

2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1. Pencemaran Udara

Udara merupakan campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap H₂O dan karbon dioksida. Jumlah uap air yang ada di udara bervariasi bergantung pada cuaca dan suhu. Udara di alam tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan sama sekali. Beberapa gas seperti sulfur dioksida (SO₂), hidrogen sulfida (H₂S), dan karbon monoksida (CO) selalu dibebaskan ke udara sebagai produk sampingan dari proses-proses alami seperti aktivitas vulkanik, pembusukan sampah tanaman, kebakaran hutan dan sebagainya. Selain itu, partikel-partikel padatan atau cairan berukuran kecil dapat tersebar di udara oleh angin, letusan vulkanik atau gangguan alam lainnya. Selain disebabkan polutan alami tersebut, polusi udara juga dapat disebabkan oleh aktivitas manusia (Sumber: Fardiaz, 1992).

Menurut Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang dimaksud dengan pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Sedangkan pencemaran udara menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang baku mutu udara ambien adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Pada pasal 1 tentang peraturan pemerintah baku mutu tingkat kebauan, yang dimaksud dengan bau adalah suatu rangsangan dari zat yang diterima oleh indera penciuman. Kebauan adalah bau yang tidak diinginkan dalam kadar waktu tertentu yang dapat mengganggu kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Sedangkan yang dimaksud dengan baku tingkat kebauan adalah batas maksimal bau dalam udara yang diperbolehkan yang tidak mengganggu kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (Sumber: KLH, 2006)

Udara dikatakan normal dan dapat mendukung kehidupan manusia jika komposisi dari konsentrasinya seperti yang tertera pada Tabel 3. Bila salah satu konsentrasi gas atau zat lain pada komposisi udara normal mengalami perubahan dan menimbulkan gangguan, maka dapat dinyatakan bahwa udara tersebut telah tercemar.

Tabel 3. Komposisi Udara Bersih di Atmosfir

Gas	Konsentrasi	
	% volume	Ppm
Nitrogen (N ₂)	78,08	780,840
Oksigen (O ₂)	20,95	209,460
Argon (Ar)	0,934000	9,340
Karbondioksida (CO ₂)	0,03300	330
Neon (Ne)	0,00180	18
Helium (He)	0,00050	5
Methane	0,00020	2
Kripton	0,00010	1

Sumber: Fardiaz, 1992

2.1.1. Sumber Pencemaran Udara

Menurut Myller (1992), sumber-sumber pencemaran udara dapat digolongkan menjadi dua, yaitu sumber bergerak dan sumber tidak bergerak. Yang termasuk dalam sumber bergerak antara lain adalah transportasi dan yang termasuk dalam sumber tidak bergerak adalah industri. Berdasarkan pada sumber pencemaran udara baik bergerak maupun tidak bergerak, maka dapat digolongkan jenis-jenis polutan udara yaitu:

- 1). Polutan Primer, yang tergolong dalam polutan primer diantaranya adalah:
 - a. Karbon monoksida,
 - b. Oksida-oksida sulfur,
 - c. Oksida-oksida nitrogen,
 - d. *Volatile Organic Compounds* (Senyawa-senyawa organik yang mudah menguap),
 - e. *Suspended Particulate Matter* (SPM).
- 2). Polutan Sekunder, yang tergolong dalam polutan sekunder adalah:
 - a. Ozon, dan

b. Timbal.

Menurut Candra (2006), jenis polutan dapat dibagi berdasarkan struktur kimia dan penampang partikelnya, sebagai berikut:

1) Struktur kimia:

- a. Partikel: debu, abu dan logam, seperti Pb, nikel, kadmium dan berilium.
- b. Gas anorganik seperti NO, CO, SO₂, amonia, dan hidrogen.
- c. Gas anorganik seperti hidrokarbon, benzen, etilen, asetilen, aldehid, keton, alkohol, dan asam-asam organik.

2) Penampang partikel:

Partikel dalam udara dapat melekat pada saluran pernafasan manusia yang tentunya dapat menyebabkan bahaya bagi kesehatan manusia. Beberapa ukuran partikel debu yang dapat masuk ke dalam saluran pernafasan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Ukuran Partikel Debu dalam Saluran Pernafasan

Ukuran	Saluran pernafasan
8-25 mikron	Melekat di hidung dan tenggorokan
2-8 mikron	Melekat di saluran bronkial
0,5-2mikron	Deposit pada alveoli
<0,5 mikron	Bebas keluar masuk melalui pernafasan

Sumber: Candra, 2006

2.1.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi pencemaran udara

Menurut Candra (2006), pencemaran udara yang terjadi di permukaan bumi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya faktor meteorologi dan iklim serta faktor topografi.

1. Meteorologi dan iklim

Variabel yang termasuk di dalam faktor meteorologi dan iklim, antara lain:

a. Temperatur

Pergerakan mendadak lapisan udara dingin ke suatu kawasan industri dapat menimbulkan temperatur inversi. Dengan kata lain, udara dingin akan terperangkap dan tidak dapat keluar dari kawasan tersebut dan cenderung menahan polutan tetap berada di lapisan permukaan bumi sehingga konsentrasi polutan di kawasan tersebut semakin lama semakin

tinggi. Dalam keadaan tersebut, di permukaan bumi dapat dikatakan tidak terdapat pertukaran udara sama sekali. Karena kondisi itu dapat berlangsung sampai beberapa hari atau beberapa minggu, udara yang berada dekat permukaan bumi akan penuh dengan polutan dan dapat menimbulkan keadaan yang sangat kritis bagi kesehatan. Contoh, kota Tokyo pada tahun 1970 diselimuti oleh kabut tebal penuh dengan polutan sampai beberapa minggu sehingga lebih dari 8000 penduduknya menderita infeksi saluran pernafasan atas, sakit mata, dan lain-lain.

b. Arah dan kecepatan angin

Kecepatan angin yang kuat akan membawa polutan terbang kemana-mana dan dapat mencemari udara negara lain. Kondisi semacam ini pernah dialami oleh negara-negara di daratan Eropa. Contoh lainnya adalah kebakaran hutan di Indonesia yang menyebabkan kabut asap di negara Malaysia dan Singapura. Sebaliknya, apabila kecepatan angin lemah, polutan akan menumpuk di tempat dan dapat mencemari udara permukiman yang terdapat di sekitar lokasi pencemaran tersebut.

c. Hujan

Air hujan, sebagai pelarut umum, cenderung melarutkan bahan polutan yang terdapat dalam udara. Kawasan industri yang menggunakan batubara sebagai sumber energinya berpotensi menjadi sumber pencemar udara di sekitarnya. Pembakaran batubara akan menghasilkan gas sulfur dioksida apabila bercampur dengan air hujan akan membentuk asam sulfat sehingga air hujan menjadi asam, biasa disebut hujan asam.

d. Topografi

Variabel-variabel yang termasuk di dalam faktor topografi, antara lain:

a. Dataran rendah

Di daerah dataran rendah, angin cenderung membawa polutan terbang jauh ke seluruh penjuru dan dapat melewati batas negara dan mencemari udara negara lain.

b. Pegunungan

Di daerah dataran tinggi sering terjadi temperatur inversi dan udara dingin yang terperangkap akan menahan polutan tetap di lapisan permukaan bumi.

c. Lembah

Di daerah lembah, aliran angin sedikit sekali dan tidak bertiup ke segala penjuru. Keadaan ini cenderung menahan polutan yang terdapat di permukaan bumi. Contoh: Kausu lembah Silicon (Amerika Serikat).

Daerah dengan topografi datar dan tidak banyak dihalangi oleh gedung-gedung tinggi masih memiliki pola aliran udara yang cukup baik. Contoh daerah pedesaan, dimana jarak antara bangunan yang ada masih cukup jauh sehingga pola aliran udara masih baik. Lain halnya dengan daerah cekungan lembah/cekungan, dengan kondisi topografi lebih rendah dari sekelilingnya. Pola sirkulasi udara di daerah tersebut tidak lancar sehingga bila konsentrasi udara ambien daerah tersebut berada di atas baku mutu yang ditetapkan, maka akan sulit bagi daerah tersebut untuk melakukan pengenceran. Kondisi udara yang buruk tersebut akan bertahan lama karena udara bergerak dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Kejadian ini dikenal sebagai efek gas rumah kaca (*green house effect*) (Moestikahadi, 1999).

2.1.3. Polusi udara dan kesehatan

Menurut Candra (2006), efek pencemaran udara terhadap kesehatan manusia dapat terlihat baik secara cepat maupun lambat, seperti berikut:

a. Efek cepat

Hasil studi epidemiologi menunjukkan bahwa peningkatan mendadak kasus pencemaran udara juga akan meningkatkan angka kasus kesakitan dan kematian akibat penyakit saluran pernafasan. Pada situasi tertentu, gas CO dapat menyebabkan kematian mendadak karena daya avinitas gas CO terhadap haemoglobin darah (menjadi methaemoglobin) yang lebih kuat dibandingkan daya avinitas O₂ sehingga terjadi kekurangan gas oksigen di dalam tubuh.

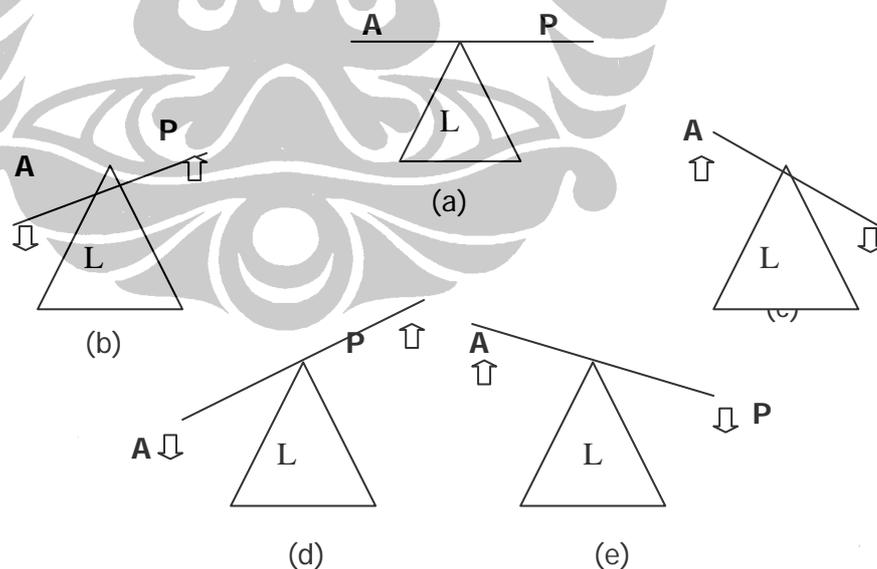
b. Efek lambat

Pencemaran udara diduga sebagai salah satu penyebab penyakit radang cabang-cabang tenggorok kronis dan kanker paru primer. Penyakit yang disebabkan oleh pencemaran udara, antara lain adalah emfisema paru,

black lung disease, asbestosis, silikosis, bisinosis, dan pada anak-anak adalah penyakit asma dan eksema.

2.2. Kesehatan Lingkungan

Menurut Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1992 yang dimaksud dengan sehat adalah keadaan meliputi kesehatan badan, rohani, mental dan sosial dan bukan hanya keadaan yang bebas penyakit, cacat dan kelemahan sehingga sehingga dapat hidup produktif secara sosial ekonomi. Sehat menurut WHO dalam Kusnopranto (1986), pada dasarnya adalah gambaran keadaan keseimbangan ekologi yang harus ada antara manusia dan lingkungannya agar dapat menjamin keadaan sehat dari manusia. Gambaran dari keseimbangan ekologi tergantung dari berbagai faktor terkait, yang berperan pada umumnya dibagi menjadi 3 (tiga) golongan yaitu faktor agen, pejamu (*host*) dan lingkungan (*environment*). Interaksi dari ketiga faktor tersebut dianalogikan oleh John Gordon dalam Kusnopranto (1986) sebagai timbangan pengumpul (pengungkit) dengan lingkungan sebagai titik tumpunya (Gambar 1). Antara ketiga faktor ini selalu terjadi hubungan dan pengaruh timbal balik satu sama lain dimana selalu berusaha mencapai suatu keadaan keseimbangan.



Gambar 1. Hubungan dan Pengaruh Timbal balik antara faktor–faktor pejamu (P), agen (A), dan lingkungan (L) dalam upaya mencapai suatu keadaan seimbang

Keterangan gambar:

- a. Keadaan keseimbangan tercapai seperti pada gambar a, baik agen maupun penjamu tidak dirugikan dan pada keadaan ini terdapat suasana hidup berdampingan secara damai antara agen dan penjamu.
- b. Keadaan ke-2 ini menggambarkan peningkatan dari kemampuan agen untuk menginfeksi serta menyebabkan penyakit pada manusia, misalnya: perubahan sifat (strain) dari virus influenza sehingga mengakibatkan kekebalan dari penjamu tidak seefektif keadaan sebaliknya.
- c. Menggambarkan peningkatan proporsi kerentanan dari populasi manusia, misalnya pada situasi kekurangan pangan dan gizi atau sesudah terjadinya bencana alam seperti banjir, gempa bumi, dan lain-lain.
- d. Perubahan lingkungan dapat pula pergeseran titik tumpu ke arah agen sehingga merangsang penyebaran agen.
- e. Perubahan lingkungan dapat pula menyebabkan perubahan kerentanan pejamu, sehingga terjadi pergeseran titik tumpu ke arah penjamu.

Pengaruh pencemaran udara terhadap kesehatan manusia secara garis besar dibedakan dalam 2 (dua) hal, yaitu: pengaruh pencemar berupa gas atau uap, dimana masing-masing bergantung pada jenis pencemar, konsentrasinya dan lain-lain serta pengaruh pencemar berupa partikel atau debu yang umumnya tergantung pada sifat fisis, kimia maupun fisiologis. Pengaruh pencemaran gas pada umumnya menyerang sistem pernafasan, berupa gangguan infeksi alat pernafasan, radang cabang-cabang tenggorok kronis, penyakit paru-paru, *pulmonary emphysema*, *bronchial asthma* dan kanker paru-paru. Gangguan alat pernafasan yang bersifat akut dan non spesialis meliputi influenza, tonsilitas akut, sakit tenggorokan, sinusitis akut maupun penyerangan asma.

2.2.1. Kemampuan mengidentifikasi (masyarakat berisiko)

Menurut Kusnopranto dan Sussana (2000), kemampuan mengidentifikasi populasi mana yang terkena dampak, berapa besar atau lama waktu dan cara kontak antara agen penyakit (di dalam wahana transmisi) tertentu atau pemaparan dengan penduduk. Penduduk yang terkena risiko atau potensi untuk kontak dengan agen penyakit, tidak selalu berada dalam satu kawasan. Dapat saja dalam waktu yang bersamaan, namun tempat yang berbeda. Penetapan kelompok masyarakat yang berisiko pada dasarnya ditentukan oleh:

- A. Pola kinetika agen yang berada di dalam wahana transmisi (sebaran potensi dampak)
- B. Menentukan lokasi pengukuran analisis pemajanan

2.2.2. Analisis pemajanan (perkiraan pemajanan)

Untuk memperkirakan berapa jumlah masyarakat yang berisiko berinteraksi (kontak) dengan komponen lingkungan yang memiliki potensi dampak (yakni yang mengandung agen atau penyakit) dikenal dengan istilah pemajanan atau pemajanan. Pemajanan menggambarkan jumlah komponen lingkungan yang memiliki potensi dampak yang di terima atau kontak dengan tubuh dan memberikan dampak. Terminologi pemajanan pada dasarnya mencoba menggantikan istilah dosis yang tidak mungkin di ukur di lapangan (melainkan hanya di laboratorium) mungkin karena jumlah populasi yang amat banyak atau amat luas persebarannya, atau mungkin karena secara teknis tidak mungkin mengukur dosis. Namun demikian diperlukan teknik tertentu sehingga pengukuran pemajanan sedapat mungkin menggambarkan dosis atau jumlah yang diterima oleh tubuh manusia.

Pemajanan dapat diartikan sebagai perkiraan derajat atau jumlah kontak yang menggambarkan hubungan interaktif antara manusia secara individu maupun kelompok dengan komponen lingkungannya. Pada dasarnya komponen lingkungan yang disebut memiliki potensi dampak kesehatan adalah komponen lingkungan yang mengandung di dalamnya berbagai agen penyakit yang dapat dikelompokkan kedalam kelompok fisik, mikroba maupun bahan kimia beracun.

Menurut Kosnoputranto dan Sussana (2000), dalam analisis perkiraan pemajanan dalam teknik kualitatif pengukuran udara adalah dengan cara:

- a. Untuk mengukur seseorang atau kelompok masyarakat terpapar terhadap udara buruk, cukup dengan menanyakan dimana tempat tinggal, dimana bekerja, dengan asumsi tempat tinggal ataupun kerjanya memiliki udara buruk.
- b. Semi kuantitatif, adalah dengan mengukur titik-titik tempat tinggal atau kerja secara representatif, kemudian didapatkan gambaran beberapa tingkatan pemajanan dengan asumsi rata-rata (semua penduduk kontak dalam jumlah yang sama). Dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah:

Area masyarakat yang berisiko

1. penentuan titik pengambilan ukuran konsentrasi bahan pencemar

Untuk penentuan pemajanan secara lebih akurat dapat dipertimbangkan metode pengukuran uptake yaitu jumlah yang diadsorpsi oleh tubuh.

Rumus:

$$Uptake = (C_i - C_e) \times \text{volumex}t \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

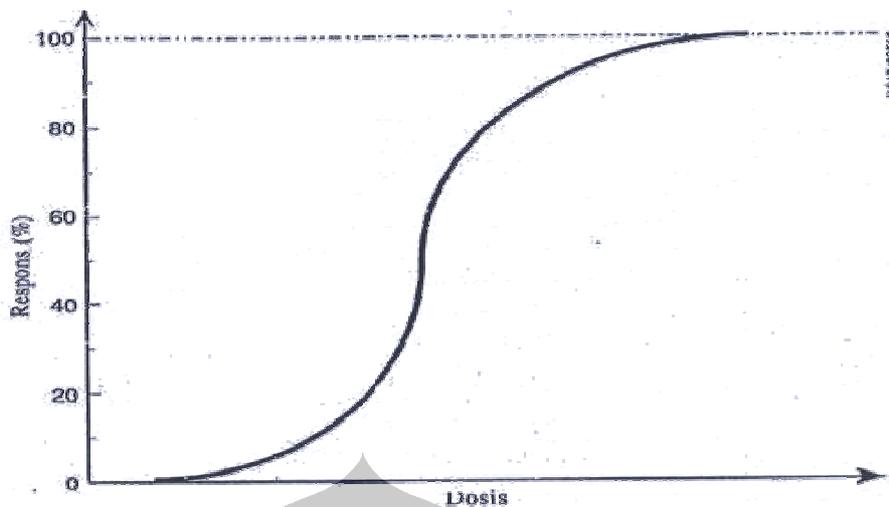
C_i = *inhaled*

C_e = *exhaled*

2.2.3. Dosis Respon

Menurut Kusnoputranto (1995), pencemaran udara dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia mulai dari iritasi mata, sakit kepala sampai dengan gangguan pada saluran pernafasan. Polusi udara dapat merusak paru-paru dan saluran pernafasan, walaupun kerusakan dapat terjadi pula pada organ tubuh yang lainnya (Kusnoputranto, 1995). Dalam kesehatan manusia terlebih dahulu perlu diketahui beberapa pengertian yang dipakai dalam hal ini, yaitu: pajanan, *uptake*, pemajanan dan *dosis*. Pajanan adalah masuknya sesuatu zat kedalam paru-paru, saluran pencernaan atau jaringan tubuh lainnya. *Uptake* adalah penyerapan zat kedalam cairan ekstraselular, zat yang masuk ini akan diatur oleh proses metabolik. Pemajanan yaitu banyaknya kontak antara zat pencemar udara dan permukaan luar (jaringan paru-paru) tubuh manusia, dan dinyatakan dalam konsentrasi dan lamanya zat pencemar diudara bersentuhan dengan permukaan tubuh manusia, hal ini disebutkan sebagai pemajanan/pemaparan. Sedangkan dosis adalah jumlah zat pencemar yang diserap atau ditahan dalam suatu organisme selama interval waktu tertentu, dan dinyatakan dalam konsentrasi jaringan.

Menurut Beaglehole (1997), respons dalam konteks epidemiologi di definisikan sebagai proporsi dari sebuah kelompok yang terpapar yang mengalami sebuah efek yang spesifik. Gambar 2 memperlihatkan hubungan dosis respons yang amat sering terjadi di dalam penelitian-penelitian epidemiologis.



Gambar 2. Hubungan Dosis Respons

Pada dosis-dosis yang rendah, hampir tidak ada seorangpun yang menderita akibat efek tersebut dan pada tingkat yang tinggi, maka hampir semua orang menderita akibat adanya efek tersebut. Hal ini mencerminkan adanya variasi sensitifitas secara individual terhadap faktor yang diteliti. Kurva berbentuk S yang terdapat pada Gambar 2 merupakan tipe yang paling banyak di jumpai bila sensitifitas individual itu sesuai dengan distribusi normal.

2.2.4. Analisis risiko kesehatan lingkungan

Menurut IPCS (2004), definisi analisis risiko adalah suatu proses yang terdiri atas 3 (tiga) komponen, yaitu: perkiraan risiko, manajemen risiko dan komunikasi risiko. Perkiraan risiko adalah penetapan hubungan antara prediksi pajanan dan efek dalam 4 tahapan yaitu identifikasi bahaya, perkiraan efek, perkiraan pemajanan dan karakterisasi risiko. Ini merupakan identifikasi dan kuantifikasi hasil risiko dari suatu penggunaan spesifik atau senyawa kimia termasuk penetapan hubungan antara dosis respon dan identifikasi populasi target. Ketika data bukan kuantitatif tersedia pada hubungan antara dosis respon untuk tipe populasi yang berbeda, termasuk grup sensitif seperti yang dipercepat dalam jalur yang lebih kualitatif. Manajemen risiko adalah suatu proses pengambilan keputusan yang memerlukan pertimbangan informasi politis, sosial, ekonomi dan teknis secara bersama-sama dengan informasi yang berhubungan dengan risiko dalam perintah untuk memperkembangkan, analisis dan perbandingan yang berkaitan dengan peraturan yang berhubungan dengan respon untuk suatu

potensi kesehatan bahaya lingkungan. Sedangkan komunikasi risiko adalah perubahan komunikasi tentang informasi kesehatan atau risiko-risiko lingkungan termasuk risiko assesor dan managers, publik secara umum, news media, interest group dan yang lain.

Menurut Aburrahman (2007), selama ini ada dua model lingkungan dampak lingkungan yang biasanya dilakukan yaitu studi epidemiologi kesehatan lingkungan (EKL) dan analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). EKL umumnya dilakukan atas dasar kejadian penyakit atau kondisi lingkungan yang spesifik, sedangkan analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) bersifat *agen specific* dan *site specific*. ARKL adalah proses perhitungan atau perkiraan risiko pada suatu organisme sasaran, sistem atau sub populasi, termasuk identifikasi ketidakpastian-ketidakpastian yang menyertainya, setelah terpajan oleh agen-agen tertentu dan memperhatikan karakteristik yang melekat pada agen itu dan karakteristik sistem sasaran yang spesifik. Risiko didefinisikan sebagai kebolehjadian (probabilitas) efek merugikan pada suatu organisme, sistem atau sub populasi yang disebabkan oleh pajanan suatu agen dalam keadaan tertentu.

Menurut Todd Whitman dan Shinn (1994), definisi udara beracun (*Air Toxic*) adalah suatu polutan yang melalui proses alam maupun buatan yang diemisikan yang berefek pada gangguan kesehatan. Definisi ini secara umum dinamakan kriteria polutan. Zat toksik adalah merupakan bagian terkecil dari kontaminan *air toxic*. Langkah-langkah Perkiraan risiko dalam USEPA, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi bahaya

Adalah proses yang digunakan untuk menetapkan potensial efek kesehatan manusia dari pajanan zat kimia. Dasar-dasar dari informasi disini adalah ilmu-ilmu literatur.

2. Perkiraan dosis respon

Perkiraan dosis respon adalah karakterisasi hubungan antara pajanan atau dosis yang didindikasikan dengan efek kesehatan. Evaluasi hubungan dosis respon dibedakan menjadi dua substansi yaitu kanker dan nonkanker. Untuk

nonkanker juga telah ditetapkan inhalasi konsentrasi referensi (RfCs) dan oral referensi dosis (RfDs). Dimana suatu perkiraan profesional pajanan harian terhadap populasi manusia (termasuk subgrup sensitif) yang merupakan sesuatu tanpa efek risiko seumur hidup.

3. Perkiraan pemajanan

Langkah-langkah penetapan perkiraan pemajanan diantaranya intensitas, frekuensi dan durasi) manusia terpapar oleh suatu zat kimia di dalam lingkungan. Terdapat 3 (tiga) komponen dalam perkiraan pemajanan yaitu:

1. Perkiraan kuantitas setiap polutan yang diemisikan dari sumbernya.
2. Setiap kontaminan yang diemisikan, perkiraan rata-rata hasil maksimum konsentrasi udara ambien, menggunakan dispersi model.
3. Perkiraan jumlah kontaminan yang diambil oleh receptor manusia.
Hal-hal yang menjadi bahan pertimbangan diantaranya adalah:
 - a. Jalur-jalur pajanan inhalasi diantaranya adalah seperti kontak dengan kulit, ingestion oleh tanah, vegetasi, ikan, air, daging dan susu
 - b. Modeling deposisi kualitas udara, untuk memperkirakan konsentrasi polutan yang berdampak pada tanah, tumbuhan, air, ikan dan potensial jalur-jalur pajanan lain.
4. Intensitas, frekuensi dan durasi kontak dengan suatu polutan dalam suatu media.
5. Rata-rata Pajanan dan uptake senyawa kimia dalam lingkungan dan tubuh manusia.
6. Pajanan di waktu masih anak-anak

Untuk perkiraan *average daily dosis* (ADD), maka digunakan rumus dengan ketentuan C adalah konsentrasi, IR adalah laju inhalasi dengan satuan m³/hari, ED adalah waktu pemajanan dengan satuan hari, BW adalah berat badan dengan satuan kilogram dan AT rata-rata waktu dengan satuan hari.

$$ADD = \left[\frac{C \times IR \times ED}{BW \times AT} \right] \dots \dots \dots (2)$$

ADD digunakan untuk pajanan senyawa kimia dengan efek nonkanker nonkronik (EPA, 1997).

Laju inhalasi yang digunakan dalam perhitungan pajanan berbeda-beda tergantung dari jenis peruntukkan tempat. Peruntukkan kawasan pemukiman

biasanya digunakan laju inhalasi sebesar 20 m³/hari. Peruntukan bagi pekerja dengan ruang terbuka dibagi berdasarkan jenis aktivitasnya yaitu:

1. Aktivitas lambat

Aktivitas lambat adalah kategori sedang beristirahat dan berjalan normal. Laju inhalasi yang digunakan adalah 1,1 m³/jam.

2. Aktivitas medium

Aktivitas medium adalah kategori sedang berjalan lebih cepat dari kategori normal. Laju inhalasi yang digunakan adalah 1,5m³/jam.

3. Aktivitas cepat

Aktivitas cepat adalah kategori sedang berlari dan sejenisnya. Laju inhalasi yang digunakan adalah 2,5 m³/jam (EPA, 1997).

4. Karakterisasi risiko

Untuk karakterisasi risiko adalah merupakan langkah akhir dari Perkiraan risiko. Dalam langkah ini dilakukan perhitungan-perhitungan dan adanya perkiraan risiko kesehatan publik yang didasarkan pada informasi pada 3 (tiga) langkah sebelumnya. Karakterisasi risiko dibagi menjadi kanker dan nonkanker. Untuk nonkanker menggunakan perhitungan konsentrasi maksimum udara ambien dibagi dengan referensi konsentrasi polutan spesifik (RfC). Untuk jalur-jalur pajanan selain inhalasi, perhitungan risiko dengan mengalikan dosis kimia (satuan mg kg⁻¹hari⁻¹) dengan spesifik kimia *oral slope factor* (satuan mg kg⁻¹hari⁻¹).

Waktu rata-rata untuk konsentrasi nonkanker dapat digunakan 24 jam atau 1 jam bergantung pada dasar referensi dosis. Untuk jalur pajanan selain inhalasi, HQ (mg kg⁻¹hari⁻¹) dihitung dengan membagi dosis kimia dengan spesifik polutan referensi dosis (mg kg⁻¹hari⁻¹). HQ adalah ringkasan pemisahan untuk pajanan inhalasi dan oral dan untuk membedakan rata-rata waktu diberikan Indek bahaya (HI). Sedangkan Perkiraan risiko kesehatan melalui jalur pajanan untuk inhalasi nonkanker, perhitungannya didasarkan pada referensi konsentrasi.

$$\text{Hazard Quotient} = \frac{C}{\text{RfC}} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

C adalah konsentrasi maksimum udara ambien, satuan µg/m³

RfC adalah referensi konsentrasi spesifik polutan, satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Sedangkan menurut Asante-Duah dan Kofi 1993, perhitungan untuk efek nonkanker adalah agregat efek multi nonkanker untuk semua senyawa kimia apabila dijumlahkan bahaya quotient untuk semua semua (yang mempunyai efek yang sama terhadap status organ) dinamakan Indeks bahaya. Aplikasi dari hubungan keduanya adalah sebagai berikut:

$$\text{Total Indeks bahaya, HI} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{RfDi} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan dari humus:

E_i adalah tingkat pajanan (pajanan) untuk kontaminan i

$RfDi$ adalah tingkatan pajanan (referensi dosis) untuk kontaminan i

n adalah angka total nonkanker

Interpretasi Indeks bahaya untuk beberapa senyawa kimia terdapat yang merugikan efek kesehatan manusia bila unit Indeks bahaya lebih dari (1). Hasil interpretasi nilai referensi $HI \leq 1$ maka stándar referensi masih dapat diterima. Apabila nilai $HI > 1$ maka kemungkinan sekali nonkanker merugikan berdampak pada kesehatan manusia.

Menurut EnHealth (2004), dalam penentuan risiko kesehatan lingkungan maka dibagi dalam empat tahap, yaitu: identifikasi isu, perkiraan bahaya, perkiraan pemajanan, karakterisasi risiko dan manajemen risiko. Dalam perkiraan bahaya dibagi menjadi 2 tahap yaitu tahap identifikasi bahaya dan perkiraan dosis respon. Identifikasi isu adalah mengidentifikasi isu-isu dimana digunakan sepenuhnya Perkiraan risiko untuk mendapatkan suatu tujuan tertentu. Identifikasi isu terdiri atas beberapa fase yaitu:

1. Identifikasi isu kesehatan lingkungan dan menetapkan bahaya untuk perkiraan risiko.
2. Untuk melakukan klarifikasi dan prioritas suatu masalah dan bahaya
3. Identifikasi interaksi potensial antara agen-agen
4. Mengawali untuk menjawab pertanyaan perlunya perkiraan risiko dan penentuan ruang lingkup perkiraan risiko.

Identifikasi bahaya kesehatan lingkungan banyak disebabkan oleh faktor-faktor dalam lingkungan diantaranya adalah faktor fisika, kimia, biologi dan sosial. Yang termasuk dalam faktor fisika diantaranya adalah panas, bising, dingin, solar radiasi, vibrasi dan lain-lain. Yang termasuk faktor kimia adalah substansi sintetis dan alami. Sedangkan yang termasuk dalam faktor biologi adalah virus, bakteri, parasit, dan yang termasuk dalam faktor sosial diantaranya adalah kemiskinan dan pengangguran.

Bahaya agen dapat diidentifikasi dari yang termasuk dalam sumber-sumber data diantaranya adalah: monitoring lingkungan (misalnya air, udara, tanah, makanan), biologi (misalnya kandungan timbal dalam darah anak-anak) dan kesehatan (misalnya tipe salmonella untuk racun makanan), inventarisasi emisi (misal: inventarisasi emisi nasional), surveilans penyakit (misal: penyebab asma) dan studi epidemiologi (misal: populasi pekerja dalam suatu lingkungan). Sampling dan analisis lingkungan adalah faktor kunci dalam melakukan identifikasi agen yang hadir dan terkonsentrasi dan terdistribusi dalam suatu lingkungan. Hasil analisis dan sampling lingkungan akan tampak dalam identifikasi isu akan berpengaruh langsung terhadap perkiraan risiko. Dalam perkiraan bahaya terdapat dua elemen yaitu identifikasi bahaya dan dosis respon. Identifikasi bahaya diartikan sebagai kapasitas agen yang berpengaruh terhadap kesehatan manusia dan binatang. Dalam identifikasi bahaya digunakan 3 (tiga) data yaitu data binatang, manusia dan data lain. Data binatang digunakan untuk menentukan metode toksikologi, data manusia digunakan untuk memperkirakan metode epidemiologi yang akan digunakan sedangkan data lain adalah data aktivitas struktur atau data *in-vitro* toksikologi.

Perkiraan pengujian hubungan kuantitatif antara pajanan dan efek, Penetapan adanya bahaya jarang tergantung kepada adanya hubungan antara dosis respon. Yang termasuk dalam isu-isu penting diantaranya adalah: hubungan ekstrapolasi antara diseleksinya model-model dan informasi mekanisme biologi, seleksi dari bagaimana menunjukkan potensi di laboratorium antara binatang dengan manusia, seleksi skala faktor untuk menghitung eksperimen skala dosis binatang ke manusia, relevansi rute pajanan yang digunakan dalam studi hubungan

antara efek potensial dari perbedaan rute pajanan, kondisi lingkungan (pH, zat-zat organik, temperatur dan lain-lain), relevansi untuk perkiraan lamanya perkiraan pajanan dan lamanya pajanan dalam pembentukan studi dasar perkiraan dosis respon, potensial untuk membedakan kelemahan dalam sub group populasi.

Dalam identifikasi bahaya dikenal juga testing toksisitas tipe studi mayor in-vivo, berdasarkan pada standar OECD 1998 maka tipe-tipe studi tersebut dibagi menjadi menjadi beberapa tahap diantaranya adalah: studi toksisitas akut, studi toksisitas kronis dan sub kronis, studi reproduktiv dan studi developmental dan studi genotoksik. Isu-isu penting dalam toksisitas testing dan perkiraan adalah mengatur dosis, rute dosis dan penemuan studi psikologi, farmakologi atau toksik. Terdapat beberapa perbedaan cara hubungan antara Perkiraan dosis respon yaitu: efec level (misal: LD50, LC50, ED10) dan NOAELs, model interpolasi data eksperimen dosis tinggi ke dosis rendah seperti misalnya diuji cobakan kedalam lingkungan. Jarang terdapat data limit pajanan manusia dan data bioassay binatang lebih jarang lagi digunakan untuk perkiraan dosis respon. Data-data itu digunakan sebagai ekstrapolasi dari binatang ke manusia dan interpolasi dari dosis tinggi ke dosis rendah.

Semua metodologi yang merupakan *endpoint* dari Perkiraan risiko dalam dosis respon yang mempunyai ambang untuk diasumsikan untuk efek non kanker. Bentuk kurva dari efek nonkanker pada umumnya adalah berbentuk kurva sigmoid.

Untuk melakukan perhitungan risiko tingkat pajanan rendah maka dalam pendekatan ambang batas yang digunakan adalah seperti ADI, Profesional pajanan mingguan yang dapat di toleransi (PTWI), Pajanan harian yang dapat ditoleransi (TDI) atau RfD. Untuk pajanan rendah maka pertamakali yang harus ditetapkan adalah NOAEL atau bila NOAEL tidak dapat ditetapkan maka untuk menghitung digunakan LOAEL dibagi dengan faktor.

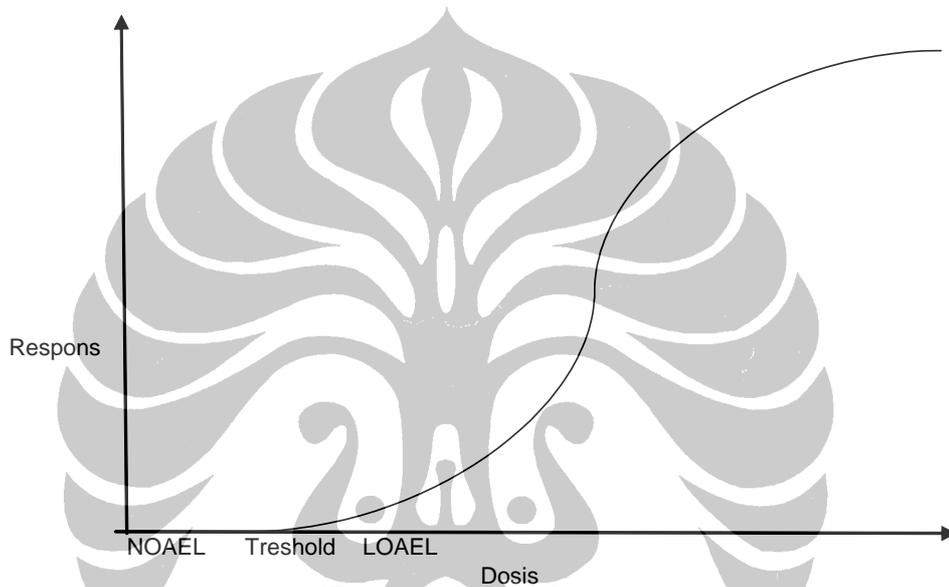
Dalam Perkiraan risiko juga dikenal dengan indikator biologis. Penggunaan indikator biologis biasanya digunakan dalam monitoring biologi dalam lingkungan. Jalur pengukuran diserahkan adalah sebuah interaksi antara sebuah sistem biologi dengan sebuah agen lingkungan, yaitu kimia, fisika atau biologi. Untuk beberapa polutan lingkungan, laju alir kejadian antara pajanan dan efek kesehatan adalah tidak dapat untuk mudah dimengerti. Indikator biologis dapat menolong masalah ini dengan memperbaiki sensitivitas, spesifisitas dan prediktif nilai deteksi dan kuantifikasi efek merugikan pada dosis rendah dan pajanan awal. Sensitif sub populasi dapat menjadi suatu titik terang yang lebih baik dengan cara pengukuran indikator biologis atau respon secara biologi lebih untuk pajanan lingkungan.

Perkiraan pajanan meliputi penetapan jarak, frekwensi, luas, karakter dan lama pajanan dimasa lalu, sekarang dan masa yang akan datang. Ada juga idenifikasi populasi yang terpapar dan jalur potensial yang terpapar. Monitoring lingkungan dan model prediktif dapat digunakan untuk menetapkan tingkat pajanan berdasarkan pada titik khusus di jalur pajanan. Kontaminan pajanan dari beberapa jalur pada rentang kejadian termasuk kasus situasi yang sangat burukpun dapat diperkirakan. Syarat untuk perkiraan pemajanan adalah mengetahui kehadiran adanya suatu agen yang terkonsentrasi dan terdistribusi. Selain itu untuk risiko lebih detailnya juga digunakan teknik-teknik perkiraan pemajanan dan spesifik faktor-faktor pemajanan. Untuk menjadikannya suatu yang sangat akurat maka karakterisasi populasi yang terpapar sangat diperlukan. Pengukuran langsung potensial pajanan yang berefek pada populasi merupakan data pajanan yang paling bagus tetapi tidak praktis dan pemajanan faktor data lebih sering gagal. Untuk mengerti model *transport* dan *fate* untuk agen adalah sangat penting. Transport and fate akan berefek pada:

1. Medium lingkungan (misal: udara, sungai, tanah, air sungai dan biota)
2. Skala geografi (misal: global, nasional, regional atau lokal)
3. karakteristik sumber polutan (apakah termasuk dalam sumber industri, pemukiman atau perkantoran atau sumber garis)
4. Alam risiko agen (apakah merupakan spesifik agen atau grup agen)

5. Populasi reseptor (manusia, binatang, tumbuhan, mikroorganisme, seperti spesifik sub populasi yang terpapar oleh agen tingkat tinggi atau terutama spesifik untuk terpapar).
6. Jalur pajanan (melalui pernafasan, kulit atau ingesti)
7. Kondisi lingkungan (pH, temperatur, hadirnya zat organik).

Menurut James (2000), umumnya hubungan antara risiko non kanker dinyatakan seperti yang disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Antara Risiko Nonkanker

Risiko adalah fraksi tanpa satuan yang mempunyai satuan dosis adalah, yaitu $\text{mg kg}^{-1}\text{hari}^{-1}$. Pada kurva nonkanker kurva menunjukkan bahwa y-axis adalah response dan dan x-axis adalah konsentrasi kimia.

2.3. Hubungan risiko kesehatan lingkungan dengan pencemaran udara

Menurut UNEP/OCHA (2006), Indikasi bahaya terhadap populasi yang terkena dampak lingkungan dinyatakan dalam rumus tentang dampak situasi dapat diperkirakan dengan adanya senyawa-senyawa beracun (yang didefinisikan dengan karakteristik dan toksisitas substan), kuantitas, pemajanan pada reseptor dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$\text{DAMPAK} = \text{KUANTITAS} \times \text{BAHAYA} \times \text{PEMAPARAN} \dots \dots \dots (5)$$

Dalam Risiko kesehatan lingkungan untuk pencemaran udara terdapat beberapa isu yang membedakan Perkiraan risiko pencemaran udara yang terdapat dalam polutan dalam lingkungan media lain. Isu kualitas udara ambien biasanya dibagi menjadi 2 (dua) kelompok polutan yaitu kriteria dan yang lain. Kriteria polutan termasuk dalam pencemaran udara adalah relatif lebih tinggi konsentrasinya sedangkan group yang lain adalah merupakan bahaya polusi udara dan spesifik polutan yang ditemukan dalam konsentrasi yang sangat kecil (trace). Sedangkan efek dari pencemaran udara dibagi menjadi dua yaitu efek iritan dan efek bukan iritan. Efek iritan adalah melalui pajanan pendek yang dapat diartikan sebagai absorpsi sistemik. Efek kesehatan non iritan seperti kanker, mutagenik dan neurogenetik. Kriteria polutan udara biasanya terdapat stasiun pemantauan. Jaringan ini biasanya dilokasikan untuk dilakukan management lingkungan. Pajanan udara ambien untuk beberapa polutan bergantung pada faktor meteorologi. (EnHealth, 2006).

Dalam definisi menurut IPCS (2004), terdapat tiga hal yang saling berhubungan yaitu: agen, target dan jalur-jalur pajanan. Dalam hal ini pentingnya konsep-konsep yang terjadi dalam beberapa kasus pencemaran udara, khususnya dalam penelitian ini, yang dimaksud dengan rute pajanan adalah inhalasi, agen adalah H_2S , target adalah manusia, medium adalah udara, permukaan pajanan adalah hidung dan mata, laju inhalasi adalah 20 mg/m^3 , Indikator biologis adalah sodium sulfide atau thiosulfat dalam urin, Dosis rate adalah dosis persatuan unit waktu, pajanan adalah proses dimana proses agen dengan suatu agen yang lain dan target outer permukaan pajanan tanpa ada tertinggalnya suatu hambatan absorpsi termasuk di dalamnya ingesti atau inhalasi. Target adalah suatu zat biologi yang menerima suatu pajanan atau dosis (misalnya manusia, populasi manusia atau organ manusia). Uptake adalah proses menyilang antara suatu agen suatu hambatan absorpsi.

2.4. Epidemiologi

Epidemiologi kesehatan lingkungan (epidemiologi lingkungan) adalah studi atau cabang keilmuan yang mempelajari faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi timbulnya (kejadian) suatu penyakit, dengan cara mempelajari dan mengukur

dinamika hubungan interaktif antara penduduk dengan lingkungan yang memiliki potensi bahaya pada suatu waktu dan kawasan tertentu, untuk upaya promotif lainnya. (Kusnopranto dan Sussana, 2000).

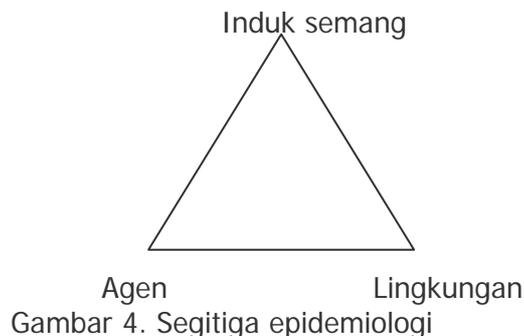
2.4.1. Paradigma (konsep/model) kesehatan lingkungan

Paradigma kesehatan lingkungan menggambarkan hubungan interaktif antara berbagai komponen lingkungan dengan dinamika perilaku penduduk. Model hubungan berbagai variabel hubungan dengan penduduk dengan out come penyakit ini, merupakan dasar bagi analisis kejadian sehat sakit dalam suatu kawasan. Ilmu kesehatan lingkungan mempelajari berbagai masalah kesehatan sebagai akibat dari hubungan interaktif antara berbagai bahan, kekuatan, kehidupan, zat yang memiliki potensi penyebab sakit yang timbul akibat adanya perubahan-perubahan lingkungan dengan masyarakat, serta menerapkan upaya pencegahan gangguan kesehatan yang ditimbulkan.

2.4.2. Konsep Timbulnya Penyakit

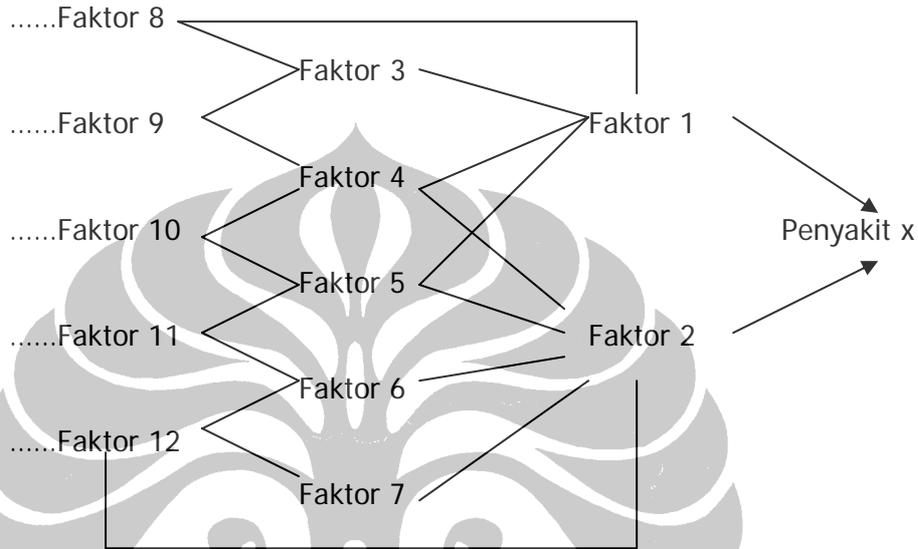
Timbulnya penyakit oleh karena akibat dari beroperasinya berbagai faktor baik agen, induk semang, atau lingkungan. Pendapat ini tergambar di dalam istilah yang dikenal luas dewasa ini yaitu penyebab majemuk (*Multiple Causation of Disease*) sebagai lawan dari penyebab tunggal (*single causation*). Di dalam usaha para ahli untuk mengumpulkan pengetahuan mengenai timbulnya penyakit, mereka telah membuat model-model timbulnya penyakit dan atas dasar model-model tersebut dilakukanlah eksperimen terkendali untuk menguji sampai dimana kebenaran dari model-model tersebut. Tiga model yang dikenal dewasa ini adalah:

1. Segitiga epidemiologi (*The Epidemiologic Triangle*)



Menurut model ini, perubahan dari salah satu faktor akan merubah keseimbangan antara mereka, yang berakibat bertambah atau berkurangnya penyakit yang bersangkutan.

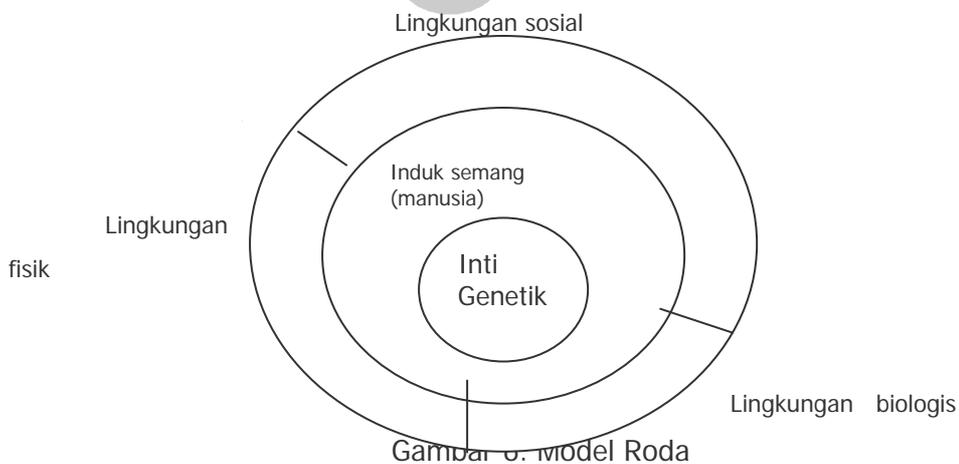
2. Jaring-jaring sebab akibat (*The Web of Causation*)



Gambar 5. Jaring-jaring Sebab Akibat

Menurut model ini, sesuatu penyakit tidak bergantung pada satu sebab yang berdiri sendiri melainkan sebagai akibat dari serangkaian proses "sebab" dan "akibat". Dengan demikian maka timbulnya penyakit dapat dicegah atau dihentikan dengan memotong rantai pada berbagai titik.

3. Roda (*The WHEEL*)



Gambar 6. model Roda

Model roda memerlukan identifikasi dari berbagai-bagai faktor yang berperan dalam timbulnya penyakit dengan tidak begitu menekankan pentingnya agen. Disini dipentingkan hubungan antara manusia dengan lingkungan hidupnya. Besarnya peranan dari masing-masing lingkungan bergantung pada penyakit yang bersangkutan. Sebagai contoh, peranan lingkungan sosial lebih besar dari yang lainnya pada stress mental, peranan lingkungan fisik lebih besar dari yang lainnya pada *surburn*, peranan lingkungan biologis lebih besar dari yang lainnya pada penyakit yang penularannya melalui vektor (*Vektor borne disease*), dan peranan inti genetik lebih besar dari yang lainnya pada penyakit keturunan.

Dengan model-model tersebut di atas hendaknya ditunjukkan bahwa pengetahuan yang lengkap mengenai mekanisme-mekanisme terjadinya penyakit tidaklah diperlukan bagi usaha-usaha pemberantasan yang efektif. Oleh karena banyaknya interaksi-interaksi ekologis maka sering kali dapat merubah penyebaran penyakit dengan merubah aspek-aspek tertentu dari interaksi manusia dengan lingkungan hidupnya, tanpa intervensi langsung pada penyebab penyakit.

2.5. Kebauan

Menurut Samin (2006), kehadiran suatu kontaminan ke suatu wilayah dalam jumlah dan waktu tertentu yang sudah mengakibatkan terjadinya gangguan dikenal sebagai polusi. Polusi dapat berupa gas, debu suara maupun bau. Bau adalah suatu rangsangan zat-zat yang diterima oleh indera penciuman dan kebauan adalah bau yang tidak diinginkan dalam tingkat kadar dan waktu tertentu yang dapat mengganggu kesehatan manusia dari kenyamanan lingkungan. Sebenarnya pencemaran kabauan ini sangat berbahaya, karena berbagai gas tertentu yang masuk ke dalam indra penciuman berarti sudah bereaksi dengan sistem pernafasan. Timbulnya bau yang tidak sedap disebabkan oleh adanya senyawa organik dan sulfurik. Disamping itu timbulnya bau juga sangat mempengaruhi status sosial, *discomfort*, rasa mau muntah dll.

Metode pengukuran Intensitas kebauan merupakan ukuran stimulasi yang dihasilkan dari ambang kebauan suatu konsentrasi odoran tertentu. Intensitas bau akan naik secara logaritmik dengan semakin tinggi konsentrasi odorant.

Konsentrasi bau umumnya dikenal sebagai *olfactory threshold* atau ambang kebauan. Metoda pengukuran untuk mengukur bau adalah Scentometer dan *Odor Judge Panel*.

Tabel 5. Skala Intensitas Bau

Skala	Deskripsi
0	Tidak berbau
1	Ambang bau (sedikit mulai berbau)
2	Sedikit berbau
3	Cukup berbau
4	Sangat berbau

2.5.1. Hidrogen sulfida (H₂S)

Menurut Esposito (1999), H₂S mempunyai kisaran konsentrasi ambang batas (*threshold*) 0,0007-0,140 mg/m³. Efek terhadap inhalasi yang diuji cobakan pada binatang yaitu tikus yaitu efek akut mempunyai LC₅₀ pada dosis 444 ppm. Sedangkan efek racun pada organ target adalah paru-paru dan otak. Pada respirasi akan menyebabkan pencernaan-hypermortolity, diare, ginjal, penambahan volume urine. Pada dosis 20 ppm, efek racun terhadap kesehatan adalah iritasi mata, kulit dan pada saluran pernafasan menyebabkan pusing, *dizziness*, berasa mau muntah. Konsentrasi lebih dari 1000 ppm dapat menyebabkan fatal respiratori paralysis dan efek jantung. Target organ primer adalah pada mata, kulit, sistem pernafasan, Selaput membrane, gastro intestinal dan sistem syaraf. Pada manusia mempunyai LC_{LO} dengan dosis 600/30M atau 800 ppm/5M. Untuk kategori pria mempunyai dosis LC_{LO} adalah 5700 µg/kg. Efek racun yang ditimbulkan adalah behavioral-coma, paru-paru, otak atau pernafasan-kronis dan gagal jantung.

Klasifikasi H₂S berdasarkan beberapa peraturan di Indonesia adalah termasuk dalam bahan berbahaya dan beracun (B3). Peraturan yang menyatakan bahwa H₂S merupakan B3 adalah Permenkes Nomor 47/MENKES/PER/V/1996 dan Peraturan Pemerintah RI Nomor 74 tahun 2002.

2.5.2. Pengaruh H₂S pada manusia

Pajanan H₂S pada konsentrasi rendah akan membuat iritasi pada mata, hidung. Dan ini menyebabkan nafas sesak dan asma. Dalam konsentrasi tinggi lebih dari

500 ppm, H₂S dapat menyebabkan kematian. Pada beberapa manusia, paparan H₂S dalam kurun waktu yang panjang dapat menyebabkan pusing, kehilangan daya ingat dan kehilangan fungsi motor organ badan. Efek H₂S terhadap anak-anak lebih berpengaruh daripada orang dewasa. Dampak tidak merugikan terhadap kesehatan adalah tipikal lingkungan dengan konsentrasi H₂S 0,00011 – 0,00033 ppm. Adanya paparan pada manusia ditunjukkan oleh kandungan thiosulfat dalam urin. (ATSDR 2006)

Konsentrasi H₂S yang sangat rendah yaitu konsentrasi dibawah level beracun dapat di deteksi pada konsentrasi yang sangat rendah yaitu 0,01 ppb, akan tetapi limit paparan oleh para profesional risiko kesehatan atau nilai ambang batas limit yang direkomendasikan oleh ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienist*) untuk senyawa ini adalah 10 ppm. Bau seperti telur busuk tidak begitu penting menjadi suatu indikator sebuah efek potensi kesehatan. Hidung merupakan organ yang tidak layak dalam melakukan penyaringan untuk menetapkan ada atau tidaknya suatu risiko kesehatan, perlu dilakukan pengukuran (Rafson,1998). Jadi untuk menetapkan adanya suatu resiko kesehatan oleh adanya bau dari H₂S tidak hanya dilakukan penyaringan hanya melalui penciuman, akan tetapi harus dilakukan pengukuran konsentrasi H₂S dan selanjutnya dilakukan analisis resiko kesehatan.

Menurut Malachowski (1999), pada konsentrasi 50–100 ppm H₂S dapat menyebabkan asfiksia dan gangguan iritasi selaput membran penyebab conjungtivitis, pusing, berasa mau muntah, batuk dan *dizziness*. Pada konsentrasi 300 ppm dapat menyebabkan gagal jantung. Gas H₂S mempunyai efek jangka panjang yang sulit untuk diketahui. Gangguan kesehatan menurut IPCS (1989) diataranya adalah gagal jantung, hyperpnoea, apnoea, asphyxia, iritasi mata, somnolence, pusing, kurang inisiatif, irritability, anxiety, daya ingat berkurang, penurunan libido, bingung, vertigo, agitation, dizziness.

Menurut IRIS 2003, pada pajanan rendah H₂S merupakan iritan, hal ini dapat di ketahui setelah di lakukan uji laboratorium pada binatang dan manusia. Sedangkan pada pajanan tingkat tinggi bisa menyebabkan efek racun pada otak.

Efek kedua adalah *respiratory paralysis*, gagal jantung dan kematian. Gas H₂S merupakan gas yang berpotensi pada efek *neurotoxic pathway* dan pada sistem pernafasan.

2.5.3. Iritasi mata

Menurut Wikipedia 2008, yang di maksud dengan iritasi dalam biologi dan psikologi adalah suatu bagian dari peradangan atau reaksi alergi yang menyakitkan. Suatu stimulus atau agen yang berhubungan dengan bagian yang teriritasi adalah iritan. Iritan adalah tipikal suatu agen kima misalnya phenol, termal (panas) stimul radiatif sebagai contoh sinar UV atau radiasi ionisasi dapat juga menyebabkan iritasi. Beberapa alergen seperti partikel airborne seperti debu. Seperti yang pernah diketahui allergic rhinitis juga menyebabkan demam yang dalam respon terhadap airborne pollen dan menyebabkan iritasi pada hidung, bersin dan gatal serta memerah dan memerahkan mata. Simptom pada organ mata adalah memerahnya konjungtiva (alergi konjungtivis) , bersin.

2.5.4. Headache (sakit kepala)

Menurut Wikipedia 2008, yang dimaksud dengan sakit kepala adalah suatu kondisi sakit pada kepala. Bahasa terminologinya dinamakan *cephalalgia*. Sakit kepala adalah kondisi yang sakit pada kepala atau bagian atas belakang kadang-kadang sakit pada leher bagian belakang atas hal tersebut diinterpretasikan sakit kepala. Hal-hal tersebut merupakan hal yang biasa dalam keluhan sakit lokal. Hal yang biasa penyebabnya diantaranya adalah tensi darah, migrain, tegang mata, dehidrasi, gula darah rendah dan sinusitis. Jarang sakit kepala sampai pada batas kondisi yang mengancam kehidupan seperti meningitis, tekanan darah tinggi yang ekstrim dan tumor otak. Ketika sakit kepala bersama dengan luka kepala sebagai akibat sakit yang sangat jelas. Persentase terbesar sakit kepala sebagian besar perempuan disebabkan karena adanya fluktuasi estrogen selama menstruasi.

2.5.5. Dizzinez

Menurut Wikipedia 2008, yang dimaksud dengan *dizziness* adalah pusing, melayang, batuk-batuk, bingung, jalan pikiran kabur, tidak berdaya. Para dokter menggunakan bahasa ini adalah vertigo, disequilibrium dan pre-syncope.

Dizziness kadang-kadang merupakan sebuah gejala kekacauan. *Vertigo* adalah akhir dari spesifik medis digunakan untuk mendeskripsikan sensasi pemintalan atau ruangan seperti berputar. Banyak manusia menemukan *vertigo* sangat mengganggu dan diasosiasikan sebagai berasa mau muntah dan vomiting. *Disequilibrium* adalah dinyatakan sebagai kehilangan keseimbangan dan dikarakterisasikan dengan seringnya jatuh. Kondisi ini tidak jarang disebut dengan berasa mau muntah atau vomiting. *Pre-syncope* adalah lebih sering dinyatakan sebagai melayang atau merasa pingsan. Sedangkan *syncope* dinyatakan secara nyata adalah pingsan.

2.5.6. *Asphyxia*

Asphyxia menurut Wikipedia 2007, adalah suatu kondisi berat kekurangan suplai oksigen pada tubuh yang tidak sanggup menghirup udara secara normal. Akibat *Asphyxia* secara umum adalah *hypoxia*, organ-organ yang sensitif yang pertama kali diserang oleh *hypoxia* seperti otak yang menghasilkan cerebral hypoxia. *Asphyxia* biasanya dikarakterisasikan dengan udara kosong, tetapi ini tidak selalu kasus. *Hypoxia* adalah suatu kondisi dimana tubuh secara keseluruhan cukup diberhentikan suply oksigen. *Hypoxia* disebut juga dengan *apoxemia*. *Apoxemia* normalnya adalah adalah konsentrasi oksigen dalam darah rendah. *Hypoxia* juga terjadi dalam kesehatan individu ketika pernafasan bercampur gas dengan kandungan oksigen rendah. Dengan kata lain *asphyxia* adalah suatu keadaan terjadi gangguan transportasi oksigen.

2.5.7. *Apnoea* (nafas berhenti)

Apnoea menurut Wikipedia 2008, dapat juga terjadi sebagai konsekuensi penyebaran penyakit saraf atau trauma dibawah kondisi normal, manusia tidak dapat menyimpan banyak oksigen dalam tubuh. Frekuensi pernafasan normal adalah 6-24 kali permenit. Sedangkan dalam *apnoea* frekuensi bernafas adalah kurang dari 8 kali permenit. *Apnoea* kira-kira lebih dari durasi 1 menit kandungan oksigen dalam darah akan berkurang. Kemacetan Otak permanen dapat setelah terjadi setelah 3 (tiga) menit dan kematian akan jauh lebih cepat selama beberapa menit.

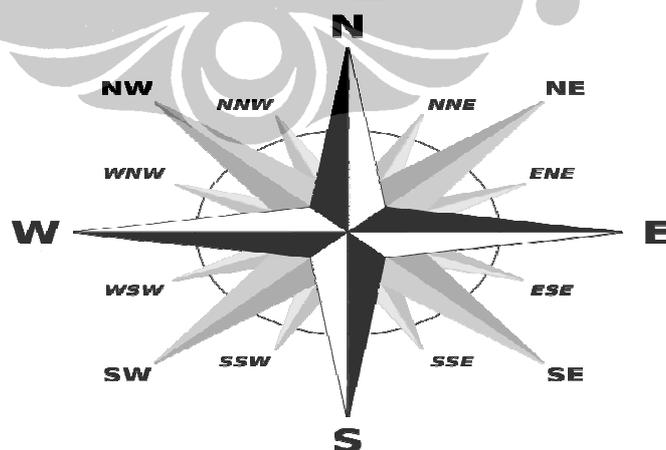
2.5.8. *Hyperpnoea* (nafas tersengal-sengal)

Menurut Wikipedia 2008, hyperpnoea adalah suatu pernafasan tidak normal, sampai pada batas berkurangnya arterilisasi pada darah. Frekuensi bernafas lebih dari 24 kali permenit. Hyperpnoea hamper sama dengan *apnea* atau *apnoea* yaitu kira-kira lebih dari durasi 1 menit kandungan oksigen dalam darah akan berkurang. Kemacetan Otak permanen dapat setelah terjadi setelah 3 (tiga) menit dan kematian akan jauh lebih cepat selama beberapa menit.

2.6. Wind Rose

Sebelum compass rose (digunakan untuk menunjukkan arah barat), peta termasuk yang dinamakan wind rose untuk menolong pembacaan. Utara secara tradisional diindikasikan dengan simbol *fleur de lis*, sedangkan timur dinamakan dengan Maltese cross (atau arah Yerusalem). Dalam dunia klasik, tidak berbeda antara arah dan asal dari angin. Nama angin tidak distandarisasikan (tidak setiap wilayah dalam pengalaman dunia klasik berasal dari arah yang sama) dan sumber kesusasteraan (lebih dahulu menamakan sangat relatif lebih distandarisasikan untuk empat arah pokok yaitu utara, selatan, timur dan barat).

Mengikuti campuran sederhana tabel menggunakan nama-nama dari Greek, Latin dan pada akhirnya delapan (utara, selatan, barat, timur, tenggara, timur laut, barat laut, barat daya) dinamakan rhumbs yang digunakan untuk anak kapal mediteranian dalam gaya Itali modern (catatan nama-nama korek api didinisialkan pada sekitar wind rose, sebagai contoh levant adalah timur).



Gambar 7. Wind rose

Wind rose dapat digunakan untuk menentukan predominan arah angin suatu area. Kebenaran transport Statistik wind rose tidak selalu representative untuk suatu batas area paparan instrument dan variabilitas temporal angin. Kondisi meteorology lain sangat penting untuk ditetapkan formasi dan transport kontaminan atmosferik, polutan partikulat reaktiv. Kualitas udara sering dikorelasikan dengan dominan transport arah angin. Wind rose menyediakan informasi terbaik informasi arah angin, kecepatan diasosiasikan dengan kualitas udara untuk perioda waktu yang panjang.

2.7. Persepsi Masyarakat

Menurut Cox dalam Damayanti 1999, persepsi atau pemahaman orang atau masyarakat mempunyai arti penting secara sederhana. Persepsi adalah penginderaan tentang realitas yang menjadi petunjuk jalan di dalam mengambil keputusan dan perubahan tingkah laku. Pada manusia persepsi adalah realitas itu sendiri yang seperti digambarkan oleh Bell yaitu persepsi adalah proses penerimaan sejumlah sensasi, mulai bekerjanya sistem syaraf sehingga dapat mengenal dan menyusun suatu pola. Proses ini terjadi sebagai hasil penerimaan informasi melalui penarikan kesimpulan atau pembentukan arti dari suatu kejadian saat itu, dikaitkan dengan kesan atau ingatan untuk kejadian yang samadi masa lalu bila persepsi tidak sama dengan realitas maka akan terjadi apa yang dinamakan ilusi, halusinasi atau delusi.

Persepsi atau pemahaman sangat dipengaruhi oleh faktor intern yang berasal dari dalam diri manusia untuk menanggapi objek tertentu. Faktor ekstern dari pengaruh luar sehingga melalui akal pikirannya dapat dirubah persepsi atau pemahaman sesuai dengan yang diinginkan.

Persepsi merupakan pemaknaan dari hasil pengamatan, termasuk persepsi tentang lingkungan yang menyeluruh, lingkungan dimana individu berada dan dibesarkan dan kondisi merupakan stimuli untuk suatu persepsi. Setelah mendapat stimuli, pada tahap selanjutnya terjadi seleksi yang berinteraksi dengan interpretasi dan berinteraksi juga dengan melengkapi. Dari proses iinteraksi terbentuklah respon berupa *permanent memory* yang disebut *mental representation*. Hubungan antara persepsi dan perilaku manusia dibatasi oleh

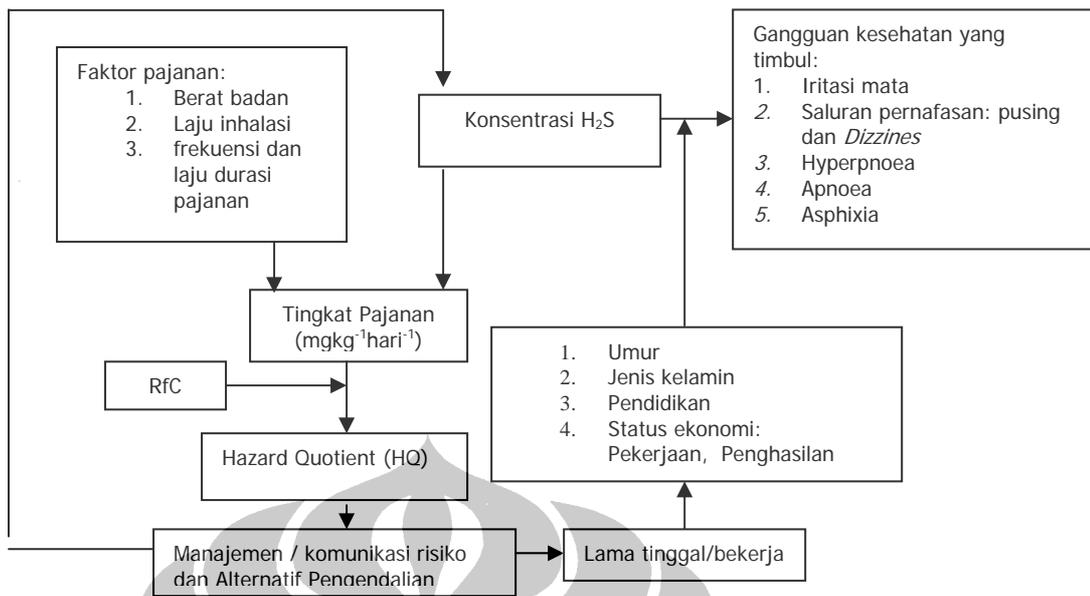
kondisi lingkungan dimana proses persepsi dan perilaku berupa sikap terbentuk oleh pilihannya manusia sendiri.

2.8. Kerangka Berpikir

Sumber pencemaran udara dapat berasal dari sumber dari aktivitas manusia dan sumber alami. Sumber dari aktivitas manusia adalah yang berasal dari kegiatan industri dan transportasi. Sedangkan sumber alami misalnya adalah meletusnya gunung berapi. Efek dari adanya pencemaran udara adalah adanya dampak yang merugikan kesehatan manusia. Apabila manusia terpapar udara yang tercemar konsentrasi tinggi maka akan menimbulkan efek akut sedangkan apabila manusia terpapar oleh udara yang tercemar dalam konsentrasi rendah dan dalam waktu yang lama akan menimbulkan efek kronis. Dalam kajian risiko kesehatan lingkungan maka tahap awal yang dilakukan adalah melakukan identifikasi efek bahaya pencemar udara yang dapat menimbulkan efek yang merugikan kesehatan masyarakat setempat. Langkah kedua adalah dengan melalui informasi yang telah ada untuk menetapkan angka *Reference Concentration* (RfC). Dengan data konsentrasi yang telah ada dan faktor-faktor pajanan yang telah ditetapkan digunakan untuk menghitung tingkat pajanan. Untuk menghitung karakterisasi risiko yaitu dengan menghitung nilai pajanan yang diterima oleh setiap individu dan RfC sebagai tingkat risiko nonkanker sebagai Hazard quotient (HQ). Berdasarkan pada karakterisasi risiko maka didapatkan berapa lama waktu atau durasi pajanan yang mempunyai efek merugikan kesehatan yang berfungsi sebagai survey epidemiologi kesehatan lingkungan.

2.9. Kerangka Konsep

Konsentrasi H₂S dikumpulkan dari hasil pemantauan tiap jam di lokasi risiko tinggi dan pengambilan sampel serta untuk risiko rendah. Data faktor-faktor pajanan juga di kumpulkan berdasarkan pada angka yang standar. Sedangkan karakterisasi risiko di hitung dari nilai tingkat pajanan dan RfC. Selain itu juga di lakukan pengumpulan data dengan menggunakan kuesioner yaitu persepsi masyarakat tentang gangguan kesehatan untuk dapat memberikan gambaran tentang kondisi kualitas udara terhadap masyarakat setempat berdasarkan pada lama tinggal.



Gambar 8. Kerangka konsep