlorin terhadap kehidupan tambak dan masyarakat petambak adalah sebagai berikut.

1. Kadar khlorin yang berada di atas ambang batas dapat mematikan biota termasuk ikan dan udang peliharaan masyarakat petambak.
2. Kadar khlorin yang berada di atas ambang batas dapat menurunkan produktivitas pertanian tambak masyarakat.
3. Suhu makin naik maka reaksi kimia akan semakin cepat, sedangkan konsentrasi gas dalam air akan semakin

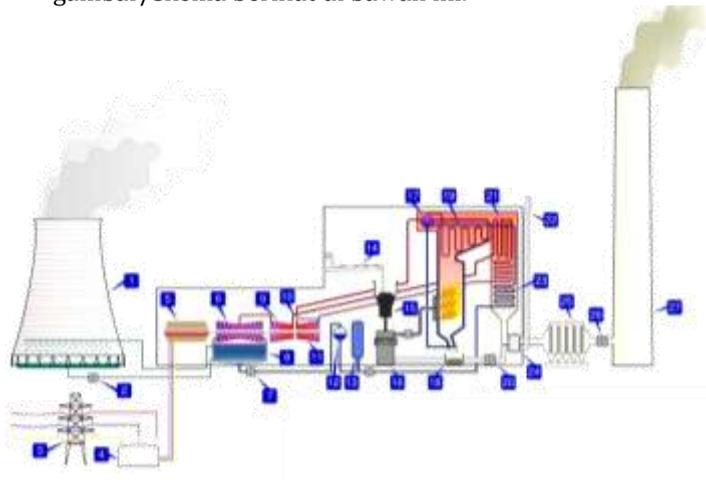
menurun, termasuk oksigen, akibatnya, ikan akan melakukan reaksi toleran atau tidak toleran (sakit sampai kematian).

4. Kadar khlorin yang berada di atas ambang batas dapat menurunkan produktivitas pertanian tambak dan selanjutnya dapat menurunkan pendapatan (ekonomi) petani tambak.

Monitoring dan Analisis Kualitas Lingkungan Kegiatan Industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

1. Proses Produksi Listrik

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang diteliti memiliki kapasitas 3 x 315 MW dengan indeks kapasitas sebesar 0,8. Pembangkit ini menggunakan bahan bakar batu bara berkalori rendah (*Low Rank Coal*) 4.200 Kcal/kg dengan jumlah konsumsi batubara sebanyak 4.273.390 ton/tahun. Proses produksi listrik pada sistem industri PLTU ini dijelaskan secara ringkas menggunakan gambar/skema berikut di bawah ini.



Gambar 42. Proses Produksi Listrik pada Industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| 1. Cooling tower | 14. Coal conveyor |
| 2. Cooling water pump | 15. Coal hopper |
| 3. Pylon (termination tower) | 16. Pulverised fuel mill |
| 4. Unit transformer | 17. Boiler drum |
| 5. Generator | 18. Ash hopper |

- | | |
|----------------------------------|-------------------------|
| 6. Low pressure turbine | 19. Superheater |
| 7. Boiler feed pump | 20. Forced draught fan |
| 8. Condensor | 21. Reheater |
| 9. Intermediate pressure turbine | 22. Air intake |
| 10. Steam governor | 23. Economiser |
| 11. High pressure turbine | 24. Air preheater |
| 12. Deaerator | 25. Precipitator |
| 13. Feed heater | 26. Induced draught fan |
| | 27. Chimney stack |

2. Sistem Bahan Bakar Batubara

a. Pembongkaran Batubara

Bahan bakar batubara untuk kepentingan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) didatangkan dari pulau Sumatera dan/atau Kalimantan, diangkut dengan kapal laut/ tongkang kemudian dibongkar di dermaga/*jetty* yang sudah ada saat ini di lokasi PLTU. Kemudian batubara didistribusikan dengan *belt conveyor* yang menggunakan *ship unloader* menuju *Junction House*. Pada *Junction House* terdapat alat *telescopic chute* yang berfungsi untuk mencurahkan batubara dari *belt conveyor* menuju *Coal Yard* PLTU.

Batubara yang tertampung di *Coal Yard* jumlahnya sekitar 240.000 MT dengan elevasi ketinggian antara (10,5 - 12) meter. Kebutuhan batubara untuk kegiatan operasional PLTU ini sebesar 12.000 ton/hari untuk 3 (tiga) unit pembangkit. Dengan demikian dalam 1 (satu) hari terdapat penambahan (1-2) tongkang batubara berkapasitas (7.500 - 12.000) DWT yang melakukan pembongkaran di dermaga/*jetty* eksisting.

b. Karakteristik Batubara dan HSD

Jenis batubara yang dipergunakan adalah *Low Rank Coal* sebanyak 4.273.390 ton untuk 3 unit pembangkit. Batubara yang digunakan mengandung

kadar sulfur sekitar (0,33 – 0,35)% berat dan mempunyai kalori 4.200 kcal. Sebagai bahan bakar pendukung maupun bahan bakar awal digunakan *Fuel Oil (HS -High Speed Diesel Oil)*.

3. Boiler, Turbin dan Generator

Batubara dari *coalyard* dikeruk dan diangkut menuju *boiler* dan diteruskan ke *coal bunker* dan kemudian ke *coal feeder* yang berfungsi mengatur jumlah aliran ke *pulverizer* dimana batubara digiling sesuai dengan kebutuhan menjadi serbuk yang sangat halus. Serbuk batubara ini dicampur dengan udara panas dari *primary air fan (PA Fan)* dan dibawa ke *coal burner* yang menghembuskan serbuk batubara tersebut ke dalam ruang bakar untuk proses pembakaran dan terbakar seperti gas untuk mengubah air menjadi uap. Udara panas yang digunakan oleh PA Fan dipasok dari FD Fan yang menekan udara panas setelah dilewatkan melalui *Air Heater*. FD Fan juga memasok udara ke *coal burner* untuk mendukung proses pembakaran.

Panas yang dihasilkan akan diserap oleh pipa-pipa uap (*waterwalls*) menjadi uap jenuh/uap basah yang selanjutnya dipanaskan dengan superheater. Kemudian uap tersebut dialirkan ke turbin tekanan tinggi *High Pressure Turbine*, dimana uap tersebut akan ditekan melalui *nozzle* ke sudu-sudu turbin. Tenaga dari uap menghantam sudu-sudu turbin dan membuat turbin berputar.

Setelah melalui *H.P. Turbine*, uap dikembalikan ke *boiler* untuk dipanaskan ulang di *reheater* sebelum uap tersebut digunakan di *H.P. Turbine* dan *L.P. Turbine*. Poros turbin tekanan rendah dikopel dengan rotor generator. Rotor dalam elektromagnet berbentuk silinder ikut berputar apabila turbin berputar. Generator dibungkus

dalam stator generator. Stator ini digulung dengan menggunakan batang tembaga. Listrik dihasilkan dalam batangan tembaga pada stator oleh elektromagnet rotor melalui perputaran dari medan magnet.

Hasil produksi energi listrik PLTU ini disalurkan ke Sistem Jawa Bali dengan transmisi 150 KV sepanjang \pm 22 km menuju Gardu Induk.

▪ **Karakteristik Boiler**

Boiler yang dipergunakan berupa *Subcritical natural circulation steam drum Boiler type*. Dengan maksimum *continuous evaporation capacity* (MCR) 1025 ton/h dan tekanan serta *temperature superheated steam* adalah 17.5 Mpa dan 541 °C.

▪ **Karakteristik Turbin**

Turbin yang dipergunakan adalah tipe *subcritical, single shaft, double casing double exhaust steam, reheat condensing*.

▪ **Karakteristik Generator**

Operasional turbin pada MCR (*Maximum Continous Rating*) dari 51 ke 485 Hz, pada laju beban dan faktor daya dengan kisaran *voltage* 0,95 sampai 1,05 pu. Operasional di atas, faktor daya berkisar antara 0,80 *lag* sampai 0,95 *lead*.

4. Sistem Pengelolaan Abu Dasar (*Bottom Ash*) dan Abu Terbang (*Fly Ash*)

Fly ash dan *bottom ash* dihasilkan dari proses pembakaran batubara di dalam *furnace*. *Fly ash* yang terbawa pada *flue gas* akan ditangkap di EP (*electrostatic precipitator*) yang kemudian akan dihembuskan oleh *compressor* ke silo *fly ash*. Sedangkan *bottom ash* akan

dialirkan langsung dari bagian bawah *furnace boiler* ke dalam *bottom ash* silo melalui *belt conveyor*.

Debu hasil pembakaran dihisap keluar dari ketel oleh *I.D Fan* dan dilewatkan melalui *Electrostatic Precipitator* (EP) yang dapat menangkap $\pm 99,5\%$ abu terbang; kemudian dengan sistem elektroda debu dihembuskan ke cerobong asap yang mempunyai ketinggian 275 m. Di dalam EP, elektron dilepaskan ke batangan berbentuk *collecting plate* sehingga partikel yang halus ditarik ke saringan tersebut dan kemudian dipergunakan untuk berbagai macam penggunaan (daur ulang).

Limbah abu, baik abu terbang maupun abu dasar ditampung dalam tempat khusus yang dinamakan *ash valley* (tempat penimbunan abu) yang telah ada saat ini, yaitu digabung dengan *ash valley* PLTU. Luas lahan *ash valley* yang disediakan adalah seluas 209.799 m². Lapisan dasar *ash yard* dibuat kedap air, yaitu dilapisi dengan lapisan geomembran agar air lindi yang terbentuk tidak merembes dan mencemari air tanah.

5. Sistem Pengolahan Air

Air untuk keperluan Pembangkit Listrik pada PLTU sebanyak 81.390 m³/jam atau sekitar 22,6 m³/detik diambil dari air laut. Sebagian dari air laut tersebut, yaitu sebesar 390 m³/jam diolah terlebih dahulu sehingga memenuhi syarat untuk dipergunakan air pengisi ketel (*boiler*) dan bagi berbagai kebutuhan operasi PLTU lainnya. Air yang digunakan untuk ketel berasal dari air laut tersebut akan diolah menjadi air tawar dengan menggunakan instalasi desalinasi (*multiple effect desalination MED*). Air tersebut (produksi desalinasi) sebelum dialirkan ke ketel uap diolah terlebih dahulu di *water treatment plant* dengan menggunakan *system mixed bed*.

Proses yang digunakan untuk desalinasi adalah menggunakan teknologi *multiple effect desalination*, yaitu teknologi pengolahan air untuk menyisihkan garam atau mineral yang menggunakan metode desalinasi dan kondensasi. Sisanya sebesar 299 m³/jam akan terus mengalir keluar dari membran yang dinamakan *concentrate* atau *reject*. Kualitas air *concentrate* atau air *reject* sama kualitasnya dengan kualitas *feed water*, hanya saja kadar garam air *concentrate* lebih tinggi dibanding *feed water*. Dengan demikian air *reject* bukanlah air limbah dan selanjutnya air *reject* tersebut dimasukkan kembali ke laut.

Sebagian besar air laut yang diambil tersebut, yaitu sebanyak 77.080 m³/jam dipergunakan untuk mendinginkan kondensor. Air laut yang telah digunakan untuk mendinginkan kondensor mempunyai suhu yang cukup tinggi karena itu dibuang melalui *canal discharge* (kanal limbah bahang) ke laut.

6. Sistem Pengolah Air Limbah

Air limbah dapat berasal dari berbagai kegiatan, yaitu air bekas pendingin kondensor, air lindi dari penimbunan batubara dan penimbunan abu terbang, air limbah demineralisasi, air limbah *condensate polishing plant*, limbah cair domestik dan limbah ceceran minyak. Masing-masing air limbah di atas mempunyai karakteristik yang berbeda, sehingga dilakukan segregasi pengolahan limbah.

Air bekas pendingin kondensor mengandung suhu yang relatif tinggi, diturunkan melalui saluran pendingin. Air lindi dan air limbah demineralisasi mengandung zat anorganik berbahaya dan beracun akan diolah dalam suatu Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), sehingga

air limbah yang keluar dari IPAL akan memenuhi baku mutu limbah cair maupun baku mutu air yang disyaratkan.

Limbah cair domestik dikelola dengan menggunakan peralatan IPAL biologis, sedangkan ceceeran minyak yang berasal dari *power house* dan HSD tank (air pembilas dan limpasan air hujan) yang mengandung minyak sebanyak 6 m³/jam diolah dengan sistem *Oil Catcher* atau *Oil Separator*.

Air yang berasal dari *Oil Catcher* dan *Oil Separator* dan air limbah regenerasi demineralisasi akan diolah dalam IPAL tersendiri (terpisah dari system pengolahan air limbah lainnya). Sementara itu, air lindi yang dihasilkan dari tempat penimbunan batubara (*coal yard*) ditampung dalam suatu kolam *settling basin*. *Coal yard* sendiri konstruksinya telah dilapisi dengan HDPE (*High Density Poly-Ethylene*) dan *Geotextile* guna mencegah terjadinya intrusi air lindi ke dalam tanah. Effluen (*outlet*) dari IPAL tersebut dipergunakan kembali (*reusing*) untuk mencegah terjadinya debu terbang tertiuap angin.

7. Pelaksanaan Pengelolaan Lingkungan

a. Jenis Dampak

Dampak negatif terhadap penurunan kualitas udara ambien

b. Sumber Dampak

Sumber dampak penurunan kualitas udara ambien berasal dari kegiatan pembongkaran dan penimbunan batubara, penimbunan abu sisa pembakaran batubara, dan kegiatan pembakaran batubara serta resuspensi debu batubara.

c. Tujuan Pengelolaan

Mencegah dan meminimalisasi penurunan kualitas udara.

d. Tolok Ukur

Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

e. Lokasi Pengelolaan

- Tapak lokasi PLTU: pada sumber-sumber emisi.
- Dermaga batubara
- Jalur pengangkutan batubara dari dermaga – PLTU dan di sepanjang *belt conveyor*.

f. Periode/Waktu Pengelolaan

Periode/waktu pengelolaan dilakukan pada setiap kegiatan pembongkaran dan penimbunan batubara, penimbunan abu sisa pembakaran batubara, kegiatan pembakaran batubara serta resuspensi debu batubara selama kegiatan operasional PLTU.

g. Tindakan Pengelolaan

Beberapa kegiatan atau tindakan yang dilakukan untuk mengelola kualitas udara, antara lain adalah:

- Pada waktu pembongkaran dan pemindahan batubara dari tongkang ke tempat penimbunan batubara harus dalam keadaan basah (disiram dengan air).
- Penyiraman tempat penimbunan batubara dengan air.
- Penyiraman jalan masuk ke lokasi penimbunan abu.
- Menggunakan truk pengangkut abu yang tertutup.

8. Pelaksanaan Pemantauan Lingkungan

a. Jenis Dampak

Dampak negatif penurunan kualitas udara ambien.

b. Sumber Dampak

Sumber dampak penurunan kualitas udara ambien berasal dari kegiatan pembongkaran dan penimbunan batubara, penimbunan abu sisa pembakaran batubara, dan kegiatan pembakaran batubara serta resuspensi debu batubara, dan emisi gas buang di lokasi PLTU.

c. Tujuan Pemantauan

- Memantau kualitas udara ambien di sekitar area kegiatan
- Evaluasi efektifitas pengelolaan sumber dampak terhadap kualitas udara ambien.

d. Tolok Ukur Dampak

Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

e. Parameter Yang Dipantau

- Parameter udara ambien yang dipantau adalah CO, HC, NO₂, SO₂, PM_{2,5}, TSP & Pb.
- Parameter iklim mikro yang dipantau adalah suhu, kelembaban, arah dan kecepatan angin serta kondisi cuaca.

f. Metode Pemantauan

- Sampling udara dengan *Hi-volsampler* dan gas *implinger*
- Pengukuran iklim mikro *insitu*.
- Hasil analisis laboratorium dibandingkan dengan baku mutu sebagaimana tercantum dalam Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara dan hasil-hasil pemantauan sebelumnya.

g. Periode/Waktu Pemantauan

Periode/waktu pengelolaan dilakukan 3 (tiga) bulan 1 (satu) kali selama kegiatan operasional PLTU.

h. Lokasi Pemantauan

- UA.1: di tapak PLTU;
- UA.2: di sebelah Utara tapak PLTU;
- UA.3: di sebelah Selatan tapak PLTU;
- UA.4 : di sebelah Barat tapak PLTU;
- UA.5: di Permukiman Penduduk;
- UA.6: di Permukiman Penduduk
- UA.7: di Permukiman Penduduk
- UA.8: di Permukiman Penduduk

9. Hasil Pemantauan dan Analisis Kualitas Lingkungan

Berdasarkan data hasil pengukuran kualitas lingkungan pada monitoring lingkungan pada periode Triwulan-4/2014, ternyata seluruh parameter kualitas ambient berada di bawah baku mutu dan masih memenuhi baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Sebaran konsentrasi parameter kualitas udara ambien di lokasi pantau sekitarnya cenderung lebih rendah dibanding baku mutu.

Tabel 45. Hasil Pemantauan Kualitas Udara Ambien PLTU

No.	PARAMETER	SATUAN	UA-1	UA-2	UA-3	UA-4	UA-5	UA-6	UA-7	UA-8	BAKU MUTU: PP No. 41/1999
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	µg/Nm ³	30,12	23,80	20,9 6	30,6 8	29,4 3	19,6 3	16,5 0	20,3 6	900
2	Karbon Monoksida (CO)	µg/Nm ³	4.124	3.815	3.91 8	4.18 1	4.03 3	3.50 6	3.43 7	3.89 5	30.000
3	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	µg/Nm ³	20,87	14,54	16,0 0	14,6 3	34,9 9	8,59	11,9 1	26,4 7	400

4	Hidrokarbon (HC)	µg/Nm ³	131	118	124	137	118	111	105	105	160
5	Debu (TSP)	µg/Nm ³	201	213	224	199	128	48	45	84	230
6	PM10 (Partikel < 10 µm)	µg/Nm ³	85	90	96	64	64	21	15	42	150
7	PM2,5 (Partikel < 2,5 µm)	µg/Nm ³	41	43	44	30	43	11	8	21	65
8	Timbal (Pb)	µg/Nm ³	0,33	0,35	0,40	0,31	0,05	0,20	0,22	0,03	2

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium



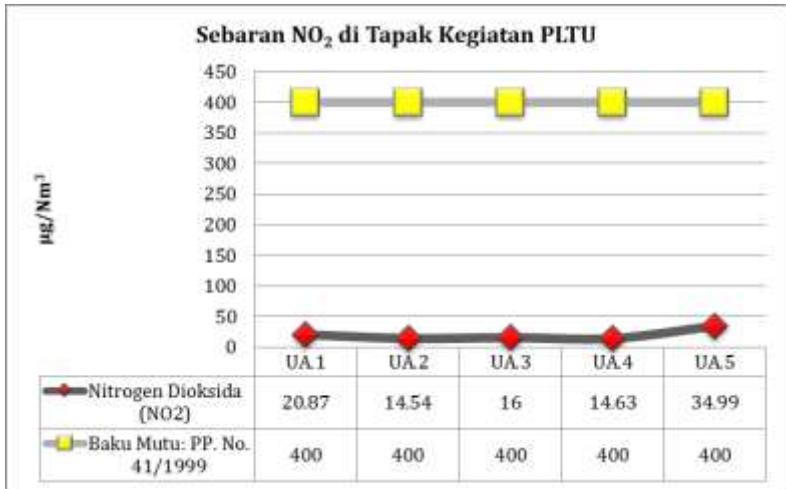
Gambar 43. Konsentrasi Sebaran Sulfur Dioksida (SO₂) di Udara Ambient Tapak Kegiatan PLTU

Sebaran parameter kualitas udara SO₂ di dalam tapak PLTU cenderung stabil dan berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.



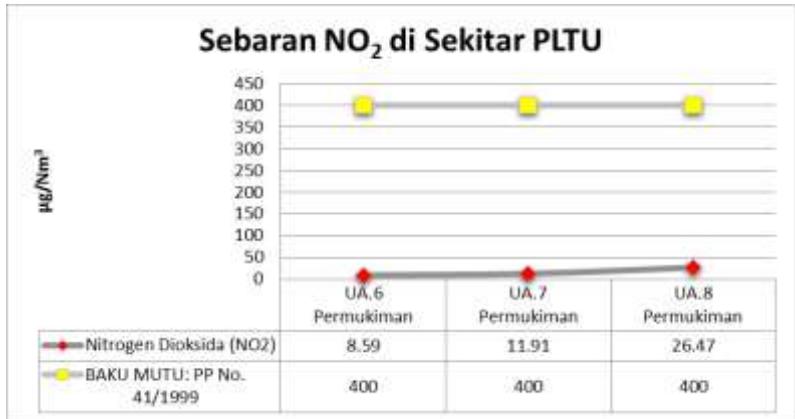
Gambar 44. Konsentrasi Sebaran Sulfur Dioksida (SO₂) di Permukiman Penduduk Sekitar Tapak Kegiatan PLTU

Sebaran parameter kualitas udara SO₂ di Permukiman Penduduk dan sekitar tapak PLTU cenderung stabil dan berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.



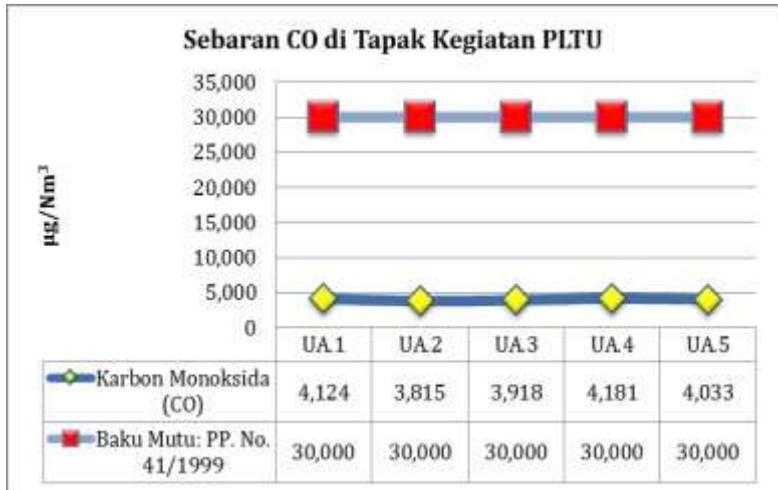
Gambar 45. Konsentrasi Sebaran Nitrogen Dioksida (NO₂) di Udara Ambient Tapak Kegiatan PLTU

Sebaran parameter kualitas udara NO₂ di dalam tapak PLTU cenderung stabil dan berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.



Gambar 46. Konsentrasi Sebaran Nitrogen Dioksida (NO₂) di Permukiman Penduduk Sekitar Tapak Kegiatan PLTU

Sebaran parameter kualitas udara NO₂ di Permukiman Penduduk dan sekitar tapak PLTU cenderung stabil dan berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.



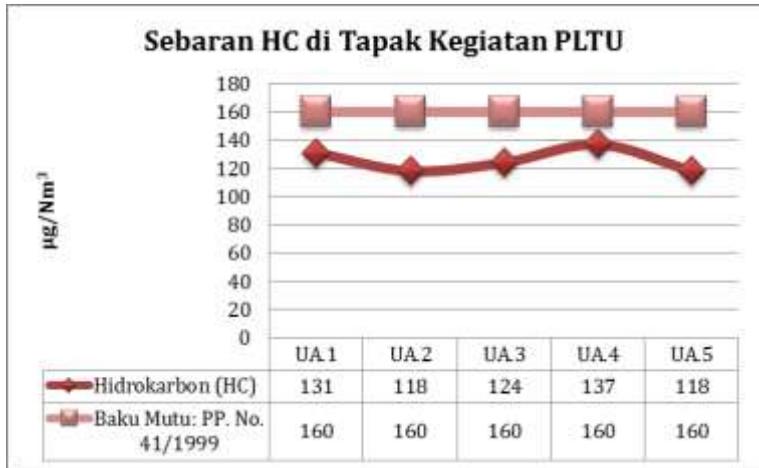
Gambar 47. Konsentrasi Sebaran Karbon Monoksida (CO) di Udara Ambient Tapak Kegiatan PLTU

Sebaran parameter kualitas udara CO di dalam tapak PLTU cenderung stabil dan berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.



Gambar 48. Konsentrasi Sebaran Karbon Monoksida (CO) di Permukiman Penduduk Sekitar Tapak Kegiatan PLTU

Sebaran parameter kualitas udara CO di Permukiman Penduduk dan sekitar tapak PLTU cenderung stabil dan berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.



Gambar 49. Konsentrasi Sebaran Hidro Karbon (HC) di Udara Ambient Tapak Kegiatan PLTU

Sebaran parameter kualitas udara HC di dalam tapak PLTU cenderung stabil dan berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.



Gambar 50. Konsentrasi Sebaran Hidro Karbon (HC) di Permukiman Penduduk Sekitar Tapak Kegiatan PLTU

Kondisi kualitas lingkungan direpresentasikan oleh sebaran parameter kualitas udara Hidro Karbon (HC) di Permukiman Penduduk sekitar tapak kegiatan PLTU.

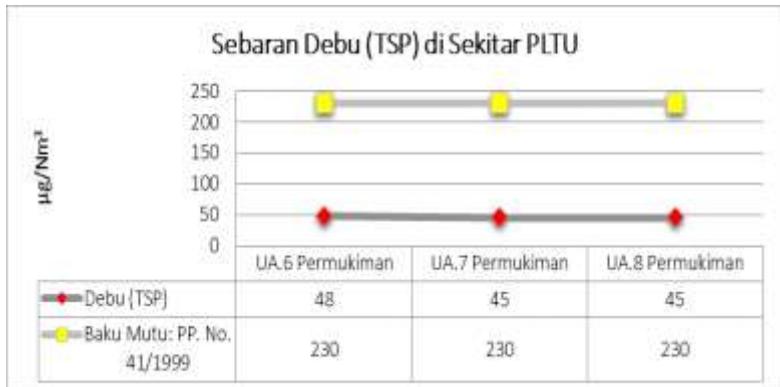
Sebaran parameter kualitas udara Hidro Karbon (HC) cenderung stabil dan berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.



Gambar 51. Konsentrasi Sebaran Debu (TSP) di Udara Ambient Tapak Kegiatan PLTU

Kondisi kualitas lingkungan direpresentasikan oleh sebaran parameter kualitas udara Debu (TSP) di dalam tapak PLTU.

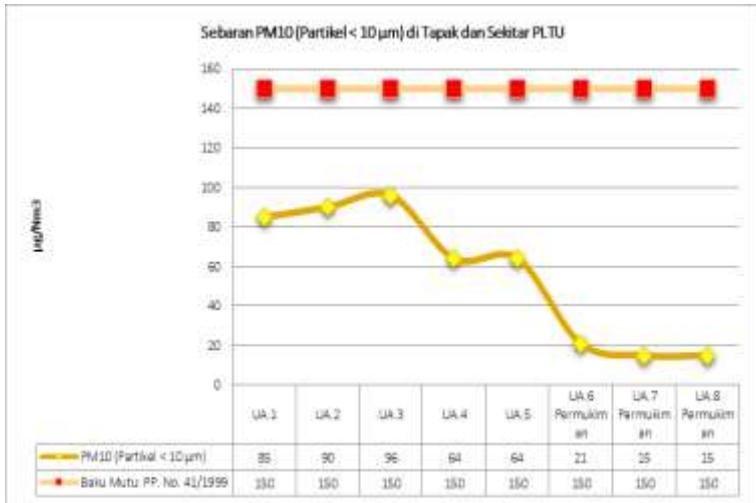
Sebaran parameter kualitas udara Debu (TSP) di dalam tapak PLTU berfluktuasi dan berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.



Gambar 52. Konsentrasi Sebaran Debu (TSP) di Permukiman Penduduk Sekitar Tapak Kegiatan PLTU

Kondisi kualitas lingkungan direpresentasikan oleh sebaran parameter kualitas udara Debu (TSP) di Permukiman Penduduk yang berada di sekitar tapak PLTU.

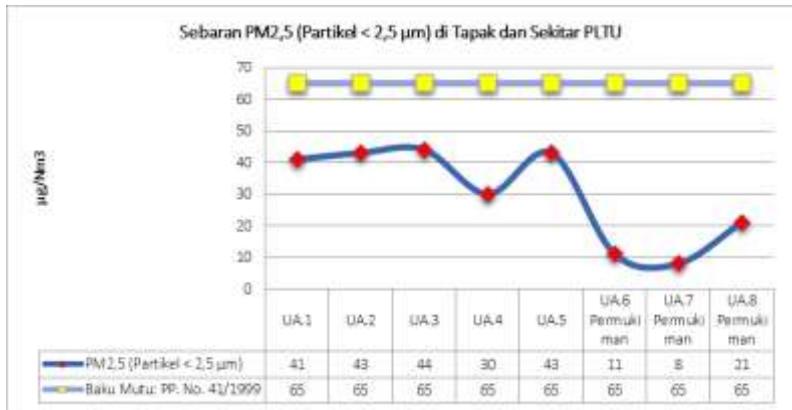
Sebaran parameter kualitas udara Debu (TSP) di Permukiman Penduduk yang berada di sekitar tapak PLTU cenderung stabil dan berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.



Gambar 53. Konsentrasi Sebaran PM₁₀ (Partikel < 10 µm) di Tapak Kegiatan dan Sekitar PLTU

Kondisi kualitas lingkungan direpresentasikan oleh sebaran parameter kualitas udara PM₁₀ (Partikel < 10 µm) di sekitar tapak PLTU.

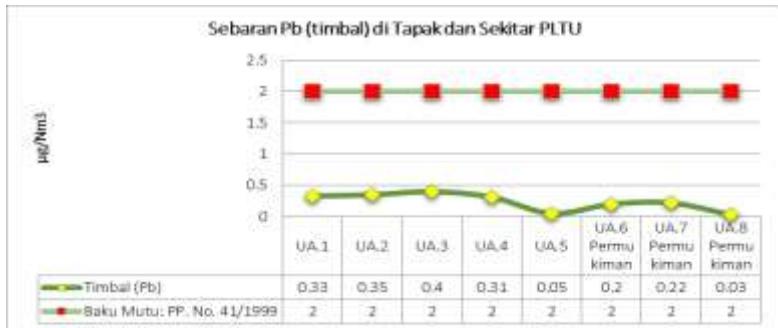
Sebaran parameter kualitas udara PM₁₀ (Partikel < 10 µm) di dalam tapak PLTU dan di Permukiman Penduduk berfluktuasi dan masih berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Konsentrasi zat pencemar PM₁₀ (Partikel < 10 µm) di Permukiman Penduduk lebih rendah dibanding konsentrasi PM₁₀ (Partikel < 10 µm) di Tapak PLTU.



Gambar 54. Konsentrasi Sebaran PM_{2,5} (Partikel < 2,5 μm) di Tapak Kegiatan dan Sekitar PLTU

Kondisi kualitas lingkungan direpresentasikan oleh sebaran parameter kualitas udara PM_{2,5} (Partikel < 2,5 μm) di sekitar tapak PLTU.

Sebaran parameter kualitas udara PM_{2,5} (Partikel < 2,5 μm) di dalam tapak PLTU dan di Permukiman Penduduk berfluktuasi dan masih berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Konsentrasi zat pencemar PM₁₀ (Partikel < 10 μm) di Permukiman Penduduk lebih rendah dibanding konsentrasi PM₁₀ (Partikel < 10 μm) di Tapak PLTU.



Gambar 55. Konsentrasi Sebaran Pb (Timbal) di Tapak Kegiatan dan Sekitar PLTU

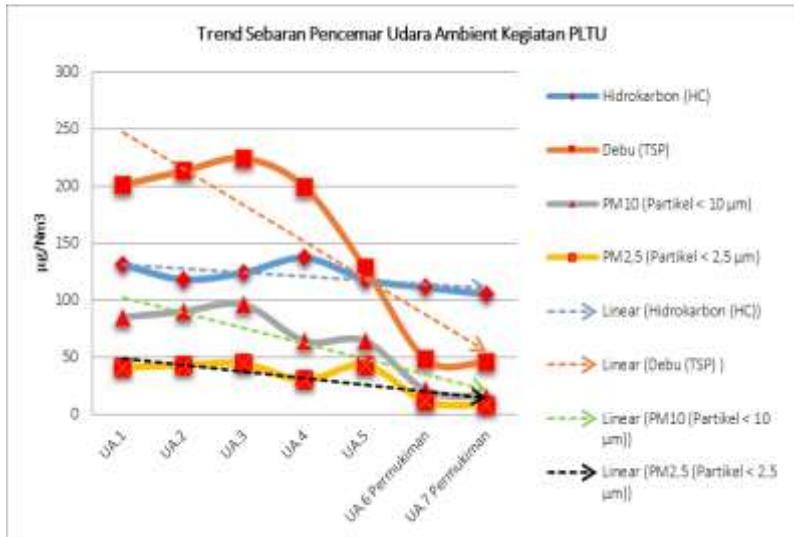
Kondisi kualitas lingkungan direpresentasikan oleh sebaran parameter kualitas udara Pb (Timbal) di sekitar tapak PLTU.

Sebaran parameter kualitas udara Pb (Timbal) di dalam tapak PLTU dan di Permukiman Penduduk berfluktuasi dan berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Konsentrasi zat pencemar Pb (Timbal) di Permukiman Penduduk lebih rendah dibanding konsentrasi Pb (Timbal) di Tapak PLTU.

10. Analisis dan Evaluasi Kecenderungan Kualitas Lingkungan

Nilai parameter kualitas udara ambien pada periode pemantauan Triwulan-4/2014 di 6 lokasi pantau cenderung menurun. Seluruh parameter kualitas udara ambien cenderung menurun dan memenuhi baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah

Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.



Gambar 56. *Trend Sebaran Pencemar Udara Ambient Kegiatan PLTU*

11. Evaluasi Tingkat Kritis

Seluruh parameter uji kualitas udara ambien yang dipantau pada periode Triwulan-4/2014 (SO_2 , CO, NO_2 , Pb, Debu, PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$) memenuhi baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

12. Evaluasi Penaatan

Hasil pemantauan kualitas udara ambien Triwulan-4/2014, menunjukkan bahwa seluruh parameter masih berada di bawah baku mutu sebagaimana dipersyaratkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Sehingga dengan demikian dapat dinyatakan bahwa pemrakarsa PLTU telah memenuhi dan mentaati pelaksanaan pengelolaan lingkungan sebagaimana diwajibkan oleh peraturan perundang-undangan yang berlaku, termasuk ketaatan dalam menjalankan dan meningkatkan pelaksanaan RKL-RPL.

Kuis Analisis Kualitas Lingkungan

Kuis-1

1. Mengapa menanak nasi dengan kompor minyak tanah menghasilkan pencemar lebih besar dibanding menanak nasi dengan kompor gas?
2. Mengapa menggunakan bahan bakar pertamax lebih efisien dan ramah lingkungan dibanding menggunakan bahan bakar bensin premium ?
3. Jelaskan konsep dematerialisasi dan dekarbonisasi dalam pengelolaan lingkungan.

Kuis-2

Terkait dengan aspek kesehatan lingkungan secara umum, mengapa suatu daerah pertanian atau perkebunan diserang oleh hama seperti; hama tikus, hama wereng, hama keong mas, hama jangkrik dan lain sebagainya.

Kuis-3



Gambar 57. Kawan Singa Sedang Memangsa dan Aktivitas Awak Kapal Penangkap Ikan

Coba Anda analisis apa perbedaan dan persamaan dari kedua kejadian yang ditampilkan pada Gambar 57 di atas ?

Kuis-4

1. Mengapa suatu wilayah permukiman sering terjadi banjir/genangan, dan apa saja dampak negatifnya terhadap kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat.
2. Mengapa ada wilayah tertentu sering terjadi kekeringan, dan apa saja dampak negatifnya terhadap kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat.
3. Mengapa ada wilayah tertentu sering terjadi tanah longsor, dan apa saja dampak negatifnya terhadap kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat.
4. Mengapa akhir-akhir ini di Indonesia sering terjadi gempa bumi, dan apa saja dampak negatifnya terhadap kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat.
5. Jelaskan entropy dari suatu kegiatan masyarakat permukiman (parameter material use-less dan parameter energy lost) yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat itu sendiri.

Kuis-5

1. Jelaskan dengan suatu contoh/kasus bagaimana cara menggunakan/mengaplikasikan “**metode analisis entropy kegiatan**” untuk menganalisis kualitas lingkungan hidup hingga kita dapat mengetahui **indicator** kualitas suatu lingkungan kegiatan tertentu yang dapat memberikan dampak negative (*negative impact*) pada kesehatan masyarakat & kesehatan lingkungan.
2. Jelaskan dengan suatu contoh/kasus bagaimana cara menggunakan/mengaplikasikan “**metode analisis rantai dan jejaring makanan**” untuk menganalisis kualitas lingkungan hidup hingga kita dapat mengetahui **indicator** kualitas suatu lingkungan yang dapat memberikan dampak negative (*negative impact*) pada kesehatan masyarakat & kesehatan lingkungan.
3. Buatlah suatu analisis deskriptif pengaruh material input makanan Bayi antara material **ASI** dan material **PASI**

menggunakan/mengaplikasikan “**metode analisis metabolisme kegiatan**” hingga kita dapat mengetahui **indicator** kualitas kesehatan masyarakat (kesehatan Bayi dan Ibu Menyusui) & kesehatan lingkungan (entropy perilaku Bayi yang di kemudian hari menjadi manusia Dewasa).

4. Jelaskan dengan suatu contoh/kasus bagaimana cara menggunakan/mengaplikasikan “**metode analisis tematik**” untuk menganalisis kualitas lingkungan hidup hingga kita dapat mengetahui **indicator** kualitas suatu lingkungan yang dapat memberikan dampak negative (*negative impact*) pada kesehatan masyarakat & kesehatan lingkungan.
5. Jelaskan indicator atau parameter bau (*odor*) pada saat kita melakukan analisis terhadap kualitas udara.
6. Jelaskan apakah perbedaan antara emisi dan ambient pada saat kita melakukan analisis terhadap kualitas udara, serta bagaimana cara mengelola pencemaran udara tersebut.

Kuis-6

1. Jelaskanlah pendapat Anda bahwa hukum alam yang disebut “Sunatullah” mengatur tata-kehidupan manusia agar dapat berlangsung selamat dan sehat (menjaga Keselamatan dan Kesehatan Manusia/Masyarakat dan Lingkungan Hidup).
2. Hukum entropy merupakan salah satu perwujudan hukum Sunatullah, jelaskan bahwa semua limbah dari suatu kegiatan apapun dapat bermanfaat bagi kehidupan alam dan lingkungan.
3. Jelaskanlah teori tentang Trilobal Pencemaran Lingkungan Hidup.
4. Jelaskan mengapa banyak hewan “Kecoa atau Coro” (*Blattodea*) di tempat penyimpanan makanan kita (lemari makanan)? apa dampaknya terhadap kesehatan?
5. Mengapa wilayah permukiman sering terjadi banjir/genangan ? apa dampaknya terhadap kesehatan?

6. Jelaskan aspek “Bajingan” yang terkait dengan perusakan lingkungan hidup?
7. Mengapa akhir-akhir ini di Indonesia sering terjadi gempa bumi ? apa dampak terhadap kesehatan?
8. Mengapa memasak nasi dengan kompor minyak tanah (*Kerosene*) dianggap menghasilkan pencemar lebih besar dibanding kompor gas (LPG = *Liquid Petroleum Gas*).

Daftar Pustaka

- Anna Donald, 2009. *Quality of Life*. Clinical Lecturer in Epidemiology, University College, London.
- Basset at all, 1978, *Vogel's, Textbook of Quantitative Inorganic Analysis, Fourth Edition, El Bsandlogman, London*.
- Berkel. 2002. The international handbook on environmental technology management. Edward Elgar Publishing Limited. Cheltenham, UK.
- Canter, L.W. and Hill, LG., 1980, *Handbook of Variables for Environmental Impact Assessment*. Arbor Science Publisher Inc., Collingswood, USA.
- Clapham, W.B. 1973. *Natural Ecosystem*. McMillan Publishing Co., Inc. New York : viii + 248 hlm.
- Cohen, Joel. 1995. *How Many People Can the Earth Support*. New York: W. W. Norton, 1995.
- Davies, Torrey e Lowe, I. Adam. 1999. *Environmental Implications of the Health Care Service Sector*. Discussion Paper 00-01.
- Denton, D. Keith. 1994. *Enviro-Management*. Prentice Hall, Englewood, New Jersey : xvii + 322 hlm.
- DeSimone and Popoff, 2000. *Eco-efficiency, The Business Link to Sustainable Development*. The MIT Press Cambridge: xv + 280 hlm.
- Djajadiningrat, Surna T., 2001. *Pemikiran Tantangan dan Permasalahan Lingkungan*. Penerbit Studio Tekno Ekonomi ITB-Bandung : xix + 375 hlm.
- Enger, Eldon D. et al. 1998. *Environmental Science, A Study of Interrelationships*. 6th Edition. McGraw-Hill. Boston : xxi + 456 hlm.
- Fiksel, Joseph. 1996. *Design for Environment, Creating Eco-Efficient Products and Processes*. McGraw-Hill. New York : xviii + 513 hlm.
- Graedel & Allenby. 1995. *Industrial Ecology*. AT&T Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey: xix + 412 hlm.

- Green E and Katz. 1997. *Managing Quality: A Guide to System Wide Performance Management in Health Care*. Mosby Company, St Louis, MO, USA.
- Grieg-Gran, Maryanne. 1997. *Towards a Sustainable Paper Cycle*. Journal of Industrial Ecology. Volume I, Number 3. School of Forestry and Environmental Studies, Published by MIT Press.
- Jacques. 2006. *Hospital Activities: Environmental Impact and Ecoefficiency Strategies*. Journal on Integrated Management of Occupational Health and the Environment - v.1, n.2, Art 4, dez 2006.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor. KEP.48/MENLH/11/1996, tentang *Baku Mutu Tingkat Kebisingan*.
- Keputusan Menteri Kesehatan Nomor. No. 416/1990 tentang *Baku Mutu Kualitas Air Bersih*.
- Keputusan Kepala Bapedal Nomor 35 tahun 1995 tentang *Ambang Batas Emisi Gas Buang*.
- Kementerian Lingkungan Hidup RI, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 179 Tahun 2004 tentang *Baku Mutu Kualitas Air Laut*.
- Kantor MNLH. 1997. *Agenda 21 Indonesia, Strategi Nasional Untuk Pembangunan Berkelanjutan*, Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta, Maret 1997.
- Kantor MNLH. 2011. *Status Lingkungan Hidup Indonesia 2011*, Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta, Juni 2011.
- Keputusan KA.BAPEDAL Nomor. KEP-124/12/1997 tentang *Kajian Aspek Kesehatan Masyarakat dalam Penyusunan AMDAL*.
- Leonore S.F. Cleveri et al. 1988, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, No. 3112, 20th Edition, Washington DC; APHA, AWWA, WEF.
- Lenore S.Clesceri et al. "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water", 20th. Edition, 1998, Metode 5220 D (*Closed Reflux, Colorimetric Method*).
- Lowe, Ernest. 1996. *Industrial Ecology: A Context for Design and Decision*. McGraw-Hill. New York.

- Mc Neely, R.N. Naimanis And L. Dwyer, 1979, *Water Quality Source Book, A Guide to Water Quality Parameters*, Inland Water Directorate, Ottawa, Canada.
- Miller, G. Tyler. 2002. *Sustaining the Earth, An Integrated Approach*. 5th. Edition. Brooks/Cole, Thomson Learning. Australia : viii + 385 hlm + G13 + index 116.
- Mukerji, Sitoo., *et al.* 1998. "*Science, Technology and Industry Outlook – 1998 Highlights*", OECD Paper presented at the XII Latin American Congress on Spirit Entrepreneurship, November 9, 10 & 11, San Jose, Costa Rica. 1998.
- Odum, E.P. (1993) *Fundamentals of Ecology*, 3rd Edition, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Peraturan Pemerintah Nomor. 82/2001 tentang *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- Peraturan Pemerintah RI Nomor 41 tahun 1999 tentang *Pengendalian Pencemaran Udara*.
- Perman, Roger., *et al.* 2003. *Natural Resources and Environmental Economics*. Third Edition. Pearson Addison Wesley. New York.
- Roughgarden, J. 1979. *A Local Concept of Structural Homology for Ecological Communities with Examples from Communities of West Indian Anolis Lizards*. In U. Halbach and J. Jacobs (Eds.), *Population Ecology*, Fortschritte der 149-158.
- R. Reda dan Suyud, 2006. *Ekologi Sumber Daya Kelautan*. Penerbit Universitas Terbuka, 2006.
- R. Reda dan Suyud, 2010. *Ekologi*. Penerbit Universitas Terbuka, 2010.
- R. Reda, 2013. *Manajemen Ekologi Industri*. Penerbit UI-Press, 2013.
- Rau, J.G. and D.C. Wooten, 1980, *Environmental Analysis Handbook*, MC Graw Hill Book Co., New York.
- WHO Offset Publication. 1982. Rapid Assessment of Sources of Air, Water and Land Pollution, WHO Offset Publication Geneva.*

Glosarium

Air limbah	Air limbah adalah sisa air bekas pakai dan/atau sisa air yang telah digunakan untuk suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud air.
Air bersih	Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.
Air minum	Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.
Ambient	Udara ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfir yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.
Baku mutu air limbah	Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan
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.
Baku mutu udara ambien	Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien.
Emisi	Emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk

Entropy	dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar. <i>Entropy</i> adalah kerugian energy (kerugian panas) yang timbul akibat sesuatu kegiatan yang menggunakan material dan/atau energy yang kemudian <i>entropy</i> tersebut dilepas/terlepas ke lingkungan. <i>Entropy</i> yang timbul sebagai kerugian dapat berupa <i>material useless</i> (limbah) dan atau <i>energy lost (pollutant)</i> .
Kualitas Emisi	Mutu emisi adalah emisi yang boleh dibuang oleh suatu kegiatan ke udara ambien.
Kualitas lingkungan hidup	Kualitas lingkungan hidup adalah kondisi dan keadaan unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup, baik komponen biota maupun komponen abiotik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan atau sesuai dengan standard mutu lingkungan. Lingkungan hidup yang berkualitas dicirikan oleh keadaan dan kondisi unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup yang saling berinteraksi (<i>interactive</i>), saling ketergantungan hidup satu sama lainnya (<i>interdependency</i>), hubungan antar unsur atau komponen lingkungan yang harmonis (<i>harmony</i>) selaras, berkemampuan untuk bertahan hidup dalam keberagaman (<i>diversity</i>), seluruh unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan melaksanakan tugas sesuai fungsinya masing-masing (<i>utility</i>), adanya arus informasi (<i>information</i>) yang dapat diperoleh dari kondisi lingkungan hidup untuk dapat dimanfaatkan sebagai ilmu pengetahuan, dan keadaan atau kondisi-kondisi ini harus diupayakan untuk dapat berlangsung secara berkelanjutan (<i>sustainability</i>).
Kualitas lingkungan kimia-fisik	Kualitas lingkungan kimia-fisik adalah kondisi dan keadaan unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan, khususnya komponen abiotik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan atau sesuai dengan standard

	mutu lingkungan kimia-fisik.
Kualitas lingkungan social-ekonomi-budaya	Kualitas lingkungan social-ekonomi-budaya adalah kondisi dan keadaan unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup, khususnya komponen social-ekonomi-budaya masyarakat yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
Kualitas lingkungan kesehatan masyarakat	Kualitas lingkungan kesehatan masyarakat adalah kondisi dan keadaan unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan kehidupan masyarakat, khususnya komponen kesehatan masyarakat yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
Kualitas Ambient udara	Mutu udara ambien adalah kadar zat, energi, dan/atau komponen lain yang ada di udara bebas.
Kesehatan masyarakat	Kesehatan adalah keadaan sehat, baik secara fisik, mental, spritual maupun sosial yang memungkinkan setiap orang untuk hidup produktif secara sosial dan ekonomis.
Kesehatan lingkungan	Kesehatan lingkungan adalah keadaan air, udara, tanah dan makhluk hidup lainnya yang ada di lingkungan hidup dalam keadaan sehat, baik secara fisik, kimiawi, biologi maupun sosial yang memungkinkan setiap orang dapat hidup produktif secara sosial dan ekonomis.
Kualitas air	Kualitas air yang baik adalah jumlah kadar zat, energi, dan/atau komponen lain yang ada di air memenuhi persyaratan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya.
Kualitas udara	Kualitas udara yang baik adalah jumlah kadar zat, energi, dan/atau komponen lain yang ada di udara bebas memenuhi persyaratan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya.
Kualitas tanah	Kualitas tanah yang baik adalah jumlah kadar zat, energi, dan/atau komponen lain yang ada di tanah memenuhi persyaratan kesehatan makhluk hidup untuk memanfaatkannya.
Limbah	Limbah adalah material sisa yang tidak termanfaatkan secara sempurna oleh suatu kegiatan
Limbah cair	Limbah cair adalah semua material limbah

	berbentuk cairan.
Limbah Medis	Sampah dan limbah rumah sakit adalah semua sampah dan limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah sakit dan kegiatan penunjang lainnya. Limbah klinis adalah yang berasal dari pelayanan medis, perawatan, gigi, veterineri, farmasi atau sejenis, pengobatan, perawatan, penelitian atau pendidikan yang menggunakan bahan-bahan beracun, infeksius berbahaya atau bisa membahayakan kecuali jika dilakukan pengamanan tertentu.
Mutu air	Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Kualitas Air harus memenuhi syarat kesehatan yang meliputi persyaratan mikrobiologi, Fisika, kimia, dan radioaktif
Pencemaran air	Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya
Pencemaran udara	Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia sehingga kualitas udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.
Pengelolaan kualitas air	Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya untuk menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya.
Pengendalian pencemaran air	Pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air.
Pengendalian	Pengendalian pencemaran udara adalah upaya

pencemaran udara	penanggulangan dan/atau pencegahan pencemaran udara serta pemulihan mutu udara.
Penggolongan air menurut peruntukkannya ditetapkan sebagai:	Golongan A : Air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu; Golongan B : Air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum; Golongan C : Air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan; Golongan D : Air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri, pembangkit listrik tenaga air.
Sampah	Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau sisa material proses alam yang berbentuk padat.

 **Indeks**

Abiotik	15, 16, 21, 28, 30, 32, 48, 52, 125, 287.
Analisis	25, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 38, 41, 42, 48, 54, 58, 62, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 85, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 106, 107, 116, 119, 120, 121, 122, 124, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 135, 146, 148, 149, 156, 157, 160, 174, 181, 191, 192, 198, 199, 202, 206, 216, 225, 226, 228, 231, 232, 233, 236, 237, 241, 244, 250, 256, 257, 258, 262, 263, 265, 268, 270, 271, 273, 300, 308, 309, 310, 322.
Analisis Kualitatif	74, 93, 95, 96, 97.
Analisis Kuantitatif	74, 100, 101.
Air limbah	46, 49, 89, 212, 214, 215, 217, 218, 219, 220, 222, 223, 224, 225, 227, 254, 256, 277, 295, 305, 306,
Biotik	15, 16, 21, 28, 30, 32, 48, 52, 125, 287.
Ekologi	2, 11, 18, 19, 22, 25, 26, 27, 38, 88, 107, 114, 117, 125, 135, 136, 137, 143, 144, 225, 252, 260, 287.
Ekosistem	1, 6, 7, 14, 18, 20, 21, 22, 26, 27, 29, 52, 66, 69, 72, 88, 108, 109, 110, 114, 115, 125, 126, 127, 147, 194, 195, 239, 244, 253, 271, 272, 273, 274, 276, 287.
Entropy	23, 54, 55, 58, 63, 74, 75, 78, 79, 80, 81, 82, 85, 86, 88, 91, 92, 107, 122, 124, 135, 136, 137, 142, 153, 156, 298, 326, 327.
Hujan asam	66, 67, 152, 158, 174, 175, 194, 195,
Pemanasan global	60, 158, 159, 174, 177, 178, 194, 195,
Efek gas rumah kaca	177, 178.
Kesehatan masyarakat	22, 23, 24, 25, 36, 45, 47, 66, 67, 74, 85, 87, 102, 103, 104, 105, 119, 120, 121, 125, 126, 132, 135, 167, 263, 264, 265, 266, 268, 270, 320, 326, 327.
Kesehatan lingkungan	2, 9, 36, 37, 47, 66, 67, 74, 82, 87, 88, 102, 103, 104, 119, 121, 125, 128, 132, 153, 157, 174, 197, 198, 263, 265, 266, 268, 270, 325, 326, 327.

Kualitas lingkungan hidup	15, 16, 17, 23, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 48, 53, 54, 58, 60, 61, 74, 75, 77, 78, 85, 89, 91, 92, 93, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 107, 111, 113, 115, 119, 120, 121, 123, 124, 126, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 148, 198, 225, 232, 237, 244, 250, 257, 258, 259, 264, 266, 268, 270, 282, 300, 309, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 325, 326, 327.
Kualitas udara	5, 37, 40, 41, 47, 48, 49, 88, 93, 95,
Kualitas air	35, 37, 40, 47, 48, 49, 67, 89, 100, 121, 128, 129, 130, 199, 201, 202, 206, 207, 212, 214, 215, 217, 225, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 273, 274, 275, 279, 281, 282, 284, 305.
Kualitas air laut	225, 227, 228, 229, 230.
Kualitas air tambak	231, 232, 279.
Kualitas air tanah	40, 121, 128, 201, 202, 206.
Baku mutu air	49, 130, 204, 205, 225, 230, 251, 253, 254, 255, 306.
Limbah	2, 16, 22, 23, 46, 49, 58, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 75, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 89, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 116, 120, 124, 125, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 148, 168, 169, 200, 204, 205, 206, 208, 212, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 222, 223, 224, 225, 227, 230, 254, 256, 267, 269, 277, 280, 292, 293, 294, 295, 304, 305, 306, 327.
Limbah cair	22, 64, 65, 66, 80, 82, 87, 89, 142, 215, 217, 295, 306.
Limbah padat	65, 66, 68, 80, 82, 83, 87, 89, 141.
Limbah medis	82, 83.
Limbah gas	65, 66, 68, 80, 293,
Lingkungan hidup	1, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 53, 54, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 66, 74, 79, 85, 89, 91, 92, 93, 96, 97, 100, 101, 103, 106, 107, 108, 111, 113, 116, 117, 119, 121, 123, 124, 125, 126, 128, 130, 131, 133, 143, 148, 162, 174, 180, 181, 183, 192, 198, 230, 232, 250, 251, 256, 257, 258, 266, 268, 270, 294, 296, 326, 327, 328.
Limbah infeksius	81, 83, 142, 143.

Limbah bahan berbahaya dan beracun (limbah B3)	2, 65, 66, 83, 142, 143.
Lingkungan kimia-fisik	36, 37, 38, 103, 104.
Lingkungan biologi	36, 37, 41, 104.
Lingkungan social-ekonomi-budaya	36, 37, 42, 103, 104, 257, 258, 259, 264.
Pencemar; pencemaran	2, 3, 5, 6, 7, 23, 24, 25, 31, 48, 49, 50, 55, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 71, 73, 74, 79, 82, 93, 94, 95, 96, 102, 104, 106, 107, 109, 110, 111, 113, 119, 128, 129, 130, 132, 136, 137, 138, 142, 148, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 167, 174, 179, 180, 181, 182, 183, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 198, 200, 203, 204, 205, 206, 208, 212, 213, 214, 215, 230, 232, 237, 238, 251, 252, 253, 255, 256, 271, 272, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324.
Polutan	23, 24, 56, 59, 63, 81, 86, 93, 150, 151, 152, 153, 190, 198, 286.
Sampah	16, 65, 68, 71, 80, 82, 87, 88, 89, 100, 104, 107, 108, 110, 120, 140, 143, 147, 148, 153, 169, 182, 267, 269.
Sumber daya alam	1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 20, 22, 23, 25, 38, 43, 44, 68, 116, 117, 135, 144, 179, 180, 251, 252, 259.

RIWAYAT HIDUP



Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc. M.Si. lahir pada tanggal 25 Agustus 1959 di kota Padangpanjang Sumatera Barat. Tahun 1982 menyelesaikan pendidikan tinggi teknik dan manajemen industri, tahun 1983 menjadi Pegawai Negeri Sipil pada Kementerian Pertahanan yang ditugaskan sebagai Dosen Tetap di UPN "Veteran" Jakarta (sejak tahun 2015 menjadi Dosen PNS di Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi). Pada tahun 1998 menyelesaikan pendidikan pascasarjana pada Program Magister Sains Ilmu Lingkungan di Universitas Indonesia, dan pada tahun 2008 menyelesaikan pendidikan Doktor bidang Ilmu Lingkungan di Universitas Indonesia.

Pendidikan tambahan yang pernah diikuti antara lain Kursus Pengembangan Teknologi bidang Desain dan Industri, Pengembangan Manajemen Industri, Kursus Amdal Tipe A dan Tipe B (penyusun Amdal) serta Sertifikat Audit Lingkungan.

Pada tahun 2008 penulis memperoleh Sertifikat Dosen Professional Bidang Teknik dan Manajemen Industri dari Kementerian Pendidikan Nasional. Pada tahun 2012 ditunjuk oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan sebagai Dosen Asesor untuk Beban Kinerja Dosen bidang Teknik dan Manajemen Industri. Sejak tahun 1986 Penulis telah menulis 14 (empatbelas) buah buku yaitu; 1) Buku Teknologi dan Material Tekstil Ramah Lingkungan, 2) Buku Teknologi Garmen, 3) Buku Prosedur Pengendalian Mutu Garment, 4) Buku Ekologi yang diterbitkan oleh Kementerian Pendidikan Nasional Universitas Terbuka, 5) Buku Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah yang diterbitkan oleh Kementerian Dalam Negeri-Lembaga Administrasi Negara, 6) Buku Ilmu Pengetahuan Lingkungan, 7) Buku Manajemen Ekologi Industri yang diterbitkan di *Ul. Press*, 8) *Apparel Handbook for Garment Companies and Education Institutes*, 9) Buku Monitoring, Pengendalian Mutu dan Penjaminan Mutu Produk Industri Garment, 10) Buku Analisis Kualitas Lingkungan, 11) Buku Studi Kelayakan Lingkungan, 12) Buku Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Industri, dan 13) Buku *Sustainable Manufacturing*, 14) Buku Rancang Bangun Model Teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Saat ini penulis telah memperoleh 5 (lima) Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dibidang penulisan 5 (lima) buku teks pelajaran untuk pendidikan tinggi. Sejak tahun 1990 hingga sekarang Penulis aktif menulis di berbagai Jurnal Ilmiah diantaranya Jurnal Bina Widya, Jurnal Bina Teknik, Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi (JMST) Universitas Terbuka, dan Jurnal Pusat Studi Lingkungan Perguruan Tinggi Seluruh Indonesia, Lingkungan & Pembangunan Universitas Indonesia, dan telah menghasilkan tulisan ilmiah lebih dari 50 topik yang telah diterbitkan di berbagai jurnal lembaga perguruan tinggi.

Sampai saat ini Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar pada Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Indonesia (Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia = SIL-UI), pengajar tetap pada Fakultas Teknik dan Fakultas Ilmu Kesehatan UPN "Veteran" Jakarta, tenaga pengajar senior pada *International Garment Training Center*, dan sebagai tenaga ahli peneliti bidang Ekologi Industri pada Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia dan Lingkungan Hidup Program Pascasarjana Universitas Indonesia (PPSML PPs-UI). Profesi peneliti bidang lingkungan hidup telah dilakukan pada berbagai proyek kajian bidang lingkungan hidup pada berbagai kegiatan pembangunan daerah di seluruh Indonesia, termasuk penelitian bekerjasama dengan lembaga internasional seperti *GTZ, GIZ, Swisscontact* dan Konsorsium *Mott MacDonald Limited* yang dilakukan dalam rangka perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup serta ekologi industri di Indonesia



Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta

Jl. R.S. Fatmawati, Pondok Labu, Jakarta Selatan 12450

Telp./Fax. 021-7656971 Ext. 234

e-mail: lppm@upnvj.ac.id