



# **INDEKS KUALITAS LINGKUNGAN HIDUP**

**MUHAMMAD NUR AIDI**

**DEPARTEMEN STATISTIKA  
IPB  
2010**

ISBN : 978-602-96

## KATA PENGANTAR

Pembangunan suatu wilayah seringkali memberikan dampak terhadap lingkungan. Dampak dapat berupa dampak positif maupun dampak negatif. Upaya kita adalah bagaimana pembangunan wilayah tersebut mampu menekan dampak negatif dan meningkatkan dampak positif.

Untuk mengetahui pengaruh pembangunan terhadap lingkungan diperlukan suatu ukuran yang cukup sederhana namun dapat menggambarkan sejauh mana pengaruh pembangunan terhadap lingkungan. Salah satu ukuran adalah penciptaan Indeks Lingkungan. Dengan adanya indeks lingkungan suatu wilayah paling tidak kita mampu mendapatkan isyarat dini tentang kualitas lingkungan karena pembangunan yang telah dilaksanakan. Dari berbagai literatur telah ditunjukkan banyak alternatif formula untuk menghitung nilai indeks lingkungan suatu wilayah, yang masing-masing dengan argumentasinya. Tapi yang cukup penting indeks lingkungan yang diciptakan harus mempunyai beberapa sifat :

- a) Nilai yang ditunjukkan mampu diperbandingkan antar wilayah.
- b) Mempunyai basis penilaian yang jelas.
- c) Konsisten dan sederhana.

Buku yang ditulis ini mencoba memformulasikan Indeks Lingkungan suatu wilayah dengan tiga sifat diatas. Indeks Lingkungan dalam buku ini nilai-nilai yang ditunjukan oleh wilayah dapat diperbandingkan antara wilayah lain karena komponen lingkungan pada setiap wilayah selalu ada. Selain itu basis penilaian indeks lingkungan dalam buku ini berdasarkan batas ambang yang telah ditetapkan oleh negara. Koefisien indeks lingkungan dalam buku ini diboboti dengan batas ambang pemerintah Indonesia. Oleh karena itu, Indeks Lingkungan buku ini dikhususkan bagi wilayah-wilayah di Indonesia. Sejauh ini perhitungan Indeks Lingkungan dengan basis lokal, Indonesia, belum ada.

Formulasi untuk menghitung Indeks Lingkungan dalam buku ini cukup sederhana yakni fungsi linear serta konsep operator maksimum. Operator maksimum digunakan dengan pemikiran bahwa umumnya kualitas lingkungan sangat ditentukan oleh nilai yang paling mencemari.

Selanjutnya untuk mencapai konsistensi hasil pengukuran maka diberikan penjelasan dan tata cara pengambilan contoh, jumlah contoh, serta banyaknya contoh yang harus dilakukan pada suatu wilayah tertentu.

Indeks Lingkungan dalam buku ini disusun berdasarkan lima sub indeks, yakni :

Sub Indeks Kualitas Udara, Sub Indeks Kualitas Air, Sub Indeks Kebisingan, Sub Indeks Kehijauan.

Masing-masing sub indeks disusun dari nilai-nilai indikator unsur penyusun sub indeks.

Skala pengukuran indeks kualitas lingkungan hidup mempunyai skala nol sampai dengan 100 atau lebih. Nilai nol bila tidak ada pencemaran sama sekali dan nilai 100 apabila sama dengan nilai batas ambang dan nilai lebih dari 100 artinya pencemar melebihi batas ambang.

Buku ini sangat berguna bagi para pemangku wilayah dalam rangka mengukur kualitas lingkungan hidup diwilayahnya serta memperbandingkan antara wilayah agar dapat menentukan wilayah mana yang mempunyai kualitas lingkungan lebih baik. Selain itu, sangat berguna bagi mahasiswa untuk melakukan penelitian penilaian Kualitas Lingkungan Hidup Suatu Wilayah.

Demikian semoga bermanfaat.

**Bogor, November 2010**

**Penulis**

# DAFTAR ISI

➤	Kata Pengantar .....	1
➤	Daftar Isi .....	2
➤	Daftar Gambar .....	4
➤	Daftar Tabel .....	7
<b>BAB I. INDEKS LINGKUNGAN .....</b>		<b>I-1</b>
I.1	Pendahuluan .....	I-1
I.2.	Bahasa Indeks .....	I-5
<b>BAB 2. STRUKTUR INDEKS LINGKUNGAN .....</b>		<b>II-1</b>
2.1	Struktur Matematika .....	II-1
2.2	Sub Indeks .....	II-2
2.3	Agregasi (Penggabungan ) Fungsi Sub Indeks .....	II-13
<b>BAB 3. INDEKS POLUSI UDARA .....</b>		<b>III-1</b>
3.1	Beberapa Pencemar Udara Penting.....	III-1
3.2	Pencemar Yang Dipilih sebagai Parameter Lingkungan .....	III-6
3.3	Tata Cara Perhitungan Indeks Kualitas Udara .....	III-7
3.4.	Indeks Polusi Udara .....	III-52
<b>BAB 4. INDEKS PENCEMARAN AIR .....</b>		<b>IV-1</b>
4.1	Beberapa Pencemar Air Penting .....	IV-1
4.2	Pencemar Yang diPilih Sebagai Parameter Air Sungai .....	IV-4
4.3.	Tata Cara Pengambilan Contoh Air Sungai .....	IV-5
4.4	Indeks Kualitas Air.....	IV-37
<b>BAB 5. INDEKS PENCEMARAN SUARA .....</b>		<b>V-1</b>
5.1.	Pengertian Dasar .....	V-1
5.2.	Ukuran Kebisingan .....	V-4
5.3.	Peralatan dan Cara Pengukuran Kebisingan .....	V-7

5.4.	Batas Ambang Tingkat Kebisingan -----	V-9
5.5.	Model Penentuan Indeks Kebisingan -----	V-11
<b>BAB 6.</b>	<b>INDEKS KEHIJAUAN -----</b>	<b>VI-1</b>
6.1.	Fungsi Hutan -----	VI-1
6.2.	Parameter Indeks Kehijauan -----	VI-3
6.3.	Cara Mengukur Luasan Hijau -----	VI-3
6.4.	Cara menghitung Indeks Kehijauan Provinsi -----	VI-4
6.5.	Cara Menghitung Indeks Kehijauan Kabupaten -----	VI-7
<b>BAB 7.</b>	<b>Perhitungan Indeks Secara Keseluruhan -----</b>	<b>VII-1</b>
<b>BAB 8.</b>	<b>DAFTAR PUSTAKA -----</b>	<b>VIII-1</b>

# DAFTAR ISI GAMBAR

Gambar 2.1.	Rangkaian Proses Perhitungan Indeks -----	II-2
Gambar 2.2.	Fungsi Sub Indeks Linier Monoton Naik -----	II-3
Gambar 2.3.	Fungsi Sub Indeks Linier Sederhana yang tidak melewati titik pusat -----	II-4
Gambar 2.4.	Fungsi Sub Indeks Linier dengan Skala Menurun -----	II-5
Gambar 2.5.	Fungsi Linier Terseksmentasi Ekstrem -----	II-6
Gambar 2.6.	Contoh Fungsi Sub Indeks yang mengakomodasi dua batas ambang---	II-7
Gambar 2.7.	Bentuk Umum Fungsi Linier Terseksmentasi -----	II-8
Gambar 2.8.	Contoh Fungsi Sub Indeks Non Linier, Parabola $I = X^2$ -----	II-10
Gambar 2.9.	Contoh Fungsi Sub Indeks Non Linier Parabola dengan Titik Asal -----	II-10
Gambar 2.10.	Contoh Fungsi Sub Indeks Parabola untuk pH Kualitas Air -----	II-11
Gambar 2.11.	Contoh Fungsi Eksponensial Sub Indeks -----	II-12
Gambar 2.12.	Contoh Fungsi Non Linier Terseksmentasi untuk pH Kualitas Air -----	II-13
Gambar 2.13.	Plot dari Jumlah Linier $I_1 + I_2=100$ yang menunjukkan daerah <i>ambiguous</i> yakni nilai I lebih dari 100 tanpa satupun sub indeks yang melebihi 100-----	II-14
Gambar 2.14.	Plot $I = I_1 + I_2$ di dalam bidang $(I_1, I_2)$ untuk beberapa nilai I -----	II-15
Gambar 2.15.	Plot dari Jumlah linier Terboboti, yang menunjukkan timbulnya daerah <i>Eclipsing</i> -----	II-16
Gambar 2.16.	Bentuk Umum Jumlah Linier Terboboti, $I=w_1I_1+w_2I_2$ yang diplot pada bidang $(I_1, I_2)$ -----	II-17
Gambar 2.17.	Plot dari $I=2/3 I_1+ 1/3 I_2$ dalam bidang $(I_1, I_2)$ -----	II-17
Gambar 2.18.	Plot dari Akar Jumlah Kuadrat Fungsi Gabungan di bidang $I_1-I_2$ -----	II-19
Gambar 2.19.	Plot Persamaan 18 dengan Menggunakan Dua Sub Indeks -----	II-20

Gambar 3.1.	Skema desain survey pemantauan kualitas udara ambient -----	III-8
Gambar 3.2.	Jenis-jenis <i>alat passive sampler</i> gas -----	III-10
Gambar 3.3.	Jenis-jenis <i>alat passive sampler</i> partikulat -----	III-11
Gambar 3.4.	<i>High Volume Sampler</i> -----	III-13
Gambar 3.5.	<i>Middle Volume Sampler</i> -----	III-14
Gambar 3.6.	<i>Low Volume Sampler</i> -----	III-15
Gambar 3.7.	Alat untuk <i>Personel sampler</i> -----	III-16
Gambar 3.8.	Beberapa bentuk <i>shelter</i> untuk alat <i>passive sampler</i> (gas dan partikel)-----	III-19
Gambar 3.9.	Skema penetapan lokasi pemantauan kualitas udara ambient -----	III-22
Gambar 3.10	Lokasi Peralatan Pemantau Meteorologis yang Relatif Dekat Dengan Bangunan atau Pohon Tertinggi -----	III-23
Gambar 3.11	Lokasi peralatan pemantau meteorologis yang relatif jauh dengan bangunan atau pohon tertinggi-----	III-24
Gambar 3.12.	Grafik subindikator polutan udara SO <sub>2</sub> -----	III-54
Gambar 3.13.	Grafik subindikator polutan udara NO <sub>2</sub> -----	III-54
Gambar 3.14.	Grafik subindikator polutan udara CO -----	III-55
Gambar 3.15.	Grafik subindikator polutan udara PM <sub>10</sub> -----	III-55
Gambar 3.16.	Grafik subindikator polutan udara Amonia (NH <sub>3</sub> ) -----	III-56
Gambar 3.17.	Grafik subindikator polutan udara H <sub>2</sub> S -----	III-56
Gambar 3.18.	Contoh perhitungan indeks PM <sub>10</sub> dengan grafik -----	III-58
Gambar 3.19.	Contoh perhitungan indeks PM <sub>10</sub> dengan grafik. -----	III-59
Gambar 4.1.	Contoh Perubahan Kualitas Air Pada Pengukuran Selama 3 Minggu--	IV-7
Gambar 4.2.	Teknik Pengambilan Sampel Air Sungai -----	IV-27
Gambar 4.3.	Alat-alat Pengambilan Sampel Air -----	IV-28
Gambar 4.4.	Skema Penentuan Frekuensi Pengambilan Contoh -----	IV-30
Gambar 4.5.	Grafik Sub Indeks Pencemar Air pH -----	IV-38

Gambar 4.6.	Grafik Sub Indeks Pencemar Air BOD -----	IV-39
Gambar 4.7.	Grafik Sub Indeks Pencemar Air TSS -----	IV-39
Gambar 4.8.	Grafik Sub Indeks Pencemar Air Minyak dan Lemak -----	IV-40
Gambar 4.9.	Grafik Sub Indeks Air pH -----	IV-41
Gambar 4.10.	Grafik Sub Indeks Air BOD -----	IV-42
Gambar 4.11.	Grafik Sub Indeks Air TSS -----	IV-42
Gambar 4.12.	Grafik Sub Indeks Air COD -----	IV-43
Gambar 4.13.	Grafik Sub Indeks Air Sulfida -----	IV-43
Gambar 4.14.	Grafik Sub Indeks Air Fenol -----	IV-44
Gambar 4.15.	Grafik Sub Indeks Air Minyak dan Lemak -----	IV-44
Gambar 4.16.	Grafik Sub Indeks Air Tembaga -----	IV-45
Gambar 4.17.	Grafik Sub Indeks Timbar -----	IV-45
Gambar 4.18.	Kegiatan Pengambilan Sampel Air di Kali Sadar -----	IV-46
Gambar 4.19.	Kegiatan Pengambilan Sampel Air di Kali Cemporat -----	IV-48
Gambar 5.1.	Keluahan Tentang Pencemaran di Jepang Menurut Jenisnya-----	V-1
Gambar 5.2.	Gelombang Sinusodial -----	V-3
Gambar 5.3.	Garis Bentuk Kenyaringan -----	V-3
Gambar 5.4.	Karakteristik Frekuensi dari alat-alat Tingkat Kebisingan -----	V-5
Gambar 5.5.	Tingkat Tekanan Suara Berbobot A Yang Sepadan dengan Kontinyu	V-6
Gambar 5.6.	Tingkat Ekspos Terhadap Suara -----	V-7

# DAFTAR ISI TABEL

Tabel 3.1. Baku Mutu Lingkungan untuk ke Tujuh Parameter Udara-----	III-7
Tabel 3.2. Perbandingan antara Metode Countinous dan Passive-----	III-17
Tabel 3.3. Jumlah Sampling Masing-masing Provinsi dan Kabupaten-----	III-26
Tabel 3.4. Contoh Lokasi Pengambilan Sampling Kualitas Udara Ambient Jawa Barat-----	III-46
Tabel 3.5. Skala Penilaian Indeks Lingkungan Udara Ambien-----	III-52
Tabel 3.6. Kualitas Udara di Jakarta, Tangerang, dan Bogor, Tahun 2006-----	III-57
Tabel 3.7. Hasil Perhitungan indeks pencemar udara di DKI, Bogor, Tangerang ---	III-59
Tabel 4.1. Parameter Satuan dan Kadar Maksimum Air Limbah Domestik-----	IV-4
Tabel 4.2. Parameter dan Baku Mutu Lingkungan Kawasan Industri-----	IV-4
Tabel 5.1. Jenis-Jenis dan Akibat Kebisingan-----	V-4
Tabel 5.2. Batas Ambang Kebisingan ( Keputusan MenLH No. 48/MenLH/11/1997)-----	V-9
Tabel 5.3. Ilustrasi Pengambilan Contoh di Provionsi X-----	V-13
Tabel 5.4. Jumlah Contoh Kebisingan per-Kabupaten dan per-Provinsi-----	V-14
Tabel 6.1. Perhitungan Indeks Kehijauan Kabupaten (X= Luasan hijau di Kabupaten-ha)-----	VI-7



## BAB I. INDEKS LINGKUNGAN

### 1.1. Pendahuluan

Banyak pengarang, pimpinan pemerintah dan komite telah menekankan pentingnya pengembangan dan penggunaan indeks lingkungan. Kegunaan dari indeks lingkungan biasanya dihubungkan dengan alasan dasar dari pengumpulan data pada saat monitoring lingkungan. Data monitoring lingkungan berisi pengukuran rutin dari variabel fisik, kimia dan biologi yang mana ditujukan untuk menggambarkan kondisi lingkungan. Data ini biasanya informasi penting untuk memutuskan efektivitas dari regulasi dalam peningkatan kualitas lingkungan.

Secara konseptual, data pemantauan lingkungan menyediakan umpan balik yang digunakan untuk mengevaluasi efektivitas aktivitas regulasi. Sekali data monitoring lingkungan dikumpulkan, maka akan ada cara kebutuhan lebih lanjut untuk mengubah data tersebut ke dalam bentuk yang lebih sederhana untuk dimengerti. Indeks lingkungan memerankan aturan yang penting untuk menyederhanakan data lingkungan.

Sekali indeks lingkungan dikembangkan dan digunakan, mereka harus mampu menjelaskan beberapa hal antara lain a) adanya *trend*, b) *highlight* kondisi lingkungan spesifik, c) membantu pemerintah dalam pengambilan keputusan dalam mengevaluasi efektivitas peraturan.

Indeks lingkungan mempunyai peran yang penting secara teknis untuk menyediakan data bagi manager. Secara garis besar indeks lingkungan bagi pemerintah mempunyai beberapa peran antara lain : a) membantu dalam memformulasikan kebijakan, b) menyediakan informasi dalam mengambil keputusan apakah suatu program perlindungan lingkungan hidup efektif atau tidak, c) membantu dalam mendesign program, d) memfasilitasi komunikasi dengan masyarakat tentang bagaimana kondisi lingkungan dan perkembangannya.

Dalam literatur didapatkan bahwa ada enam alasan penggunaan indeks lingkungan. Daftar penggunaan tersebut tidaklah unik menggunakan satu indeks, sebab kadang-kadang satu jenis indeks digunakan untuk lebih dari satu tujuan. Beberapa alasan penggunaan indeks adalah sebagai berikut :

- a. Alokasi Sumberdaya  
Indeks mungkin digunakan pada suatu keputusan lingkungan untuk membantu manager dalam mengalokasikan dana dan mendeteksi skala prioritas.
- b. Rangkaing Lokasi  
Indeks mungkin digunakan untk membantu membandingkan kondisi lingkungan pada lokasi yang berbeda arau area geografi yang berbeda.
- c. Standar Hukuman

Indeks mungkin dipraktikkan untuk spesifik lokasi untuk mendeteksi pengembangan standar dan kriteria yang ada dimana telah menemui kondisi yang melebihi batas ambang.

- d. Analisis Kecenderungan  
Indeks mungkin dipraktikkan pada data lingkungan pada waktu yang berbeda untuk melihat perubahan kondisi kualitas lingkungan (menurun atau membaik) yang mana telah terjadi pada beberapa periode waktu.
- e. Informasi Publik  
Indeks mungkin digunakan untuk memberikan informasi ke publik tentang kondisi lingkungan
- f. Penelitian Ilmu Pengetahuan  
Indeks mungkin digunakan untuk memberikan makna (arti) dengan mereduksi sejumlah data yang banyak agar peneliti mampu mempelajari fenomena lingkungan.

Dalam setiap aplikasi, indeks membantu menyampaikan informasi tentang kondisi lingkungan. Pertanyaan-pertanyaan yang sering ditanyakan pada setiap aplikasi yang berbeda, yang mana, indeks mungkin berbeda dalam hal variabel yang dimasukkan, struktur dasar, dan arah pemakaiannya. Oleh karena pengguna yang berbeda mempunyai perbedaan data laporan yang diperlukan, maka indentifikasi pengguna merupakan bagian penting dari pengembangan indeks dan penggunaannya.

Sejauh ini telah dikembangkan banyak indeks lingkungan dan telah dipublikasikan, awalnya mereka digunakan untuk evaluasi program pemerintah dan dalam manajemen pengambilan keputusan, namun sekarang sangat sedikit digunakan. Pada kenyataannya indeks lingkungan tidak berhasil dalam manajemen namun sukses dalam menjelaskan isu laporan harian kualitas udara ke publik (informasi masyarakat).

Proses pengembangan indeks lingkungan itu sendiri masih kontroversi area. Perdebatan nampak memusat pada jumlah informasi yang hilang karena proses simplifikasi yang telah dibuat oleh indeks. Seseorang yang telah terbiasa dengan kompleksitas dalam pengukuran lingkungan pada umumnya memandang bahwa terjadi distorsi dalam sebuah indeks yang tidak dapat diterima. Tapi disisi lain, seseorang yang terbiasa mengihilangkan proses pengukuran akan menerima distorsi selama mendapatkan informasi yang mudah dimengerti, gambaran tentang kualitas lingkungan. Namun demikian kita tetap memerlukan indeks lingkungan, paling tidak untuk menyederhanakan masalah dan memudahkan memberikan informasi kepada masyarakat. Dengan seperangkat Indeks yang telah disusun, para pakar menginginkan permasalahan dapat ditelaah secara komprehensif dan menyeluruh. Masalah yang mungkin muncul kemudian adalah bagi para pengambil keputusan. Tidaklah selalu mudah bagi mereka untuk mendasarkan keputusan pada banyak Indeks. Oleh karena itu para pengambil keputusan seringkali menginginkan adanya suatu nilai, yang dapat merupakan kombinasi beberapa Indeks dan sebisa mungkin memberikan gambaran yang

cukup komprehensif terhadap permasalahan yang dihadapi. Nilai yang dimaksud sering dikenal sebagai **indeks** atau suatu **Indeks komposit**.

Konflik kepentingan antara pakar yang menginginkan banyak Indeks vs. pengambil keputusan yang memerlukan hanya satu Indeks komposit untuk suatu isue tertentu ini sebenarnya hanyalah disebabkan karena perbedaan tingkat interpretasi yang diinginkan. Secara umum perbandingan keuntungan dan kerugian dari kedua sistem diberikan pada tabel berikut (Segnestam, 2002)

<i>Indeks Komposit</i>	
Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggabungan Indeks memungkinkan untuk medapat gambaran umum permasalahan dengan jelas serta dapat menunjukkan tingkat performans dengan mudah</li> <li>• Gabungan Indeks juga memberi informasi yang mudah dimengerti kepada masyarakat tentang keadaan umum permasalahan.</li> <li>• Indeks komposit mengeksplorasi hubungan antar variabel yang terk secara langsung dengan permasalahan lingkungan dalam rangka pembangunan berkelanjutan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nilai gabungan biasanya lebih sulit untuk menilai kualitas karena dengan penggabungan akan menghilangkan informasi individual masing-masing Indeks.</li> <li>• Penggabungan akan menjadi tidak benar bila dilakukan dengan penjumlahan berbagai Indeks dengan satuan berbeda.</li> <li>• Penggabungan Indeks umumnya adalah sulit dilakukan karena harus melibatkan pembobotan Indeks penyusun dengan tepat.</li> <li>• Nilai gabungan hanya baik untuk perbandingan antar daerah atau negara, tetapi belum tentu berimplikasi pada kemudahan pengambilan keputusan.</li> </ul>
<i>Multi Indeks</i>	
Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penilaian kualitas masing-masing Indeks mudah dilakukan.</li> <li>• Ketersediaan sekumpulan Indeks akan memberikan lebih banyak fleksibilitas dalam pemilihan Indeks mana yang akan dipakai.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keterkaitan antara faktor ekonomi, sosial, serta lingkungan tidak selalu dapat digambarkan dengan baik.</li> <li>• Tidak jarang Indeks-Indeks tersebut menggambarkan Indeks ganda hanya dari isu tertentu saja tetapi belum</li> </ul>

- Indeks-Indeks tersebut dapat ditentukan berdasarkan konsep yang telah dikenal baik oleh pengambil keputusan maupun masyarakat.
- Pelaksanaannya adalah tidak mudah karena keragaman antar Indeks baik menurut tema maupun arah gerakannya.

Untuk kepentingan monitoring pembangunan yang berkelanjutan dengan memilih antara penggunaan sekumpulan Indeks ataukah satu Indeks komposit, maka perlu diperhatikan pilihan berikut:

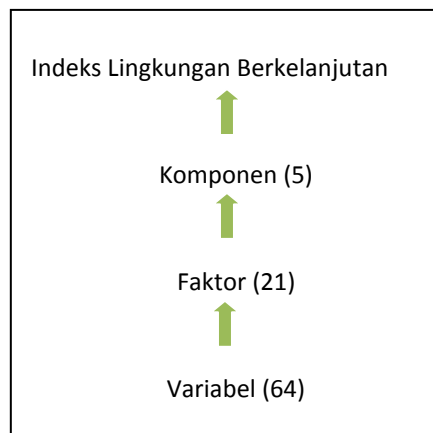
- 1) Evaluasi korbanan (*trade-off*) antara berbagai dimensi permasalahan.
- 2) Penentuan prioritas di antara berbagai bidang kebijakan.

Beberapa contoh Indeks komposit pada isue lingkungan (Segnestam, 2002):

- **Jejak Ekologis (*The Ecological Footprint*)**

Jejak ekologis adalah suatu metode untuk menduga daerah produktif secara biologis, yang diperlukan untuk mendukung pola konsumsi, dengan proses teknis dan ekonomis tertentu yang diketahui. Dengan membandingkan dampak manusia terhadap daerah bioproduktif yang terbatas, metode ini menguji kondisi ekologis untuk keberlangsungan kehidupan. Variabel-variabel yang diperhitungkan adalah lahan untuk suplai energi, makanan, produk kehutanan, serta luasan lingkungan yang telah dibangun, daerah terdegradasi, dan daerah penangkapan ikan. Di samping itu juga diperhitungkan lahan yang diperlukan untuk menetralkan CO<sub>2</sub>. **Indeks awal lingkungan berkelanjutan (*Pilot Environmental Sustainability Index*).**

Indeks ini disusun berdasarkan diagram hierarkhis berikut.



Lima komponen penyusun indeks adalah sistem lingkungan saat ini, tekanan terhadap lingkungan, cepatnya respons populasi manusia terhadap perubahan dan bencana lingkungan hidup, kapasitas sosial dan institusional untuk merespon masalah lingkungan, serta derajat perekonomian global. Komponen-komponen ini meliputi banyak faktor, yang merupakan pondasi penyusunan masing-masing komponen. Sebagai contoh antara lain adalah: kualitas udara perkotaan, polusi udara, pemeliharaan dasar, kapasitas sains dan teknis, serta kontribusi pada kerjasama internasional. Untuk setiap faktor diidentifikasi beberapa variabel sebagai ukuran. Beberapa contoh variabel adalah: konsentrasi  $\text{NO}_2$  dan  $\text{SO}_2$  di perkotaan, emisi  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}$  per luas lahan, persentase rumah tangga yang melanggan listrik, banyaknya artikel ilmiah dan teknis per sejuta penduduk, serta banyaknya keanggotaan dalam organisasi lingkungan hidup.

- **Indeks Planet Kehidupan (*Living Planet Index*)**

Indeks ini utamanya mengukur kelimpahan (*abundance*), yaitu luasan hutan dunia dan populasi spesies satwa laut dan perairan. Dengan demikian indeks ini pada prinsipnya mengukur kesejahteraan alam dan secara khusus mengukur perubahannya dari masa ke masa. Indeks ini merupakan agregat dari tiga Indeks ekosistem yang berbeda, yaitu luasan penutupan hutan alamiah di seluruh dunia, populasi spesies satwa perairan di seluruh dunia, serta populasi satwa laut di seluruh dunia.

## 1.2. Bahasa Indeks

Banyak bahasa telah dikembangkan untuk menjelaskan data polusi lingkungan. Dalam area indeks lingkungan, tidak semua terminologi adalah seragam. Untuk menghindari kebingungan, kita akan memperkenalkan beberapa definisi dari terminologi tersebut yang mana akan digunakan secara konsisten.

Dalam bidang ilmu matematika, terminologi variabel biasanya merujuk pada beberapa atribut (karakteristik) dari obyek yang menjadi perhatian yang mana akan mempunyai nilai yang berbeda. Dalam profesi lingkungan, kata *parameter* merujuk pada variabel lingkungan. Hal ini berarti beberapa pengukuran kuantitas lingkungan. Untuk menghindari kebingungan antara terminologi matematika dengan bahasa lingkungan, kita akan menggunakan terminologi *variabel* bahan pengotor/pencemar (*pollutant*) untuk mencatat kuantitas fisik, kimia, dan biologi yang dimaksudkan sebuah pengukuran tentang polusi lingkungan. Sebagai contoh, penurunan jarak penglihatan disebabkan oleh partikel atmosfer, konsentrasi sulfur dioksida di atmosfer, kemasaman sungai, atau jumlah massa dari emisi pencemar per satuan jam adalah variabel bahan pengotor (*pollutant*).

Indeks lingkungan pada kesempatan lain juga termasuk variabel bahan pengotor yang menjelaskan jumlah dari sebuah bahan pengotor yang dilepas ke lingkungan, seperti jumlah bahan pengotor yang dilepas dari *smokestack* atau *effluent* yang dilepas dari IPAL (*wastewater treatment plant*), dan sebenarnya bukan konsentrasi aktual setelah difusi yang digambarkan dalam batas ambang lingkungan, tapi pencampuran telah terjadi. Oleh karena

variabel sumber bahan pencemar hanya menyentuh kuantitas bahan pencemar yang telah disebar ke lingkungan, mereka tidak mencerminkan langsung kondisi lingkungan. Variabel yang menggambarkan kondisi lingkungan disebut sebagai variabel bahan pengotor kualitas lingkungan, yang mengukur kondisi aktual ambien. Misal : konsentrasi pestisida di dalam tanah, konsentrasi gas di atmosfer, dan kuantitas racun di dalam air sungai.

Terminologi indeks lingkungan merujuk pada sebuah nilai kuantitas yang diturunkan dari variabel bahan pengotor dan digunakan untuk menggambarkan beberapa atribut lingkungan. Sebagai contoh : jumlah hari konsentrasi sulfur dioksida di atmosfer telah melebihi dari batas ambang standar kualitas udara mewakili sebuah indeks dari level polusi sulfur dioksida. Hal yang sama sebuah dimensi angka antara 0 sampai 1 dan menggambarkan kuantitas oksigen terlarut di air sungai adalah sebuah indeks lingkungan dari kandungan oksigen terlarut.

Indeks lingkungan dapat disajikan secara individu atau mereka didapatkan dari agregasi dari fungsi matematik yang merupakan bentuk dari sebuah "indeks lingkungan". Sebuah indeks adalah sebuah angka tunggal yang diturunkan dari dua atau lebih Indeks. Dalam perhitungan sebuah indeks, tahap pertama sering untuk menghitung Indeks tunggal, satu untuk setiap variabel bahan pengotor; maka Indeks juga dapat merefer sebagai sebuah *subindeks*. Sebagai kesimpulan, perbedaan pokok antara sebuah Indeks dan sebuah indeks adalah sebuah Indeks diturunkan dari hanya satu variabel pengotor, namun sebuah indeks diturunkan dari lebih satu variabel pengotor. Penyajian sejumlah Indeks pada saat yang sama untuk memberikan gambaran kondisi lingkungan sebagai cerminan profil kualitas lingkungan.

## BAB 2. STRUKTUR INDEKS LINGKUNGAN

Tujuan dari pembuatan indeks adalah untuk menyederhanakan. Proses penyederhanaan mengarah pada model yang cocok dan mampu merepresentasikan sejumlah informasi yang cukup penting. Melalui manipulasi matematika, sebuah indeks lingkungan mencari cara untuk menyederhanakan proses pengukuran dua atau lebih variabel lingkungan menuju satu angka yang tetap mampu memberikan arti yang dalam. Meskipun pengembangan indeks lingkungan telah berkembang namun menunjukkan variasi yang besar dan berbeda antar sesamanya, namun ini memungkinkan menyusun sebuah framework matematika yang mengakomodasikan sejumlah besar indeks lingkungan yang ada. Struktur ini dimaksudkan untuk menyediakan sebuah alat konseptual untuk dimengerti dan perbandingan antar indeks lingkungan.

Sebelum mendiskusikan framework, penting untuk dibedakan antara dua bentuk indeks secara umum : (1) Nilai indeks naik seiring dengan kenaikan pencemaran lingkungan, (2) nilai indeks turun seiring dengan peningkatan pencemaran lingkungan. Banyak para ahli pada bidang ini sebelumnya merujuk bentuk sebagai indeks pencemaran lingkungan namun kemudian merujuk sebagai indeks kualitas lingkungan. Dengan menggunakan terminologi ini, sebuah indeks dengan nilai =0 berhubungan dengan air yang bersih dan indeks 100 sebagai pada air yang penuh dengan pencemaran yang kemudian disebut sebagai sebuah indeks pencemaran air. Hal sebaliknya, sebuah indeks yang mempunyai nilai 0 (nol) yang mempunyai air air yang rendah kualitasnya dan berindeks 100 mewakili air yang berkualitas baik dan disebut sebagai sebuah indeks kualitas air. Terminologi ini tidak secara universal diterima. Untuk menghindari kebingungan, kita akan menjelaskan setiap indeks sebagai berikut : (1) sebuah bentuk skala yang meningkat, (2) sebuah bentuk skala yang menurun. Pada indeks dengan skala meningkat, nilai indeks meningkat ketika pencemaran meningkat, dan indeks dengan skal menurun, nilai indeks menurun ketika pencemaran meningkat. Secara umum indeks pencemaran udara mempunyai skala yang meningkat, dan sebagai besar indeks pencemaran air (atau kualitas air) berskala menurun.

### 2.1. Struktur Matematika

Pada framework ini, perhitungan sebuah indeks lingkungan digambarkan mempunyai dua landasan pokok : (1) Perhitungan dari sub-indeks untuk variabel pencemar yang digunakan dalam perhitungan indeks, (2) agregasi dari sub-indeks variabel pencemar yang digunakan dalam keseluruhan indeks. Misalkan kita mempunyai sebuah gugus pengamatan dari  $n$  variabel pencemar, yang mana  $X_1$  sebagai nilai pengamatan dari variabel pencemar pertama,  $X_2$  nilai pengamatan dari variabel pencemar kedua, dan  $X_i$  sebagai nilai dari variabel pencemar ke  $i$ . Maka gugus dari pengamatan dituliskan sebagai  $(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n)$ . Untuk setiap variabel pencemar  $X_i$ , sebuah sub indeks  $I_i$  dihitung dengan menggunakan fungsi sub-indeks  $f_i(X_i)$  :

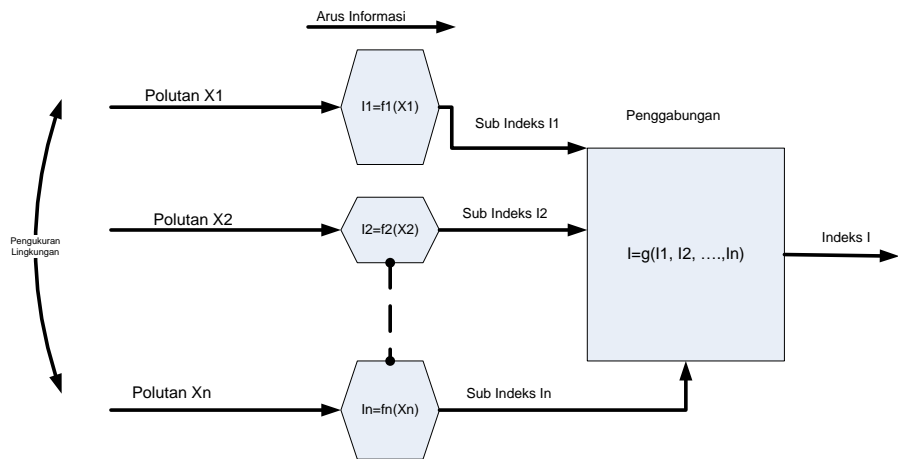
$$I_i = f_i(X_i) \quad (1)$$

Sebagian besar indeks lingkungan, sebuah fungsi matematika yang digunakan untuk menghitung setiap variabel pencemar, misalkan beberapa fungsi sub indeks  $f_1(X_1)$ ,  $f_2(X_2)$ , ...,  $f_n(X_n)$ . Setiap fungsi subindeks dimaksudkan untuk mewakili karakteristik lingkungan dari variabel pencemar tertentu. Hal ini mungkin berisi perkalian sederhana, atau pangkat dari variabel pencemar atau beberapa hubungan fungsional lainnya.

Bila subindeks telah dihitung, selanjutnya fungsi-fungsi tersebut diagregasikan dengan sebuah fungsi matematika kedua sehingga didapatkan bentuk indeks final

$$I = g(I_1, I_2, \dots, I_n) \quad (2)$$

Fungsi agregasi, umumnya berisi penjumlahan dan selanjutnya **dirata-ratakan**. Secara garis besar formulasi indeks disajikan pada gambar berikut :



**Gambar 2.1. Rangkaian Proses Perhitungan Indeks**

Kadang kala indeks lingkungan nampak lebih kompleks dari yang disajikan di atas dengan sub indeks dihitung dari tahapan yang mempunyai pendekatan yang bervariasi. Namun untuk struktur yang variasi indeks yang besar, maka pendekatan di atas sudah mencukupi. Indeks yang disajikan di atas merupakan pendekatan indeks absolut yang berarti indeks yang dihasilkan merupakan perwujudan dari nilai variabel pencemar pada lokasi yang bersangkutan, bukan nilai relatif terhadap nilai sekitarnya.

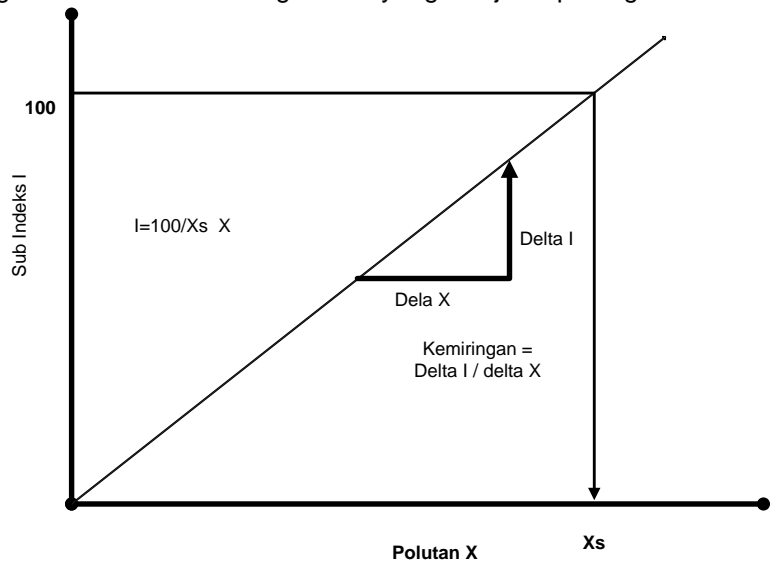
## 2.2. Sub Indeks

Fungsi yang menghubungkan antara nilai indeks dengan nilai variabel pencemar lingkungan sangatlah banyak, namun secara garis besar dapat disajikan berikut :



### a. Fungsi Linier

Fungsi yang paling sederhana adalah fungsi linier yang disajikan pada gambar berikut :



**Gambar 2.2. Fungsi Sub Indeks Linier Monoton Naik**

Keterangan

I= nilai indeks, X= nilai variabel pencemar,  $\alpha$ = konstanta

Nilai indeks dengan Gambar 2 di atas adalah

$$I = \alpha X \quad (3)$$

Dengan menggunakan persamaan tiga di atas, maka sebuah proporsi langsung antara nilai sub indeks dengan nilai variabel pencemar. Dengan demikian, bila nilai variabel pencemar mencapai dua kali lipat maka nilai indeksnya akan meningkat dua kali lipat pula. Kemiringan dari grafik adalah  $\alpha$ , sebuah konstanta, yang berimplikasi bahwa setiap nilai perubahan mutlak  $\Delta X$ , maka sub indeks berubah dengan  $\Delta I = \alpha \Delta X$  satuan.

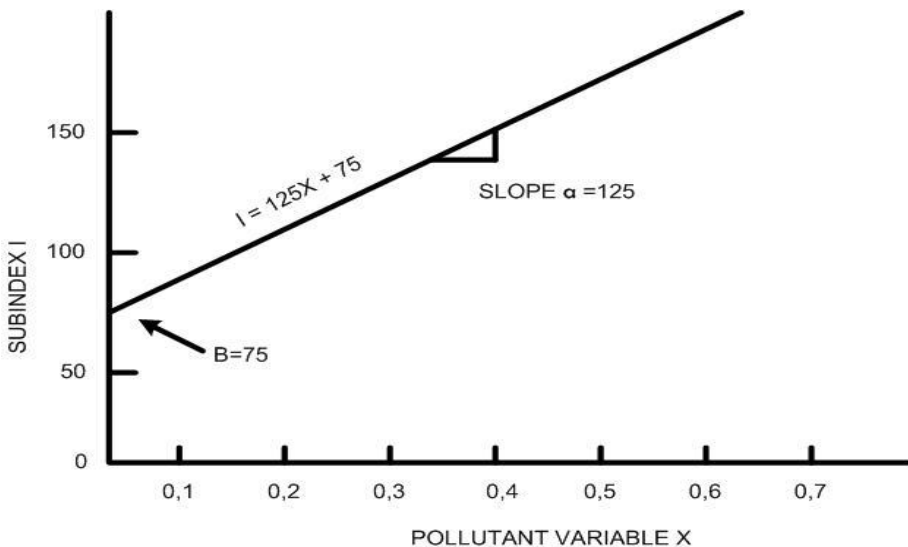
Nilai  $X_s$  merupakan nilai standar variabel pencemar yang berarti sub indeksnya bernilai 100 pada saat nilai variabel pencemar mencapai tepat batas ambang yang ditetapkan dan akan bernilai kurang dari 100 apabila nilai variabel pencemar masih di bawah batas ambang, dan akan mempunyai nilai sub indeks di atas 100 apabila nilai variabel pencemar di atas batas

ambang yang ditetapkan. Namun demikian apabila nilai variabel pencemar sama dengan nol maka nilai sub indeksnya adalah nol.

Untuk mengatasi persoalan fungsi tiga di atas seringkali kita menggunakan fungsi linier yang tidak melewati titik pusat, namun melewati suatu titik pada sumbu sub indeks. Fungsi yang disajikan adalah sebagai berikut :

$$I = \alpha X + \beta \quad (5)$$

Konstanta  $\beta$  berhubungan dengan nilai intercept pada sumbu I-indeks, yakni nilai  $I = \beta$  pada saat  $X=0$

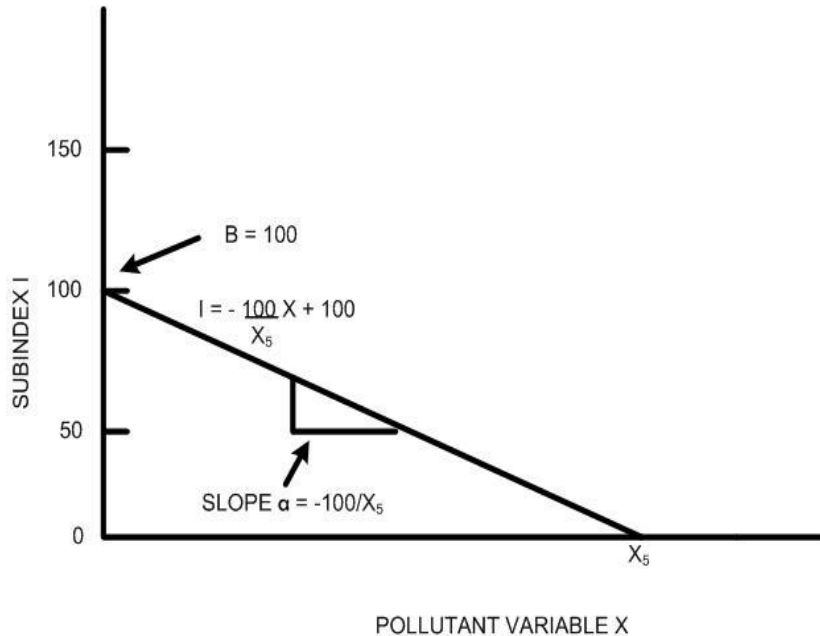


**Gambar 2.3. Fungsi Sub Indeks Linier Sederhana yang tidak melewati titik pusat**

Jika nilai  $\alpha$  lebih besar dari nol, maka persamaan (3) dan (4) memberikan nilai sub indeks yang meningkat dengan meningkatnya nilai X. Tetapi nilai  $\alpha$  lebih kecil dari nol maka persamaan (3) dan (4) memberikan nilai sub indeks yang menurun dengan meningkatnya nilai X.

Jika kita memilih  $\alpha = -100/X_s$  dan  $\beta = 100$ , maka fungsi sub indeks skala menurun akan menghasilkan  $I = 100$  untuk  $X = 0$ , dan  $I = 0$  pada saat X sama dengan  $X$  pada batas ambang yang ditetapkan.

$$I = -100/X_s X + 100 \quad (5)$$

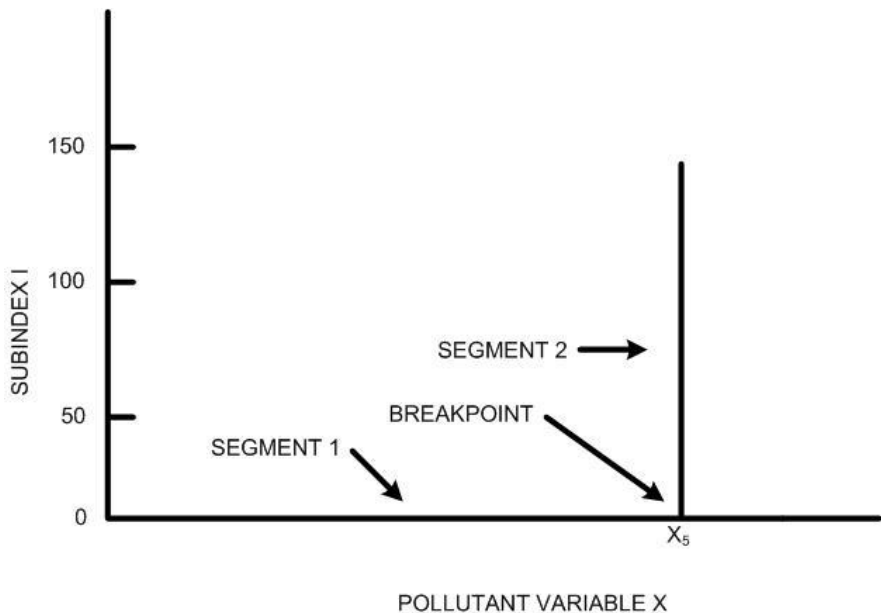


**Gambar 2.4. Fungsi Sub Indeks Linier dengan Skala Menurun**

Pada umumnya apabila kondisi lingkungan zero pencemaran, maka sub indeksnya bernilai 100, dan bernilai subindeks nol apabila pencemar telah sama dengan standar yang ditetapkan. Oleh karena itu umumnya fungsi sub indeks linier berskala meningkat atau I tidak bernilai negatif.

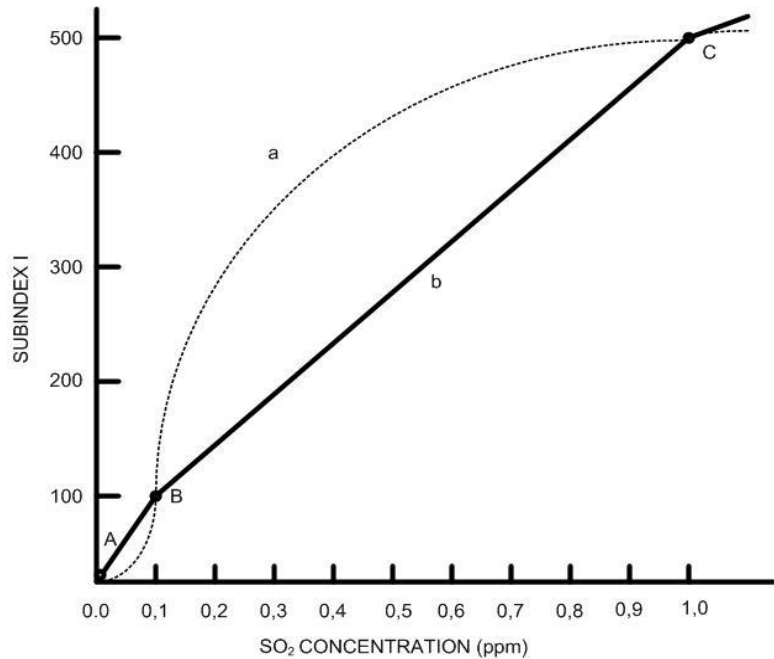
**b. Fungsi Linier Terseksmentasi**

Sub Indeks yang menggunakan fungsi linier terseksmentasi umumnya digunakan pada variabel pencemar yang mempunyai sifat apabila nilai variabel pencemar pada saat mencapai lebih batas ambang akan mempunyai pengaruh yang amat sangat berbahaya bagi lingkungan. Sedangkan pada saat di bawah batas ambang yang ditetapkan tidak berbahaya bagi lingkungan. Hal ini berarti nilai sub indeks akan bernilai nol apabila nilai di bawah batas ambang dan nilai sub indeks akan ekstrem apabila nilai variabel pencemar di atas batas ambang yang ditetapkan.



**Gambar 2.5. Fungsi Linier Tersegmentasi Ekstrem**

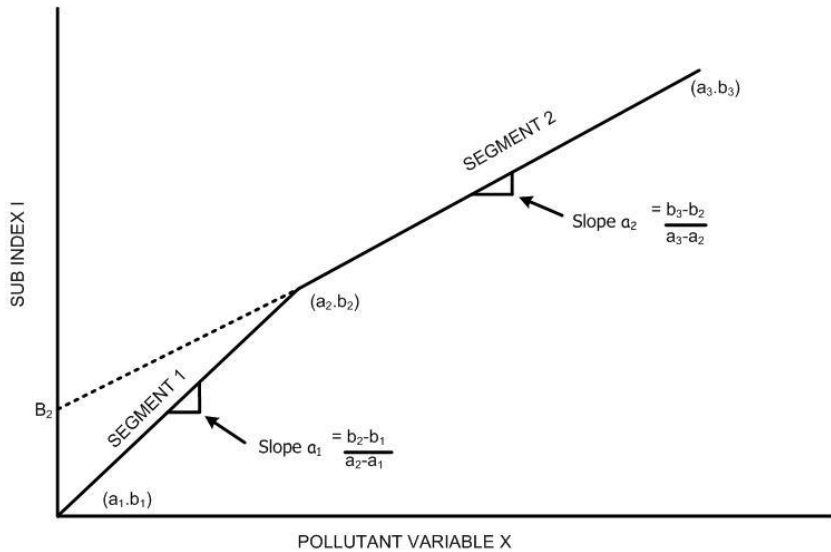
Fungsi linier tersegmentasi yang agak moderat, apabila ditemui kondisi nilai variabel pencemar akan berdampak cukup signifikan terhadap lingkungan seiring nilai tersebut meningkat sampai batas ambang pertama, kemudian tetap meningkat dampaknya terhadap lingkungan sampai batas ambang kedua, tetapi tidak seekstrem dampaknya pada saat mendekati batas ambang pertama, setelah batas ambang kedua pengaruhnya kurang ekstrem terhadap lingkungan. Dengan kondisi tersebut maka tingkat kemiringan fungsi linier tersegmentasi dengan beberapa nilai kemiringan. Gambaran fungsi sub indeks disajikan pada Gambar 6 pada kasus Sub Indeks konsentrasi  $\text{SO}_2$  berikut :



**Gambar 2.6. Contoh Fungsi Sub Indeks yang mengakomodasi dua batas ambang**

Pada umumnya fungsi linier tersegmentasi berisi dua atau lebih fungsi linier, yang biasanya mempunyai kemiringan yang berbeda. Misalkan koordinat X dan I adalah mewakili potongan-potongan garis linier pada titik-titik  $(a_1, b_1)$ ,  $(a_2, b_2)$ , ...,  $(a_j, b_j)$  maka fungsi disajikan adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{b_{j+1} - b_j}{a_{j+1} - a_j} (X - a_j) + b_j \text{ untuk } a_j \leq X \leq a_{j+1} \text{ dengan } j=1,2,3,\dots,n \quad (6)$$



**Gambar 2.7. Bentuk Umum Fungsi Linier Tersegmentasi**

Dengan menggunakan persamaan keenam, maka fungsi linier pada sekmen pertama adalah :

$$I = \frac{b_2 - b_1}{a_2 - a_1} (X - a_1) + b_1 \text{ untuk } a_1 \leq X \leq a_2 \quad (7)$$

dan pada sekmen kedua fungsi liniernya adalah :

$$I = \frac{b_3 - b_2}{a_3 - a_2} (X - a_2) + b_2 \text{ untuk } a_2 \leq X \leq a_3 \quad (8)$$

demikian seterusnya.

Secara umum fungsi linier tersegmentasi pada persamaan enam dapat disajikan sebagai berikut :

$$I = \alpha_j X + \beta_j \text{ untuk } a_j \leq X \leq a_{j+1} \quad (9)$$

dengan

$$\alpha_j = \frac{b_{j+1} - b_j}{a_{j+1} - a_j} \text{ dan } \beta_j = \frac{b_j a_{j+1} - a_j b_{j+1}}{a_{j+1} - a_j}$$

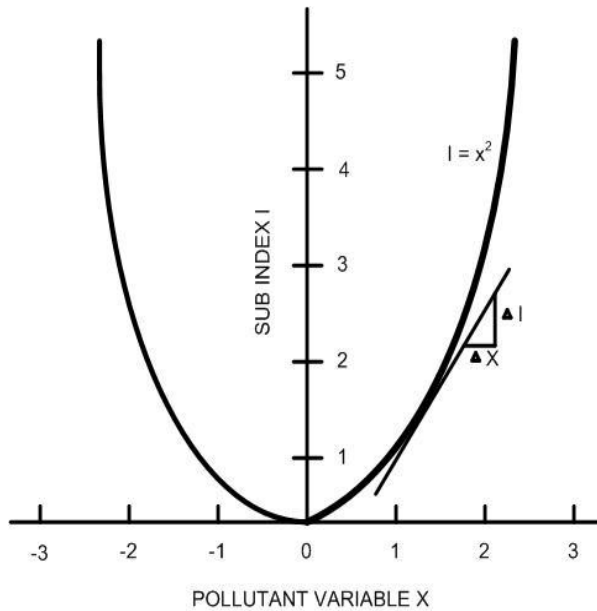
### c. Fungsi Non Linier

Meskipun fungsi linier tersektantasi adalah fleksibel, namun mereka tidaklah ideal pada situasi tertentu, khususnya bilai kemiringannya berubah secara gradual seiring dengan peningkatan nilai variabel pencemar X. Pada kondisi ini fungsi non linier nampaknya lebih cocok digunakan. Hubungan non linier adalah hubungan dimana antara X dengan I tidaklah berbentuk garis lurus. Definisi ini sangatlah luas, namun pendekatannya secara umum ada dua langkah, yakni : a) Fungsi tersamar, yang hasil dapat diplot pada grafik namun tidak mempunyai persamaan yang pasti, b) Fungsi yang eksplisit, yakni sebuah persamaan matematika diberikan. Fungsi model pertama umumnya didapatkan dari hasil simulasi yang hasilnya didapatkan dari percobaan, namun fungsi matematikanya tidak diketahui. Selanjutnya fungsi model kedua pada umumnya adalah fungsi pangkat yakni :

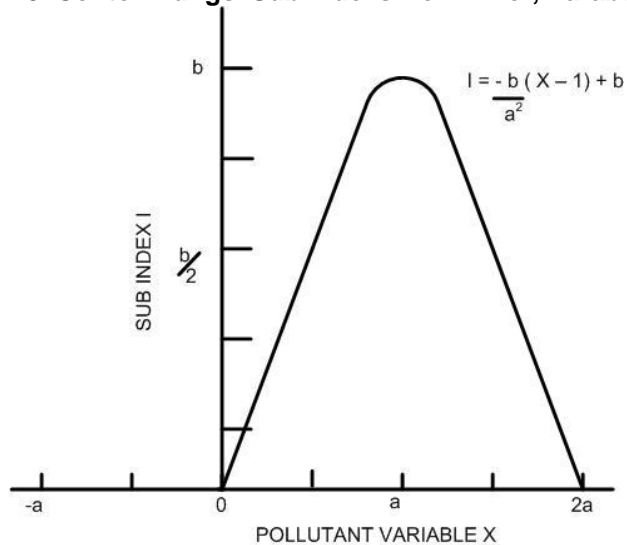
$$I = X^c \text{ dengan } c \neq 0 \quad (10)$$

Jika  $c=2$ , maka  $I = X^2$  sebuah parabola, yang menghasilkan sebuah kurva dengan kemiringan yang cepat meningkat. Kemiringan selalu dua kali nilai X, dan kelipatan dua X akan meningkatkan empat kali nilai I. Dalam praktikal umumnya fungsi pangkat dua ini digeser dari titik pusat. Sebagai contoh  $I= b$ , yakni nilai maksimum sub indeks ketika  $X=a$ , dan  $I=0$  ketika  $X=0$  atau  $X=2a$  (Gambar 9), maka fungsi yang didapatkan adalah

$$I = - b/a^2 (X-a)^2 + b \text{ untuk } 0 \leq X \leq 2a \quad (11)$$



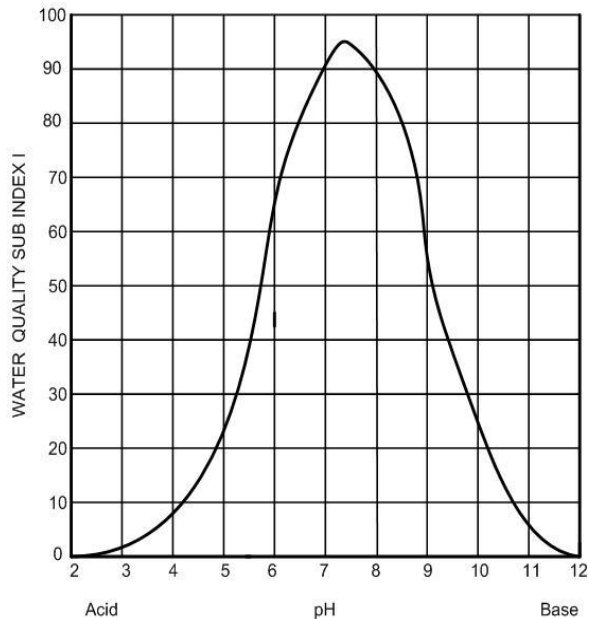
Gambar 2.8. Contoh Fungsi Sub Indeks Non Linier, Parabola  $I = X^2$



Gambar 2.9. Contoh Fungsi Sub Indeks Non Linier Parabola dengan Titik Asal



Penggunaan fungsi sub indeks parabola pada umumnya untuk indeks variabel pH, yang digambarkan sebagai berikut :



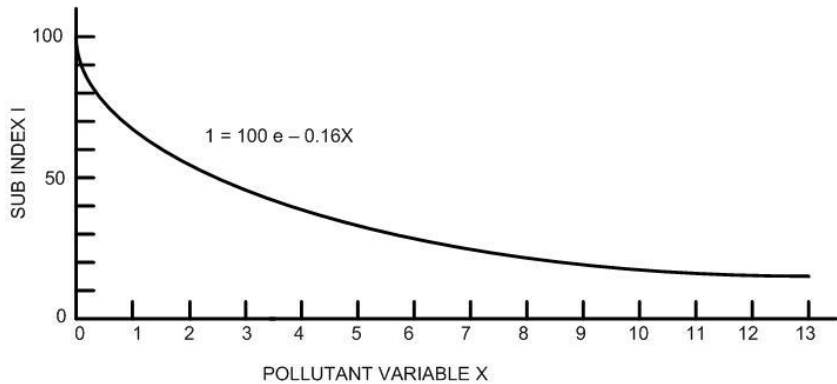
**Gambar 2.10. Contoh Fungsi Sub Indeks Parabola untuk pH Kualitas Air**

Fungsi non linier yang lain adalah fungsi eksponensial, yakni X merupakan pangkat dari suatu konstanta

$$I = c^X \quad (12)$$

Biasanya konstanta c merupakan perkali antara konstanta dengan bilangan e, kemudian pangkat dari e merupakan fungsi dari X, sehingga persamaan 12 di atas diubah menjadi :

$$I = a e^{bX} \quad (13)$$



**Gambar 2.11. Contoh Fungsi Eksponensial Sub Indeks**

**d. Fungsi Non Linier Tersegmentasi**

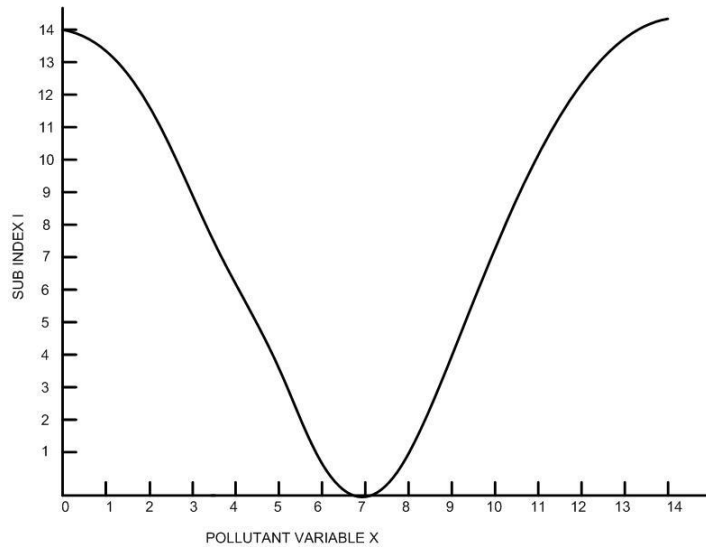
Kadang-kadang pendekatan yang lebih fleksibel adalah fungsi non linier yang tersegmentasi, yakni fungsi nonlinier pada interval-interval tertentu. Setiap interval nilai variabel pencemar mempunyai fungsi non linier dari sub indeks, sehingga penggabungan sub indeks tersebut merupakan penggabungan dari sub indeks tersebut. Sebagai contoh adalah indkes kualitas air yang ditunjukkan dengan nilai pH air, yang tersegmentasi menjadi empat sekmen, yakni

Sekmen 1 (AB)  $0 \leq X \leq 5$  dengan sub indeks  $I = -0.4 X^2 + 14$

Sekmen 2 (BC)  $5 \leq X \leq 7$  dengan sub indeks  $I = -2 X + 14$

Sekmen 3 (CD)  $7 \leq X \leq 9$  dengan sub indeks  $I = X^2 - 14 X + 49$

Sekmen 4 (DE)  $9 \leq X \leq 14$  dengan sub indeks  $I = -0.4 X^2 + 11.2 X - 64.4$



**Gambar 2.12. Contoh Fungsi Non Linier Tersegmentasi untuk pH Kualitas Air**

### 2.3. Agregasi (Penggabungan ) Fungsi Sub Indeks

Proses penggabungan merupakan satu proses yang penting dalam menghitung sembarang indeks lingkungan. Pada umumnya merupakan proses menyederhanaan atau bisa dikatakan mengurangi informasi yang ada dan akan mengarah ke suatu distorsi. Di bawah ini akan dijelaskan beberapa rumusan umum dari proses penggabungan sub indeks yang mungkin dapat dipilih untuk digunakan.

#### a. Bentuk Penambahan

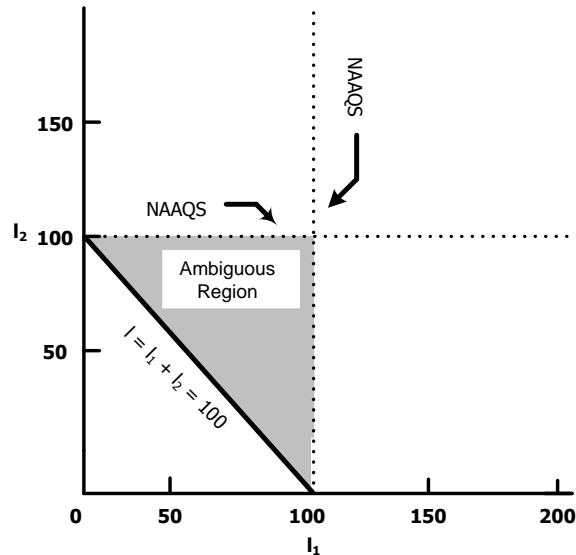
Fungsi penggabungan yang paling sederhana adalah berbentuk penambahan. Kita akan menambahkan semua sub indeks tanpa suatu bobot tertentu. Jumlah linier adalah sebagai berikut

$$I = \sum_{i=1}^n I_i \quad (14)$$

dengan  $i$  = subindeks dari variabel pencemar ke  $i$   
 $n$  = banyaknya variabel pencemar

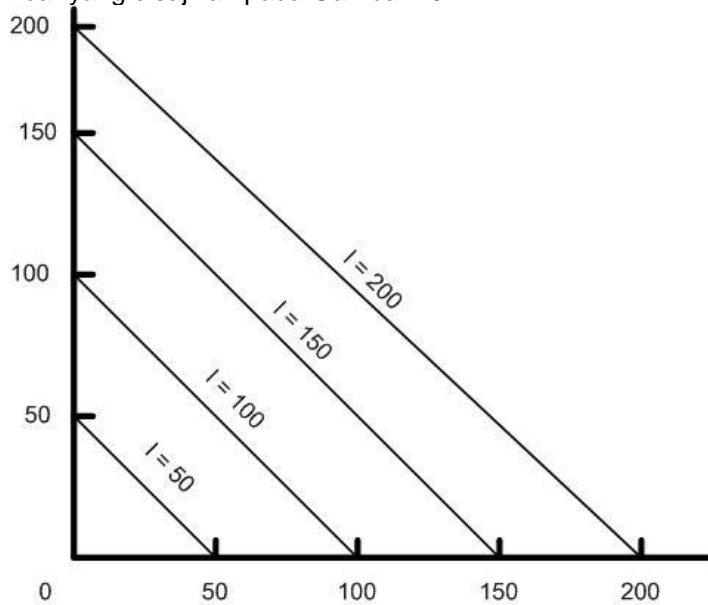
Sebagai contoh terdapat dua variabel pencemar yang masing-masing mempunyai nilai indeks  $I_1$  dan  $I_2$  maka penggabungannya adalah  $I = I_1 + I_2$ . Dengan penggabungan melalui proses penjumlahan di atas, maka bila  $I_1 = 0$  dan  $I_2 = 0$  menunjukkan konsentrasi pencemar udara adalah nol untuk kedua variabel  $X_1$  dan  $X_2$ , dan bilai  $I_1 \geq 100$  atau  $I_2 \geq 100$  menunjukkan

konsentrasi tepat atau di atas batas ambang. Tentunya nilai indeks gabungan akan melebihi batas ambang bila kombinasi  $I_1$  dan  $I_2$  jumlahnya mempunyai nilai di atas 100. Oleh karena itu sebagian besar pengguna akan mengharapkan  $I$  di atas 100 yang berarti nilai sub indeks tidak khas, dan paling tidak ada satu sub indeks yang melebihi 100. Keadaan ini tidaklah menguntungkan karena kadang-kadang nilai sub indeks tidak ada yang melewati batas ambang namun nilai agregasinya telah melebihi batas ambang, sebagai contoh nilai  $I_1=60$  dan  $I_2= 50$  maka agregasinya,  $I=110$ .



Gambar 2.13. Plot dari Jumlah Linier  $I_1 + I_2=100$  yang menunjukkan daerah *ambiguous* yakni nilai  $I$  lebih dari 100 tanpa satupun sub indeks yang melebihi 100

Selanjutnya bila tiga indeks yakni  $I$ ,  $I_1$ , dan  $I_2$  digambar pada bidang datar (dua dimensi) akan menghasilkan gambar yang disajikan pada Gambar 13.



**Gambar 2.14.** Plot  $I = I_1 + I_2$  di dalam bidang ( $I_1$ ,  $I_2$ ) untuk beberapa nilai  $I$

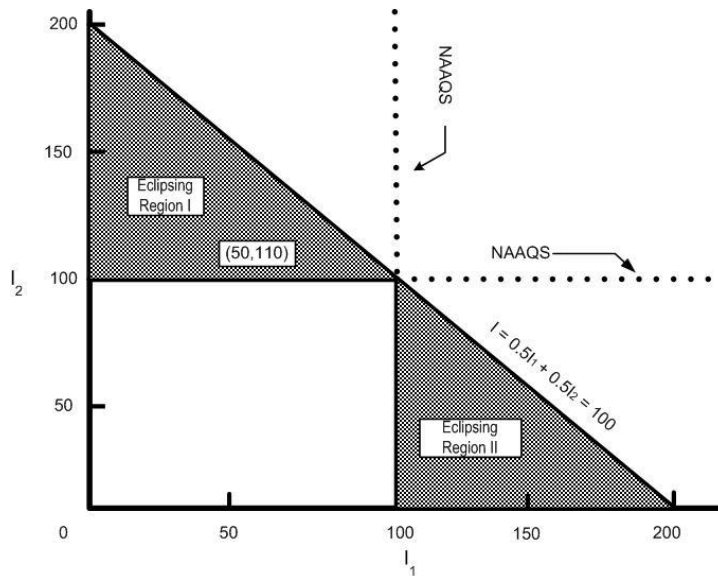
Untuk mengatasi daerah *ambiguous*, kita memberikan pembobot untuk setiap sub indeks dengan formulasi sebagai berikut :

$$I = \sum_{i=1}^n w_i I_i \quad (15)$$

dengan

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Misalkan kita mempunyai dua sub indeks, katakan  $I_1$  dan  $I_2$  dan pembobot setiap sub indeks sama yang artinya  $w_1 + w_2 = 1$ , menjadi  $2w = 1$ , maka  $w = 0.5$ . Dengan demikian agregasi dua sub indeks adalah  $I = 0.5 I_1 + 0.5 I_2$ . Dengan pemberian pembobot yang sama di atas maka daerah *ambiguous* akan hilang, namun timbul daerah *eclipsing*. Eclipsing dikatakan terjadi ketika kualitas lingkungan yang sangat parah oleh paling sedikit dari variabel pencemar namun secara gabungan tidak menggambarkan kondisi tersebut.



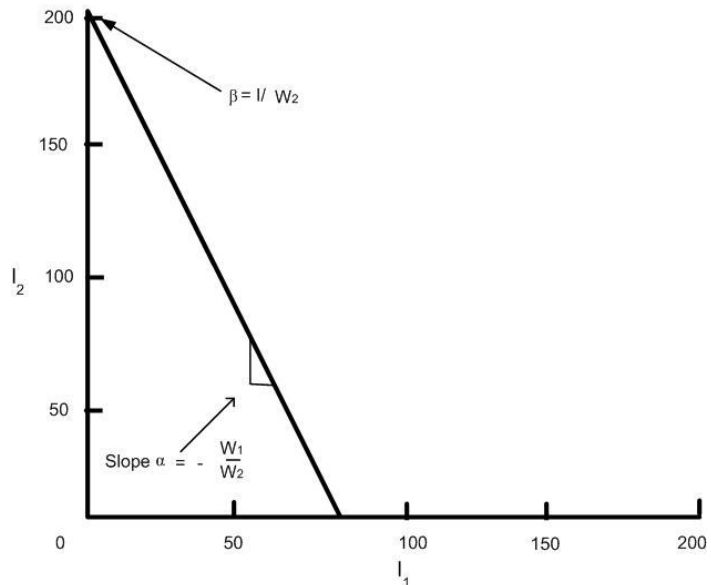
**Gambar 2.15. Plot dari Jumlah linier Terboboti, yang menunjukkan timbulnya daerah *Eclipsing*.**

Sebagai contoh dari persamaan 15 untuk dua sub indeks, formulasi persamaan 15 dapat diubah menjadi

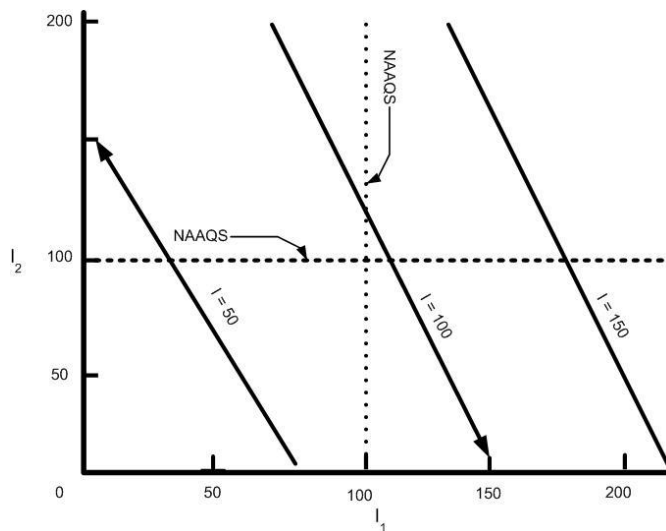
dengan

$$I_2 = \alpha I_1 + \beta \quad (16)$$

$$\alpha = -\frac{w_1}{w_2} \text{ dan } \beta = 1/w_2$$



**Gambar 2.16.** Bentuk Umum Jumlah Linier Terboboti,  $I=w_1I_1+w_2I_2$  yang diplot pada bidang  $(I_1, I_2)$



**Gambar 2.17.** Plot dari  $I=2/3 I_1+ 1/3 I_2$  dalam bidang  $(I_1, I_2)$

Dengan penjelasan di atas, menunjukkan bahwa penggabungan sub indeks melalui teknik penjumlahan selalu ada permasalahan. Jika penjumlahan tanpa dibobot akan timbul masalah daerah *ambiguous* namun bila penjumlahan dengan diboboti akan timbul masalah daerah *eclipsing* yakni daerah yang cenderung *underestimate* terhadap pencemaran.

## b. Akar dari Jumlah Pangkat

Formula ini lebih kompleks dibandingkan dengan bentuk penjumlahan biasa. Penggabungan dengan akar dari jumlah pangkat adalah sebagai berikut :

$$I = \left[ \sum_{i=1}^n I_i^p \right]^{1/p} \quad (17)$$

dengan  $p > 1$

Misalkan dua sub indeks, maka penggabungannya adalah sebagai berikut :

$$I = [I_1^p + I_2^p]^{1/p}$$

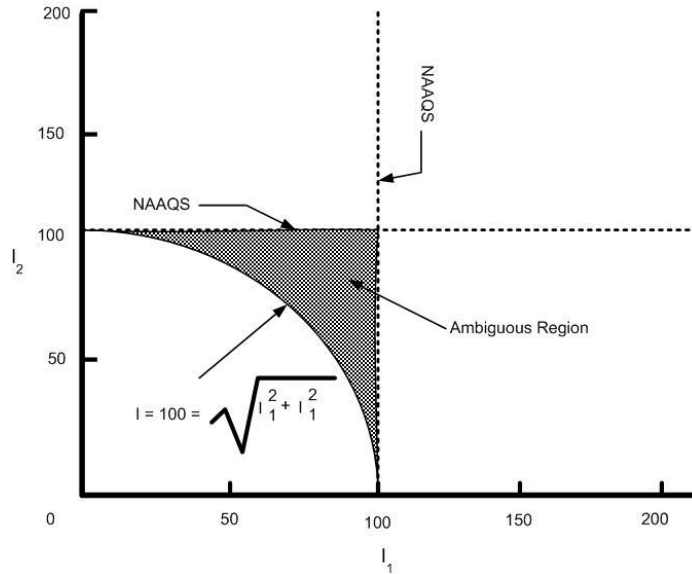
bila  $p = 2$ , maka fungsi penggabungannya dari akar jumlah kuadrat adalah sebagai berikut :

$$I = \sqrt{(I_1)^2 + (I_2)^2}$$

dengan formulasi ini daerah *ambiguous* tetap ada namun dengan daerah *ambiguous* makin menurun.

Pada kasus dua variabel pencemar, maka nilai gabungan indeks  $I = 100$  dari dua sub indeks  $I_1$  dan  $I_2$  dengan fungsi akar jumlah pangkat dua mampu menurunkan daerah *ambiguous* dibandingkan jumlah linier dari dua sub indeks tersebut (Gambar 17)





**Gambar 2.18.** Plot dari Akar Jumlah Kuadrat Fungsi Gabungan di bidang  $I_1$ - $I_2$

Selanjutnya bila  $p$  dinaikkan dari fungsi 17 di atas, maka daerah *ambiguous* akan menurun. Bila  $p$  menuju tak hingga dari fungsi 17 di atas maka akan sama dengan maks ( $I_1, I_2$ ) untuk dua sub indeks, atau sebagai berikut :

$$\lim_{p \rightarrow \infty} \left\{ [I_1^p + I_2^p]^{\frac{1}{p}} \right\} = \text{maks} \{ I_1, I_2 \}$$

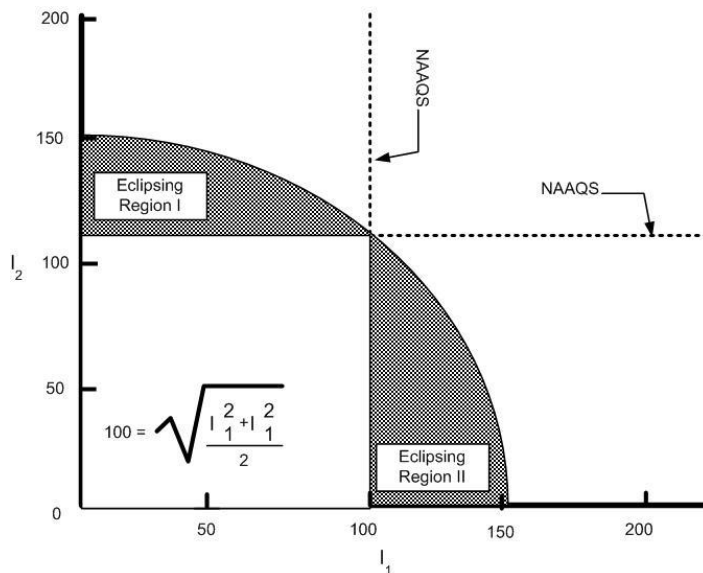
### c. Akar Rata-Rata Kuadrat

Bentuk penggabungan lainnya adalah sebagai berikut :

$$I = \sqrt{\frac{1}{n} (I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2)} \quad (18)$$

dengan bentuk penggabungan seperti persamaan 18 tersebut, maka daerah *ambiguous* akan hilang, namun muncul daerah *eclipsing*. Luasan Eclipsing lebih kecil dibandingkan dengan penjumlahan terboboti. Gambar 18 menyajikan penggabungan dua sub indeks dengan menggunakan persamaan 18, dengan persamaan

$$I = \sqrt{1/2(I_1^2 + I_2^2)}$$



**Gambar 2.19. Plot Persamaan 18 dengan Menggunakan Dua Sub Indeks**

**d. Operator Maksimum**

Penggabungan sub indeks menjadi indeks dengan menggunakan operator maksimum bila skala sub indeks adalah skala meningkat, dengan demikian formulasi penggabungan n sub indeks adalah sebagai berikut :

$$I = \text{maks} (I_1, I_2, \dots, I_n) \quad (19)$$

**e. Operator Minimum**

Penggabungan sub indeks menjadi indeks dengan menggunakan operator minimum bila skala sub indeks adalah skala menurun, dengan demikian formulasi penggabungan n sub indeks adalah sebagai berikut :

$$I = \text{min} (I_1, I_2, \dots, I_n) \quad (20)$$

## BAB 3. INDEKS POLUSI UDARA

### 3.1. Beberapa Pencemar Udara Ambient Penting

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, standar kualitas udara ambient terdiri dari 13 pencemar, yaitu : Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ ), Carbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida ( $\text{NO}_2$ ),  $\text{O}_3$  (oksida), Hidrokarbon (HC),  $\text{PM}_{10}$  (partikel < 10 mm),  $\text{PM}_{2.5}$  (partikel < 2.5 mm), Partikulat (TSP), Pb (Timah hitam), Dustfall (Debu Jatuh), Total Flourida (sebagai F), Indeks Flour, Klorine dan Klorine dioksida, Indeks Sulfat. Sedangkan di beberapa literature ditambahkan oksidan fotokimia (*photochemical*), Amonia, dan  $\text{H}_2\text{S}$ .

Selanjutnya kualitas udara ambient dibagi menjadi dua kategori: standar primer, yang mana didesain pada level untuk melindungi kesehatan manusia, dan standar sekunder yang didesain untuk melindungi selain kesehatan manusia (seperti misalnya; dampak kerusakan terhadap material, tanaman, dan binatang, kerugian ekonomi, dan faktor lainnya). Beberapa sifat berkenaan dengan beberapa pencemar diantaranya adalah:

#### 1. Karbon Monoksida

Karbon Monoksida (CO) tidak berwarna, tidak berbau yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna. Utamanya, sumber dari CO adalah area metropolitan (berasal dari kendaraan bermotor). Ketika CO terhirup oleh manusia, secara cepat masuk ke aliran darah, kemudian masuk ke molekul hemoglobin darah. CO menggantikan tempat oksigen pada hemoglobin yang akan menyuplai oksigen ke otak, sehingga otak kekurangan suplai oksigen. Pada konsentrasi rendah, CO dapat mempengaruhi fungsi mental dan mengurangi daya penglihatan dan kepekaan. CO pun dapat merusak fungsi jantung dengan cara melemahkan kontraksi jantung, yang akibatnya akan mengurangi suplai darah keseluruhan tubuh manusia. Jika dihirup oleh orang yang mempunyai masalah jantung, akibatnya akan mengurangi kemungkinan pulih dari serangan jantung. CO juga dapat mempengaruhi kesehatan manusia yang mempunyai masalah paru-paru, anemia, dan otak.

#### 2. Nitrogen Oksida

Oksidasi nitrogen biasanya terjadi pada proses pembakaran temperatur tinggi dan terjadi pada luasan sempit dalam pabrik kimia. Pengukuran pencemar NO pada atmosfer sangat sulit dilakukan karena keterbatasan teknologi. Pengalaman menunjukkan bahwa dalam beragam bentuk, oksidasi nitrogen dapat mempengaruhi manusia seperti halnya dapat mempengaruhi material dan tumbuhan. Biasanya efek dari NO dapat membahayakan manusia yang bekerja sebagai pemadam kebakaran, tukang las, pekerja tambang, kimiawan, dan pekerja industri. Pada level rendah,  $\text{NO}_2$  dapat menyebabkan *bronchitis* akut dan penyakit *pneumonia*. Kelompok pencemar yang dikenal dengan nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) dapat mempengaruhi jaringan pada paru-paru dan mengurangi efek kebal terhadap penyakit influenza (dicobakan pada hewan). Jika NO bersama dengan Hidrokarbon dalam atmosfer bersama-sama dengan sinar matahari akan

mengalami proses kimia dan menghasilkan oksidan baru yang dikenal dengan oksidan fotokimia atau “smog” berupa kabut bercampur asap. Kelas dari pencemar udara ini dapat mengganggu organ pernafasan dan menyebabkan iritasi terhadap mata.

3. Hidrokarbon

Hidrokarbon mengacu pada kelas dari campuran molekul-molekul yang mengandung hidrogen dan karbon. Hidrokarbon umumnya ditemukan pada atmosfer di perkotaan yang termasuk di dalamnya campuran seperti Metana ( $\text{CH}_4$ ), etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propane ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), Etilena ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), Propilena ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ), dan Asetilena ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ). Kendaraan bermotor merupakan penyumbang utama emisi Hidrokarbon, dan selebihnya dari berbagai industri seperti industri solvent cat, pencucian pakaian, dan proses lain juga dari pemasaran bensin. Walaupun tidak terdapat efek buruk terhadap kesehatan manusia secara langsung, namun pencemar ini dapat mengalami reaksi kimia yang memproduksi oksidan fotokimia.

4. Oksidan Fotokimia

Oksidan fotokimia tidak dipancarkan langsung ke atmosfer, namun melalui proses panjang dan rumit dari serangkaian reaksi kimia yang dimulai ketika hidrokarbon dan oksidasi nitrogen mendapat paparan sinar matahari. Ozon ( $\text{O}_3$ ), peroksisil nitrat (PAN), formaldehida, akrolein, nitrogen peroksida, dan peroksida organik merupakan bentuk-bentuk dari oksidan ini. Oksidan fotokimia, dapat merusak penglihatan, menyebabkan perih di mata (mata berair) dan peradangan, juga dapat menyebabkan kelainan fungsi paru-paru. Komponen utama dari oksidan fotokimia adalah ozon, yang dapat mengganggu fungsi dari semua selaput lendir. Pada konsentrasi tertentu, oksidan fotokimia dibuktikan dapat menyebabkan asma.

5. Partikulat (Debu)

Partikulat atau partikel atau *Total Suspended Particulates* (TSP) adalah total massa partikel cairan atau padatan yang terkandung di udara, seperti jelaga, asap, kabut, dan spray. Pencemar ini termasuk di dalamnya bermacam material tidak beracun seperti pasir dan kotoran dan juga material beracun seperti berilium, asbestos, bahan penyebab kanker berupa campuran organik, dan yang mengandung sulfat dan nitrat. Partikel yang berada di atmosfer biasanya muncul dari pembakaran bahan bakar fosil, seperti batubara dan minyak bumi, yang terkandung di dalamnya besi dan unsur lainnya. Ketika dibakar, unsur-unsur tersebut membentuk partikel padat kecil. Timbulan partikel tersuspensi di atmosfer berkisar antara 0.1 sampai 10 mikron. Partikel yang berukuran tersebut cukup kecil untuk dapat masuk ke paru-paru, yang dapat menyebabkan kerusakan sementara (temporer) atau tetap. Kerusakan (radang) terbatas pada permukaan kerongkongan dan paru-paru. Partikel dapat mempengaruhi tubuh baik dari sisi mengurangi kekebalan tubuh terhadap infeksi dan bahan kimia penyebab kanker ataupun penyakit lainnya. Ketika terhirup dapat menyebabkan keracunan, mempengaruhi syaraf dan darah yang menyebabkan kerusakan paru-paru. Studi epidemiologi menyatakan bahwa terdapat hubungan antara polusi udara yang didalamnya mengandung sulfur dioksida dan efek kesehatan manusia.

6.  $\text{PM}_{10}$  (partikel < 10  $\mu\text{m}$ )

$\text{PM}_{2.5}$  (partikel < 2.5  $\mu\text{m}$ )

## 7. Dust fall (Debu Jatuh)

Secara sederhana partikulat dapat diartikan sebagai salah satu substansi yang selalu ada dalam udara dan berpotensi mencemari udara. Udara itu sendiri secara umum adalah salah satu faktor pendukung kehidupan di muka bumi dan merupakan campuran gas-gas oksigen, nitrogen, dan gas lainnya. Akan tetapi komponen-komponen yang terdapat dalam udara ambien bukan hanya terbatas pada bentuk gas saja, melainkan terkandung juga di dalamnya zat-zat lain yaitu uap air dan partikulat.

Pendapat lain, partikulat adalah zat padat/cair yang halus dan tersuspensi di udara, misalnya embun debu, asap, fumes, dan fog. Debu adalah zat padat berukuran 0,1-25 mikron, sedangkan fumes adalah zat padat hasil kondensasi gas yang biasanya terjadi setelah proses penguapan logam cair. Dengan demikian fumes berukuran sangat kecil yakni kurang dari 1,0 mikron. Asap adalah karbon (C) yang berdiameter kurang dari 0,1 mikron, akibat dari pembakaran hidrat karbon yang kurang sempurna, demikian pula halnya dengan jelaga. Maka partikulat ini dapat terdiri dari zat organik dan anorganik. Sumber alamiah partikulat atmosfer adalah debu yang memasuki atmosfer karena terbawa angin. Sumber artifisial debu terutama adalah pembakaran (batubara, minyak bumi, dan lain-lain) yang dapat menghasilkan jelaga (partikulat yang terdiri dari karbon dan zat lain yang melekat padanya). Sumber lain adalah segala proses yang menimbulkan debu seperti pabrik semen, industri metalurgi, industri konstruksi, industri bahan makanan dan juga kendaraan bermotor.

Menurut WHO besarnya ukuran partikel debu yang dapat masuk kedalam saluran pernafasan manusia adalah yang berukuran 0,1  $\mu\text{m}$  sampai 10  $\mu\text{m}$  dan berada sebagai suspended particulate matter (partikulat melayang dengan PM ukuran  $\leq 10 \mu\text{m}$  dan dikenal dengan nama PM<sub>10</sub>).

Dampak yang ditimbulkan PM<sub>10</sub> biasanya bersifat akut pada saluran pernafasan bagian bawah seperti pneumonia dan bronchitis baik pada anak-anak maupun pada orang dewasa.

Salah satu partikulat yang penting dapat menyebabkan ISPA adalah mist asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Zat ini dapat mengiritasi membran mukosa saluran pernafasan dan menimbulkan bronco konstriksi karena sifatnya yang iritan. Hal ini dapat merusak terhadap saluran pertahanan pernafasan (bulu hidung, silia, selaput lendir) sehingga dengan rusaknya pertahanan pernafasan ini kuman dengan mudah dapat masuk kedalam tubuh dan menimbulkan penyakit infeksi saluran nafas akut.

## 8. Total Flourida (sebagai F)

## 9. Indeks Flour

## 10. Klorine dan Klorine dioksida

Klor (bahasa Yunani: *Chloros*, "hijau pucat"), adalah unsur kimia dengan simbol Cl dan nomor atom 17. Dalam tabel periodik, unsur ini termasuk kelompok halogen atau grup 17 (sistem lama: VII or VIIA). Dalam bentuk ion klorida, unsur ini adalah pembentuk garam dan senyawa lain yang tersedia di alam dalam jumlah yang sangat berlimpah dan diperlukan untuk pembentukan hampir semua bentuk kehidupan, termasuk manusia.

Dalam bentuk gas, klorin berwarna kuning kehijauan, dan sangat beracun. Dalam bentuk cair atau padat, klor sering digunakan sebagai oksidan, pemutih, atau desinfektan.

#### 11. Indeks Sulfat

Ion sulfat merupakan sejenis anion poliatom dengan rumus empiris  $\text{SO}_4^{2-}$  dengan massa molekul 96.06 satuan massa atom; ia terdiri dari atom pusat sulfur dikelilingi oleh empat atom oksigen dalam susunan tetrahedron. Ion sulfat bermuatan cas dua negatif dan merupakan basa konjugat ion hidrogen sulfat (bisulfat),  $\text{HSO}_4^-$ , yaitu bes konjugat asam sulfat,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Terdapat sulfat organik seperti dimetil sulfat yang merupakan senyawa kovalen dengan rumus  $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{SO}_2$ , dan merupakan ester asam sulfat.

kebanyakan sulfat sangat larut dalam air. Kecuali dalam kalsium sulfat, stronsium sulfat dan barium sulfat, yang tak larut. Barium sulfat sangat berguna dalam analisis gravimetri sulfat: penambahan barium klorida pada suatu larutan yang mengandung ion sulfat. Kelihatan endapan putih, yaitu barium sulfat menunjukkan adanya anion sulfat.

Ion sulfat bisa menjadi satu ligan menghubungkan mana-mana satu dengan oksigen (monodentat) atau dua oksigen sebagai jambatan. Contoh ialah molekul logam netral kompleks  $\text{PtSO}_4\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_{32}$ , di mana ion sulfat berperan sebagai ligan bidentat. Ikatan oksigen-logam dalam molekul sulfat kompleks mempunyai ciri kovalen. Sulfat berwujud sebagai zat mikroskopik (aerosol) hasil dari pembakaran bahan bakar fosil dan biomassa. Apa yang dihasilkan menambah keasaman atmosfer dan mengakibatkan hujan asam.

#### 12. Pb (Timah hitam)

Berbagai jenis kendaraan bermotor menghasilkan asap yang ternyata mengandung salah satu unsur logam yaitu Timah hitam atau Plumbum (Pb). Pb ini berterbangan bersama asap menyebar dibawa angin ke areal perkebunan sekitarnya yang ditanami berbagai sayuran diantaranya bayam, kangkung caisim dan tanaman lain diantaranya teh. Akibatnya ternyata sayuran tersebut tidak layak untuk dimakan karena kandungan Timah hitamnya telah melebihi ambang batas yang ditetapkan WHO yaitu sebesar 2 ppm untuk berat basah dan 2,82 untuk berat kering.

Pencemaran Pb bisa juga terjadi di tempat peleburan timah dari pengolahan accu bekas, atau pembuangan batu batrei yang sembarangan, limbah percetakan, bahkan diduga ada pipa air yang terbuat dari besi mengandung timah hitam. Bila pipa itu digunakan untuk instalasi air bersih, maka akibatnya air bersih pun tercemar Pb. Cat yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari pun tak luput dari kandungan Pb.

Selain melalui udara pencemaran Pb ini bisa terjadi melalui air, sampah yang mengandung Pb seperti batu baterei sebagian besar mengalami proses penyerapan dengan bantuan air hujan, meresap ketanah mencemari air bersih dalam tanah, yang akhirnya masuk ke badan air. Badan air yang mengandung Pb digunakan mencuci sayuran hasil panen di perkebunan sebelum dipasarkan. Gejala keracunan Pb sangat bervariasi, diantaranya sesak nafas, kejang kejang, mata perih dan berair, biasanya keracunan memalui asap yang mengandung Pb. Gejala lain adalah pucat, kurus, anemia, lemah. Gejala yang lebih parah adalah pertumbuhan fisik dan mental mengalami keterlambatan ( retardasi mental) atau dapat pula penyimpangan tingkah laku seperti sulit

berkonsentrasi dan hipetraktif. Keracunan kronis pada orang dewasa ditandai dengan hipertensi, kolik, sering sakit pada saluran pencernaan. Gejala yang khas adalah timbulnya garis hitam pada gusi sebagai akibat terbentuknya PbS (Timbal Sulfat). Dampak yang ditimbulkan akibat Pb meracuni tubuh, diantaranya Pb akan berakumulasi didalam ginjal, otak, hati, gigi dan tulang. Bahkan Pb inipun diedarkan keseluruh tubuh melalui darah. Akibatnya bisa menimbulkan kanker, mengganggu pembentukan haemoglobin, menurunkan kecerdasan, dan lebih parah lagi kematian.

Tingkat keracunan diukur melalui pemeriksaan darah dan urine seberapa besar terdapat kandungan Pb nya. Bila Konsentrasi Pb dibawah 15 mikrogram per desiliter, belum menimbulkan gejala keracunan. Pada Konsentrasi 15 sampai 25 mikrogram per desiliter gejala awal mulai timbul seperti nafsu makan berkurang, sulit tidur dll. Bila mencapai 50 mikrogram per desiliter akan terjadi kerusakan otak. Untuk membantu melancarkan pembuangan Pb dalam ginjal dianjurkan mengkonsumsi lebih banyak makanan mengandung Vitamin C.

#### 13. Sulfur Oksida

Oksidasi sulfur termasuk didalamnya sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ), dimana keduanya dapat berubah bentuk menjadi asam sulfur ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Di Negara-negara industri (seperti AS), lebih dari 95% sulfur oksida berasal dari pembakaran batubara dan minyak yang digunakan untuk menghasilkan panas dan listrik. Bahan bakar fosil ini mengandung sulfur dalam kisaran 1 sampai 3% dalam bentuk sulfida anorganik dan sulfur yang mengandung campuran organik. Sulit sekali untuk memilah sulfur sebelum dibakar dan sulit juga untuk memisahkannya setelah pembakaran, karena bentuk sulfur berbentuk gas sulfur dioksida dan sulfur trioksida pada suhu tinggi. Di sebagian besar kota-kota di AS, peningkatan jumlah kematian disebabkan oleh konsentrasi  $\text{SO}_2$  dan partikel di atmosfer yang tinggi.

#### 14. Amonia ( $\text{NH}_3$ )

Amonia adalah senyawa kimia dengan rumus  $\text{NH}_3$ . Biasanya senyawa ini didapati berupa gas tak berwarna dengan bau tajam yang khas (disebut bau amonia). Walaupun amonia memiliki sumbangan penting bagi keberadaan nutrisi di bumi, amonia sendiri adalah senyawa kaustik dan dapat merusak kesehatan. Umumnya memberikan batas 15 menit bagi kontak dengan amonia dalam gas berkonsentrasi 35 ppm volum, atau 8 jam untuk 25 ppm volum. Kontak dengan gas amonia berkonsentrasi tinggi dapat menyebabkan kerusakan paru-paru dan bahkan kematian. Sekalipun amonia diatur sebagai gas tak mudah terbakar, amonia masih digolongkan sebagai bahan beracun jika terhirup, dan pengangkutan amonia berjumlah lebih besar dari 3.500 galon (13,248 L) harus disertai surat izin. Amonia yang digunakan secara komersial dinamakan *amonia anhidrat*. Istilah ini menunjukkan tidak adanya air pada bahan tersebut. Karena amonia mendidih di suhu  $-33\text{ }^\circ\text{C}$ , cairan amonia harus disimpan dalam tekanan tinggi atau temperatur amat rendah. Walaupun begitu, kalor penguapannya amat tinggi sehingga dapat ditangani dengan tabung reaksi biasa di dalam sungkup asap. "Amonia rumah" atau *amonium hidroksida* adalah larutan  $\text{NH}_3$  dalam air. Konsentrasi larutan

tersebut diukur dalam satuan baumé. Produk larutan komersial amonia berkonsentrasi tinggi biasanya memiliki konsentrasi 26 derajat baumé (sekitar 30 persen berat amonia pada 15.5 °C). Amonia yang berada di rumah biasanya memiliki konsentrasi 5 hingga 10 persen berat amonia. Amonia umumnya bersifat basa ( $pK_b=4.75$ ), namun dapat juga bertindak sebagai asam yang amat lemah ( $pK_a=9.25$ ).

#### 15. Hidrogen Sulfida ( $H_2S$ )

Gas  $H_2S$  adalah rumus kimia dari gas Hidrogen Sulfida yang terbentuk dari 2 unsur Hidrogen dan 1 unsur Sulfur. Satuan ukur gas  $H_2S$  adalah PPM (part per million). Gas  $H_2S$  disebut juga gas telur busuk, gas asam, asam belerang atau uap bau. Gas  $H_2S$  terbentuk akibat adanya penguraian zat-zat organik oleh bakteri. Oleh karena itu gas ini dapat ditemukan di dalam operasi pengeboran minyak /gas dan panas bumi, lokasi pembuangan limbah industri, peternakan atau pada lokasi pembuangan sampah.

Gas  $H_2S$  mempunyai sifat dan karakteristik antara lain : Tidak berwarna tetapi mempunyai bau khas seperti telur busuk pada konsentrasi rendah sehingga sering disebut sebagai gas telur busuk. Merupakan jenis gas beracun. Dapat terbakar dan meledak pada konsentrasi LEL (*Lower Explosive Limit*) 4.3% (43000 PPM) sampai UEL (*Upper Explosive Limite*) 46% (460000 PPM) dengan nyala api berwarna biru pada temperature 500 °F (260 °C). Berat jenis gas  $H_2S$  lebih berat dari udara sehingga gas  $H_2S$  akan cenderung terkumpul di tempat / daerah yang rendah. Berat jenis gas  $H_2S$  sekitar 20 % lebih berat dari udara dengan perbandingan berat jenis  $H_2S$  adalah 1.2 atm dan berat jenis udara : 1 atm.  $H_2S$  dapat larut (bercampur) dengan air (daya larut dalam air 437 ml/100 ml air pada 0 °C; 186 ml/100 ml air pada 40 °C).  $H_2S$  bersifat korosif sehingga dapat mengakibatkan karat pada peralatan logam.

#### 16. $O_3$ (oksida)

### 3.2. Pencemar Yang Dipilih sebagai Parameter Kualitas Udara

Dari beberapa parameter yang dijelaskan di atas, dipilih enam pencemar yang akan dijadikan parameter, yaitu : Sulfur dioksida ( $SO_2$ ), Nitrogen dioksida ( $NO_2$ ), Oksidan ( $O_x$ ), Partikulat Matter ( $PM_{10}$ ), Amonia ( $NH_3$ ), dan Hidrogen Sulfida ( $H_2S$ ). Landasan pemilihan pencemar ini berdasarkan Peraturan Pemerintah RI Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara dengan mempertimbangkan:

1. Waktu pengukuran yang dilakukan
2. Keterwakilan satu parameter terhadap beberapa parameter
3. Biaya pengukuran yang ingin direduksi

Pemilihan pencemar ini pun berdasarkan fakta bahwa tujuh pencemar tersebut seringkali diukur oleh dinas/instansi, perusahaan/pabrik yang akan melakukan studi lingkungan baik insidental maupun berkala. Sehingga perolehan data untuk perhitungan Indeks bisa saja dengan menggunakan data dari dinas/instansi atau perusahaan/pabrik tersebut dan dikombinasikan dengan pengambilan sampel langsung oleh Pemerintah ketika akan menghitung nilai Indeks lingkungan.



**Tabel 3.1. Baku Mutu Lingkungan untuk ke Tujuh Parameter Udara**

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Tolak Ukur
1	Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	900	PP RI No. 41 Tahun 1999
2	Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	400	
3	Oksidan (O <sub>x</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	235	
4	PM <sub>10</sub>	µg/Nm <sup>3</sup>	150	
5	Amonia (NH <sub>3</sub> )	µg/Nm <sup>3</sup>	1360	
6	Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	µg/Nm <sup>3</sup>	42	

Sumber: PP RI No. 41 tahun 1999

### **3.3. Tata Cara Pengambilan Contoh Udara**

#### **3.3.1. Perbandingan *Passive Sampling*, *Active Sampling*, dan *Continue Sampling***

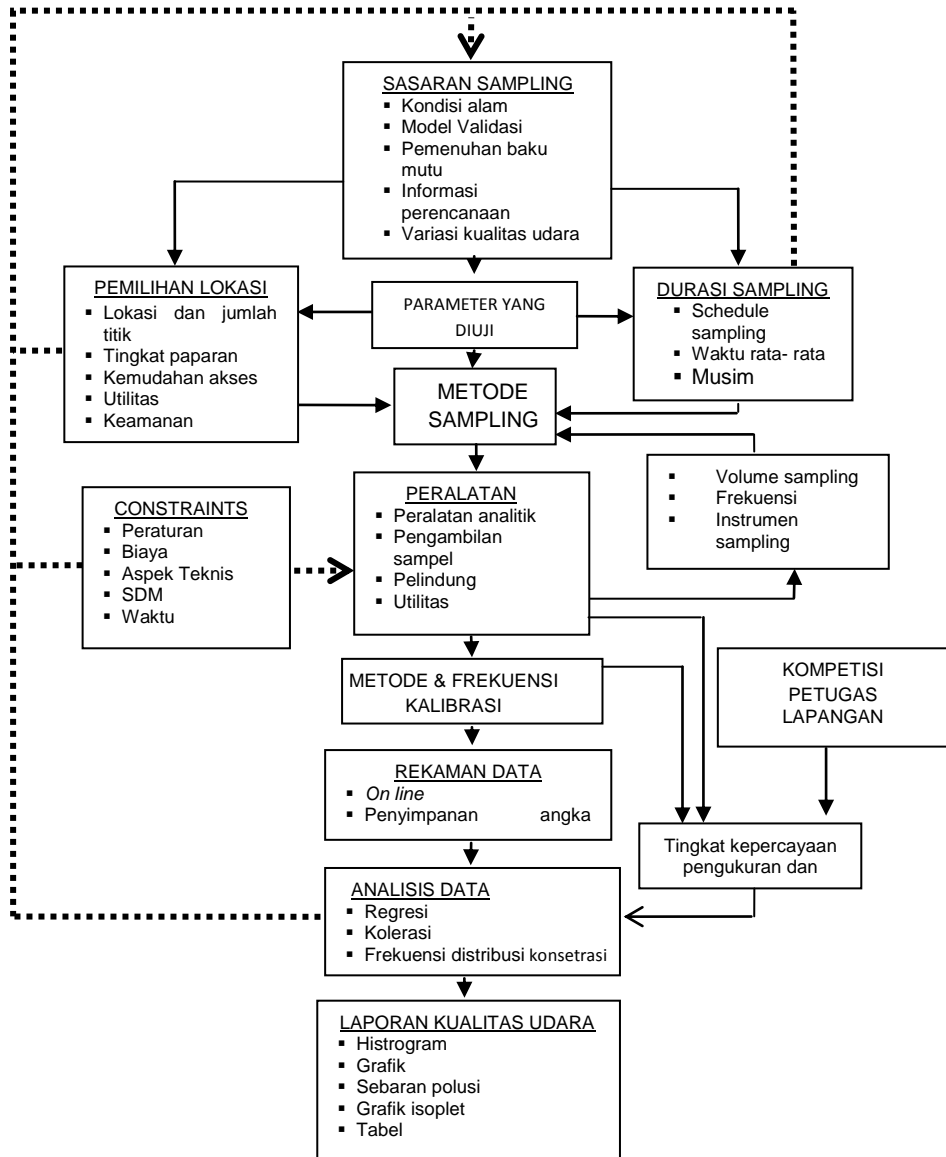
Jika kita teliti dan perhatikan, polutan di atmosfer dipengaruhi oleh iklim dan bahan kimia yang ada di udara tersebut. Bahan kimia tersebut dapat bersumber dari limbah udara perumahan, transportasi, industri ataupun sumber lainnya. Bahan kimia yang ada di udara tersebut akan menyebabkan kualitas udara menurun, terutama bagi kesehatan. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu monitoring udara pada banyak tempat dan sesering mungkin. Polutan dapat diukur dengan beberapa cara, dari pengukuran secara fisik dan kimia yang sederhana maupun pengukuran yang cukup rumit dengan metode elektronik, tetapi semua itu intinya satu, yaitu untuk mengetahui ambient polutan pada tempat tertentu dan waktu tertentu. Pada garis besarnya ada tiga metode pengukuran yakni :

- a. *Passive Sampling*
- b. *Active Sampling*
- c. *Automatic Sampling*

Pada pengukuran Indeks Kualitas Udara Kabupaten/Kota maupun Propinsi tidak dibatasi apakah menggunakan *passive sampling*, *active sampling* maupun *Automatic Sampling*. Hal ini tergantung kemampuan masing-masing Kabupaten/Kota maupun Propinsi.

Apapun metode pengukuran yang dilakukan, diharapkan dapat memberikan status kualitas udara yang sebenarnya. Sehingga desain survey kualitas udara harus dilakukan sebaik mungkin dengan memperhatikan acuan metode pengukuran yang telah ditetapkan. Secara umum skema desain survey kualitas udara ambient diperlihatkan pada Gambar 3.1.

Berdasarkan Gambar 3.1, metode sampling yang akan digunakan harus mempertimbangkan aspek lokasi, durasi sampling, volume, dan frekuensi sampling. Setelah metode sampling yang terbaik telah ditentukan, selanjutnya mencari alat yang akan digunakan dengan mempertimbangkan peraturan, SDM, waktu, dan tentunya biaya yang dimiliki. Peralatan inilah salah satu yang akan mempengaruhi tingkat kepercayaan pengukuran dan hasilnya, disamping kompetensi petugas lapangan.



Gambar 3.1 Skema desain survey pemantauan kualitas udara ambient

### **a. Metode Passive Sampling**

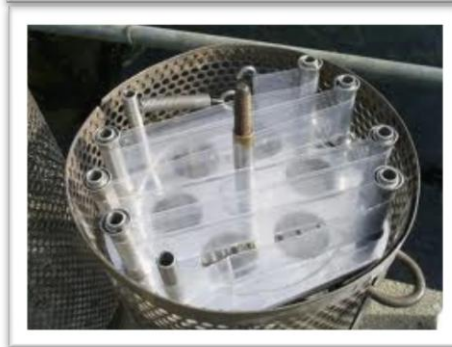
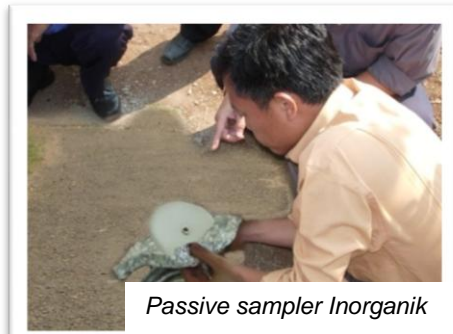
Dari tiga metode yang disebutkan di atas, metode *Passive Sampling* adalah metode yang paling murah dan paling sederhana untuk mengetahui kualitas udara, dan memberikan informasi umum tentang rata-rata konsentrasi polutan pada selang waktu tertentu mulai dari satu minggu sampai beberapa bulan. Disebut *Passive samplers* karena metode ini tidak mengukur akibat tekanan udara tetapi lebih mengukur pada aliran yang disebabkan proses fisik seperti proses difusi. Alat yang paling umum digunakan untuk *passive sampler* adalah *diffusion tubes*, dan umumnya untuk mengukur *nitrogen dioxide* and *benzene*. Tabung (dimana dengan panjang 71mm dan diameter 11mm). Pada tabung ini terdapat filter menyerap polutan yang kemudian diukur, dalam kasus pengukuran Nitrogen dioksida, digunakan *trihalomie* dimana mengkonversi Nitrogen dioksida menjadi nitrat dan nitrat ini di *trap* yang selanjutnya dianalisis di laboratorium. Pada ujung yang lain dari tabung tersebut menghadap ke bawah untuk menghindari masuknya debu dan air hujan. Untuk menjamin bahwa tabung tersebut tidak menangkap polutan setelah meninggalkan lokasi maka alat tersebut harus dibungkus selama perjalanan ke laboratorium.

Metode ini berbiaya rendah karena dapat digunakan pengukuran di banyak tempat pada suatu area dan ini sangat berguna dalam 'hotspots' pada wilayah dengan konsentrasi polutan yang tinggi dimana untuk mendapatkan data yang lebih detil perlu studi lanjutan. Hasil penelitian terbaru yang membandingkan pengukuran Nitrogen Dioksida dengan dengan Tabung difusi dan *automatic nitrogen dioxide analyzer* telah menunjukkan bahwa dengan tabung difusi cenderung overestimate pada tingkat 10%.

Jika dilihat dari jenis parameter yang diukurnya, metode *passive sampling* terbagi dalam dua kelompok yaitu *passive sampler* untuk gas dan *passive sampler* untuk partikulat. Saat ini penggunaan *passive sampler* untuk pengukuran polutan masih lebih sedikit dibanding metode aktif sampling. Namun demikian penggunaan *passive sampler* untuk gas saat ini sudah banyak dilakukan. Penggunaan *passive sampler* untuk partikulat jauh lebih sedikit lagi dibanding untuk pengukuran metode aktif sampling partikulat.

Alat *passive sampler* gas dapat berupa mangkuk *stainless steel* atau tabung, sedangkan untuk pengukuran partikulat adalah dalam bentuk *electret*.

Berikut contoh alat *passive sampler* untuk gas:



Saringan Passive Sampler



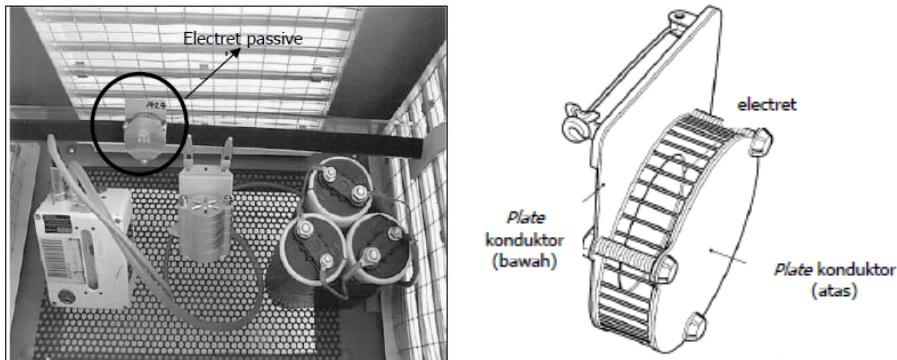
Gambar 3.2. Jenis-jenis alat *passive sampler* gas

Perhatikan gambar 3.2, penggunaan saringan untuk passive sampler adalah busa poliuretan (PUF) untuk sampling *persistent organic pollutant* (POPs). Contoh filter lainnya untuk metoda *passive sampler* gas adalah :

1. *HydraSleeve™ samplers*
2. *Snap Sampler™*
3. *Regenerated-Cellulose Dialysis Membrane Samplers*
4. *Nylon-Screen Passive Diffusion Sampler (NSPDS)*
5. *Passive Vapor Diffusion Samplers (PVDs)*
6. *Peeper Samplers*

7. *Polyethylene Diffusion Bag Samplers (PDBs)*
8. *Rigid Porous Polyethylene Samplers (RPPS)*
9. *Semi-Permeable Membrane Devices (SPMDs)*
10. *GORE™ Sober Module*
11. *Polar Organic Chemical Integrative Sampler (POCIS)*
12. *Passive In-Situ Concentration sampler (PISCES)*

Berikut contoh alat *passive sampler* untuk pengukuran partikulat:



Gambar 3.3. Jenis-jenis alat *passive sampler* partikulat

Perhatikan gambar 3.3, untuk *electret*, penggunaan saringan polimer yang dapat digunakan antara lain :

- *Polycyclohexyl Methacrylate (PCHMA)*
- *Polyethyl methacrylate (PEMA)*
- *Polymethylene (PE)*
- *Polypropylene (PP)*
- *Polyvinly chloride (PVDC)*
- *Polyvinly floride (PVF)*
- *Polyvinylidene Fluoride (PVF)*
- *Poliester (MELINEX)*
- *Polycarbonate*

Beberapa penyebab yang mengakibatkan ketidakakuratan metode ini adalah:

- Analisis Laboratorium
- Lokasi Tabung
- Kualitas Tabung
- Iklim

- Manusia

Biasanya, tabung Difusi paling sering digunakan untuk mengukur :

- *Nitrogen dioxide*
- *Benzene, toluene, xylene*
- *1,3 Butadiene*
- *Sulphur dioxide*
- Ozone

#### **b. Active Sampling Methods (semi-automatic)**

Metode *Active sampling* menggunakan metode fisik dan kimia untuk mengumpulkan sampel polutan. Metode ini umumnya menggunakan tekanan yang dikenal dengan volume udara melalui sebuah kolektor seperti sebuah filter atau cairan kimia untuk selang waktu tertentu. Kolektor selanjutnya diambil dan dianalisis di laboratorium. Sampel dapat dikumpulkan setiap hari. Untuk pengukuran yang pendek mempunyai nilai biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan metode otomatis. *Active sampling* dapat juga digunakan untuk waktu yang lebih panjang seperti dalam satu bulan. Metode *Active sampling* digunakan untuk mengukur

- SO<sub>2</sub> Menggunakan *bubbler samplers*
- NO<sub>2</sub>
- PM10 Menggunakan *gravimetric filter samplers*
- Lead

Partikulat atau debu adalah suatu benda padat yang tersuspensi di udara dengan ukuran dari 0,3  $\mu\text{m}$  sampai 100  $\mu\text{m}$ , berdasarkan besar ukuran partikulat (debu) ada dua bagian besar yaitu debu dengan ukuran lebih dari 10  $\mu\text{m}$  disebut dengan debu jatuh (*dust-fall*) sedang debu yang ukuran partikulatnya kurang dari 10  $\mu\text{m}$  disebut dengan Suspended Partikulate Matter (SPM). Debu yang ukurannya kurang dari 10  $\mu\text{m}$  ini bersifat melayang-layang di udara.

Peralatan yang dipakai untuk melakukan pengukuran debu SPM ada 4 jenis alat diantaranya :

#### **1. HVS (High Volume Sampler)**

Cara ini dikembangkan sejak tahun 1948 menggunakan filter berbentuk segi empat seukuran kertas A4 yang mempunyai porositas 0,3-0,4  $\mu\text{m}$  dengan kecepatan pompa berkisar 1.000-1.500 lpm. Pengukuran berdasarkan metoda ini untuk penentuan TSP (*Total Suspended Particulate*). Alat ini dapat digunakan selama 24 jam setiap pengambilan contoh udara ambient.

Cara operasional alat ini adalah sebagai berikut :

1. Panaskan kertas saring pada suhu 105°C, selama 30 menit.
2. Timbang kertas saring, dengan neraca analitik pada suhu 105 °C dengan menggunakan vinset (hati-hati jangan sampai banyak menyentuh tangan)

3. Pasangkan pada alat TSP, dengan membuka atap alat TSP. kemudian dipasangkan kembali atapnya.
4. Simpan alat HVS tersebut pada tempat yang sudah ditentukan sebelumnya.
5. Operasikan alat dengan cara, menghidupkan (pada posisi "On") pompa hisap dan mencatat angka flow ratenya (laju alir udara)
6. Matikan alat sampai batas waktu yang telah ditetapkan.
7. Ambil kertasnya, panaskan pada oven listrik pada suhu Timbang kertas saringnya.
8. Hitung kadar TSPnya sebagai  $\text{mg}/\text{NM}^3$
9. Metoda penggunaan alat ini bisa juga dilakukan, terhadap  $\text{pm}_{10}$  ataupun dilanjutkan dengan parameter logam.

Bentuk alat HVS dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini :

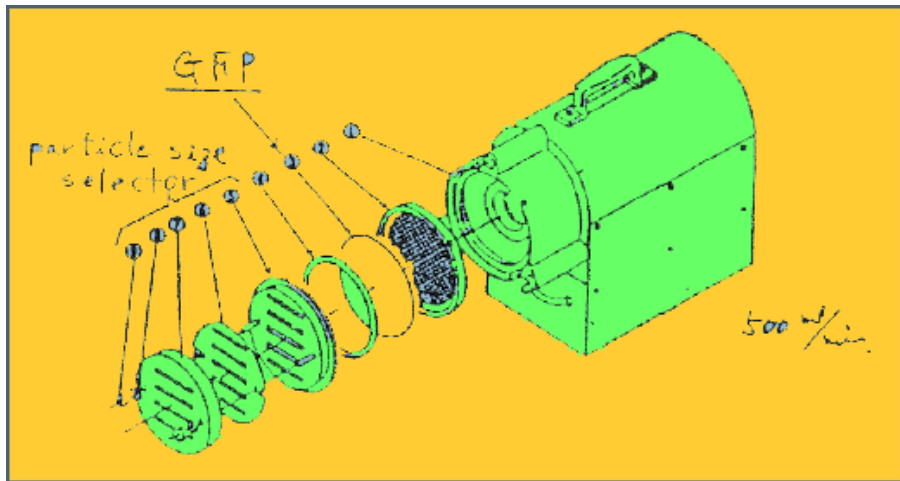


Gambar 3.4. High Volume Sampler

## 2. MVS (*Middle Volume Sampler*)

Metode ini menggunakan filter berbentuk lingkaran (bulat) dengan porositas 0,3-0,45  $\mu\text{m}$ , kecepatan pompa yang dipakai untuk penangkapan suspensi *particulate matter* ini adalah 50-500 lpm. Alat MVS dapat dilihat pada gambar 3.5.

Operasional alat ini sama dengan High Volume Sampler, hanya yang membedakan dari ukuran filter membrannya. HVS ukuran A4 persegi panjang, sedang MVS ukuran bulat diameter 12 cm.



Gambar 3.5. Middle Volume Sampler

## 3. LVS (*Low Volume Sampler*)

Cara ini menggunakan filter berbentuk lingkaran (bulat) dengan porositas 0,3-0,4  $\mu\text{m}$ , kecepatan pompa yang dipakai untuk penangkapan suspensi *particulate matter* ini adalah 10-30 lpm. Alat LVS dapat dilihat pada gambar 3.6.





Gambar 3.6. Low Volume Sampler

#### 4. Personil Sampler

Metoda ini dipakai untuk memantau partikulat yang langsung dipasang pada personil pekerja, biasanya *flow rate* udaranya sekitar 1,7 lpm dipasang pada body pekerja alat hisap dan *filter* dipasang dipinggang sedang selang penghisap dipasang dikrah baju pekerja. Dilakukan pengambilan sampel selama dia bekerja (misal selama 8 jam) filter yang dipakai berukuran porositas 0,3-0,45 um.



Gambar 3.7. Alat untuk *Personel sampler*

Dari keempat jenis metoda pengambilan atau pengukuran kualitas partikulat udara ambient, yang banyak dipakai dalam pengukuran sebagai parameter partikulat (*Total Suspended particulate/TSP*) dari kualitas udara ambient adalah metoda MVS yaitu *Medium Volume Sampler*. Hal ini karena metoda MVS ini Ukuran alat relatif lebih kecil, harga dan bahan alat lebih murah jika dibandingkan metoda HVS.

### c. *Automatic Sampling Methods (Continuous)*

Dengan menggunakan teknik ini, polutan secara kontinu dikumpulkan dan dianalisis setiap jam atau kurang. Sample dianalisis dengan cara *on-line* dalam waktu itu (*real time*) dan data disimpan dengan analisisnya atau terpisah dan mungkin data di*download* melalui modem untuk dianalisis. Hasil analisisnya sangat rinci dan dapat menggambarkan *traffic* aliran, kondisi iklim

setiap saat dan variable lainnya. Untuk menjamin data yang dihasilkan akurat dan realible maka diperlukan standart maintainen, kalibrasi, operasi yang tinggi. Oleh karena itu biaya yang diperlukan cukup tinggi.

Teknik ini dapat digunakan untuk mengukur

- Ozone
- Oxides of nitrogen
- Sulphur dioxide
- carbon monoxide
- PM10 particulates

Tabel 3.2 Perbandingan antara Metode Continuous dan Passive

No	Komponen	Metode <i>Continuous</i>	Metode <i>Passive Samplers</i>
1	Biaya	Sekitar 70 juta per sample polutan.	Sekitar 90 ribu untuk satu pengukuran NO <sub>2</sub> dan ozone, serta 350 ribu untuk benzene.
2	Kemampuan analisis polutan	Segala polutan dapat dimonitor, termasuk nitrogen oxides, ozone, hydrocarbons, particulates, and carbon monoxide.	Terbatas pada NO <sub>2</sub> , ozone and some hydrocarbons including benzene and toluene.

3	Tipe hasil	Outputnya secara kontinyu. Dapat menunjukkan nilai maksimum, minimum dan variasinya dalam satu hari	Nilai rata-rata pada selang waktu, biasanya setiap 4 minggu. Tidak dapat menunjukkan nilai maksimum dan minimum serta variasinya dalam satu hari.
4	Kemampuan untuk dibandingkan dengan aturan legal	Dapat dibandingkan hasilnya dengan semua aturan legal	<p>Hanya NO<sub>2</sub> yang dapat dibandingkan dengan European Community standards untuk tanaman.</p> <p>Paling tidak dibutuhkan waktu satu tahun pengukuran.</p> <p>Paling tidak telah ada data satu tahun untuk benzene.</p>

#### d. Tempat Alat Sampling (*Shelter*)

*Shelter* digunakan untuk melindungi alat *passive sampler* dari gangguan angin dan hujan. Bentuk *shelter* bermacam-macam sesuai dengan tujuan sampling dan bentuk alat *passive sampler* yang digunakan. Desain *shelter* musim hujan untuk *passive sampler* sudah pernah dilakukan, sebagian perhitungan pengukuran konsentrasi berat menunjukkan perbedaan antara *passive sampler* dan *active sampler*. Beberapa bentuk *shelter* dapat dilihat dari gambar 3.8.



Gambar 3.8. Beberapa bentuk *shelter* untuk alat *passive sampler* (gas dan partikel)

Dalam beberapa pengambilan sampel, *passive sampler* berhasil sebagai alat monitoring yang murah, berkaitan dengan fungsi *shelter*, namun beberapa peneliti menyarankan hal sebagai berikut:

- *Passive sampler* kurang efektif di musim hujan sehingga harus diberi pelindung dari hujan. *Deposition Velocity* partikel pada permukaan sangat sensitive pada *passive sampler*
- Penggunaan pelindung (*shelter*) pada *passive sampler* dapat meningkatkan kemampuan mengukur kadar PM pada udara ambien sehingga menunjukkan ketepatan dan ketelitian yang bisa diterima.

*Deposition Velocity* partikel pada permukaan sangat sensitive pada peralatan *passive sampler*. Pergerakan turbulensi udara dapat berpengaruh sehingga mengganggu akurasi pada *passive sampler*. Studi lapangan yang dilakukan sampai saat ini pada *passive sampler* sudah menggunakan berbagai variasi tempat perlindungan (*shelter*), tetapi Evaluasi Terowongan Angin (*T. Reda, personal communication*) sudah menunjukkan bahwa tempat perlindungan ini secara drastis meningkatkan *deposition velocity* dengan kecepatan angin yang relevan di atmosphere (8 dan 24 km/hr).

Sehingga bila memungkinkan, diperlukan disain dan pengujian suatu tempat perlindungan sederhana melindungi alat *passive sampler* sehingga meminimalkan pengaruh *deposition velocity*. Tempat perlindungan murah dibuat, untuk mencapai biaya yang hemat untuk penyebaran pada berbagai lokasi. Ketelitian dan ketepatan pasif sampler yang dinaungi harus dievaluasi dengan studi lapangan monitoring kondisi ambient secara aktual.

Performa *shelter* dalam kaitanya dengan akurasi pada pengukuran PM secara pasif sampler harus dikondisikan mengantisipasi kecepatan angin pada pengukuran ambien. Bila memungkinkan harus melakukan uji coba terowongan angin pada 0, 2, 8, dan 24 km/jam pada pasif sampler yang digelar *shelter*.

Penggunaan Mikroskop yang manual optikal maupun elektron dan piranti lunak untuk analisa partikel harus memperhitungkan konsentrasi PM 10-2.5 pada percobaan terowongan angin dengan menggunakan perhitungan *spreadsheet*.

Pendugaan PM 10-2.5 dengan *passive sampler* yang dinaungi akan dibandingkan pengukurannya dengan suatu yang ditempatkan pada *dichotomous sampler* dan *passive sampler* yang tidak dinaungi. "*The deposition model*" dikembangkan oleh Wagner dan Leith untuk menaksir konsentrasi masa dari pasif sampler dengan pengalaman berdasarkan test yang diselenggarakan dengan pasif sampler yang tidak dinaungi. *Passive sampler* yang tidak dinaungi diharapkan menghasilkan kesesuaian terbaik dengan aktif sampler.

Tiga replika *passive sampler* yang dinaungi akan dikondisikan pada kecepatan angin tertentu untuk menilai ketepatan. Tempat *shelter*, idealnya melindungi *passive sampler* dari tetesan langsung selama hujan. *Shelter* yang diajukan haruslah melindungi *passive sampler* dari tetesan embun selama tes hujan. Alat *passive sampler* yang diberi *shelter* akan diletakkan diluar ruangan dalam lokasi yang terpapar dan dipaparkan pada hujan dan angin. Sampler akan diperiksa secara visual, apakah terdapat embun atau tidak, selama dan setelah dipaparkan. Hasil inspeksi akan disimpan dalam log bersama dengan catatan tentang cuaca yang terjadi, seperti kabut, angin yang kencang, hujan angin dan lain-lain. Untuk mengambil kesimpulan dari pengujian ini, kemungkinan diperlukan untuk menganalisa menggunakan mikroskop untuk melihat integritas sample.

### 3.3.2. Prosedur Teknis Pengambilan contoh Udara

Pada prinsipnya, untuk penentuan lokasi pengambilan contoh uji, yang perlu diperhatikan adalah data yang diperoleh harus dapat mewakili daerah yang sedang dipantau, yang telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Titik Pemantauan Kualitas Udara Ambien ditetapkan dengan mempertimbangkan:

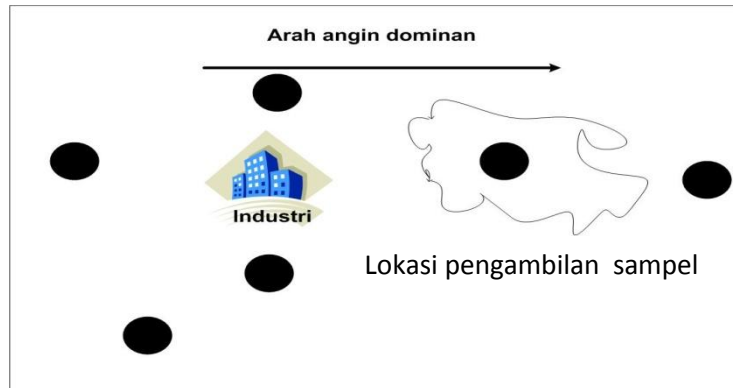
- a. Faktor Meteorologi (Arah dan Kecepatan Angin)
- b. Faktor Geografi seperti Topografi, dan
- c. Tata Guna Bangunan

Kriteria berikut ini dapat dipakai dalam penentuan suatu lokasi pemantauan kualitas udara ambient :

- a. Area dengan konsentrasi pencemar tinggi. Daerah yang didahulukan untuk dipantau hendaknya daerah - daerah dengan konsentrasi pencemar yang tinggi. Satu atau lebih stasiun pemantau mungkin dibutuhkan di sekitar daerah yang emisinya besar.
- b. Area dengan kepadatan penduduk yang tinggi, terutama ketika terjadi pencemaran yang berat.
- c. Di daerah sekitar lokasi penelitian yang diperuntukan untuk kawasan studi maka stasiun pengambil contoh uji perlu ditempatkan di sekeliling daerah/kawasan.
- d. Di daerah proyeksi. Untuk menentukan efek akibat perkembangan mendatang dilingkungannya, perlu juga ditempatkan di daerah- daerah yang diproyeksikan.
- e. Mewakili seluruh wilayah studi. Informasi kualitas udara di seluruh wilayah studi harus diperoleh agar kualitas udara diseluruh wilayah dapat dipantau (dievaluasi)

Beberapa petunjuk yang dapat digunakan dalam pemilihan titik pengambilan contoh uji adalah :

- a. Hindari tempat yang dapat merubah konsentrasi akibat adanya absorpsi, atau adsorpsi (seperti dekat dengan gedung-gedung atau pohon-pohonan).
- b. Hindari tempat dimana pengganggu kimia terhadap bahan pencemar yang akan diukur dapat terjadi: emisi dari kendaraan bermotor yang dapat mengotori pada saat mengukur ozon, amoniak, dari pabrik *refrigerant* yang dapat mengotori pada saat mengukur gas-gas asam.
- c. Hindari tempat dimana pengganggu fisika dapat menghasilkan suatu hasil yang mengganggu pada saat mengukur debu (*partikulat matter*) tidak boleh dekat dengan *incinerator* baik domestik maupun komersial, gangguan listrik terhadap peralatan pengambil contoh uji dari jaringan listrik tegangan tinggi.
- d. Letakan peralatan di daerah dengan gedung/bangunan yang rendah dan saling berjauhan.
- e. Apabila pemantauan bersifat kontinyu, maka pemilihan lokasi harus mempertimbangkan perubahan kondisi peruntukan untuk masa datang.



**Gambar 3.9. Skema penetapan lokasi pemantauan kualitas udara ambient**

Perhatikan gambar 3.9, pada arah angin dominan, lokasi pemantauan kualitas udara ambient minimum dua lokasi dengan mengutamakan daerah atau pemukiman atau tempat-tempat spesifik. Sedangkan pada arah angin lainnya minimum satu titik dengan kriteria penetapan lokasi seperti pada gambar 3.1. Data arah angin dapat merupakan data sekunder dari stasiun meteorologis terdekat atau data pengukuran langsung di lapangan. Sedangkan jarak lokasi pemantauan dari industri ditentukan berdasarkan hasil metode simulasi, pengamatan lapangan, pengukuran sesaat dan membuat *isopleths* nya.

Dari segi penempatan peralatan, peralatan pengambil contoh uji ditempatkan dengan persyaratan sebagai berikut:

- Letakan peralatan pengambil contoh uji pada daerah yang aman.
- Penempatan pengambilan contoh uji di atap bangunan dapat lebih baik untuk daerah dengan kepadatan penduduk/bangunan menegah sampai tinggi.
- Letakan di atap bangunan yang bersih dan tidak terpengaruh oleh emisi gas buang dari dapur, incinerator atau sumber lokal lainnya.

Penempatan *probe* atau tempat masuk contoh uji udara dilakukan sebagai berikut:

- Pada kondisi pemantauan kualitas udara ambient, *probe* harus ditempatkan pada jarak sekurang-kurangnya 15 m dari jalan raya.
- Ketinggian *probe* stasiun tetap antara 3 sampai 6 m sedangkan pengambilan contoh uji secara manual, ketinggian *probe* 1,5 m dari permukaan tanah.
- Untuk pengambilan contoh uji partikulat dilakukan minimal 2 m di atas permukaan tanah datar pada pinggir jalan raya.
- Probe* harus berjarak sekurang-kurangnya 15 m dari suatu sumber pengganggu dari stasiun pemantau.
- Probe* ditempatkan minimal 2 kali ketinggian gedung yang terdekat untuk stasiun pemantau.

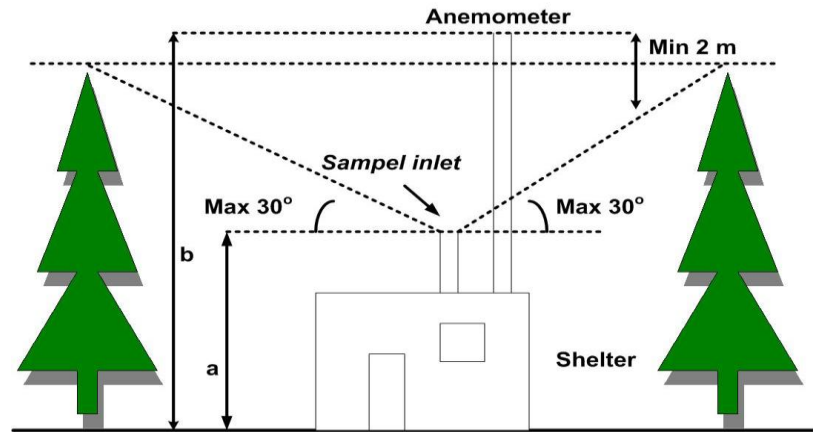


Untuk kondisi meteorologis yang meliputi arah angin, kecepatan angin, kelembaban dan temperatur. Penetapan lokasi pemantauan meteorologis harus memperhatikan hal-hal berikut ini.

**a. Ketentuan Lokasi Stasiun Pemantau yang Relatif dekat dengan Bangunan atau Pohon Tertinggi.**

Jika lokasi station pemantau relatif dekat dengan bangunan atau pohon, maka:

- Tinggi *probe* alat pemantau minimal 2,5 kali dari tinggi bangunan atau pohon tertinggi dan membentuk sudut  $30^\circ$  terhadap bangunan atau pohon tertinggi.
- minimal 2 meter lebih tinggi dari bangunan atau pohon tertinggi sekitarnya.
- Tinggi lokasi stasiun pemantau kondisi meteorologist minimal 10 meter dari permukaan tanah.



**Gambar 3.10 Lokasi Peralatan Pemantau Meteorologis yang Relatif Dekat Dengan Bangunan atau Pohon Tertinggi**

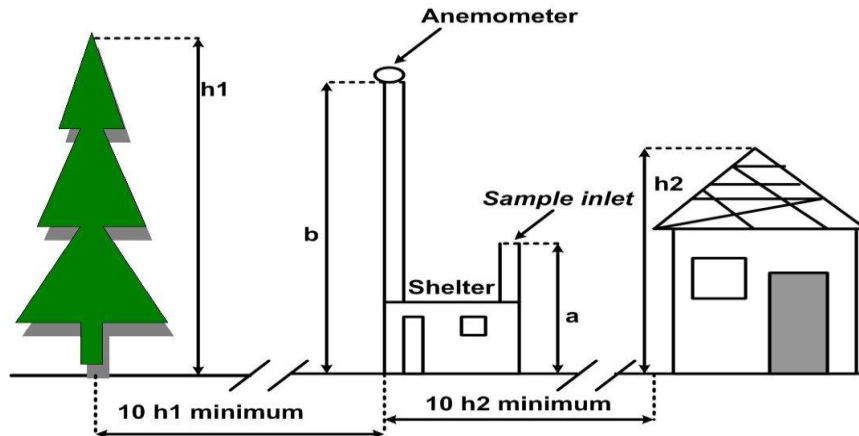
**Keterangan Gambar :**

a adalah tinggi *shelter* + 0,5 m (minimal 3m)

b adalah minimal 2,5 kali tinggi *sampel inlet* udara (minimal 10m)

**b. Ketentuan Lokasi Stasiun Pemantau yang Relatif Jauh dari bangunan atau Pohon Tertinggi (Jarak Stasiun ke Bangunan atau Pohon Tertinggi Minimal 10 kali Tinggi Bangunan atau Pohon Tertinggi)**

- Tinggi *probe* alat pemantau minimal 2,5 kali dari tinggi bangunan atau pohon tertinggi.
- Tinggi lokasi untuk penempatan stasiun pemantau kondisi meteorologis minimal 10 meter dari permukaan tanah.



**Gambar 3.11 Lokasi peralatan pemantau meteorologist yang relatif jauh dengan bangunan atau pohon tertinggi.**

**Keterangan gambar:**

a adalah tinggi shelter + 0,5m (minimal 3 m);

b adalah minimal 2,5 kali tinggi *sample inlet* udara (minimal 10m)

h1 adalah tinggi pohon

h2 adalah tinggi rumah

**3.3.3. Jumlah Pengambilan Sampel per Kabupaten/Propinsi**

Semakin besar sampel yang diambil, maka kemungkinan kesalahan pendugaan akan semakin kecil. Namun akan sangat sulit bahkan tidak mungkin kita mengambil sampel kualitas udara ambient secara keseluruhan, karena ruang sampelnya yang kontinu, berbeda dengan ketika mengambil sampel penduduk suatu tempat. Selain dari itu, akan sangat mahal jika kita terlalu banyak mengambil sampel. Penghematan biaya pengambilan sampel bisa dilakukan dengan mengkombinasikan data pengukuran primer ataupun sekunder. Lebih jelasnya dituliskan tahapan pengambilan sampel sebagai berikut:

Tahap pengambilan sampel terdiri dari beberapa kegiatan yaitu :

- a. Tahap pencarian data dan informasi yang berkaitan dengan studi
  - ❖ Persiapan dasar, berupa pengkajian data/informasi dan literatur yang telah ada, yang berkaitan dengan lingkup kajian dimana hasilnya dapat berupa asumsi dan hipotesa mengenai pelaksana pekerjaan yang direncanakan.
  - ❖ Mempersiapkan instrumen survey berupa :
    - Data-data dasar bagi studi yang sudah mempunyai data dan informasi materil yang diperlukan dalam tahap analisa.
    - Menyusun daftar data/informasi yang diperlukan.
    - instrumen dan peralatan lainnya.
  - ❖ Survey data instansional, berupa pengumpulan atau rekaman data dari instansi-instansi. Hasil yang diharapkan adalah uraian, data atau peta mengenai keadaan wilayah kajian secara keseluruhan dan keadaan disekitarnya.
- b. Studi Literatur

Studi literatur ini merupakan kegiatan kajian terhadap data awal yang dapat dikumpulkan dalam tahap pekerjaan persiapan. Dari hasil kajian ini maka disusun suatu rencana kerja yang baik agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan dengan lancar dan tepat waktu.
- c. Menyusun format pendataan

Setelah dilakukan kegiatan studi awal, maka dapat disusun suatu konsep format pendataan. Hal-hal yang penting dibahas dalam penyusunan ini antara lain adalah hasil studi literatur, data, dan informasi.
- d. Survey pengumpulan data

Pekerjaan pengumpulan data ini, berupa pengumpulan data sekunder dan data primer. Pekerjaan ini merupakan pekerjaan yang sangat penting, karena merupakan data dasar untuk menyusun suatu pedoman. Dengan demikian tahapan pekerjaan ini akan menjadi perhatian yang paling utama dalam pelaksanaan pekerjaan ini.

#### **Survey Primer**

Survey Primer adalah pencarian data yang di dapat langsung dari lapangan dengan mengamati objek-objek yang menjadi sasaran penelitian. Bentuk pengamatan berupa observasi lapangan dilakukan dengan mengamati kondisi eksisting wilayah kajian sebagai bahan perbandingan yang terdapat pada data sekunder. Karena keterbatasan biaya, setiap kabupaten minimal mengambil empat titik sampel (satu perumahan, satu lokasi pabrik, transportasi, satu pasar/keramaian untuk enam parameter yang telah ditetapkan, yaitu Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), Karbon Monoksida (O<sub>x</sub>), Particel Matter < 10 mm atau PM<sub>10</sub>, Amonia (NH<sub>3</sub>), dan Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S). Lokasi yang diambil tepat pada daerah

tersebut (misal pasar diambil lokasi sampling tengah pasar). Semuanya dilakukan dua kali ulangan yaitu ketika hujan dan kering. Jika terdapat lebih dari satu lokasi, maka diambil satu lokasi dengan cara acak (random) menggunakan tabel bilangan acak. Berikut jumlah sampling yang harus diambil untuk masing-masing kabupaten/kota/propinsi (Tabel 3.3), dengan dua kali ulangan.

Tabel 3.3. Jumlah Sampling masing-masing Propinsi dan Kabupaten

1	Banten			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Lebak	Rangkasbitung	4
	2	Kabupaten Pandeglang	Pandeglang	4
	3	Kabupaten Serang	Ciruas	4
	4	Kabupaten Tangerang	Tigaraksa	4
	5	Kota Cilegon	-	4
	6	Kota Serang	-	4
	7	Kota Tangerang	-	4
	8	Kota Tangerang Selatan	Ciputat	4
			<b>Total</b>	<b>32</b>
2	Jawa Barat			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Bandung	Soreang	4
	2	Kabupaten Bandung Barat	Ngamprah	4
	3	Kabupaten Bekasi	Cikarang	4
	4	Kabupaten Bogor	Cibinong	4
	5	Kabupaten Ciamis	Ciamis	4
	6	Kabupaten Cianjur	Cianjur	4
	7	Kabupaten Cirebon	Sumber	4
	8	Kabupaten Garut	Garut	4
	9	Kabupaten Indramayu	Indramayu	4
	10	Kabupaten Karawang	Karawang	4
	11	Kabupaten Kuningan	Kuningan	4
	12	Kabupaten Majalengka	Majalengka	4

	13	Kabupaten Purwakarta	Purwakarta	4
	14	Kabupaten Subang	Subang	4
	15	Kabupaten Sukabumi	Pelabuhanratu	4
	16	Kabupaten Sumedang	Sumedang	4
	17	Kabupaten Tasikmalaya	Singaparna	4
	18	Kota Bandung	Bandung	4
	19	Kota Banjar	Banjar	4
	20	Kota Bekasi	Bekasi	4
	21	Kota Bogor	Bogor	4
	22	Kota Cimahi	Cimahi	4
	23	Kota Cirebon	Cirebon	4
	24	Kota Depok	Depok	4
	25	Kota Sukabumi	Cisaat	4
	26	Kota Tasikmalaya	Tasikmalaya	4
			<b>Total</b>	<b>104</b>
3	Jawa Tengah			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Banjarnegara	Banjarnegara	4
	2	Kabupaten Banyumas	Purwokerto	4
	3	Kabupaten Batang	Batang	4
	4	Kabupaten Blora	Blora	4
	5	Kabupaten Boyolali	Boyolali	4
	6	Kabupaten Brebes	Brebes	4
	7	Kabupaten Cilacap	Cilacap	4
	8	Kabupaten Demak	Demak	4
	9	Kabupaten Grobogan	Purwodadi	4
	10	Kabupaten Jepara	Jepara	4
	11	Kabupaten Karanganyar	Karanganyar	4
	12	Kabupaten Kebumen	Kebumen	4
	13	Kabupaten Kendal	Kendal	4
	14	Kabupaten Klaten	Klaten	4

	15	Kabupaten Kudus	Kudus	4
	16	Kabupaten Magelang	Mungkid	4
	17	Kabupaten Pati	Pati	4
	18	Kabupaten Pekalongan	Kajen	4
	19	Kabupaten Pemalang	Pemalang	4
	20	Kabupaten Purbalingga	Purbalingga	4
	21	Kabupaten Purworejo	Purworejo	4
	22	Kabupaten Rembang	Rembang	4
	23	Kabupaten Semarang	Ungaran	4
	24	Kabupaten Sragen	Sragen	4
	25	Kabupaten Sukoharjo	Sukoharjo	4
	26	Kabupaten Tegal	Slawi	4
	27	Kabupaten Temanggung	Temanggung	4
	28	Kabupaten Wonogiri	Wonogoro	4
	29	Kabupaten Wonosobo	Wonosobo	4
	30	Kota Magelang	-	4
	31	Kota Pekalongan	-	4
	32	Kota Salatiga	-	4
	33	Kota Semarang	-	4
	34	Kota Surakarta	-	4
	35	Kota Tegal	-	4
			<b>Total</b>	<b>140</b>

4	Jawa Timur			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Bangkalan	Bangkalan	4
	2	Kabupaten Banyuwangi	Banyuwangi	4
	3	Kabupaten Blitar	Kanigoro [1]	4
	4	Kabupaten Bojonegoro	Bojonegoro	4
	5	Kabupaten Bondowoso	Bondowoso	4
	6	Kabupaten Gresik	Gresik	4
	7	Kabupaten Jember	Jember	4

	8	Kabupaten Jombang	Jombang	4
	9	Kabupaten Kediri	Kediri [2]	4
	10	Kabupaten Lamongan	Lamongan	4
	11	Kabupaten Lumajang	Lumajang	4
	12	Kabupaten Madiun	Madiun [3]	4
	13	Kabupaten Magetan	Magetan	4
	14	Kabupaten Malang	Kepanjen[4]	4
	15	Kabupaten Mojokerto	Mojokerto[5]	4
	16	Kabupaten Nganjuk	Nganjuk	4
	17	Kabupaten Ngawi	Ngawi	4
	18	Kabupaten Pacitan	Pacitan	4
	19	Kabupaten Pamekasan	Pamekasan	4
	20	Kabupaten Pasuruan	Pasuruan	4
	21	Kabupaten Ponorogo	Ponorogo	4
	22	Kabupaten Probolinggo	Kraksaan[6]	4
	23	Kabupaten Sampang	Sampang	4
	24	Kabupaten Sidoarjo	Sidoarjo	4
	25	Kabupaten Situbondo	Situbondo[7]	4
	26	Kabupaten Sumenep	Sumenep	4
	27	Kabupaten Trenggalek	Trenggalek	4
	28	Kabupaten Tuban	Tuban	4
	29	Kabupaten Tulungagung	Tulungagung	4
	30	Kota Batu[8]	-	4
	31	Kota Blitar	-	4
	32	Kota Kediri	-	4
	33	Kota Madiun	-	4
	34	Kota Malang	-	4
	35	Kota Mojokerto	-	4
	36	Kota Pasuruan	-	4
	37	Kota Probolinggo	-	4
	38	Kota Surabaya	-	4

			<b>Total</b>	<b>152</b>
5	Bali			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Badung	Badung	4
	2	Kabupaten Bangli	Bangli	4
	3	Kabupaten Buleleng	Singaraja	4
	4	Kabupaten Gianyar	Gianyar	4
	5	Kabupaten Jembrana	Negara	4
	6	Kabupaten Karangasem	Karangasem	4
	7	Kabupaten Klungkung	Klungkung	4
	8	Kabupaten Tabanan	Tabanan	4
	9	Kota Denpasar		4
			<b>Total</b>	<b>36</b>
6	Nusa Tenggara Timur			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Alor	Kalabahi	4
	2	Kabupaten Belu	Atambua	4
	3	Kabupaten Ende	Ende	4
	4	Kabupaten Flores Timur	Larantuka	4
	5	Kabupaten Kupang	Kupang	4
	6	Kabupaten Lembata	Lewoleba	4
	7	Kabupaten Manggarai	Ruteng	4
	8	Kabupaten Manggarai Barat	Labuan Bajo	4
	9	Kabupaten Manggarai Timur	Borong	4
	10	Kabupaten Ngada	Bajawa	4
	11	Kabupaten Nagekeo	Mbay	4
	12	Kabupaten Rote Ndao	Baa	4
	13	Kabupaten Sabu Raijua	Seba	4
	14	Kabupaten Sikka	Maumere	4
	15	Kabupaten Sumba Barat	Waikabubak	4



	16	Kabupaten Sumba Barat Daya	Tambolaka	4
	17	Kabupaten Sumba Tengah	Waibakul	4
	18	Kabupaten Sumba Timur	Waingapu	4
	19	Kabupaten Timor Tengah Selatan	Soe	4
	20	Kabupaten Timor Tengah Utara	Kefamenanu	4
	21	Kota Kupang	Kupang	4
			<b>Total</b>	<b>84</b>
7	Kalimantan Barat			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Bengkayang	Bengkayang	4
	2	Kabupaten Kapuas Hulu	Putussibau	4
	3	Kabupaten Kayong Utara	Sukadana	4
	4	Kabupaten Ketapang	Ketapang	4
	5	Kabupaten Kubu Raya	Sungai Raya	4
	6	Kabupaten Landak	Ngabang	4
	7	Kabupaten Melawi	Nanga Pinoh	4
	8	Kabupaten Pontianak	Mempawah	4
	9	Kabupaten Sambas	Sambas	4
	10	Kabupaten Sanggau	Sanggau	4
	11	Kabupaten Sekadau	Sekadau	4
	12	Kabupaten Sintang	Sintang	4
	13	Kota Pontianak	-	4
	14	Kota Singkawang	-	4
			<b>Total</b>	<b>56</b>
8	Kalimantan Selatan			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Balangan	Paringin	4
	2	Kabupaten Banjar	Martapura	4
	3	Kabupaten Barito Kuala	Marabahan	4
	4	Kabupaten Hulu Sungai Selatan	Kandangan	4

	5	Kabupaten Hulu Sungai Tengah	Barabai	4
	6	Kabupaten Hulu Sungai Utara	Amuntai	4
	7	Kabupaten Kotabaru	Kotabaru	4
	8	Kabupaten Tabalong	Tanjung	4
	9	Kabupaten Tanah Bumbu	Batulicin	4
	10	Kabupaten Tanah Laut	Pelaihari	4
	11	Kabupaten Tapin	Rantau	4
	12	Kota Banjarbaru	Banjarbaru Kota	4
	13	Kota Banjarmasin	Banjarmasi	4
			<b>Total</b>	<b>52</b>
9	Kalimantan Tengah			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Barito Selatan	Buntok	4
	2	Kabupaten Barito Timur	Tamiang	4
	3	Kabupaten Barito Utara	Muara Teweh	4
	4	Kabupaten Gunung Mas	Kuala Kurun	4
	5	Kabupaten Kapuas	Kuala Kapuas	4
	6	Kabupaten Katingan	Kasongan	4
	7	Kabupaten Kotawaringin Barat	Pangkalan Bun	4
	8	Kabupaten Kotawaringin Timur	Sampit	4
	9	Kabupaten Lamandau	Nanga Bulik	4
	10	Kabupaten Murung Raya	Purukcahu	4
	11	Kabupaten Pulang Pisau	Pulang Pisau	4
	12	Kabupaten Sukamara	Sukamara	4
	13	Kabupaten Seruyan	Kuala Pembuang	4
	14	Kota Palangka Raya	-	4
			<b>Total</b>	<b>56</b>
10	Kalimantan Timur			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Berau	Tanjungredep	4

	2	Kabupaten Bulungan	Tanjungselor	4
	3	Kabupaten Kutai Barat	Sendawar	4
	4	Kabupaten Kutai Kartanegara	Tenggarong	4
	5	Kabupaten Kutai Timur	Sanggata	4
	6	Kabupaten Malinau	Malinau	4
	7	Kabupaten Nunukan	Nunukan	4
	8	Kabupaten Paser	Tanah Grogot	4
	9	Kabupaten Penajam Paser Utara	Penajam	4
	10	Kabupaten Tana Tidung	Tideng Pale	4
	11	Kota Balikpapan	-	4
	12	Kota Bontang	-	4
	13	Kota Samarinda	-	4
	14	Kota Tarakan	-	4
			<b>Total</b>	<b>56</b>
11	Gorontalo			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Boalemo	Marisa/Tilamuta	4
	2	Kabupaten Bone Bolango	Suwawa	4
	3	Kabupaten Gorontalo	Gorontalo	4
	4	Kabupaten Gorontalo Utara	Kwandang	4
	5	Kabupaten Pohuwato	Marisa	4
	6	Kota Gorontalo	-	4
			<b>Total</b>	<b>24</b>
12	Sulawesi Selatan			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Bantaeng	Bantaeng	4
	2	Kabupaten Barru	Barru	4
	3	Kabupaten Bone	Watampone	4
	4	Kabupaten Bulukumba	Bulukumba	4
	5	Kabupaten Enrekang	Enrekang	4

	6	Kabupaten Gowa	Sunggu Minasa	4
	7	Kabupaten Jeneponto	Jeneponto	4
	8	Kabupaten Kepulauan Selayar	Benteng	4
	9	Kabupaten Luwu	Palopo	4
	10	Kabupaten Luwu Timur	Malili	4
	11	Kabupaten Luwu Utara	Masamba	4
	12	Kabupaten Maros	Maros	4
	13	Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan	Pangkajene	4
	14	Kabupaten Pinrang	Pinrang	4
	15	Kabupaten Sidenreng Rappang	Sidenreng	4
	16	Kabupaten Sinjai	Sinjai	4
	17	Kabupaten Soppeng	Watan Soppeng	4
	18	Kabupaten Takalar	Takalar	4
	19	Kabupaten Tana Toraja	Makale	4
	20	Kabupaten Toraja Utara	Rantepao	4
	21	Kabupaten Wajo	Sengkang	4
	22	Kota Makassar	-	4
	23	Kota Palopo	-	4
	24	Kota Parepare	-	4
			<b>Total</b>	<b>96</b>
13	Sulawesi Tenggara			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Bombana	Rumbia	4
	2	Kabupaten Buton	Bau-Bau	4
	3	Kabupaten Buton Utara	Buranga	4
	4	Kabupaten Kolaka	Kolaka	4
	5	Kabupaten Kolaka Utara	Lasusua	4
	6	Kabupaten Konawe	Unaaha	4
	7	Kabupaten Konawe Selatan	Andolo	4
	8	Kabupaten Konawe Utara	Wanggudu	4
	9	Kabupaten Muna	Raha	4

	10	Kabupaten Wakatobi	Wangi-Wangi	4
	11	Kota Bau-Bau	-	4
	12	Kota Kendari	-	4
			<b>Total</b>	<b>48</b>
14	Sulawesi Tengah			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Banggai	Luwuk	4
	2	Kabupaten Banggai Kepulauan	Banggai	4
	3	Kabupaten Buol	Buol	4
	4	Kabupaten Donggala	Donggala	4
	5	Kabupaten Morowali	Bungku	4
	6	Kabupaten Parigi Moutong	Parigi	4
	7	Kabupaten Poso	Poso	4
	8	Kabupaten Tojo Una-Una	Ampana	4
	9	Kabupaten Toli-Toli	Toli-Toli	4
	10	Kabupaten Sigi	Sigi Biromaru	4
	11	Kota Palu	-	4
			<b>Total</b>	<b>4</b>
15	Sulawesi Utara			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Bolaang Mongondow	Kotamobagu	4
	2	Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan	Bolaang Uki	4
	3	Kabupaten Bolaang Mongondow Timur	Tutuyan	4
	4	Kabupaten Bolaang Mongondow Utara	Boroko	4
	5	Kabupaten Kepulauan Sangihe	Tahuna	4
	6	Kabupaten Kepulauan Siau Tagulandang Biaro	Ondong Siau	4
	7	Kabupaten Kepulauan Talaud	Melonguane	4
	8	Kabupaten Minahasa	Tondano	4
	9	Kabupaten Minahasa Selatan	Amurang	4

	10	Kabupaten Minahasa Tenggara	Ratahan	4
	11	Kabupaten Minahasa Utara	Airmadidi	4
	12	Kota Bitung	-	4
	13	Kota Kotamobagu	-	4
	14	Kota Manado	-	4
	15	Kota Tomohon	-	4
			<b>Total</b>	<b>60</b>
16	Sulawesi Barat			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Majene	Majene	4
	2	Kabupaten Mamasa	Mamasa	4
	3	Kabupaten Mamuju	Mamuju	4
	4	Kabupaten Mamuju Utara	Pasangkayu	4
	5	Kabupaten Polewali Mandar	Polewali	4
			<b>Total</b>	<b>20</b>
17	Maluku			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Buru	Namlea	4
	2	Kabupaten Buru Selatan	Namrole	4
	3	Kabupaten Kepulauan Aru	Oobo	4
	4	Kabupaten Maluku Barat Daya	Tiakur	4
	5	Kabupaten Maluku Tengah	Masohi	4
	6	Kabupaten Maluku Tenggara	Tual	4
	7	Kabupaten Maluku Tenggara Barat	Saumlaki	4
	8	Kabupaten Seram Bagian Barat	Dataran Hunipopu	4
	9	Kabupaten Seram Bagian Timur	Dataran Hunimoa	4
	10	Kota Ambon	-	4
	11	Kota Tual	-	4
			<b>Total</b>	<b>44</b>
18	Maluku Utara			

	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Halmahera Barat	Jailolo	4
	2	Kabupaten Halmahera Tengah	Weda	4
	3	Kabupaten Halmahera Utara	Tobelo	4
	4	Kabupaten Halmahera Selatan	Labuha	4
	5	Kabupaten Kepulauan Sula	Sanana	4
	6	Kabupaten Halmahera Timur	Maba	4
	7	Kabupaten Pulau Morotai	Morotai Selatan	4
	8	Kota Ternate	-	4
	9	Kota Tidore Kepulauan	-	4
			<b>Total</b>	<b>36</b>
19	Papua			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Asmat	Agats	4
	2	Kabupaten Biak Numfor	Biak	4
	3	Kabupaten Boven Digoel	Tanah Merah	4
	4	Kabupaten Deiyai	Tigi	4
	5	Kabupaten Dogiyai	Kigamani	4
	6	Kabupaten Intan Jaya	Sugapa	4
	7	Kabupaten Jayapura	Sentani	4
	8	Kabupaten Jayawijaya	Wamena	4
	9	Kabupaten Keerom	Waris	4
	10	Kabupaten Kepulauan Yapen	Serui	4
	11	Kabupaten Lanny Jaya	Tiom	4
	12	Kabupaten Mamberamo Raya	Burmeso	4
	13	Kabupaten Mamberamo Tengah	Kobakma	4
	14	Kabupaten Mappi	Kepi	4
	15	Kabupaten Merauke	Merauke	4
	16	Kabupaten Mimika	Timika	4
	17	Kabupaten Nabire	Nabire	4

	18	Kabupaten Nduga	Kenyam	4
	19	Kabupaten Paniai	Enarotali	4
	20	Kabupaten Pegunungan Bintang	Oksibil	4
	21	Kabupaten Puncak	Ilaga	4
	22	Kabupaten Puncak Jaya	Kotamulia	4
	23	Kabupaten Sarmi	Sarmi	4
	24	Kabupaten Supiori	Sorendiweri	4
	25	Kabupaten Tolikara	Karubaga	4
	26	Kabupaten Waropen	Botawa	4
	27	Kabupaten Yahukimo	Sumohai	4
	28	Kabupaten Yalimo	Elelim	4
	29	Kota Jayapura		4
			<b>Total</b>	<b>116</b>
20	Papua Barat			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Fakfak	Fakfak	4
	2	Kabupaten Kaimana	Kaimana	4
	3	Kabupaten Manokwari	Manokwari	4
	4	Kabupaten Maybrat	Kumurkek	4
	5	Kabupaten Raja Ampat	Waisai	4
	6	Kabupaten Sorong	Sorong	4
	7	Kabupaten Sorong Selatan	Teminabuan	4
	8	Kabupaten Tambrau	Fef	4
	9	Kabupaten Teluk Bintuni	Bintuni	4
	10	Kabupaten Teluk Wondama	Rasiei	4
	11	Kota Sorong	-	4
			<b>Total</b>	<b>44</b>
21	Aceh			
	No.	Kabupaten/Kota	Pusat pemerintahan	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Aceh Barat	Meulaboh	4



	2	Kabupaten Aceh Barat Daya	Blangpidie	4
	3	Kabupaten Aceh Besar	Kota Jantho	4
	4	Kabupaten Aceh Jaya	Calang	4
	5	Kabupaten Aceh Selatan	Tapak Tuan	4
	6	Kabupaten Aceh Singkil	Singkil	4
	7	Kabupaten Aceh Tamiang	Karang Baru	4
	8	Kabupaten Aceh Tengah	Takengon	4
	9	Kabupaten Aceh Tenggara	Kutacane	4
	10	Kabupaten Aceh Timur	Idi Rayeuk	4
	11	Kabupaten Aceh Utara	Lhoksukon	4
	12	Kabupaten Bener Meriah	Simpang Tiga Redelo	4
	13	Kabupaten Bireuen	Bireuen	4
	14	Kabupaten Gayo Lues	Blang Kejeren	4
	15	Kabupaten Nagan Raya	Suka Makmue	4
	16	Kabupaten Pidie	Sigli	4
	17	Kabupaten Pidie Jaya	Meureudu	4
	18	Kabupaten Simeulue	Sinabang	4
	19	Kota Banda Aceh		4
	20	Kota Langsa		4
	21	Kota Lhokseumawe		4
	22	Kota Sabang		4
	23	Kota Subulussalam		4
			<b>Total</b>	<b>92</b>
22	Sumatera Utara			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Asahan	Kisaran	4
	2	Kabupaten Batubara	Limapuluh	4
	3	Kabupaten Dairi	Sidikalang	4
	4	Kabupaten Deli Serdang	Lubuk Pakam	4
	5	Kabupaten Humbang Hasundutan	Dolok Sanggul	4
	6	Kabupaten Karo	Kabanjahe	4

	7	Kabupaten Labuhanbatu	Rantau Prapat	4
	8	Kabupaten Labuhanbatu Selatan	Kota Pinang	4
	9	Kabupaten Labuhanbatu Utara	Aek Kanopan	4
	10	Kabupaten Langkat	Stabat	4
	11	Kabupaten Mandailing Natal	Panyabungan	4
	12	Kabupaten Nias	Gunung Sitoli	4
	13	Kabupaten Nias Barat	Lahomi	4
	14	Kabupaten Nias Selatan	Teluk Dalam	4
	15	Kabupaten Nias Utara	Lotu	4
	16	Kabupaten Padang Lawas	Sibuhuan	4
	17	Kabupaten Padang Lawas Utara	Gunung Tua	4
	18	Kabupaten Pakpak Bharat	Salak	4
	19	Kabupaten Samosir	Pangururan	4
	20	Kabupaten Serdang Bedagai	Sei Rampah	4
	21	Kabupaten Simalungun	Raya	4
	22	Kabupaten Tapanuli Selatan	Sipirok	4
	23	Kabupaten Tapanuli Tengah	Pandan	4
	24	Kabupaten Tapanuli Utara	Tarutung	4
	25	Kabupaten Toba Samosir	Balige	4
	26	Kota Binjai	Binjai Kota	4
	27	Kota Gunungsitoli	-	4
	28	Kota Medan	-	4
	29	Kota Padangsidempuan	-	4
	30	Kota Pematangsiantar	-	4
	31	Kota Sibolga	-	4
	32	Kota Tanjungbalai	-	4
	33	Kota Tebing Tinggi	-	4
			<b>Total</b>	<b>132</b>
23	Bengkulu			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Bengkulu Selatan	Kota Manna	4

	2	Kabupaten Bengkulu Tengah	Karang Tinggi	4
	3	Kabupaten Bengkulu Utara	Arga Makmur	4
	4	Kabupaten Kaur	Bintuhan - Kaur Selat	4
	5	Kabupaten Kepahiang	Kepahiang	4
	6	Kabupaten Lebong	Muara Aman	4
	7	Kabupaten Mukomuko	Mukomuko	4
	8	Kabupaten Rejang Lebong	Curup	4
	9	Kabupaten Seluma	Tais	4
	10	Kota Bengkulu	-	4
			<b>Total</b>	<b>40</b>
24	Jambi			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Batanghari	Muara Bulian	4
	2	Kabupaten Bungo	Muara Bungo	4
	3	Kabupaten Kerinci	Sungaipenuh	4
	4	Kabupaten Merangin	Bangko	4
	5	Kabupaten Muaro Jambi	Sengeti	4
	6	Kabupaten Sarolangun	Sarolangun	4
	7	Kabupaten Tanjung Jabung Barat	Kuala Tungkal	4
	8	Kabupaten Tanjung Jabung Timur	Muara Sabak, Tanjung Jabung Timur	4
	9	Kabupaten Tebo	Muara Tebo	4
	10	Kota Jambi	-	4
	11	Kota Sungai Penuh	-	4
			<b>Total</b>	<b>44</b>
25	Riau			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Bengkalis	Bengkalis	4
	2	Kabupaten Indragiri Hilir	Tembilahan	4
	3	Kabupaten Indragiri Hulu	Rengat	4
	4	Kabupaten Kampar	Bangkinang	4

	5	Kabupaten Kuantan Singingi	Teluk Kuantan	4
	6	Kabupaten Pelalawan	Pangkalan Kerinci	4
	7	Kabupaten Rokan Hilir	Ujung Tanjung (de juree), Bagan Sia api (de facto)	4
	8	Kabupaten Rokan Hulu	Pasir Pengaraian	4
	9	Kabupaten Siak	Siak Sri Indrapura	4
	10	Kabupaten Kepulauan Meranti	Selat panjang	4
	11	Kota Dumai	-	4
	12	Kota Pekanbaru	Pekanbaru	4
			<b>Total</b>	<b>48</b>
26	Sumatera Barat			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Agam	Lubuk Basung	4
	2	Kabupaten Dharmasraya	Pulau Punjung	4
	3	Kabupaten Kepulauan Mentawai	Tuapejat	4
	4	Kabupaten Lima Puluh Kota	Sarilamak	4
	5	Kabupaten Padang Pariaman	Parit Malintang	4
	6	Kabupaten Pasaman	Lubuk Sikaping	4
	7	Kabupaten Pasaman Barat	Simpang Empat	4
	8	Kabupaten Pesisir Selatan	Painan	4
	9	Kabupaten Sijunjung	Muaro Sijunjung	4
	10	Kabupaten Solok	Arosuka	4
	11	Kabupaten Solok Selatan	Padang Aro	4
	12	Kabupaten Tanah Datar	Batusangkar	4
	13	Kota Bukittinggi	Bukittinggi	4
	14	Kota Padang	Padang	4
	15	Kota Padangpanjang	Padangpanjang	4
	16	Kota Pariaman	Pariaman	4
	17	Kota Payakumbuh	Payakumbuh	4
	18	Kota Sawahlunto	Sawahlunto	4
	19	Kota Solok	Solok	4

			<b>Total</b>	<b>76</b>
27	Sumatera Selatan			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Banyuasin	Pangkalan Balai	4
	2	Kabupaten Empat Lawang	Tebing Tinggi	4
	3	Kabupaten Lahat	Lahat	4
	4	Kabupaten Muara Enim	Muara Enim	4
	5	Kabupaten Musi Banyuasin	Sekayu	4
	6	Kabupaten Musi Rawas	Muara Beliti Baru	4
	7	Kabupaten Ogan Ilir	Indralaya	4
	8	Kabupaten Ogan Komering Ilir	Kota Kayu Agung	4
	9	Kabupaten Ogan Komering Ulu	Baturaja	4
	10	Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan	Muaradua	4
	11	Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur	Martapura	4
	12	Kota Lubuklinggau	-	4
	13	Kota Pagar Alam	-	4
	14	Kota Palembang	-	4
	15	Kota Prabumulih	-	4
			<b>Total</b>	<b>60</b>
28	Lampung			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Lampung Barat	Kota Liwa	4
	2	Kabupaten Lampung Selatan	Kalianda (kota)	4
	3	Kabupaten Lampung Tengah	Gunung Sugih	4
	4	Kabupaten Lampung Timur	Sukadana	4
	5	Kabupaten Lampung Utara	Kotabumi	4
	6	Kabupaten Mesuji	-	4
	7	Kabupaten Pesawaran	Gedong Tataan	4
	8	Kabupaten Pringsewu	-	4
	9	Kabupaten Tanggamus	Kota Agung	4

	10	Kabupaten Tulang Bawang	Menggala	4
	11	Kabupaten Tulang Bawang Barat	Tulang Bawang Teng	4
	12	Kabupaten Way Kanan	Blambangan Umpu	4
	13	Kota Bandar Lampung	-	4
	14	Kota Metro	-	4
			<b>Total</b>	<b>56</b>
29	Kepulauan Bangka Belitung			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Bangka	Sungai Liat	4
	2	Kabupaten Bangka Barat	Toboali	4
	3	Kabupaten Bangka Selatan	Mentok	4
	4	Kabupaten Bangka Tengah	Koba	4
	5	Kabupaten Belitung	Tanjung Pandan	4
	6	Kabupaten Belitung Timur	Manggar	4
	7	Kota Pangkal Pinang	-	4
			<b>Total</b>	<b>28</b>
30	Kepulauan Riau			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Bintan	Bandar Seri Bentan	4
	2	Kabupaten Karimun	Tanjung Balai Karimu	4
	3	Kabupaten Kepulauan Anambas	Tarempa	4
	4	Kabupaten Lingga	Daik, Lingga	4
	5	Kabupaten Natuna	Ranai, Bunguran Tim	4
	6	Kota Batam	-	4
	7	Kota Tanjung Pinang	-	4
			<b>Total</b>	<b>28</b>
31	DKI Jakarta			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu	Pulau Pramuka	4
	2	Kota Administrasi Jakarta Barat	-	4

	3	Kota Administrasi Jakarta Pusat	-	4
	4	Kota Administrasi Jakarta Selatan	-	4
	5	Kota Administrasi Jakarta Timur	-	4
	6	Kota Administrasi Jakarta Utara	-	4
			<b>Total</b>	<b>24</b>
32	Daerah Istimewa Yogyakarta			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Bantul	Bantul	4
	2	Kabupaten Gunung Kidul	Wonosari	4
	3	Kabupaten Kulon Progo	Wates	4
	4	Kabupaten Sleman	Sleman	4
	5	Kota Yogyakarta	-	4
			<b>Total</b>	<b>20</b>
33	Nusa Tenggara Barat			
	No.	Kabupaten/Kota	Ibu kota	Jumlah Sampling
	1	Kabupaten Bima	Raba	4
	2	Kabupaten Dompu	Dompu	4
	3	Kabupaten Lombok Barat	Mataram	4
	4	Kabupaten Lombok Tengah	Praya	4
	5	Kabupaten Lombok Timur	Selong	4
	6	Kabupaten Lombok Utara	Tanjung	4
	7	Kabupaten Sumbawa	Sumbawa Besar	4
	8	Kabupaten Sumbawa Barat	Taliwang	4
	9	Kota Bima	-	4
	10	Kota Mataram	-	4
			<b>Total</b>	<b>40</b>

### Survey Sekunder

Survey Sekunder atau pencarian data yang tertulis diperoleh dari berbagai instansi pemerintah. Adapun instansi-instansi yang terkait dalam kegiatan pengumpulan data ini adalah sebagai berikut :

- BAPEDA Kota/Kabupaten/Propinsi
- BPLHD Propinsi
- Dinas/Badan Lingkungan Hidup di Kabupaten / Kota
- Badan Metrologi dan Geofisika Propinsi Propinsi
- Dinas Metrologi dan Geofisika
- dan Instansi terkait lainnya.

Berikut diberikan contoh hasil perolehan lokasi sampling kualitas udara ambient untuk Propinsi Jawa Barat (Tabel 3.4).

Tabel 3.4. Contoh Lokasi Pengambilan Sampling Kualitas Udara Ambient Jawa Barat

No	Ksbupsten/Kota	Kategori	Nama Lokasi	Titik Ordinat						Keterangan		
				S	06°	'	E	107°	'		"	
1	Kota Bandung	Pemukiman	Perumahan Antapani	S	06°	55'	02,5"	E	107°	39'	37,4"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Alun-alun Kota Bandung	S	06°	55'	19,8"	E	107°	36'	19,5"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Transportasi	Terminal Leuwi Panjang	S	06°	56'	49,1"	E	107°	35'	30,8"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Industri Tekstil PT. Bintang Agung	S	06°	55'	42,8"	E	107°	41'	35,2"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
2	Kab. Bandung	Pemukiman	Lapangan SDN Sukapura I, Mengger	S	06°	57'	58,3"	E	107°	37'	19,4"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Alun-alun Banjaran	S	06°	50'	27,9"	E	107°	29'	09,7"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Pertigaan Sayati-Sukamenak	S	06°	58'	18,5"	E	107°	34'	23,6"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Kawasan Industri Dayeuh Kolot, Cisirung	S	06°	58'	19,8"	E	107°	36'	15,7"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
3	Kota Cimahi	Pemukiman	Lapangan daerah Ranca Bentang	S	06°	54'	32,8"	E	107°	33'	23,7"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Alun-alun Cimahi	S	06°	52'	24,3"	E	107°	32'	31,4"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Transportasi	Terminal Pasar Antri Baru Cimahi	S	06°	52'	51,6"	E	107°	32'	16,9"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Industri	Jl. Industri	S	06°	54'	31,0"	E	107°	33'	06,8"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi



No	Ksbupster/Kota	Kategori	Nama Lokasi	Titik Ordinat						Keterangan
4	Kab. Bandung Barat	Pemukiman	Madrasah Komplek Jati Indah	S 06 <sup>0</sup>	52'	50,2"	E 107°	30'	13,4"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
		Perdagangan	Pasar Padalarang	S 06 <sup>0</sup>	50'	27,9"	E 107°	29'	09,7"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Pertigaan Tol Padalarang (Jl. Cimareme)	S 06 <sup>0</sup>	51'	06,0"	E 107°	29'	49,6"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Kawasan Industri Cimareme	S 06 <sup>0</sup>	51'	54,9"	E 107°	29'	36,6"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
5	Ka. Garut	Pemukiman	Intan Regency	S 07 <sup>0</sup>	11'	40,5"	E 107°	53'	09,1"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Pasar Guntur	S 07 <sup>0</sup>	12'	07,4"	E 107°	54'	13,8"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Simpang Guntur-Pramuka	S 07 <sup>0</sup>	12'	43,2"	E 107°	54'	02,9"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Kawasan Industri Penyamakan Kulit	S 07 <sup>0</sup>	13'	28,8"	E 107°	55'	00,7"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
6	Kab. Tasikmala	Pemukiman	Perumahan Cintaraja, Singaparna	S 07 <sup>0</sup>	20'	43,5"	E 108°	08'	37,7"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Pasar Singaparna	S 07 <sup>0</sup>	21'	02,1"	E 108°	06'	32,5"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Ciawi	S 07 <sup>0</sup>	09'	19,3"	E 108°	09'	00,8"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Sentra Kerajinan Rajapolah	S 07 <sup>0</sup>	13'	20,6"	E 108°	11'	20,5"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
7	Kota Tasikmala	Pemukiman	Komplek Cikunten Indah	S 07 <sup>0</sup>	21'	22,8"	E 108°	13'	20,2"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Simpang Nagarawangi	S 07 <sup>0</sup>	20'	05,2"	E 108°	13'	03,3"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Type A Tasikmalaya	S 07 <sup>0</sup>	17'	29,6"	E 108°	11'	30,1"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Pabrik Sabun PALEM	S 07 <sup>0</sup>	20'	56,4"	E 108°	12'	35,4"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
8	Kab. Ciamis	Pemukiman	Perumahan Kerta Sari	S 07 <sup>0</sup>	19'	17,6"	E 108°	22'	19,6"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Pasar Ciamis	S 07 <sup>0</sup>	19'	56,6"	E 108°	21'	26,0"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Simpang Alun-alun Ciamis	S 07 <sup>0</sup>	19'	35,8"	E 108°	21'	04,5"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Pabrik Minyak	S 07 <sup>0</sup>	19'	35,2"	E 108°	21'	44,1"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi

No	Ksbupster/Kota	Kategori	Nama Lokasi	Titik Ordinat						Keterangan
9	Kab. Banjar	Pemukiman	Sekitar Pertigaan Pintu Singa	S 07°	22'	16,7"	E 108°	31'	39,8"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Perempatan Sinar Jaya	S 07°	22'	16,9"	E 108°	32'	25,7"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Banjar	S 07°	21'	43,2"	E 108°	31'	54,3"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	PT Albasi Priangan Lestari	S 07°	23'	46,5"	E 108°	32'	19,1"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
10	Kab. Kuningan	Pemukiman	Komplek Puri Asri	S 06°	57'	33,8"	E 108°	29'	23,6"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Perempatan Siliwangi - a. Yani	S 06°	58'	56,3"	E 108°	28'	33,4"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Bus Kuningan	S 06°	57'	10,9"	E 108°	29'	13,8"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	PT Galuh Estetika	S 06°	53'	37,2"	E 108°	29'	30,4"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
11	Kab. Cirebon	Pemukiman	Desa Setu Wetan, Plered	S 06°	42'	35,1"	E 108°	30'	35,8"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Pasar Kue Weru, Plered	S 06°	42'	25,4"	E 108°	30'	40,6"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Weru, Plered	S 06°	42'	16,4"	E 108°	30'	10,0"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Kawasan Industri Rotan, Plumbon	S 06°	43'	22,6"	E 108°	27'	51,5"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
12	Kota Cirebon	Pemukiman	Perum Rinjani	S 06°	44'	45,3"	E 108°	33'	43,6"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Pusat Perbelanjaan GRAGE	S 06°	42'	49,3"	E 108°	33'	00,7"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Harjamukti	S 06°	44'	27,1"	E 108°	33'	05,0"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Pelabuhan Cirebon Pintu III	S 06°	42'	41,0"	E 108°	33'	54,8"	Sumber polutan dari kegiatan Pelabuhan & Transportasi
13	Kab. Indramayu	Pemukiman	Komplek Bumi Mekar	S 06°	19'	59,7"	E 108°	19'	53,3"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Pertigaan Jatibarang	S 06°	28'	29,3"	E 108°	18'	08,8"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Indramayu	S 06°	20'	10,1"	E 108°	20'	00,1"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Pertamina Balongan	S 06°	23'	12,9"	E 108°	23'	36,6"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi

No	Ksbupster/Kota	Kategori	Nama Lokasi	Titik Ordinat						Keterangan
14	Kab. Majalengka	Pemukiman	Perum Sindang Kasih	S 06°	51'	06,4"	E 108°	14'	49,8"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Pasar Cigasong	S 06°	50'	04,5"	E 108°	14'	56,8"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Perempatan Kadipaten-Cirebon-Bandung	S 06°	45'	56,8"	E 108°	10'	00,5"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri					-			
15	Kab. Sumedang	Pemukiman	Komplek Mekar Sari	S 06°	50'	15,6"	E 107°	54'	40,5"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Griya Plaza Sumedang	S 06°	50'	28,5"	E 107°	55'	27,5"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Ciakar	S 06°	49'	34,2"	E 107°	55'	13,3"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Gudang Sabun Jl. Parigi Lama	S 06°	50'	22,2"	E 107°	54'	46,2"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
16	Kab. Bogor	Pemukiman	Kota Wisata, Jl. Raya Cibubur							Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Pasar Cileungsi	S 06°	26'	28,1"	E 107°	57'	41,1"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Laladon	S 06°	34'	35,4"	E 106°	45'	10,9"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Bogorindo Industrial Estate, PT IWATA	S 06°	34'	24,8"	E 106°	51'	23,2"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
17	Kota Bogor	Pemukiman	Lapangan Bola Jl. Pajajaran	S 06°	34'	27,0"	E			Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	PLN Jl. Ir.H.Juanda	S 06°	21'	34,9"	E 107°	16'	21,5"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Baranangsiang	S 06°	36'	18,0"	E 106°	48'	22,8"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	PT YUNITEX Jl. Raya Tajur	S 06°	38'	14,9"	E 106°	49'	52,9"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
18	Kab. Sukabumi	Pemukiman		S 06°	14'	51,5"	E 106°	59'	20,7"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan		S 06°	14'	51,5"	E 106°	59'	20,7"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi		S 06°	14'	51,5"	E 106°	59'	20,7"	Sumber Polutan dari Transportasi

No	Ksbupster/Kota	Kategori	Nama Lokasi	Titik Ordinat						Keterangan
		Industri	Industri Kapur, Kec. Jampang Tengah	S 07°	01'	27,6"	E 106°	59'	20,7"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
19	Kota Sukabumi	Pemukiman	Perumahan Kota Sukabumi	S 06°	54'	41,9"	E 106°	54'	40,6"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Masjid agung Sukabumi	S 06°	55'	17,3"	E 106°	55'	32,3"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal sukabumi							Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Kawasan Industri Jl. Pabuaran	S 06°	56'	14,4"	E 107°	55'	16,1"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
20	Kab. Cianjur	Pemukiman	Masjid Al Muhajirin	S 06°	50'	50,6"	E 107°	7'	26,6"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Pertokoan Ramayana, Jl. Raya Bdg-Jkt	S 06°	48'	37,4"	E 107°	8'	53,0"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Jl. Abdullah bin Nooh	S 06°	48'	54,4"	E 107°	7'	54,6"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	CV. CISARUA, Jl. Perintis Kemerdekaan	S 06°	50'	33,6"	E 107°	8'	14,0"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
21	Kota Depok	Pemukiman	Perumahan Sawangan Permai	S 06°	24'	29,6"	E 106°	46'	35,1"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Mall Cinere	S 06°	14'	51,5"	E 106°	59'	20,7"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Depok	S 06°	14'	58,2"	E 107°	00'	44,5"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	PT MUTU AGUNG LESTARI	S 06°	24'	34,0"	E 106°	51'	43,8"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
22	Kab. Karawang	Pemukiman	Griya Pesona Asri	S 06°	21'	13,8"	E 107°	22'	34,1"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Sekitar Pasar Johar	S 06°	18'	31,3"	E 107°	18'	26,4"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Klari	S 06°	20'	37,6"	E 107°	20'	23,2"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	KIIC	S 06°	21'	34,9"	E 107°	16'	21,5"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
23	Kab. Bekasi	Pemukiman	JABABEKA II	S 06°	17'	59,9"	E 107°	09'	49,7"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Sentra Grosir Cikarang	S 06°	15'	35,8"	E 107°	08'	37,1"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Cikarang,	S 06°	15'	43,4"	E 107°	08'	10,7"	Sumber Polutan dari Transportasi

No	Ksbupster/Kota	Kategori	Nama Lokasi	Titik Ordinat						Keterangan
			kalijaya							
		Industri	JABABEKA I	S 06°	17'	24,6"	E 107°	08'	20,2"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
24	Kota Bekasi	Pemukiman	Komplek Wisma Asri I	S 06°	12'	55,1"	E 107°	01'	26,2"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Metropolitan Mall	S 06°	14'	51,5"	E 106°	59'	20,7"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Terminal Bekasi	S 06°	14'	58,4"	E 107°	00'	44,4"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	PT DARMEX OIL & FAT	S 06°	11'	58,6"	E 106°	59'	40,5"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
25	Kab. Subang	Pemukiman	Komplek Surya Cigadung	S 06°	33'	40,6"	E 107°	45'	17,9"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Perdagangan	Kawasan sekitar Chandra Theatre	S 06°	34'	05,1"	E 107°	45'	24,0"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Sekitar Pertigaan Kalijati	S 06°	31'	33,7"	E 107°	40'	26,3"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	PT. PAPERTECH	S 06°	30'	10,6"	E 107°	33'	46,0"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi
26	Kab. Purwakarta	Pemukiman					-			
		Perdagangan	Pasar Jumat	S 06°	32'	52,7"	E 107°	26'	32,9"	Sumber Polutan transportasi & perdagangan
		Transportasi	Perempatan sadang	S 06°	30'	32,5"	E 107°	27'	33,2"	Sumber Polutan dari Transportasi
		Industri	Kawasan Industri Bukit Indah City	S 06°	25'	19,7"	E 107°	24'	52,4"	Sumber polutan dari kegiatan Industri & Transportasi

Sumber: BPLHD Propinsi Jawa Barat

### 3.4. Indeks Kualitas Udara Ambient

#### 3.4.1. Konversi Nilai Pengamatan Parameter Udara ke Nilai Indeks Kualitas Udara

Seperti dijelaskan di Bab II, secara umum perhitungan Indeks lingkungan dilakukan dengan dua tahap, pertama menghitung sub Indeks untuk variabel pencemar yang digunakan dalam Indeks, kedua perhitungan agregat dari sub Indeks sehingga muncul satu nilai Indeks. Untuk Indeks udara, sub indeksnya terdapat enam pencemar, artinya  $I_1 = SO_2$ ,  $I_2 = NO_2$ ,  $I_3 = CO$ ,  $I_4 = TSP$ ,  $I_5 = NH_3$ ,  $I_6 = H_2S$

Bentuk indeks yang digunakan yaitu skala menaik. Misalkan disepakati untuk skala menaik nilai Indeks pencemar ( $I$ ),  $I = 0$  menyatakan skala “baik”, sedangkan  $I = 100$  menyatakan skala “buruk”. Untuk lebih jelas, diberikan skala sebagai berikut:

Tabel 3.5. Skala Penilaian Indeks Lingkungan Udara Ambient

No	Nilai Indeks	Keterangan
1	0 – 25	Sangat Baik
2	26 – 50	Baik
3	51 – 75	Sedang
4	76 – 100	Cukup
5	>100	Buruk

### 3.4.2. Bentuk Indeks

Setiap nilai pencemar udara berbentuk linear (semakin tinggi semakin buruk) maka sangat masuk akal bahwa yang terbaik untuk perhitungan Indeks udara adalah skala menaik. Contohnya untuk Karbon Monoksida (CO) nilai pencemar CO = 0.32 ppm tentu lebih baik dibandingkan dengan CO=0.67 ppm. Begitupun untuk ke enam pencemar lainnya.

### 3.4.3. Sub Indeks Secara Umum

Permasalahan mencari Indeks secara matematis artinya mencari hubungan antara Indeks ( $I$ ) dengan variabel pencemar ( $X_i$ ) yang dipilih. Secara umum terdapat 2 macam hubungan antara  $I$  dan  $X_i$ , yaitu Fungsi linear dan fungsi taklinear. Untuk kemudahan, akan diambil fungsi linier sebagai fungsi indeks udara ambient.

#### Fungsi Linier

Bentuk Indeks dengan skala menaik ( $I = 0$  skala “baik” sedangkan  $I = 100$  skala “buruk”) maka bentuk fungsi tersebut adalah

$$I_i = \alpha X$$

dengan:  $I_i$  = Sub Indeks ke- $i$   
 $X$  = Variabel pencemar  
 $\alpha$  = konstanta

#### 3.4.3.1. Indeks Polusi Udara

Berdasarkan Tabel 3.1, terdapat enam Indeks yang dijadikan untuk menghitung Indeks polusi udara di Indonesia. Yaitu :

$I_{SO_2}$  = sub Indeks  $SO_2$   
 $I_{NO_2}$  = sub Indeks  $NO_2$   
 $I_{CO}$  = sub Indeks CO  
 $I_{TSP}$  = sub Indeks TSP  
 $I_{NH_3}$  = sub Indeks Amonia  
 $I_{H_2S}$  = sub Indeks  $H_2S$   
 $I = g(I_{SO_2}, I_{NO_2}, \dots, I_{H_2S})$  = Indeks Lingkungan Udara (Agregat)

Berikut dijelaskan asumsi yang digunakan untuk menyusun Indeks pencemar udara:

1. Bentuk Indeks yang paling cocok untuk udara adalah skala menaik, dengan  $I = 0$  menandakan Indeks terbaik dan  $I = 100$  menyatakan pencemar mencapai BML pemerintah.
2. Fungsi yang dipakai untuk Indeks udara adalah fungsi linear yang melalui titik pusat, yaitu:

$$I_i = \alpha X$$

dengan:

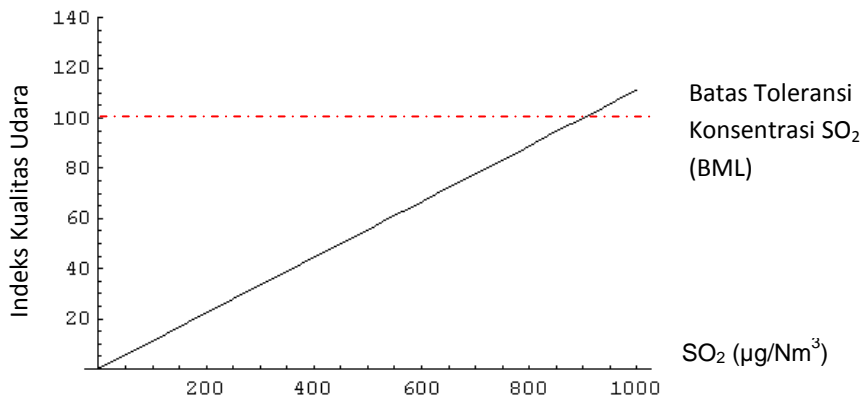
- $I_i$  = Sub Indeks ke-i
- $X$  = Variabel pencemar
- $\alpha$  = konstanta

Dari asumsi yang dibangun di atas, maka dapat dihitung nilai indeks polusi udara sebagai berikut:

**a. Menghitung indikator polutan  $SO_2$**

Perhatikan tabel 3.1, baku mutu untuk  $SO_2$  adalah  $900 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , sehingga ambil  $X_s = 900$ . Sehingga diperoleh formula untuk menghitung indikator adalah:

$$I_{SO_2} = 0.111 x_1 \quad (\text{persamaan 3.1})$$

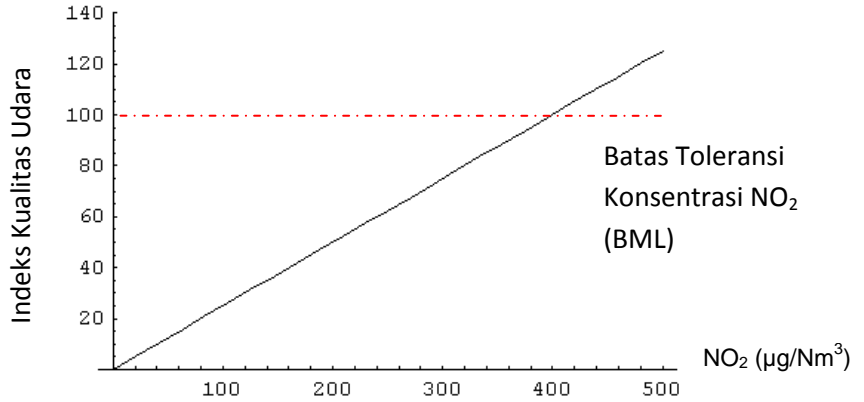


Gambar 3.12. Grafik subindikator polutan udara  $SO_2$

**b. Menghitung indikator polutan NO<sub>2</sub>**

Perhatikan tabel 3.1, baku Mutu untuk X<sub>2</sub> = NO<sub>2</sub> adalah 400 µg/Nm<sup>3</sup>, sehingga ambil X<sub>s</sub>=400, sehingga diperoleh formula untuk menghitung indikator adalah:

$$I_{NO_2} = 0.25 X_2 \quad (\text{persamaan 3.2})$$



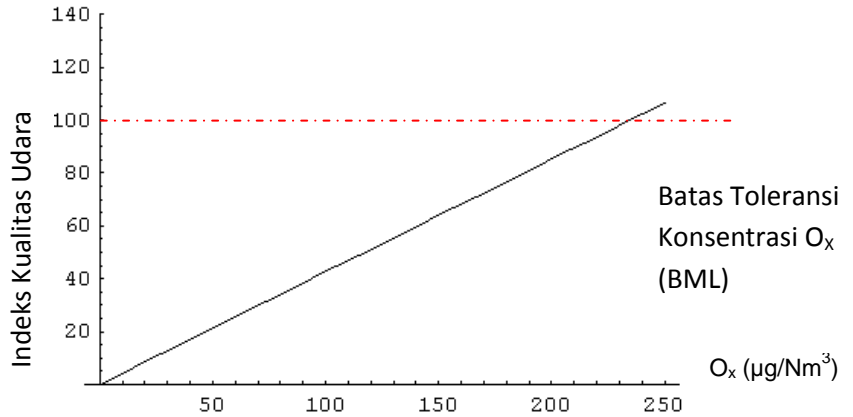
Gambar 3.13. Grafik subindikator polutan udara NO<sub>2</sub>

**c. Menghitung indikator polutan O<sub>x</sub>**

Perhatikan tabel 3.1, baku mutu untuk polutan O<sub>x</sub> adalah 235 µg/Nm<sup>3</sup> sehingga ambil X<sub>s</sub> = 235, sehingga diperoleh formula untuk menghitung indikator adalah:

$$I_{O_x} = 0,4255 X_3 \quad (\text{persamaan 3.3})$$



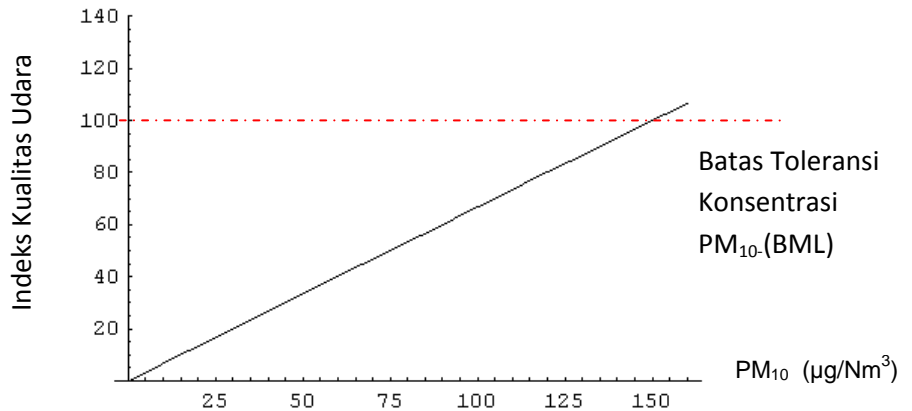


Gambar 3.14. Grafik subindikator polutan udara CO

**d. Menghitung indikator polutan PM<sub>10</sub>**

Perhatikan tabel 3.1, baku mutu untuk polutan PM<sub>10</sub> adalah  $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , sehingga ambil  $X_s=150$ , sehingga diperoleh formula untuk menghitung indikator adalah:

$$I_{PM10} = 0.6667X_4 \quad (\text{persamaan 3.4})$$

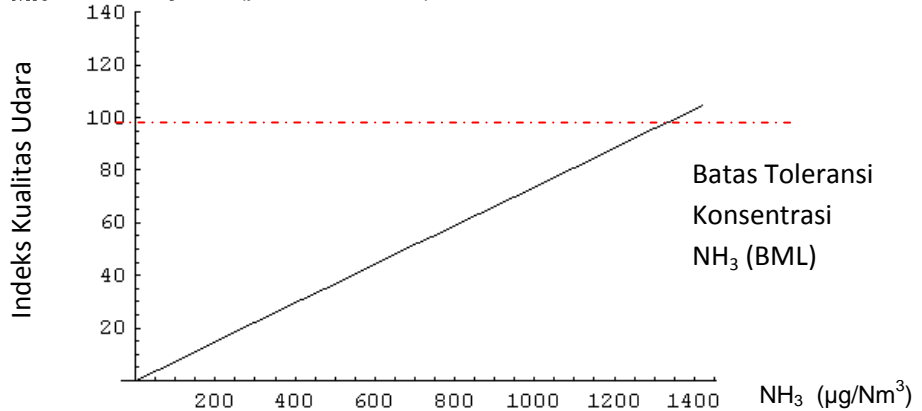


Gambar 3.15. Grafik subindikator polutan udara PM<sub>10</sub>

**e. Menghitung indikator polutan NH<sub>3</sub>**

Perhatikan tabel 3.1, baku mutu untuk polutan NH<sub>3</sub> adalah 1360  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , sehingga ambil  $X_s=1360$ , sehingga diperoleh formula untuk menghitung indikator adalah:

$$I_{NH_3} = 0.074X_5 \quad (\text{persamaan 3.5})$$

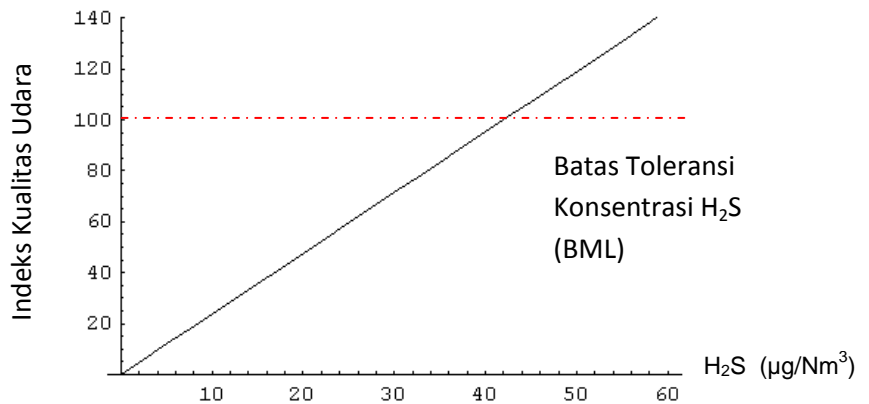


Gambar 3.16. Grafik subindikator polutan udara Amoniak NH<sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )

**f. Menghitung indikator polutan H<sub>2</sub>S**

Perhatikan tabel 3.1, baku mutu untuk polutan H<sub>2</sub>S adalah 42  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , sehingga ambil  $X_s=42$ , sehingga diperoleh formula untuk menghitung indikator adalah:

$$I_{H_2S} = 2.381X_6 \quad (\text{persamaan 3.6})$$



Gambar 3.17. Grafik subindikator polutan udara H<sub>2</sub>S

### 3.4.3.2. Mencari fungsi agregat untuk Indeks pencemar udara

#### Fungsi Agregat.

Fungsi agregat yang diambil adalah operator maksimum, ide dari operator maksimum adalah mencari nilai Indeks terbesar yang akan dijadikan sebagai Indeks agregat.

Bentuk umum dari operator maksimum adalah:

$$I = \max\{I_1, I_2, \dots, I_n\} \quad (\text{persamaan 3.7})$$

### 3.4.4. Contoh perhitungan indeks pencemar udara

Pada bagian ini, akan diberikan contoh perhitungan indeks pencemar udara dengan menggunakan data sekunder kualitas udara di Jakarta, Tangerang, dan Bogor pada tahun 2006. (Perhatikan tabel 3.6)

Tabel 3.6. Kualitas Udara di Jakarta, Tangerang, dan Bogor Tahun 2006

No	Kab/Kota/ Propinsi	Lokasi	Kategori Lokasi	Para- meter	Waktu Pengukuran		sat
					Kemarau	Hujan	
1	DKI Jakarta	Puskesmas Kramat	Transportasi	PM <sub>10</sub>	117,2	82,2	µg/m <sup>3</sup>
				SO <sub>2</sub>	6,3	2,3	µg/m <sup>3</sup>
				NO <sub>2</sub>	35,02	20,9	µg/m <sup>3</sup>
				O <sub>x</sub>	59,8	41,2	µg/m <sup>3</sup>
2	Tangerang	Pasar Kemis	Industri	PM <sub>10</sub>	84,6	65,8	µg/m <sup>3</sup>
				SO <sub>2</sub>	11,6	5,9	µg/m <sup>3</sup>
				NO <sub>2</sub>	66,6	29	µg/m <sup>3</sup>
				O <sub>x</sub>	8,1	4,12	µg/m <sup>3</sup>
3	Bogor	Kemang	Pemukiman	PM <sub>10</sub>	102	84,4	µg/m <sup>3</sup>

				SO <sub>2</sub>	19,14	6,6	µg/m <sup>3</sup>
				NO <sub>2</sub>	19,8	19,8	µg/m <sup>3</sup>
				O <sub>x</sub>	7,9	4,12	µg/m <sup>3</sup>

Sumber : Puslitbang Ekologi dan Status Kesehatan, 2006

Tabel 3.6 memperlihatkan hasil pengambilan sampel kualitas udara untuk empat parameter yaitu SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, dan O<sub>x</sub>. Pengambilan sampel dilakukan dengan memperhatikan lokasi yaitu lokasi Transportasi, Industri, dan Pemukiman, juga waktu pengukuran yang diambil saat musim kemarau dan musim hujan.

Dimulai dari Propinsi DKI Jakarta, dengan lokasi Puskesmas Kramat (lokasi Transportasi padat), parameter yang diambil adalah PM<sub>10</sub> dengan hasil pengukuran adalah 117,2 µg/Nm<sup>3</sup> dan waktu pengukuran musim kemarau. Untuk menghitung indeks pencemar ini, perhatikan persamaan 3.4 dan gambar 3.4.

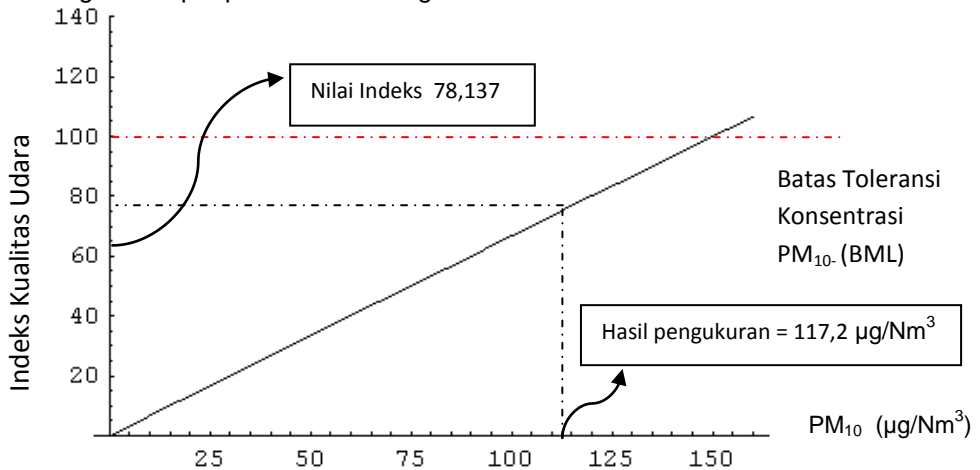
Dari persamaan 3.4 diperoleh

$$I_{PM10} = 0.6667X_4$$

Karena hasil pengukuran adalah 117,2 µg/Nm<sup>3</sup>, maka X<sub>4</sub> = 117,2 sehingga

$$I_{PM10} = 0.6667 \times 117,2 = 78,137$$

Sehingga diperoleh nilai Indeks pencemar PM<sub>10</sub> atau I<sub>PM10</sub> = 78,137, nilai ini berdasarkan tabel 3.5 mempunyai skala "Cukup" artinya belum melewati batas ambang BML pemerintah. Secara grafik dapat pula dilihat sebagai berikut:



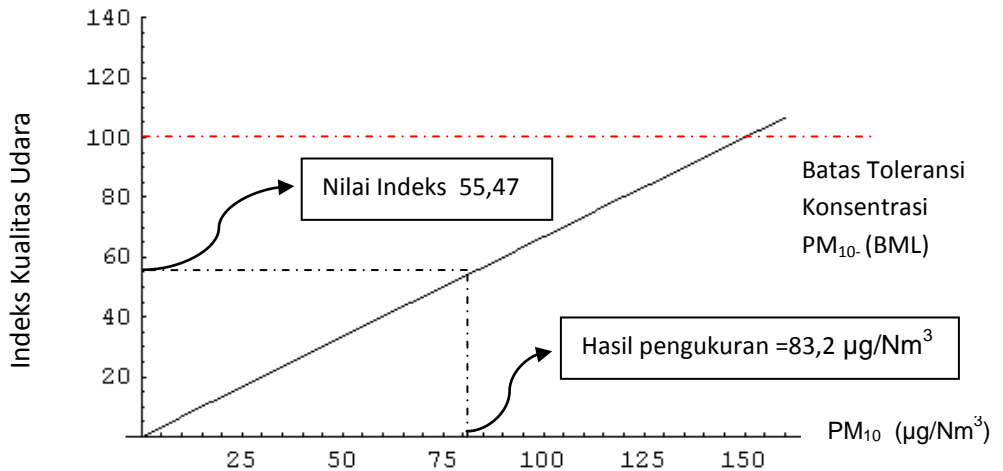
Gambar 3.18. Contoh perhitungan indeks PM<sub>10</sub> dengan grafik

Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa pencemar PM<sub>10</sub> pada lokasi tersebut masih di bawah baku mutu lingkungan pemerintah.

Masih di Propinsi DKI Jakarta, dengan lokasi Puskesmas Kramat (lokasi Transportasi padat), dan waktu pengukuran musim hujan. Diperoleh hasil bahwa pencemar PM<sub>10</sub> adalah 83.2 µg/Nm<sup>3</sup>, dengan cara yang sama diperoleh :

$$I_{PM10} = 0.6667 \times 83,2 = 55,469$$

Artinya mempunyai skala "Sedang", secara grafik dapat dilakukan sebagai berikut:



Gambar 3.19. Contoh perhitungan indeks PM<sub>10</sub> dengan grafik.

Dengan cara yang sama, diperoleh nilai indeks pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Hasil Perhitungan indeks pencemar udara di DKI, Bogor, Tangerang

No	Kab/Kota Propinsi	Kategori Loka	Parameter	satuan	Nilai Indeks		Rata-rata	Skala
					Kemarau	Hujan		
1	DKI Jakarta	Transportasi	PM10	µg/m <sup>3</sup>	78,14	54,80	66,47	Sedang
			SO2	µg/m <sup>3</sup>	0,70	0,26	0,48	Sangat Baik
			NO2	µg/m <sup>3</sup>	8,76	5,23	6,99	Sangat Baik

			Ox	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	25,44	17,53	21,49	Sangat Baik
2	Tangerang	Industri	PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	56,40	43,87	50,14	Baik
			SO2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,29	0,66	0,97	Sangat Baik
			NO2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	16,65	7,25	11,95	Sangat Baik
			Ox	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,45	1,75	2,60	Sangat Baik
3	Bogor	Pemukiman	PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	68,00	56,27	62,14	Sedang
			SO2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,13	0,73	1,43	Sangat Baik
			NO2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,95	4,95	4,95	Sangat Baik
			Ox	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,36	1,75	2,56	Sangat Baik

Berdasarkan tabel 3.7, pencemar yang memiliki nilai indeks tertinggi (terburuk) untuk wilayah DKI Jakarta adalah  $\text{PM}_{10}$  yaitu 78,14 saat kemarau dan 54,80 saat penghujan dengan rata-rata 66,47. Nilai indeks terendah (paling baik) terdapat pada polutan  $\text{SO}_2$  sebesar 0,70 saat kemarau dan 0,26 saat musim hujan, dengan rata-rata 0,47.

Nilai agregat untuk indeks pencemar di DKI adalah nilai terbesar dari semua rata-rata indeks di DKI, sesuai dengan persamaan 3.7 yaitu  $I = \text{maks}\{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ . Sehingga nilai indeks agregat untuk DKI adalah:

$$I = \text{maks}\{66.47, 0.48, 6.99, 21.49\} = \mathbf{66.47}$$

Demikian pula untuk Kabupaten Tangerang, pencemar yang memiliki nilai indeks tertinggi (terburuk) adalah  $\text{PM}_{10}$  yaitu sebesar 56,4 saat kemarau dan 43,87 saat penghujan sehingga mempunyai rata-rata 50,14. Sedangkan nilai indeks terendah adalah  $\text{SO}_2$ , yaitu sebesar 1,29 saat kemarau dan 0,66 saat musim hujan, dengan rata-rata sebesar 0,97. Sehingga nilai indeks agregat untuk Tangerang adalah:

$$I = \text{maks}\{50.14, 0.97, 11.95, 2.60\} = \mathbf{50.14}$$

Serupa Untuk Kota Bogor, pencemar yang memiliki indeks tertinggi (terburuk) adalah  $\text{PM}_{10}$ , yaitu 68 saat kemarau dan 56,27 saat musim hujan, dengan indeks rata-rata adalah 62,14. Pencemar dengan indeks terendah (terbaik) adalah  $\text{SO}_2$  yaitu 2,13 saat kemarau dan

0,73 saat musim hujan, dengan indeks rata-rata sebesar 1,43. Dari data tersebut maka indeks agregat untuk Kota Bogor adalah :

$$I = \text{maks}\{62.14, 1.43, 4.95, 2.56\} = \mathbf{62,14}$$

Hal tersebut diringkas pada tabel 3.8 di bawah ini:

Tabel 3.8 Ringkasan Indeks kualitas udara Ambient DKI Jakarta, Tangerang, dan Bogor

No	Kab/Kota/ Propinsi	Kategori Lokasi	Indeks Agregat	Skala
1	DKI Jakarta	Transportasi	$I = \text{maks}\{66.47, 0.48, 6.99, 21.49\}$ $= \mathbf{66.47}$	Sedang
2	Tangerang	Industri	$I = \text{maks}\{50.14, 0.97, 11.95, 2.60\}$ $= \mathbf{50,47}$	Baik
3	Bogor	Pemukiman	$I = \text{maks}\{62.14, 1.43, 4.95, 2.56\} =$	Sedang

## BAB 4. INDEKS PENCEMARAN AIR

### 4.1. Beberapa Pencemar Air Penting

Untuk sementara, pencemar yang dipilih untuk pencemar air dibagi menjadi dua, yaitu Air limbah domestik (pH, BOD, TSS, Minyak dan Fenol) dan limbah dari industri (pH, BOD, TSS, Minyak dan lemak, Fenol, Sulfida, Timbal, dan Tembaga)

Berikut penjelasan beberapa pencemar air tersebut:

1. *pH* atau Konsentrasi Ion Hidrogen  
pH adalah ukuran yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan air. Kondisi Ekstrem asam dan ekstrem basa dapat mengancam kehidupan ikan dan mempercepat karat.  
Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5 – 7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik.
2. *Dissolved Oxygen*, Oksigen terlarut (DO)  
Oksigen yang terlarut dalam air atau limbah cair. Kecukupan oksigen terlarut dalam air merupakan hal yang penting untuk kehidupan ikan atau organisme yang hidup dalam air. Limbah padat organik yang dibuang ke dalam air akan menurunkan kadar DO  
Tanpa adanya oksigen terlarut, banyak mikroorganisme dalam air tidak dapat hidup karena oksigen terlarut digunakan untuk proses degradasi senyawa organik dalam air. Oksigen dapat dihasilkan dari atmosfer atau dari reaksi fotosintesa algae. Oksigen yang dihasilkan dari reaksi fotosintesa algae tidak efisien, karena oksigen yang terbentuk akan digunakan kembali oleh algae untuk proses metabolisme pada saat tidak ada cahaya. Kelarutan oksigen dalam air tergantung pada temperatur dan tekanan atmosfer. Berdasarkan data-data temperature dan tekanan, maka kelarutan oksigen jenuh dalam air pada 25° C dan tekanan 1 atmosfer adalah 8,32 mg/L (Warlina, 1985).  
Kadar oksigen terlarut yang tinggi tidak menimbulkan pengaruh fisiologis bagi manusia. Ikan dan organisme akuatik lain membutuhkan oksigen terlarut dengan jumlah cukup banyak. Kebutuhan oksigen ini bervariasi antar organisme. Keberadaan logam berat yang berlebihan di perairan akan mempengaruhi system respirasi organisme akuatik, sehingga pada saat kadar oksigen terlarut rendah dan terdapat logam berat dengan konsentrasi tinggi, organisme akuatik menjadi lebih menderita (Tebbut, 1992 dalam Effendi, 2003).



3. *Biochemycal Oxygen Demand*, Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)  
BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Umay dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy, 1991). Ditegaskan lagi oleh Boyd (1990), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (*readily decomposable organic matter*). Mays (1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian- pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah terurai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan.
  
4. *Chemical Oxygen Demand*, Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)  
COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Boyd, 1990). Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat (Boyd, 1990; Metcalf & Eddy, 1991), sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit terurai, akan teroksidasi. Dengan demikian, selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit terurai yang ada di perairan. Bisa saja nilai BOD sama dengan COD, tetapi BOD tidak bisa lebih besar dari COD. Jadi COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada.  
Prinsip pengukuran BOD pada dasarnya cukup sederhana, yaitu mengukur kandungan oksigen terlarut awal ( $DO_i$ ) dari sampel segera setelah pengambilan contoh, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan suhu tetap ( $20^{\circ}C$ ) yang sering disebut dengan  $DO_5$ . Selisih  $DO_i$  dan  $DO_5$  ( $DO_i - DO_5$ ) merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/L). Pengukuran oksigen dapat dilakukan secara analitik dengan cara titrasi (metode Winkler, iodometri) atau dengan menggunakan alat yang disebut DO meter yang dilengkapi dengan probe khusus. Jadi pada prinsipnya dalam kondisi gelap, agar tidak terjadi proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen, dan dalam suhu yang tetap selama lima hari, diharapkan hanya terjadi proses dekomposisi oleh mikroorganisme, sehingga yang terjadi hanyalah penggunaan oksigen, dan oksigen tersisa ditera sebagai  $DO_5$ . Yang penting diperhatikan dalam hal ini adalah mengupayakan agar masih ada oksigen tersisa pada pengamatan hari kelima sehingga  $DO_5$  tidak nol. Bila  $DO_5$  nol maka nilai BOD tidak dapat ditentukan. Pada prakteknya, pengukuran BOD memerlukan kecermatan tertentu mengingat kondisi sampel atau perairan yang sangat bervariasi, sehingga kemungkinan diperlukan

penetralkan pH, pengenceran, aerasi, atau penambahan populasi bakteri. Pengenceran dan/atau aerasi diperlukan agar masih cukup tersisa oksigen pada hari kelima. Secara rinci metode pengukuran BOD diuraikan dalam APHA (1989), Umaly dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy, 1991) atau referensi mengenai analisis air lainnya. Karena melibatkan mikroorganisme (bakteri) sebagai pengurai bahan organik, maka analisis BOD memang cukup memerlukan waktu. Oksidasi biokimia adalah proses yang lambat. Dalam waktu 20 hari, oksidasi bahan organik karbon mencapai 95 – 99 %, dan dalam waktu 5 hari sekitar 60 – 70 % bahan organik telah terdekomposisi (Metcalf & Eddy, 1991). Lima hari inkubasi adalah kesepakatan umum dalam penentuan BOD. Bisa saja BOD ditentukan dengan menggunakan waktu inkubasi yang berbeda, asalkan dengan menyebutkan kan lama waktu tersebut dalam nilai yang dilaporkan (misal BOD<sub>7</sub>, BOD<sub>10</sub>) agar tidak salah dalam interpretasi atau memperbandingkan. Temperatur 20°C dalam inkubasi juga merupakan temperatur standard. Temperatur 20°C adalah nilai rata-rata temperatur sungai beraliran lambat di daerah beriklim sedang (Metcalf & Eddy, 1991) dimana teori BOD ini berasal. Untuk daerah tropik seperti Indonesia, bisa jadi temperatur inkubasi ini tidaklah tepat. Temperatur perairan tropik umumnya berkisar antara 25 – 30°C, dengan temperatur inkubasi yang relatif lebih rendah bisa jadi aktivitas bakteri pengurai juga lebih rendah dan tidak optimal sebagaimana yang diharapkan. Ini adalah salah satu kelemahan lain BOD selain waktu penentuan yang lama tersebut. Metode pengukuran COD sedikit lebih kompleks, karena menggunakan peralatan khusus reflux, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi (APHA, 1989, Umaly dan Cuvin, 1988). Peralatan reflux (Gambar 1) diperlukan untuk menghindari berkurangnya air sampel karena pemanasan. Pada prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium bikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan. Kelemahannya, senyawa kompleks anorganik yang ada di perairan yang dapat teroksidasi juga ikut dalam reaksi (De Santo, 1978), sehingga dalam kasus-kasus tertentu nilai COD mungkin sedikit 'over estimate' untuk gambaran kandungan bahan organik. Bilamana nilai BOD baru dapat diketahui setelah waktu inkubasi lima hari, maka nilai COD dapat segera diketahui setelah satu atau dua jam. Walau- pun jumlah total bahan organik dapat diketahui melalui COD dengan waktu penentuan yang lebih cepat, nilai BOD masih tetap diperlukan. Dengan mengetahui nilai BOD, akan diketahui proporsi jumlah bahan organik yang mudah urai (biodegradable), dan ini akan memberikan gambaran jumlah oksigen yang akan terpakai untuk dekomposisi di perairan dalam sepekan (lima hari) mendatang. Lalu dengan memperbandingkan nilai BOD terhadap COD juga akan diketahui seberapa besar jumlah bahan-bahan organik yang lebih persisten yang ada di perairan.

5. Temperatur (Suhu)  
Suhu air akan mengendalikan bentuk kehidupan dalam air serta kecepatan reaksi kimia. Secara umum, suhu makin tinggi akan membuat tidak nyaman untuk beberapa tipe ikan dan lokan.
6. *Total Dissolved Solid* (TDS)  
TDS digunakan untuk mengukur kandungan mineral yang bukan berupa gas dalam larutan cair. Tingginya TDS akan mempengaruhi rasa, kehidupan tanaman, kehidupan binatang.
7. Bakteri  
Kandungan bakteri dalam air menunjukkan indikasi kemungkinan adanya penyakit yang disebabkan oleh organisme maupun virus di dalam air. Bakteri berasal dari pencernaan (usus) binatang berdarah panas atau manusia.

#### 4.2. Pencemar Yang Dipilih sebagai Parameter Air Sungai

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 Tentang Baku mutu Air Limbah Domestik

Tabel 4.1. Parameter Satuan dan Kadar Maksimum Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar maksimum
pH	-	6-9
BOD	Mg/l	100
TSS	Mg/l	100
Minyak dan lemak	Mg/l	10

Parameter yang diukur sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2010 tentang baku mutu air limbah bagi kawasan industri.

Tabel 4.2. Parameter dan Baku Mutu Lingkungan Kawasan Industri

No	Parameter	Satuan	Kadar maksimum
1	pH	-	6-9
2	TSS	mg/l	150
3	BOD	mg/l	50
4	COD	mg/l	100
5	Sulfida	mg/l	1
6	Amonia	mg/l	20
7	Fenol	mg/l	1
8	Minyak dan lemak	mg/l	15
9	MBAS	mg/l	10
10	Kadmium	mg/l	0.1
11	Krom Heksavalen	mg/l	0.5

	(Cr6 <sup>+</sup> )		
12	Krom total (Cr)	mg/l	1
13	Tembaga (Cu)	mg/l	2
14	Timbal (Pb)	mg/l	1
15	Nikel (Ni)	mg/l	0.5
16	Seng (Zn)	mg/l	10
17	Kuantitas air limbah maksimum	0.8 L perdetik per Ha Lahan kawasan terpakai	

### 4.3. Tata cara pengambilan contoh air sungai

#### 4.3.1 Dasar pertimbangan

Untuk mendapatkan kebenaran data harus diperhatikan bahwa data yang digunakan terjamin kebenarannya sehingga dalam pemantauan kualitas air perlu dipertimbangkan pemilihan lokasi. Tahap pertama dalam perencanaan sistem pemantauan air adalah pengumpulan data mengenai lingkungan serta karakteristik dan pemanfaatan sumber air. Berdasarkan data tersebut dapat direncanakan lokasi pengambilan contoh yang tepat sesuai dengan keperluannya. Ada tiga dasar yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pengambilan contoh.

- a. Kualitas air sebelum adanya pengaruh kegiatan manusia yaitu pada lokasi hulu sungai yang dimaksudkan untuk mengetahui kualitas air secara alamiah sebagai base line station
- b. Pengaruh kegiatan manusia terhadap kualitas air dan pengaruhnya untuk pemanfaatan lokasi tertentu.
- c. Sumber-sumber pencemaran yang dapat memasukkan zat-zat yang berbahaya ke dalam sumber air. Lokasi ini dimaksudkan untuk mengetahui sumber-sumber penyerapan bahan-bahan yang berbahaya, sehingga dapat ditanggulangi.

#### 4.3.2 Perencanaan lokasi pengambilan contoh

Dalam perencanaan lokasi pengambilan contoh, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan.

##### 4.3.2.1 Pertimbangan kegunaan data

Tahap pertama dalam perencanaan lokasi pengambilan contoh adalah mengetahui kegunaan kualitas air yang dipantau, yaitu sebagai berikut :

- a. Sumber informasi mengenai potensi kualitas air yang tersedia untuk keperluan pengembangan sumber daya air pada saat ini dan masa yang akan datang.
- b. Penyelidikan dan pengkajian pengaruh lingkungan terhadap kualitas air dan pencemaran air.
- c. Sumber data untuk keperluan penelitian.
- d. Perlindungan terhadap pemakai.

- e. Pengawasan terjadinya kasusu pencemaran di suatu daerah tertentu.
- f. Pertimbangan beban pencemaran yang dibuang melalui sungai ke laut.

#### **4.3.2.2 Pertimbangan pemanfaatan sumber air**

Pemilihan lokasi pengambilan contoh banyak dipengaruhi oleh bermacam-macam kepentingan pemanfaatan sumber air tersebut. Misalnya sumber air yang digunakan sebagai sarana transportasi bahan kimia mempunyai resiko pencemaran yang lebih besar dari pada sumber air yang tidak digunakan. Oleh karena itu pemantauan kualitas air diperlukan pada lokasi yang beresiko tinggi.

#### **4.3.2.3 Pertimbangan sarana pengambilan contoh**

Dalam perencanaan lokasi pengambilan contoh perlu diketahui fasilitas bangunan yang telah ada pada sumber air tersebut, yang dapat dimanfaatkan untuk sarana pengambilan contoh.

- a. Jembatan  
Pengambilan contoh dari jembatan lebih mudah dilaksanakan dan titik pengambilan contoh dapat diidentifikasi secara pasti.
- b. Pos pengukur debit air  
Pos pengukur debit air biasanya dilengkapi dengan alat pencatat tinggi muka air otomatis ataupun lintasan tali. Sarana tersebut dimanfaatkan untuk membantu pengambilan contoh.
- c. Bendung  
pengambilan contoh pada bendung juga sangat menguntungkan karena di lokasi bendung umumnya terdapat pengukur debit serta catatan-catatan lain yang berguna untuk evaluasi kualitas air.

#### **4.3.2.4 Frekuensi pengambilan contoh**

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi frekuensi pengambilan contoh yaitu :

- Perubahan kualitas air  
Perubahan kualitas air disebabkan oleh perubahan kadar unsur yang masuk ke dalam air, kecepatan air dan volume air. Perubahan tersebut dapat terjadi sesaat ataupun secara teratur dan terus menerus dalam suatu periode waktu. Sungai dapat mengalami perubahan yang sesaat maupun yang terus menerus. Sumber yang menyebabkan terjadinya perubahan tersebut secara alamiah ataupun buatan.
  - Perubahan sesaat  
Perubahan sesaat disebabkan oleh suatu kejadian yang tiba-tiba dan seringkali tidak dapat diramalkan. Sebagai contoh turunnya hujan lebat yang tiba-tiba akan menyebabkan bertambahnya debit air yang diikuti oleh terbawanya bahan-bahan pencemaran dari pengikisan di daerah sekitarnya.

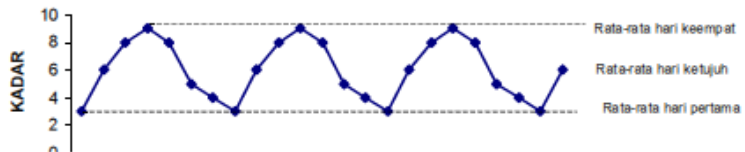
Tumpahan dan bocoran dari limbah industry atau pertanian dapat pula meubah kualitas air sesaat.

➤ Perubahan terus menerus

Perubahan secara terus menerus setiap tahun dapat terjadi karena turunnya hujan atau turunnya suhu yang beraturan tiap-tiap musim. Perubahan musim akan menyebabkan terjadinya perubahan komposisi air serta kecepatan pembersihan air secara alami (self purification). Perubahan secara teratur dapat pula terjadi setiap hari secara almhiah, misalnya perubahan pH, pksigen terlarut, suhu dan alkalinity. Kegiatan industry dan pertanian pada suatu daerah dapat pula mempengaruhi kualitas air secara teratur selama periode terjadinya kegiatan pembuangan limbahnya. Sedangkan kegiatan domestik dapat menyebabkan perubahan harian dan mingguan. Perubahan kualitas air yang teratur dapat pula disebabkan oleh adanya pengaturan debit air yang dilakukan secara teratur dan terus menerus untuk keperluan tertentu.

• Waktu pengambilan contoh

Perubahan kualitas air yang terus menerus perlu dipertimbangkan dalam penentuan waktu pengambilan contoh pada sumber air. Contoh perlu diambil pada waktu tertentu periode yang tetap sehingga dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas air, akan tetapi kualitas pada saat tersebut tidaklah menggambarkan kualitas air pada saat-saat yang lain. Hal ini terjadi terutama pada kualitas air yang berubah setiap waktu. Sebagai contoh pada Gambar 1 menunjukkan perubahan kualitas air yang sangat ekstrim selama pengukuran selama tiga minggu.



Gambar 4.1. Contoh Perubahan Kualitas Air Pada Pengukuran Selama 3 Minggu

Dari gambar tersebut , perhitungan nilai rata-rata harian adalah 6,1. Akan tetapi apabila contoh hanya diambil setiap hari keempat , maka nilai rata-rata menjadi 9. Sedangkan bila diambil setiap hari pertama nilai rata-ratanya menjadi 3. Untuk mengetahui kesalahan ini maka frekuensi pengambilan contoh setiap minggu diambil sebanyak dua kali, sehingga diperlukan 6 kali pengambilan dalam periode tiga minggu.

- Debit air  
Kadar dari zat-zat tertentu di dalam air dipengaruhi oleh debit air sungai atau volume sumber air. Selama debit aliran yang kecil dimusim kemarau, frekuensi pengambilan contoh perlu ditingkatkan terutama pada sungai yang menampung limbah industri, domestik dan pertanian. Pengukuran debit air diperlukan pula untuk menghitung jumlah beban pencemaran dan diperlukan pula untuk membandingkan kualitas air pada debit rendah dan debit besar selama periode pemantauan.

#### 4.3.3 Metode yang digunakan

Pengambilan contoh dilakukan dengan menggunakan metode purposive sampling. Metode purposive sampling adalah metode pengambilan contoh berdasarkan kriteria-kriteria tertentu, disini tujuan penarikan contoh adalah untuk mendapatkan gambaran tentang sifat fisika, kimia dan mikrobiologi perairan sungai. Sungai yang ada di setiap kabupaten dipilih dengan metode simple random sampling. Metode simple random sampling adalah proses pengambilan sampel dilakukan dengan memberi kesempatan yang sama pada setiap anggota populasi untuk menjadi anggota sampel. Setelah diperoleh sungai yang akan di teliti, kemudian digunakan metode purposive sampling. Jumlah contoh yang diambil adalah minimal banyaknya sungai yang terdata pada suatu Propinsi. Kepada propinsi yang nama sungai dan lokasinya belum terdata diharapkan segera melengkapi nama sungai dan lokasi yang dipantau.

NAMA SUNGAI-SUNGAI MASING-MASING PROPINSI DI INDONESIA		
1	Bali	Lokasi
1	Tukad Ayung	
2	Sungai Bubuh	
3	Jeh Ajung	
4	Jeh He	
5	Jeh Jinah	
6	Jeh Poh	
7	Jeh Sungi	
8	Tukad Buleleng	
9	Tukad Banjumala	
10	Tukad Pakerisan	
11	Sungai Balangan	Kabupaten Balangan
12	Sungai Batulaya	

13	Sungai Pancuran	
14	Sungai Pangi	
15	Sungai Patanu	
16	Sungai Sangiang	
17	Sungai Sangsang	
18	Sungai Sumbul	
19	Sungai Unda	
<b>2</b>	<b>Bengkulu</b>	
20	Sungai Alas	
21	Sungai Bantai	
22	Air Bengkulan	
23	Sungai Bengkulu	
24	Air Blimbing	
25	Air Dendan	
26	Air Lais	
27	Air Lemau	
28	Air Lintang-kiri	
29	Sungai Ipuh	
30	Air Keru	
31	Air Palik	
32	Air Pikat	
33	Sungai Ketahun	
34	Sungai Nasal	
35	Air Nelas	
36	Sungai Seblat	
37	Sungai Seluma	
38	Sungai Tanjungaur	
39	Sungai Luas	
40	Sungai Padanggila	
41	Air Bengkulan Map	



<b>3</b>	<b>Daerah Istimewa Yogyakarta</b>	
42	Kali Bening	
43	Kali Code	
44	Kali Gebang	
45	Kali Kampar	
46	Kali Kongkhangsan	
47	Kali Mlese	
48	Kali Nglusah	
49	Kali Progo	Kab. Kulonprogo, Sleman, Bantul
50	Kali Tangkisan	
51	Kali Sangiran	
52	Kali Sosonopan	
53	Kali Waro	
54	Selokan Mataram	
55	Sungai Opak	Kab. Sleman, Bantul
56	Sungai Oyo	
57	Sungai Tepus	
<b>4</b>	<b>DKI Jakarta</b>	
58	Sungai Aluran	
59	Kali Cantiga	
60	Kali Gebjuran	
61	Kali Grogol	
62	Kali Krukut	
63	Kali Malang	
64	Sungai Moa	
65	Kali Mokervart	
66	Kali Pesanggrahan	
67	Sungai Tengah	
68	Kali Semanan	
69	Sungai Udang	

70	Kali Angke	Jakarta utara
71	Ci Liwung	Batas alami jakarta selatan dan jakarta timur
72	Ci Pinang	
<b>5</b>	<b>Jambi</b>	
73	Batang Asam	
74	Batang Hari	
75	Sungai Bulian	
76	Sungai Danaubangko	
77	Sungai Kahidupankaor	
78	Sungai Kumpe	
79	Sungai Pengabuan	
80	Batang Tembesi	
81	Sungai Serengam	
82	Sungai Singkati-gedang	
83	Sungai Singoan	
<b>6</b>	<b>Jawa Barat</b>	
84	Ci Binong	
85	Ci Bulan	
86	Ci Hideung	
87	Ci Katomas	
88	Ci Kapundung	Lembang
89	Ci Kubang	
90	Ci Langkub	
91	Ci Losari	
92	Ci Mandiri	
93	Ci Mantiung	
94	Ci Manuk	Kabupaten Indramayu
95	Ci Pada	
96	Ci Paku	
97	Ci Picung	

98	Ci Punegara	
99	Ci Rawa	
100	Ci Sadane	Kabupaten Bogor terus ke Kab Tangerang
101	Ci Sanggarung	Perbatasan Jawa barat dan jawa tengah
102	Ci Sarua	
103	Ci Tandui	
104	Ci Tarum	Kota Bandung
105	Ci Ujung	
<b>7</b>	<b>Jawa Tengah</b>	
106	Kali Ampobendo	
107	Kali Bendungan	
108	Bengawan Solo	Pegunungan Kidul, Wonogiri dan Ponorogo
109	Kali Bodri	
110	Kali Bogowonto	
111	Kali Dogleg	
112	Kali Kedu Dua	
113	Kali Dukuh	
114	Kali Comal	
115	Kali Geritri	
116	Kali Gondok	
117	Sungai Juwana	Kota Juwana Kabupaten Pati
118	Kali KapulogoK	
119	Kali Klampis	
120	Kali Lusi	Kab. Grobogan, Kab. Rembang
121	Kali Maron	
122	Kali Pemali/ Kali Brebes	
123	Sungai Progo	Kabupaten Kulonprogo dengan Kabupaten Sleman dan Bantul
124	Sungai Serang	Kabupaten Purwodadi
125	Sungai Serayu	Kabupaten Wonosobo
126	Kali Urang	

127	Sungai Kebuyutan	kabupaten brebes
<b>8</b>	<b>Jawa Timur</b>	
128	Sungai Ajung	
129	Kali Bandojudo	
130	Sungai Bajulmati	
131	Sungai Bedadung	
132	Kali Besukkoboan	
133	Kali Besuksemut	
134	Kali Besuktunggeng	
135	Sungai Brangkal	
136	Sungai Brantas	Kota Batu
137	Kali Grobogan	
138	Kali jatiroto	
139	Kali Porong	Kabupaten Sidoarjo
140	Kali Mas	Kota Surabaya
141	Sungai Lamongan	
142	Sungai Madiun	
143	Kali Mujur	
144	Kali Rejali	
145	Sungai Rejoso	
146	Sungai Sampean	
147	Sungai Sumbermarijing	
148	Kali Suko	
149	Kali Winong	
150	Sungai Glagah	
<b>9</b>	<b>Kalimantan Barat</b>	
151	Sungai Airhitam	
152	Sungai Beliang	
153	Sungai Embuan	
154	Sungai Ensabal	

155	Sungai Jelai	
156	Sungai Kapuas	Kabupaten Kapuas, Kota Pontianak
157	Sungai Landak	
158	Sungai Melawi	Kabupaten Sintang
159	Sungai Meliau	
160	Sungai Mengkiang	
161	Sungai Mempawah	
162	Sungai Muna	
163	Sungai Kedukul	
164	Sungai Paloh	
165	Sungai Pawan	
166	Sungai Sambas	Kabupaten Sambas
167	Sungai Saju	
168	Sungai Sekajam	
169	Sungai Sengarit	
<b>10</b>	<b>Kalimantan Selatan</b>	
170	Sungai Aingbantai	
171	Sungai Alalak	
172	Sungai Kuin	Banjarmasin
173	Sungai Ayu	
174	Sungai Baharangan	
175	Sungai Balangan	Kabupaten BALangan
176	Sungai Barabai	
177	Sungai Barito	Kapupaten Barito Utara
178	Sungai Cegal	
179	Sungai Gelombang	
180	Sungai Haruan	
181	Sungai jaing	
182	Sungai jangkung	
183	Sungai Kurambu	

184	Sungai Martapura	Kota Banjarmasin
185	Sungai Negara	
186	Sungai Pitap	
187	Sungai Riam	
188	Sungai Tabalong	
189	Sungai Tabuan	
190	Sungai Tapin	
<b>11</b>	<b>Kalimantan Tengah</b>	
191	Sungai Kahayan	
192	Sungai BArito	
193	Sungai Mentajaya	Kabupaten Kotawaringin Timur
194	Sungai Kalanaman	
195	Sungai Katingan	
196	Sungai Lamandau	
197	Sungai Mendawai	
198	Sungai Pembuang	
199	Sungai Sampit	
200	Sungai Bakau	Kabupaten Kotawaringin Barat
201	Sungai Cabang	Kabupaten Kotawaringin Barat
202	Sungai Seruyan	
203	Sungai Bedaun	Kabupaten Kotawaringin Barat
<b>12</b>	<b>Kalimantan Timur</b>	
204	Sungai Angisa	
205	Sungai Bahan	
206	Sungai Kedang Pahu	Kabupaten Kutai Barat
207	Sungai Bani	
208	Sungai Berau	
209	Sungai Kayan	
210	Sungai Mahakam	Kabupaten Kutai Barat
211	Sungai Senyur	

212	Sungai Sesayap	
213	Sungai Telen	
214	Sungai Wahan	
<b>13</b>	<b>Lampung</b>	
215	Sungai Basai	
216	Sungai Jepara	
217	Sungai Kambas	
218	Sungai Pameriliun	
219	Sungai Sekampung	
220	Sungai Semah	
221	Sungai Seputih	
222	Sungai Simpang Balek	
223	Sungai Sukadana	
224	Sungai Tuiangbawang	
<b>14</b>	<b>Maluku</b>	
225	sungai Ranamoe	Kabupaten Maluku Tenggara Barat
<b>226</b>	sungai Bungat	Kabupaten Maluku Tenggara Barat
<b>227</b>	Sungai Mitak	Kabupaten Maluku Tenggara Barat
<b>228</b>	Sungai Sakir	Kabupaten Maluku Tenggara Barat
<b>229</b>	Sungai Naumatang	Kabupaten Maluku Tenggara Barat
<b>230</b>	Sungai Amau	Kabupaten Maluku Tenggara Barat
<b>231</b>	Sungai Ewu	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>232</b>	Sungai Watukabo	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>233</b>	Sungai Bobo	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>234</b>	Sungai Ternate	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>235</b>	Sungai Boti	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>236</b>	Sungai Lofin	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>237</b>	Sungai Kobi	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>238</b>	Sungai Samal	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>239</b>	Sungai Sariputih	Kabupaten Maluku Tenggara

<b>240</b>	sungai Isal	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>241</b>	Sungai Muai	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>242</b>	Sungai Usa	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>243</b>	Sungai Tuluaman	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>244</b>	Sungai Kuwa	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>245</b>	Sungai Miyaka	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>246</b>	Sungai kuhu	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>247</b>	Sungai Sapalewa	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>248</b>	Sungai Utu	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>249</b>	Sungai Sala	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>250</b>	Sungai lala	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>251</b>	Sungai Ela	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>252</b>	Sungai Maituhu	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>253</b>	Sungai Palu	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>254</b>	Sungai Makariki	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>255</b>	Sungai Labotan	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>256</b>	Sungai jala	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>257</b>	Sungai Laladi	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>258</b>	Sungai Kaba	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>259</b>	Sungai Lau	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>260</b>	Sungai Walala	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>261</b>	Sungai Mika	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>262</b>	Sungai Jahe	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>263</b>	Sungai Nuwa	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>264</b>	Sungai Kawa	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>265</b>	sungai Saparase	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>266</b>	Sungai jparu	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>267</b>	sungai Nama	Kabupaten Maluku Tenggara
<b>268</b>	sungai bobot	Kabupaten Seram bagian Timur
<b>269</b>	sungai Tuasa	Kabupaten Seram bagian Timur
<b>270</b>	Sungai Masiwang	Kabupaten Seram bagian Timur



<b>271</b>	Sungai Dawang	Kabupaten Seram bagian Timur
<b>272</b>	Sungai Toja	Kabupaten Seram bagian Timur
<b>273</b>	Sungai Eti	Kabupaten Seram Bagian Barat
<b>274</b>	Sungai Sapalawa	Kabupaten Seram Bagian Barat
<b>275</b>	Sungai Tala	Kabupaten Seram Bagian Barat
<b>276</b>	Sungai ruapa	Kabupaten Seram Bagian Barat
<b>277</b>	Sungai Nala	Kabupaten Seram Bagian Barat
<b>278</b>	Sungai Sarisa	Kabupaten Seram Bagian Barat
<b>279</b>	Sungai Waiyapo	Kabupaten Buru
<b>280</b>	Sungai Sanleko	Kabupaten Buru
<b>281</b>	Sungai Lamén	Kabupaten Buru
<b>282</b>	Sungai Wainibe	Kabupaten Buru
<b>283</b>	Sungai Waemangi	Kabupaten Buru
<b>284</b>	Sungai Ili	Kabupaten Buru
<b>285</b>	Sungai Mana	Kabupaten Buru
<b>286</b>	Sungai Pude	Kabupaten Buru
<b>287</b>	Sungai Langa	Kabupaten Buru
<b>288</b>	Sungai Tina	Kabupaten Buru
<b>289</b>	Sungai hutong	Kabupaten Buru
<b>290</b>	Sungai Mkana	Kabupaten Buru
<b>291</b>	ungai Yalun	Kabupaten Buru
<b>292</b>	Sungai Oki	Kabupaten Buru
<b>293</b>	Sungai Lamar	Kabupaten Buru
<b>294</b>	Sungai Mala	Kabupaten Buru
<b>295</b>	Sungai Kasi	Kabupaten Buru
<b>296</b>	Wae Batu Gantung	Kota Ambon
<b>297</b>	Wae Batu Gajah	Kota Ambon
<b>298</b>	Wae Tomu	Kota Ambon
<b>299</b>	Wae Batu Merah	Kota Ambon
<b>300</b>	Wae Ruhu	Kota Ambon
<b>301</b>	Wae Yori	Kota Ambon

<b>302</b>	Wae Sikula	Kota Ambon
<b>303</b>	Wae Lawa	Kota Ambon
<b>304</b>	Wae Piah Besar	Kota Ambon
<b>305</b>	Wae Yame	Kota Ambon
<b>306</b>	Wae Lela	Kota Ambon
<b>307</b>	Wae Heru	Kota Ambon
<b>308</b>	Wae Tonahitu	Kota Ambon
<b>309</b>	Wae Tatiri	Kota Ambon
<b>310</b>	Sungai Apu	
<b>311</b>	Sungai Castelo	
<b>312</b>	Sungai Marikrubu	
<b>313</b>	Sungai Masiulang	
<b>314</b>	Sungai Ruate	
<b>315</b>	Sungai Sapatewa	
<b>316</b>	Sungai Sapulawa	
<b>317</b>	Sungai Sarafo	
<b>318</b>	Sungai Togorala	
<b>319</b>	Sungai Yalua	
<b>15</b>	<b>Aceh</b>	
320	Sungai Geumpang	
321	Sungai Kruet	
322	Sungai Meureudu	
323	Sungai Peureula	
324	Sungai Peusangan	
325	Sungai Ranggos	
326	Sungai Simpang Kanan	
327	Sungai Simpang Kiri	
328	Sungai Teunom	
329	Sungai Waila	
<b>16</b>	<b>Nusa Tenggara Barat</b>	

330	Sungai Ampang	
331	Sungai Gurakara	
332	Sungai Jangklok	
333	Sungai Kampu	
334	Sungai Nal	
335	Sungai Pliwis	
336	Sungai Putih	
337	Sungai Sidutan	
338	Sungai Sumpel	
339	Sungai Tepa	
340	Sungai Emboko	
341	Sungai Fai	
342	Sungai Jamal	
343	Sungai Kanjiji	
344	Sungai Lingeh	
345	Sungai Polapare	
346	Sungai Rissa	
347	Sungai Wajalu	
348	Sungai Wera	
<b>17</b>	<b>Papua</b>	
349	Sungai Baliem	
350	Sungai Bian	
351	Sungai Yuliana	Di bagian selatan Pulau Papua
352	Sungai Digul	Di bagian selatan Pulau Papua
353	Sungai Tuga	Di bagian selatan Pulau Papua
354	Sungai Kamundan	
355	Sungai Lorentz	Di bagian selatan Pulau Papua
356	Sungai Mayu	
357	Sungai Mamberamo	sebelah selatan Pegunungan Foja, Kabupaten Sarmi
358	Sungai Merauke	

359	Sungai Noordwese	
360	Sungai Sircanden	
361	Sungai Warenoi	
<b>18</b>	<b>Riau</b>	
362	Sungai Bangko	
363	Sungai Gaung	
364	Sungai Kampar Kanan	Kabupaten Pelalawan
365	Sungai Indragiri	Kabupaten Indragiri Hilir
366	Sungai Kampar Kiri	Kabupaten Pelalawan
367	Sungai Ketanan	
368	Sungai Kuantan	
369	Sungai Reteh	
370	Sungai Rokan Kanan	
371	Sungai di rokan hilir	Kabupaten Rokan Hilir
372	Sungai Rokan Kiri	
373	Sungai Siak	Kabupaten Siak,Bengkalis,Rokan Hulu
<b>19</b>	<b>Sulawesi Selatan</b>	
374	Sungai Girirang	
375	Sungai Jeneberang	
376	Sungai Karana	
377	Sungai Malasa	
378	Sungai Mandar	
379	Sungai Maraleng	
380	Sungai Sadong	
381	Sungai Singga	
382	Sungai Tangkok	
383	Sungai Walanae	
<b>20</b>	<b>Sulawesi Tengah</b>	
384	Sungai Ulkuli	
385	Sungai Balinggara	Kabupaten Banggai

386	Sungai Bunta	Kabupaten Banggai
387	Sungai Toima	Kabupaten Banggai
388	Sungai Sinorang	Kabupaten Banggai
389	Sungai Kalumbangan	Kabupaten Banggai
390	Sungai Kintom	Kabupaten Banggai
391	Sungai Tojo	Kabupaten Tojo una-una
392	Sungai Bongka	Kabupaten Tojo una-una
393	Sungai Lea	Kabupaten Tojo una-una
394	Sungai Tambalako	Kabupaten Tojo una-una
395	Sungai PALu	Kabupaten Donggala
396	Sungai Surumana	Kabupaten Donggala
397	Sungai Batui	Kabupaten Poso
398	Sungai muraja	Kabupaten Buol dan Kab Toli-toli
399	Sungai Sausu	Kabupaten Parigi Moutong
400	Sungai Palasa	Kabupaten Parigi Moutong
401	Sungai Lambunu	Kabupaten Parigi Moutong
402	Sungai Buol	
403	Sungai Maraju	
404	Sungai Mesup	
405	Sungai Poso	Kabupaten Poso
406	Sungai Takuwono	
407	Sungai Puna	Kabupaten Poso
408	Sungai Toili	
409	Sungai Wesanga	
<b>21</b>	<b>Sulawesi Tenggara</b>	
410	Sungai Konoweha	
411	Sungai Labandia	
412	Sungai Lalindu	
413	Sungai Lasolo	
414	Sungai Matarombeo	Kabupaten Minahasa

415	Sungai Peleang	
416	Sungai Sampolawa	
417	Sungai Watumakale	
<b>22</b>	<b>Sulawesi Utara</b>	
418	Sungai Ayong	
419	Sungai Binebase	
420	Sungai Nimanga	
421	Sungai Bone	
422	Sungai Laini	
423	Sungai Naha	
424	Sungai Polgar	
425	Sungai Ranayapu	
426	Sungai Tabalong	
427	Sungai Tutul	
<b>23</b>	<b>Sumatera Barat</b>	
428	Batang Anai	Kabupaten Tanah Datar dan Kab. Padang Pariaman
429	Batang Arau	Kota Padang
430	Batang Sri Antokan	
431	Batang Agam	
432	Batang Ombilin	Kabupaten Tanah Datar
433	Batang Selo	
434	Batang Tabik	
435	Batang Kuantan	
436	Batang Kasang	
437	Batang Sinamar	
438	Batang Hari	Kabupaten Solok
439	Batang Tarusan	
440	Batang Kandis	Kota Padang
441	Batang Masang	
442	Batang Alahan Panjang	

443	Batang Sangir	
444	Batang Pasaman	
445	Batang Kinali	
446	Sungai Jujuhan	
447	Sungai Sihilang	
448	Sungai Sindung	
449	Sungai Sirantih	
<b>24</b>	<b>Sumatera Selatan</b>	
450	Sungai Bulurangtiding	
451	Sungai Komerling	Kota Palembang
452	Sungai Keruh	
453	Sungai Lakitan	Kota Palembang
454	Sungai Lematang	Kabupaten Lahat,
455	Sungai Mesuji	
456	Sungai Musi	Kota Palembang
457	Sungai Ogan	Kota Palembang
458	Sungai Rambang	
459	Sungai Rawas	Kota Palembang
460	Sungai Kelingi	Kota Palembang
461	Sungai Semagus	Kota Palembang
462	Sungai Ieko	Kota Palembang
463	Sungai Saleh	
464	Sungai Belida	
<b>25</b>	<b>Sumatera Utara</b>	
465	Sungai Angkola	
466	Sungai Asahan	Kabupaten Asahan
467	Sungai Batanggadis	
468	Sungai Belawan	Kota Medan dan Kabupaten Deli Serdang
469	Sungai Batang Toru	
470	Sungai Besitang	

471	Sungai Nalipang	
472	Sungai Sarkam	
473	Sungai Sibundung	
474	Sungai Singkuang	
475	Sungai Wampu	Kabupaten Karo dan Kabupaten Langkat
<b>26</b>	<b>Banten</b>	
476	Sungai Cisadane	Kabupaten Tangerang
477	Sungai Ciberang	Kabupaten Lebak
<b>27</b>	<b>Kepulauan Riau</b>	
478	Sungai Natuna	Kabupaten Natuna
<b>28</b>	<b>Gorontalo</b>	
479	Sungai Tulabolo	Kabupaten Bone Bolango,
480	Sungai Mohutango	Kabupaten Bone Bolango,
481	Sungai Bone	Kabupaten Bone Bolango,
482	Sungai Tapa Daa	Kabupaten Bone Bolango,
<b>29</b>	<b>Kepulauan Bangka Belitung</b>	
483	Sungai Rangkui	Kota Pangkal Pinang
484	Sungai Pedindang	Kota Pangkal Pinang
485	Sungai Batuurusa	Kota Pangkal Pinang
<b>30</b>	<b>Nusa Tenggara Timur</b>	
486	Sungai Emboko	
487	Sungai Fai	
488	Sungai Jamal	
489	Sungai Kanjiji	
490	Sungai Lingeh	
491	Sungai Polapare	
492	Sungai Rissa	
493	Sungai Walaju	
494	Sungai Wera	
<b>31</b>	<b>Sulawesi Barat</b>	



495	Sungai Saddang	Tator, Enrekang, Polewali Mandar
496	Sungai Matakali	Polewali Mandar
497	Sungai Mambi	Polewali Mandar
498	Sungai Mandar	Polewali Mandar
499	Sungai Manyamba	Majene
500	Sungai Malunda	Majene
501	Sungai Kaluku	Mamuju, Polewali Mandar
502	Sungai Karama	Majene
<b>32</b>	<b>Maluku Utara</b>	
<b>33</b>	<b>Papua Barat</b>	

#### 4.3.4 Prosedur teknis pengambilan contoh

Pengambilan contoh air lebih diarahkan pada pusat-pusat kegiatan penduduk sebagai aliran limbah yang masuk perairan sungai. Penentuan titik-titik pengambilan contoh air di sungai dengan pertimbangan bahwa lokasi pengambilan contoh diduga sebagai aliran limbah cair dari berbagai kegiatan aktivitas penduduk. Parameter yang diukur, metode serta peralatan yang digunakan, mengikuti pedoman standar methods for examination of water and waste water (APHA, 1995), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5. Peralatan yang biasa digunakan dalam pengambilan contoh adalah :

- Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh (misalnya untuk keperluan pemeriksaan logam, alat pengambilan contoh tidak terbuat dari logam)
- Mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya.
- Contoh mudah dipindahkan ke dalam botol penampungan tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya.
- Kapasitas alat 1 sampai 5 liter tergantung dari maksud pemeriksaan
- Mudah dan aman dibawa

Tahapan pengambilan contoh untuk keperluan pemeriksaan fisik :

- Menyiapkan alat pengambil contoh yang sesuai
- Membilas alat dengan contoh yang akan diambil

- Mengambil contoh sesuai dengan keperluan dan campuran dalam penampung sementara hingga merata.



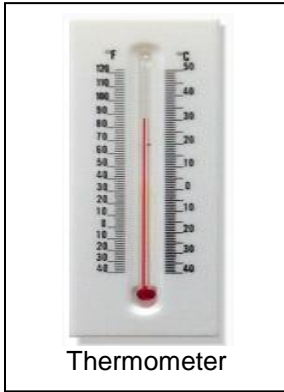
**Gambar 4.2. Teknik Pengambilan Sampel Air Sungai**

**Tabel 4.3. Parameter kualitas air dan metode analisis serta alat yang digunakan**

Parameter	Satuan	Metode Analisis	Peralatan
<b>I. Fisika</b>			
1. Suhu	$^{\circ}\text{C}$	Pemuaian	Termometer
2. TSS	mg/l	Gravimetri	Timbangan analitik
3. TDS	mg/l	Gravimetri	Timbangan analitik
4. Kekeruhan	JTU	Turbidimetri	Turbidimeter
5. Warna	Unit PtCo	VCM	Skala PtCO
6. Kecerahan	cm	Visual	Secchi Disc
<b>II. Kimia</b>			
1. pH	-	Potensiometri	pH meter
2. $\text{CO}_2$	mg/l	Titrimetri	Peralatan titrasi
3. DO	mg/l	Titrimetri winkler	DO meter
4. $\text{BOD}_5$	mg/l	Titrimetri	Peralatan titrasi
5. COD	mg/l	Spektrofotometrik	Spektrofotometer, titrasi
6. $\text{N-NO}_3$	mg/l	Spektrofotometrik	Spektrofotometer
7. $\text{N-NO}_2$	mg/l	Spektrofotometrik	Spektrofotometer
8. Ammonia	mg/l	Spektrofotometrik	Spektrofotometer
9. Ortofosfat	mg/l	Spektrofotometrik	Spektrofotometer
10. Pestisida	mg/l	Spektrofotometrik	Spektrofotometer
<b>III. Mikrobiologi</b>			
1. <i>Fecal coliform</i>	MPN/100 ml	Metode MPN	Tabel MPN, filter
2. <i>Total coliform</i>	MPN/100 ml	Metode MPN	Tabel MPN, filter

Menentukan titik pengambilan contoh (air permukaan) di sungai dengan ketentuan debit kurang dari  $5 \text{ m}^3/\text{detik}$  contoh diambil pada satu titik tengah sungai pada  $0.5 \times$  kedalaman dari permukaan air.

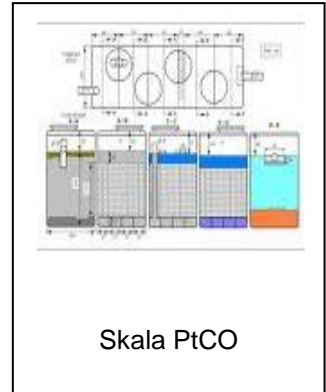
Alat yang digunakan :



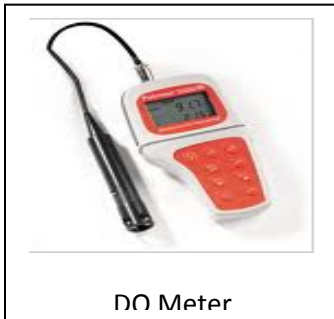
Thermometer



Timbangan analitik



Skala PtCO



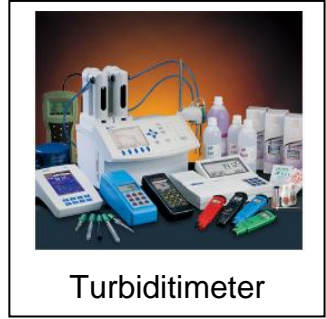
DO Meter

Table 1. Comparison of methods of bacterial counts using the MPN and direct methods (CFU) for primary water samples.

Table 2. Comparison of methods of bacterial counts using the MPN and direct methods (CFU) for secondary water samples.

Sample	Method	CFU	MPN
Primary	1st	1.00E+07	1.00E+07
	2nd	1.00E+07	1.00E+07
	3rd	1.00E+07	1.00E+07
Secondary	1st	1.00E+07	1.00E+07
	2nd	1.00E+07	1.00E+07
	3rd	1.00E+07	1.00E+07

tabel MPN



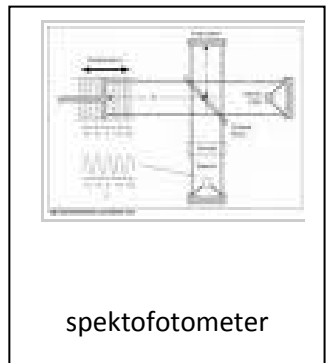
Turbiditimer



peralatan titrasi



pH Meter



spektofotometer

Gambar 4.3. Alat-alat Pengambil Sample Air

### **4.3.5 Penentuan frekuensi pengambilan contoh**

Untuk memperoleh data yang baik maka jumlah frekuensi pengambilan contoh air pada suatu lokasi perlu ditentukan secara sistematis. Guna menentukan jumlah frekuensi pengambilan contoh ini terdapat tahapan-tahapan yang perlu diperhatikan.

#### **4.3.5.1 Pengumpulan informasi**

Pengumpulan informasi meliputi:

- a) kondisi-kondisi yang mempengaruhi kualitas air pada suatu lokasi, misalnya sumber pencemaran, titik pemanfaatan dan sebagainya, di samping itu informasi ini juga diperlukan untuk menentukan titik pengambilan contoh air;
- b) data hasil analisis kualitas air yang ada dimana informasi ini digunakan untuk membantu memperkirakan perubahan kualitas air pada lokasi tersebut.

#### **4.3.5.2 Penetapan parameter yang diperiksa**

Setelah diketahui keperluan dari pemantauan yang akan dilakukan maka ditetapkan parameter-parameter yang penting untuk diperiksa sesuai dengan pemanfaatan airnya dan batasan kadar dari parameter-parameter tersebut sesuai standar kualitas air setempat. Hasil pemeriksaan akan mempengaruhi pemanfaatan air pada saat ini dan masa yang akan datang.

#### **4.3.5.3 Studi pendahuluan**

Studi pendahuluan perlu dilakukan untuk mengetahui kadar parameter-parameter dalam air di lokasi yang akan diambil dan juga untuk mengetahui perubahan-perubahan kualitas air yang terjadi. Sebagai perbandingan, studi pendahuluan di sungai dapat dilakukan dengan frekuensi pengambilan contoh sebagai berikut:

- a) setiap minggu selama satu tahun;
- b) setiap hari berturut-turut selama 7 hari, diulangi lagi setiap 13 minggu sekali (empat kali selama satu tahun);
- c) setiap empat jam selama 7 hari berturut-turut, diulangi setiap 13 minggu sekali.
- d) setiap jam selama 24 jam dan diulangi lagi setiap 13 minggu sekali;

Frekuensi pengambilan contoh seperti tersebut di atas masih dapat berubah disesuaikan fasilitas yang ada. Untuk meringankan beban pekerjaan, jumlah parameter yang dianalisis dapat dikurangi. Sedangkan untuk lokasi yang telah tercemar dan dekat dengan titik pemanfaatan, maka frekuensi pengambilan contoh dapat diperbanyak. Dari data yang diperoleh pada studi pendahuluan tersebut kemudian dihitung ketelitian dan confidence limit dari parameter utamanya.

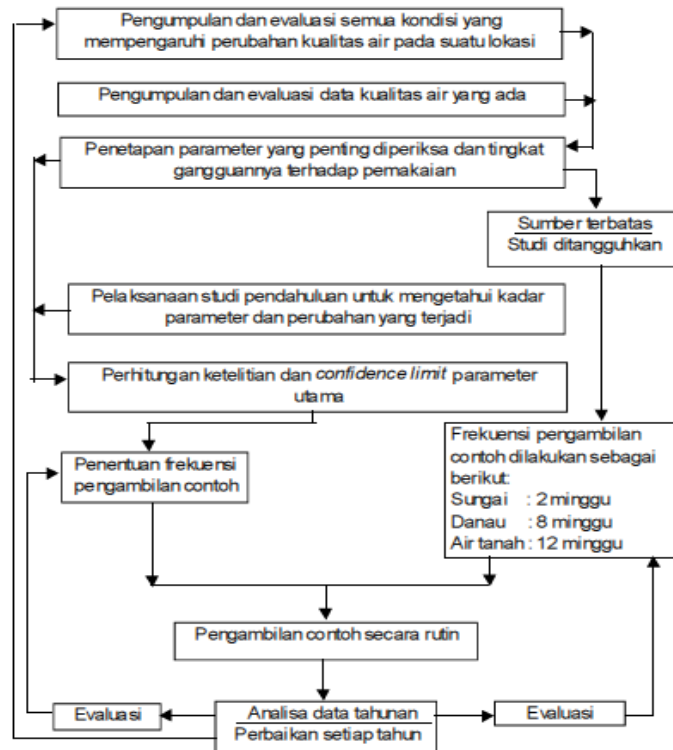
#### **4.3.5.4 Penetapan frekuensi pengambilan contoh air**

Berdasarkan informasi yang telah dikumpulkan, termasuk data hasil studi pendahuluan, dapat diketahui parameter-parameter yang melebihi batas kriteria yang berlaku serta

frekuensi terjadinya. Dengan demikian dapat ditetapkan frekuensi pengambilan contoh yang diperlukan dan pengambilan contoh secara rutin dapat dilaksanakan. Apabila studi pendahuluan belum dilaksanakan atau ditanggguhkan maka frekuensi pengambilan contoh (untuk sementara) dapat dilakukan untuk sungai, diambil setiap 2 minggu. Dalam penentuan frekuensi pengambilan contoh ini perlu juga dipertimbangkan kemampuan analisis dan ketelitian yang diperlukan. Apabila jumlah contoh yang dapat ditangani terbatas, maka lebih baik mengurangi jumlah lokasi dari pada mengurangi frekuensi pengambilan contoh.

#### 4.3.5.5 Evaluasi frekuensi pengambilan contoh air

Pada setiap akhir tahun harus dilakukan evaluasi dan uji statistik terhadap data yang telah ada dan frekuensi pengambilan contoh juga ikut dievaluasi. Rangkaian proses penentuan frekuensi pengambilan contoh seperti tersebut di atas dapat diskemakan seperti pada Gambar4.5.



Gambar 4.4 Skema penentuan frekuensi pengambilan contoh

### **4.3.6 Pengambilan Contoh**

#### **4.3.6.1 Jenis contoh**

Debit air mungkin tidak banyak berubah selama beberapa waktu, akan tetapi banyak juga debit air yang selalu berubah dalam waktu yang singkat. Kualitas air sungai di daerah hulu umumnya hanya berubah karena pengaruh curah hujan, sehingga perubahan tersebut bersifat bulanan atau musiman. Di daerah hilir yang telah terkena pencemaran oleh penduduk dan industri perubahan tersebut dapat bersifat harian bahkan jam-jaman. Untuk memperoleh contoh yang mewakili keadaan sesungguhnya dapatlah dipilih tiga jenis contoh: contoh sesaat, contoh gabungan waktu dan contoh gabungan tempat.

##### **4.3.6.1.1 Contoh sesaat**

Apabila suatu sumber air mempunyai karakteristik yang tidak berubah dalam suatu periode atau dalam batas jarak tertentu maka contoh sesaat cukup mewakili keadaan waktu dan tempat tersebut. Umumnya metode pengambilan contoh sesaat ini dapat dipakai untuk sumber alamiah, tetapi tidak mewakili keadaan air buangan atau sumber air yang banyak dipengaruhi bahan buangan. Apabila suatu sumber air atau air buangan diketahui mempunyai karakteristik yang banyak berubah, maka beberapa contoh sesaat diambil berturut-turut untuk jangka waktu tertentu, dan pemeriksaannya dilakukan sendiri-sendiri tidak seperti pada metode contoh gabungan. Jangka waktu pengambilan contoh tersebut berkisar antara 5 menit sampai 1 jam atau lebih. Umumnya periode pekerjaan pengambilan contoh selama 24 jam. Pemeriksaan beberapa parameter tertentu memerlukan metode contoh sesaat seperti pengukuran suhu, pH, kadar gas terlarut, oksigen terlarut, karbon dioksida, sulfida, sianida dan klorin.

##### **4.3.6.1.2 Contoh gabungan waktu**

Hasil pemeriksaan contoh gabungan waktu menunjukkan keadaan rata-rata dari tempat tersebut dalam suatu periode. Umumnya pengambilan contoh dilakukan terus-menerus selama 24 jam, akan tetapi dalam beberapa hal dilakukan secara intensif untuk jangka waktu yang lebih pendek, misalnya hanya selama periode beroperasinya industri atau selama terjadinya proses pembuangan. Metode pengambilan contoh gabungan waktu ini tidak dapat dilakukan untuk pemeriksaan beberapa unsur yang memerlukan pemeriksaan contoh sesaat. Untuk mendapatkan contoh gabungan waktu perlu diperhatikan agar setiap contoh yang dicampurkan mempunyai volume yang sama. Apabila volume akhir dari suatu contoh gabungan 2 liter sampai 3 liter, maka untuk selang waktu 1 jam selama periode pengambilan contoh 24 jam dibutuhkan volume contoh masing-masing sebanyak 100 sampai dengan 120 mL.

#### **4.3.6.1.3 Contoh gabungan tempat**

Hasil pemeriksaan contoh gabungan tempat menunjukkan keadaan rata-rata dari suatu daerah atau tempat pemeriksaan. Metode pengambilan contoh gabungan tempat ini berguna apabila diperlukan pemeriksaan kualitas air dari suatu penampang aliran sungai yang dalam atau lebar, atau bagian-bagian penampang tersebut memiliki kualitas yang berbeda. Metode pengambilan contoh gabungan tempat ini umumnya tidak dilakukan untuk pemeriksaan kualitas air danau atau waduk, sebab pada umumnya kualitas air danau/waduk menunjukkan gejala yang berbeda kualitasnya karena kedalaman atau lebarnya. Dalam hal ini selalu digunakan metode pemeriksaan secara terpisah.

#### **4.3.6.2 Cara pengambilan contoh**

Pengambilan contoh dapat dilakukan secara manual atau secara otomatis tergantung dari keperluan dan fasilitas yang ada. Masing-masing cara mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam pelaksanaannya.

##### **4.3.6.2.1 Cara manual**

Pengambilan contoh secara manual mudah diatur waktu dan tempatnya, serta dapat menggunakan bermacam-macam alat sesuai dengan keperluannya. Apabila diperlukan volume contoh yang lebih banyak, contoh dapat diambil lagi dengan mudah. Selain itu biaya pemeliharaan alat dengan cara ini tidak besar bila dibandingkan dengan cara otomatis. Akan tetapi keberhasilan pengambilan contoh secara manual sangat tergantung pada keterampilan petugas yang melaksanakannya. Pengambilan contoh secara manual yang berulang-ulang dapat menyebabkan perbedaan perlakuan yang dapat mengakibatkan perbedaan hasil pemeriksaan kualitas air. Pengambilan contoh secara manual sesuai untuk diterapkan pada pengambilan contoh sesaat pada titik tertentu dan untuk jumlah contoh yang sedikit. Sedangkan untuk pengambilan contoh yang rutin dan berulang-ulang dalam periode waktu yang lama cara manual memerlukan biaya dan tenaga kerja yang besar.

##### **4.3.6.2.2 Cara otomatis**

Pengambilan contoh cara otomatis sesuai untuk pengambilan contoh gabungan waktu dan contoh yang diambil rutin secara berulang-ulang. Contoh dapat diambil pada interval waktu yang tepat secara terus-menerus dan secara otomatis dapat dimasukkan ke dalam beberapa botol contoh secara terpisah atau ke dalam satu botol untuk mendapatkan contoh campuran. Pemeriksaan contoh secara terpisah dari tiap-tiap botol dapat menunjukkan kemungkinan adanya kelainan pada masing-masing contoh, serta dapat memberikan nilai minimum dan maksimum dalam periode waktu tertentu. Sedangkan hasil pemeriksaan dari contoh komposit merupakan hasil rata-rata selama periode pengukuran. Dari hasil air komposit yang dicampur tidak dapat diperiksa parameter-parameter seperti: oksigen terlarut, pH, suhu, logam-logam terlarut dan bakteri. Hal ini disebabkan karena

parameter-parameter tersebut dapat berubah oleh waktu atau dihasilkan suatu reaksi kimia antara zat-zat tersebut dari contoh-contoh yang berlainan. Dewasa ini telah banyak peralatan mekanis yang dapat digunakan untuk mengambil contoh cara otomatis yang dirancang sesuai dengan keperluan pemakainya. Beberapa alat pengambil contoh otomatis dirancang khusus yang dapat digunakan untuk mengetahui perbedaan karakteristik sumber air dan air limbah setiap waktu, debit air setiap waktu, berat jenis cairan dan kadar zat tersuspensi, serta terdapatnya bahan-bahan yang mengapung. Akan tetapi pengambilan contoh secara otomatis memerlukan biaya yang lebih mahal untuk konstruksi alat dan pemeliharaannya, serta memerlukan tenaga operator yang terlatih.

#### **4.3.6.3 Menentukan titik pengambilan contoh**

Titik pengambilan contoh dapat dilakukan di sungai dengan penjelasan sebagai berikut:

- (1). Sungai dengan debit kurang dari 5 m<sup>3</sup> / detik, contoh diambil pada satu titik di tengah sungai pada 0,5 x kedalaman dari permukaan air.
- (2). Sungai dengan debit antara 5 – 150 m<sup>3</sup> / detik, contoh diambil pada dua titik masing-masing pada ada jarak 1/3 dan 2/3 lebar sungai pada 0,5 x kedalaman dari permukaan air.
- (3). Sungai dengan debit lebih dari 150 m<sup>3</sup> / detik, contoh diambil minimum pada enam titik masing-masing pada jarak ¼. ½ dan ¾ lebar sungai pada 0,2 x dan 0,8 x kedalaman dari permukaan air.

#### **4.3.6.4 Perlakuan contoh di lapangan**

##### **4.3.6.4.1 Pemeriksaan kualitas air di lapangan**

Parameter yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan, maka pemeriksaannya harus dikerjakan di lapangan. Parameter tersebut antara lain adalah suhu, pH, alkalinitas, asiditas, oksigen terlarut dan penetapan gas lainnya. Penetapan gas tersebut seperti oksigen dan karbon dioksida, pemeriksaannya dapat ditangguhkan dalam waktu beberapa jam apabila contoh disimpan dalam botol KOB yang terisi penuh. Pemeriksaan parameter lapangan biasanya dilakukan dengan peralatan lapangan yang telah dipersiapkan sebelumnya. Perlu diperhatikan agar peralatan yang dipergunakan di lapangan terlebih dahulu dikalibrasi dan ketelitian alat cukup memenuhi keperluannya. Selain itu juga diperlukan persiapan pereaksi, larutan standar dan alat-alat gelas secukupnya.

##### **4.3.6.4.2 Perlakuan pendahuluan contoh**

Perlakuan pendahuluan yang dilakukan terhadap contoh antara lain adalah penyaringan dan ekstraksi



#### **4.3.6.4.2.1 Penyaringan**

Penyaringan contoh diperlukan untuk pemeriksaan logam terlarut, silika dan fosfor terlarut. Penyaringan dilakukan dengan melewati contoh melalui kertas saring yang ukuran porinya 0,45 µm. Untuk mempercepat proses penyaringan dapat digunakan pompa isap.

#### **4.3.6.4.2 .2 Ekstraksi**

Ekstraksi contoh diperlukan untuk pemeriksaan pestisida serta minyak dan lemak. Ekstraksi dilakukan dengan cara memasukkan contoh yang telah diukur volumenya kedalam labu pemisah. Kemudian ditambahkan larutan pengekstrak dengan volume tertentu. Kocok labu pemisah beberapa saat sampai terbentuk dua lapisan yang terlihat nyata. Pisahkan zat yang terekstrak ke dalam tempat khusus dan ditutup rapat untuk pemeriksaan selanjutnya.

#### **4.3.6.4.3 Pengawetan contoh**

##### **4.3.6.4.3 1 Faktor yang mempengaruhi kualitas air**

Pemeriksaan kualitas air sebaiknya dilakukan segera setelah pengambilan contoh. Hal ini disebabkan karena dalam waktu yang relatif singkat selama penyimpanan mulai berlangsung perubahan-perubahan yang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Reaksi-reaksi berikut merupakan faktor yang dapat mempengaruhi kadar suatu zat selama penyimpanan.

##### **Reaksi secara biologi**

Aktifitas metabolisme dari mikroorganisme antara lain dapat mengubah kadar nitrat, nitrit, ammonia, N-organik, fosfat organik dan menurunkan kadar fenol serta indikator zat organik seperti KOB, KOK, KOT dan nilai permanganat. Selain dari pada itu aktifitas mikroorganisme dapat mereduksi sulfat menjadi sulfida.

##### **Reaksi secara kimia**

Terjadinya reaksi kimia dalam air dapat menyebabkan bahan-bahan polimer menjadi depolimer dan sebaliknya, serta terjadinya reaksi oksidasi dan reduksi. Selain itu perubahan kadar gas terlarut dalam air dapat pula merubah pH dan alkalinitas, sulfida, sulfit, ferro, sianida, dan iodida dapat hilang karena oksidasi. Kromium valensi 6 dapat direduksi menjadi valensi 3.

##### **Reaksi secara fisika**

Terjadinya reaksi fisika dapat menyebabkan penyerapan koloid, zat-zat terlarut, atau zat-zat tersuspensi oleh permukaan tempat wadah contoh. Penyimpanan air di dalam botol gelas dalam waktu yang cukup lama dapat menyebabkan terjadinya penggerusan natrium, silika dan boron. Selain itu dapat pula terjadi penggumpalan zat-zat koloid yang diserap oleh sedimen.

#### **4.3.6.5.4 Cara pengawetan contoh**

Apabila pemeriksaan air tidak dapat dilakukan segera setelah pengambilan contoh dan akan ditangguhkan maka cara yang terbaik adalah dengan mendinginkan contoh pada suhu 4°C. Apabila hal ini tidak mungkin dilakukan, maka dapat digunakan zat pengawet tertentu dengan syarat zat tersebut tidak mengganggu atau mengubah kadar zat yang diperiksa. Salah satu tujuan pengawetan ialah untuk memperlambat perubahan komposisi kimia kualitas air. Penambahan bahan kimia sebagai bahan pengawet dapat menyebabkan contoh tersebut tidak sesuai lagi untuk penetapan parameter tertentu. Metode pengawetan dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam seperti dijelaskan

##### **4.3.6.5.4.1 Pendinginan**

Metode pengawetan dengan cara pendinginan dilakukan dengan menyimpan contoh pada suhu kurang lebih 4°C dan lebih baik lagi ditempat gelap. Perlakuan ini dimaksudkan untuk memperlambat aktifitas biologi dan mengurangi kecepatan reaksi secara kimia dan fisika. Keuntungan metode ini adalah tidak mengganggu unsur-unsur yang ditetapkan. Bila pendinginan tidak mungkin dilakukan pada suhu 4°C maka botol contoh dapat disimpan dalam bongkahan-bongkahan es.

##### **4.3.6.5.4.2 Pengawetan secara kimia**

Pengawetan secara kimia dapat dilakukan dengan beberapa metode.

###### **a) Pengasaman**

Pengawetan contoh dengan penambahan asam sampai pH lebih kecil atau sama dengan 2, biasanya dilakukan untuk pengawetan logam terlarut dan logam total sehingga pemeriksannya dapat ditunda selama beberapa minggu. Khusus untuk logam merkuri waktu penyimpanan paling lama 7 hari dan bila perlu disimpan lebih lama lagi harus ditambahkan bahan pengoksidasi biasanya KMnO<sub>4</sub> atau K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Pengasaman menjadi pH =2 juga dapat menghalangi aktifitas biologi, sehingga dapat digunakan untuk pemeriksaan unsur-unsur yang dapat mengalami perubahan secara biologi.

###### **b) Biosida**

Pengawetan contoh dengan penambahan biosida akan menghalangi aktifitas biologi. Salah satu bahan biosida yang umum digunakan ialah larutan HgCl<sub>2</sub> dimana konsentrasi HgCl<sub>2</sub> dalam contoh sekitar 20-40 mg/L. Penggunaan bahan ini harus hati-hati bila dalam laboratorium yang sama dilakukan pengukuran kadar merkuri dalam konsentrasi rendah karena dapat terkontaminasi oleh HgCl<sub>2</sub>.

###### **c) Keadaan khusus**

Penetapan unsur-unsur tertentu memerlukan perlakuan yang tersendiri. Sebagai contoh untuk pengawetan sianida ditambahkan larutan NaOH sehingga pH menjadi 10-11.

#### **4.3.6.5.4.3 Pengaturan waktu**

Dengan cara pengaturan waktu dapat dihindari kesalahan pemeriksaan yang disebabkan oleh perubahan unsur selama penyimpanan. Batas waktu pemeriksaan tidak boleh melebihi batas waktu maksimum penyimpanan agar tidak terjadi perubahan unsur yang tidak dikehendaki.

#### **4.3.6.5.4.5 Penyimpanan contoh**

Jenis penyimpanan yang dapat dipakai untuk menyimpan contoh dapat dibuat dari bahan gelas atau bahan plastik. Persyaratan kedua wadah tersebut harus dapat ditutup dengan kuat dan rapat untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan. Masing-masing wadah mempunyai kelebihan serta kekurangan. Keuntungan pemakaian wadah gelas antara lain adalah: mudah mencucinya, mengecek keadaannya serta mensterilisasikannya. Sedang kekurangannya adalah mudah pecah selama pengangkutan. Pemakaian wadah dari plastik tidak mudah pecah dan tahan terhadap pembekuan, akan tetapi sulit membersihkannya. Ada tiga hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan tempat wadah contoh yaitu:

- a) penyerapan zat-zat kimia dari bahan wadah oleh contoh, misalnya bahan organik dari plastik, natrium, boron dan silika dari gelas;
- b) penyerapan zat-zat kimia dari contoh oleh wadah, misalnya penyerapan logam-logam oleh gelas atau bahan-bahan organik oleh plastik;
- c) terjadinya reaksi langsung antara contoh dengan wadah, misalnya fluorida dengan gelas.

#### **4.3.6.5.4.6 Pengangkutan contoh**

##### **4.3.6.5.4.6.1 Pengepakan dan pengangkutan contoh**

Tiap-tiap contoh yang telah dimasukkan kedalam wadah sebelum diangkut ke laboratorium harus diberi label terlebih dahulu untuk menghindari tertukarnya contoh. Pada tiap-tiap label masing-masing dicantumkan lokasi pengambilan contoh, tanggal, jam, pengawet yang ditambahkan serta petugas yang mengambil contoh. Label tersebut kemudian ditempelkan pada tiap-tiap wadah dan diusahakan agar label tersebut tidak rusak atau hilang selama pengangkutan. Botol-botol contoh ditutup rapat dan dimasukkan ke dalam kotak yang telah dirancang khusus sehingga contoh tidak pecah atau tumpah selama pengangkutan dari lapangan ke laboratorium.

##### **4.3.6.5.4.2 Label contoh dan catatan lapangan**

Petugas pengambil contoh harus mempunyai label yang berisi keterangan sebagai berikut : lokasi, tanggal dan waktu nomor dan jenis contoh, suhu air dan udara, tinggi muka air atau debit, keadaan cuaca, keadaan fisik sumber air, keadaan lingkungan lokasi pengambilan contoh, hasil pemeriksaan di lapangan dan nama petugas.

#### 4.4. Indeks Kualitas Air

##### 4.4.1 Konversi Nilai Pengamatan Parameter Air ke Nilai Indeks Kualitas Air

Pada subbab sebelumnya telah ditentukan bahwa pencemar yang dipilih untuk pencemar air sungai berdasarkan limbah domestik dan limbah pabrik adalah : pH, BOD, TSS, minyak dan fenol, sulfida, timbal dan tembaga.

##### 4.4.1.1 Indeks Air Limbah Domestik

Terdapat empat variabel yang akan diukur untuk limbah domestik dengan baku mutu dijelaskan pada Tabel 4 berdasar pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003.

Misalkan:  $I_{d1}$ = sub Indeks pH

$I_{d2}$ = sub Indeks BOD

$I_{d3}$ = sub Indeks TSS

$I_{d4}$ = subIndeks Minyak dan Lemak

##### a. Menghitung Indeks pencemar pH

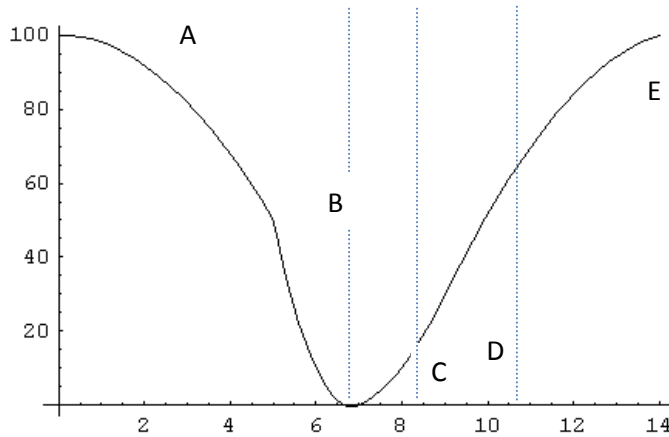
Perhatikan Tabel 3, baku mutu normal untuk pH adalah 6-9, sehingga ambil  $X_s=7$ . Untuk Indeks ini, didekati dengan fungsi taklinier tersegmentasi, karena nilai pH merentang dari 0 – 14, maka:

Segmen pertama AB ,  $0 \leq X < 5$

Segmen kedua BC,  $5 \leq X < 7$

Segmen ketiga CD,  $7 \leq X < 9$

Segmen keempat DE,  $9 \leq X < 14$



**Gambar 4.5. Grafik sub Indeks air pH.**

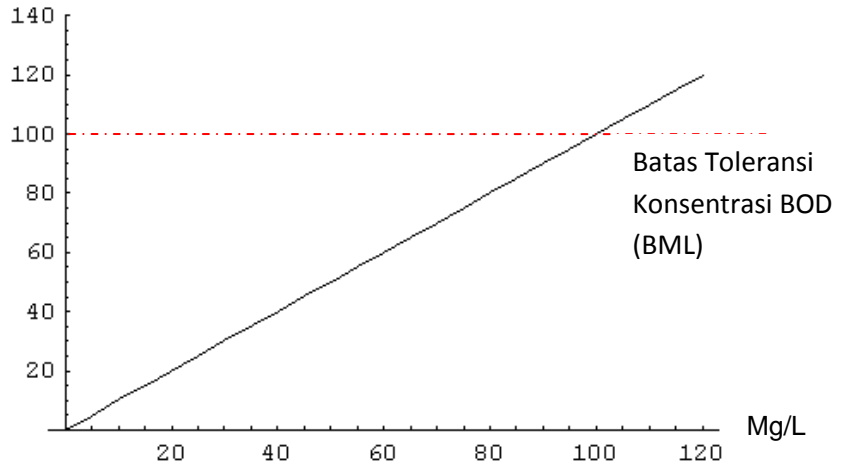
Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$I_{d1}(X) = \begin{cases} -2x^2 + 100; & 0 \leq x < 5 \\ 15x^2 - 20x + 700; & 5 \leq x < 7 \\ 5x^2 - 65x + 210; & 7 \leq x < 9 \\ -2x^2 + 60x - 348; & 7 \leq x < 9 \end{cases}$$

**b. Menghitung Indeks pencemar BOD**

Perhatikan Tabel 3, baku mutu untuk BOD adalah 100 mg/L, sehingga ambil  $X_s=100$ . Untuk pencemar BOD digunakan fungsi linier, sehingga diperoleh :

$$I_{d2} = X_2$$

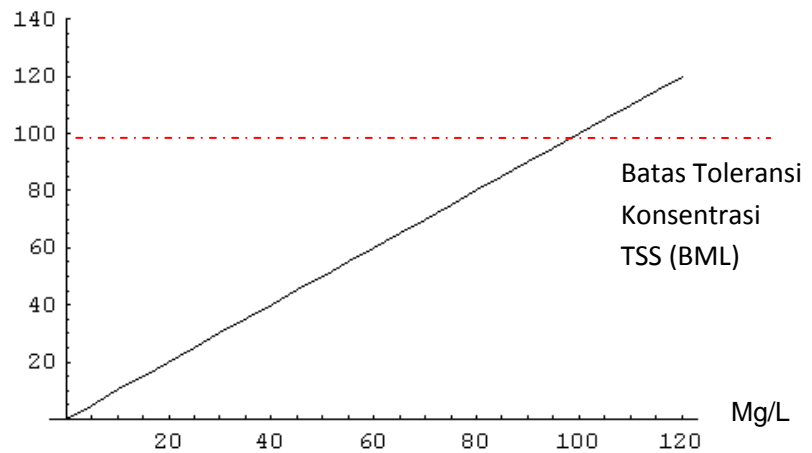


**Gambar 4.6. Grafik subIndeks Pencemar Air BOD**

**c. Menghitung Indeks pencemar TSS**

Perhatikan Tabel 3, baku mutu untuk TSS adalah 100 mg/L, sehingga ambil  $X_s=100$ . Untuk pencemar TSS digunakan fungsi linier (serupa dengan BOD), sehingga diperoleh :

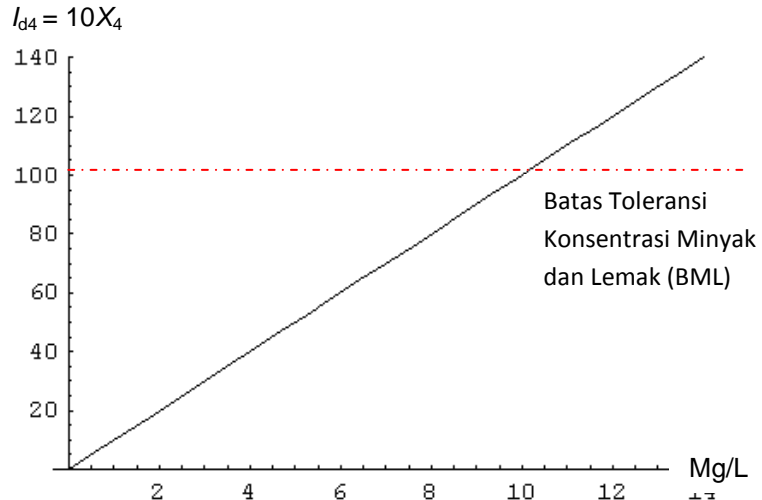
$$I_{d3} = X_3$$



**Gambar 4.7. Grafik subIndeks Pencemar Air TSS**

#### d. Menghitung Indeks pencemar Minyak dan Lemak

Perhatikan Tabel 3, baku mutu untuk Minyak dan lemak adalah 10 mg/L, sehingga ambil  $X_s=10$ . Untuk pencemar Minyak dan lemak digunakan fungsi linier, sehingga diperoleh :



**Gambar 4.8. Grafik subIndeks Pencemar Air Minyak dan Lemak**

#### 4.4.1.2 Indeks Air Limbah Industri

Terdapat sembilan variabel yang akan diukur untuk limbah Industri dengan baku mutu dijelaskan pada Tabel 4 berdasar Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2010

- Misalkan:
- $I_{11}$ = sub Indeks pH
  - $I_{12}$ = sub Indeks BOD
  - $I_{13}$ = sub Indeks TSS
  - $I_{15}$ = subIndeks COD
  - $I_{16}$ = subIndeks Sulfida
  - $I_{17}$ = subIndeks Fenol

$I_{18}$ = subIndeks Tembaga

$I_{19}$ = subIndeks Timbal

**a. Menghitung Indeks Pencemar pH**

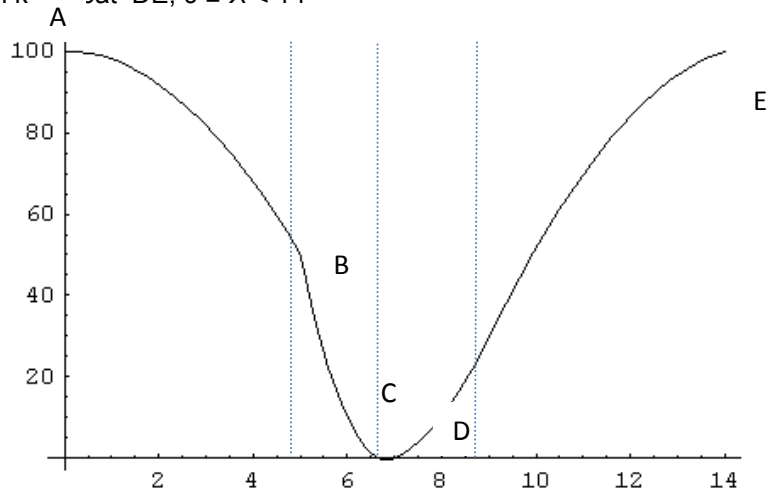
Perhatikan Tabel 4, baku mutu normal untuk pH adalah 6-9 (serupa untuk air limbah domestik), sehingga ambil  $X_s=7$ . Untuk Indeks ini, didekati dengan fungsi taklinier tersegmentasi, karena nilai pH merentang dari 0 – 14, maka:

Segmen pertama AB,  $0 \leq X < 5$

Segmen kedua BC,  $5 \leq X < 7$

Segmen ketiga CD,  $7 \leq X < 9$

Segmen keempat DE,  $9 \leq X < 14$



**Gambar 4.9. Grafik sub Indeks Air pH.**

Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

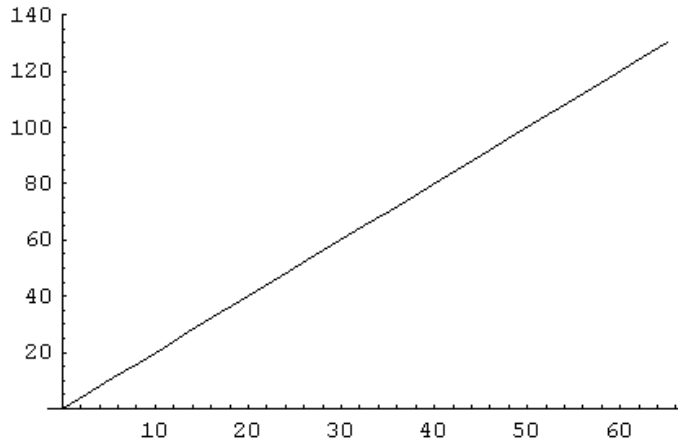
$$I_{d1}(X) = \begin{cases} -2x^2 + 100; & 0 \leq x < 5 \\ 15x^2 - 205x + 700; & 5 \leq x < 7 \\ 5x^2 - 65x + 210; & 7 \leq x < 9 \\ -2x^2 + 60x - 348; & 9 \leq x < 14 \end{cases}$$



**b. Menghitung Indeks Pencemar BOD**

Perhatikan Tabel 4, baku mutu untuk BOD adalah 50 mg/L, sehingga ambil  $X_s=50$ . Untuk pencemar BOD digunakan fungsi linier, sehingga diperoleh :

$$I_2 = 2X_2$$

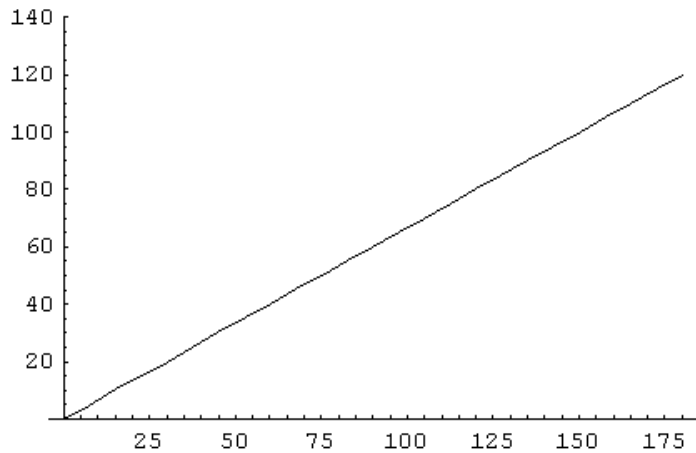


**Gambar 4.10. Grafik sub Indeks Air BOD.**

**c. Menghitung Indeks Pencemar TSS**

Perhatikan Tabel 4, baku mutu untuk TSS adalah 150 mg/L, sehingga ambil  $X_s=150$ . Untuk pencemar BOD digunakan fungsi linier, sehingga diperoleh :

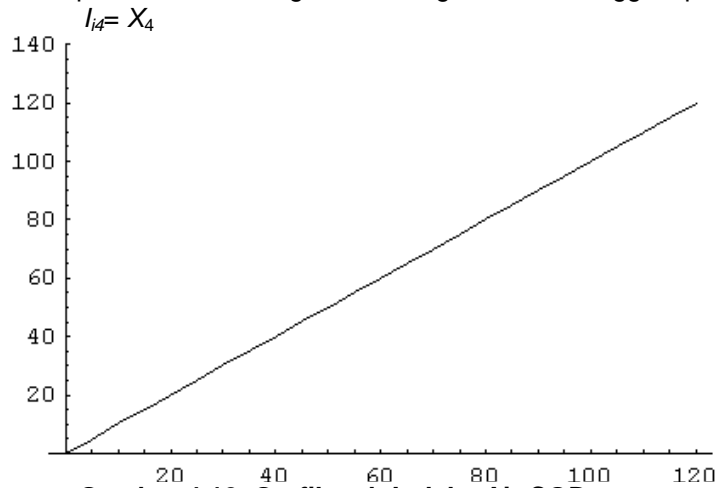
$$I_3 = 0,667 X_3$$



**Gambar 4.11. Grafik Sub Indeks Air TSS.**

**d. Menghitung Indeks Pencemar COD**

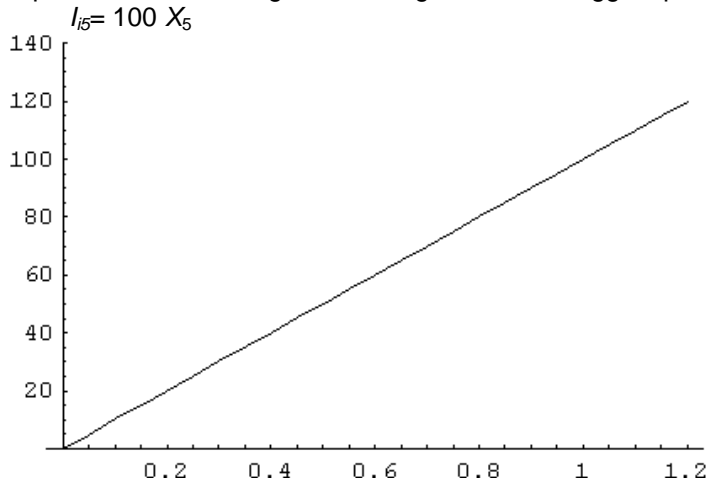
Perhatikan Tabel 4, baku mutu untuk COD adalah 100 mg/L, sehingga ambil  $X_s=100$ . Untuk pencemar COD digunakan fungsi linier, sehingga diperoleh :



**Gambar 4.12. Grafik sub Indeks Air COD.**

**e. Menghitung Indeks Pencemar Sulfida**

Perhatikan Tabel 4, baku mutu untuk Sulfida adalah 1 mg/L, sehingga ambil  $X_s=1$ . Untuk pencemar Sulfida digunakan fungsi linier, sehingga diperoleh :

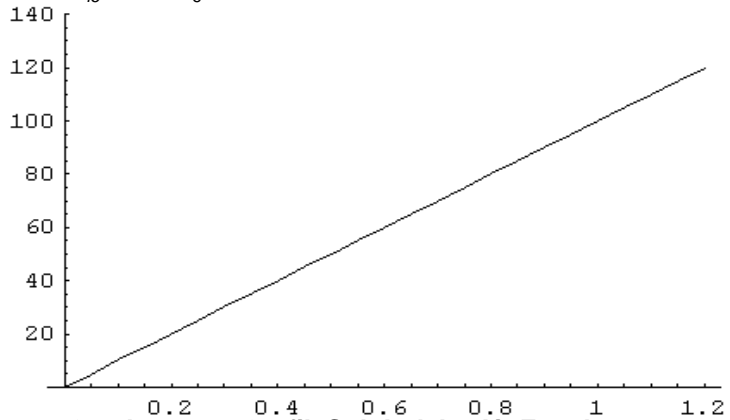


**Gambar 4.13. Grafik sub Indeks Air Sulfida.**

**f. Menghitung Indeks Pencemar Fenol**

Perhatikan Tabel 4, baku mutu untuk fenol adalah 1 mg/L, sehingga ambil  $X_s=1$ . Untuk pencemar fenol digunakan fungsi linier, sehingga diperoleh :

$$I_{i6} = 100 X_6$$

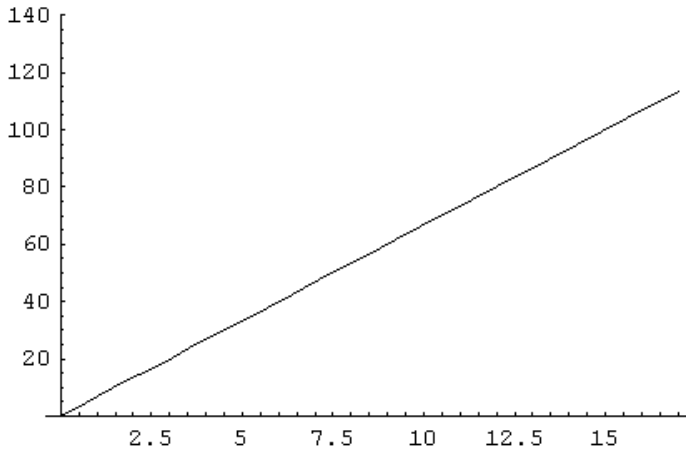


**Gambar 4.14. Grafik Sub Indeks Air Fenol.**

**g. Menghitung Indeks pencemar Minyak dan Lemak**

Perhatikan Tabel 4, baku mutu untuk minyak dan lemak adalah 15 mg/L, sehingga ambil  $X_s=15$ . Untuk pencemar minyak dan lemak digunakan fungsi linier, sehingga diperoleh :

$$I_{i7} = 6,666 X_7$$

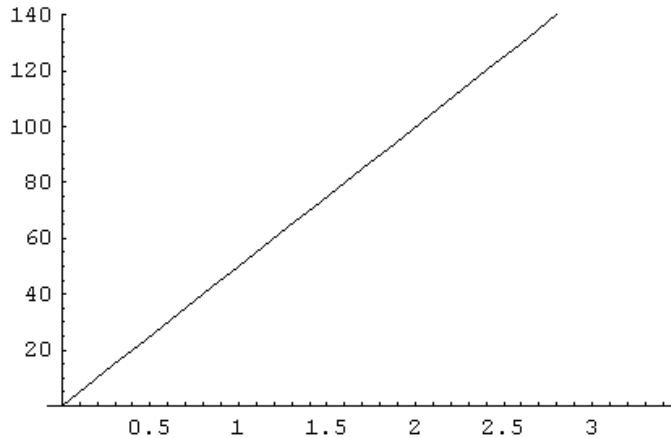


**Gambar 4.15. Grafik sub Indeks Air Minyak dan Lemak.**

**h. Menghitung Indeks pencemar Tembaga**

Perhatikan Tabel 4, baku mutu untuk tembaga adalah 2 mg/L, sehingga ambil  $X_s=2$ . Untuk pencemar tembaga digunakan fungsi linier, sehingga diperoleh :

$$I_{18} = 50 X_8$$

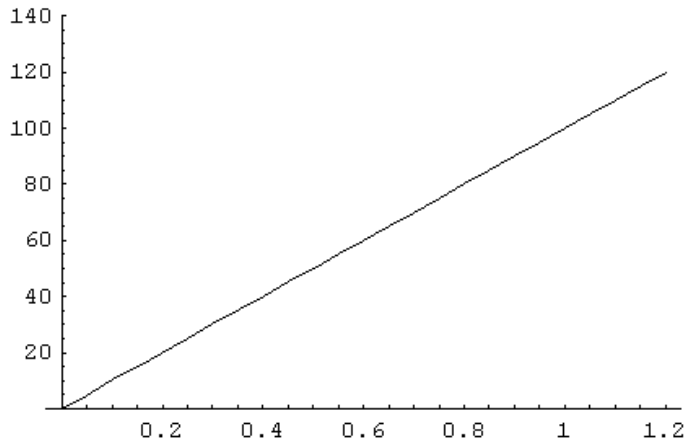


**Gambar 4.16. Grafik sub Indeks Air Tembaga.**

**i. Menghitung Indeks Pencemar Timbal**

Perhatikan Tabel 4, baku mutu untuk timbal adalah 1 mg/L, sehingga ambil  $X_s=1$ . Untuk pencemar timbal digunakan fungsi linier, sehingga diperoleh :

$$I_{19} = 100 X_9$$



**Gambar 4.17. Grafik sub Indeks Timbal**

#### 4.4.2 Agregasi Menghasilkan Nilai Indeks Kualitas Air

Indeks kualitas air dibangun melalui penggabungan sub indeks yang ada. Agregasi menganut operator Maksimum dan konversi Linier. Pengukuran semua parameter air diambil yang paling maksimum .

Untuk Indeks Kualitas Air Limbah Domestik dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$I_{air} = Maks (I_1, I_2, \dots, I_4)$$

Sedangkan Indeks Kualitas Air Limbah Industri dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$I_{air} = Maks (I_1, I_2, \dots, I_9)$$

Skala penilaian indeks	
pameter	pH
$0 \leq x < 25$ = sangat baik	$< 6$ = buruk
$25 \leq x < 50$ = baik	$6 \leq x \leq 9$ = baik
$50 \leq x < 75$ = sedang	$> 9$ = buruk
$75 \leq x < 100$ = cukup	
$\geq 100$ = buruk	

#### 4.4.3 Contoh Perhitungan Nilai Indeks

1. Hasil penentuan status mutu air terhadap kualitas air sungai Brangkal di Kota Mojokerto



Gambar 4.18 Kegiatan pengambilan Sampel Air di Kali Sadar

No	Parameter	Satuan	Hasil pemantauan
1	pH	mg/l	7.7
2	BOD	mg/l	5.2
3	COD	mg/l	15.2
4	TSS	mg/l	21
5	Minyak dan lemak	mg/l	44
6	Fenol	mg/l	43
7	Timbal	mg/l	0.645

- Indeks pencemar pH

Limbah domestik	Limbah Industri
pH= x = 7.7	
$I_1(X) = 5x^2 - 65x + 210$	
$I_{d1}(7.7) = 5.75$	

- Indeks BOD

Limbah domestik	Limbah Industri
BOD = 5.2	
$I_2 = X_2 = 5.2$	$I_2 = 2X_2 = 10.5$

- Indeks COD

Limbah Industri
COD = 15.2
$I_4 = X_4 = 15.2$

- Indeks TSS

Limbah domestik	Limbah Industri
TSS= 21	
$I_3 = X_3 = 21$	$I_3 = 0.667X_3 = 14.0007$

- Indeks pencemar lemak dan minyak

Limbah domestik	Limbah Industri
Minyak dan lemak = 500	
$I_4 = 10X_4 = 440$	$I_4 = X_4 = 44$

- Indeks pencemar fenol

Limbah Industri
Fenol = 43
$I_6 = 100 X_6 = 430$

- Indeks pencemar timbal

Limbah Industri
Timbal = 0.645
$I_9 = 100 X_9 = 64.5$

Sehingga apabila dimasukkan ke dalam operator maksimum

$$I_{air} = Maks (I_1, I_2, \dots, I_9)$$

diperoleh nilai indeks kualitas air untuk limbah industri = 430 dan nilai indeks kualitas air untuk limbah domestik = 440 pada Kali Sadar buruk dengan pH air buruk.

1. Hasil penentuan status mutu air terhadap kualitas air kali Cemporat di Kota Mojokerto



Gambar 4.19 Kegiatan Pengambilan Sampel Air di Kali cemporat

No	Parameter	Satuan	Hasil pemantauan
1	pH	mg/l	7.2
2	BOD	mg/l	15.1
3	COD	mg/l	32.9
4	TSS	mg/l	61
5	Minyak dan lemak	mg/l	500
6	Fenol	mg/l	28
7	Timbal	mg/l	0.64

- Indeks pencemar pH

Limbah domestik	Limbah Industri
pH= x = 7.2	
$I_1(X) = 5x^2 - 65x + 210$ $I_{d1}(7.7) = 1.2$	

- Indeks BOD

Limbah domestik	Limbah Industri
BOD = 15.1	
$I_2 = X_2 = 15.1$	$I_2 = 2X_2 = 30.2$

- Indeks COD

Limbah Industri
COD = 32.9
$I_4 = X_4 = 32.9$

- Indeks TSS

Limbah domestik	Limbah Industri
TSS= 61	
$I_3 = X_3 = 61$	$I_3 = 0.667X_3 = 40.69$

- Indeks pencemar lemak dan minyak

Limbah domestik	Limbah Industri
Minyak dan lemak = 500	
$I_4 = 10X_4 = 5000$	$I_4 = X_4 = 500$



- Indeks pencemar fenol

Limbah Industri
Fenol = 28
$I_6 = 100 X_6 = 280$

- Indeks pencemar timbal

Limbah Industri
Timbal = 0.64
$I_9 = 100 X_9 = 64$

Sehingga apabila dimasukkan ke dalam operator maksimum

$$I_{air} = Maks (I_1, I_2, \dots, I_9)$$

diperoleh nilai indeks kualitas air untuk limbah industri = 500 dan nilai indeks kualitas air untuk limbah domestik = 5000 pada Kali Sadar buruk dengan pH air buruk.

## BAB 5. INDEKS PENCEMARAN SUARA

### 5.1. Pengertian Dasar

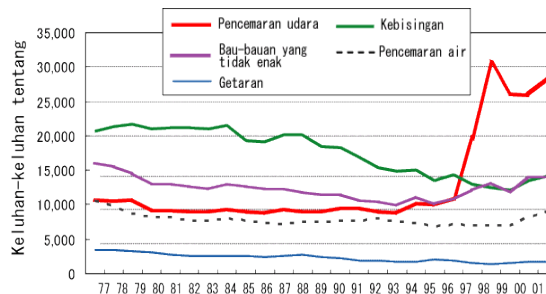
#### 5.1.1. Pengertian Tentang Suara

Dalam terminologi sederhana, kebisingan suara tidak diinginkan. Pencemaran suara adalah gangguan pada lingkungan yang diakibatkan oleh bunyi atau suara yang mengganggu ketentraman makhluk hidup disekitarnya. Suara adalah bentuk energi yang dipancarkan oleh tubuh bergetar dan mencapai telinga sehingga menyebabkan sensasi pendengaran melalui saraf. Pengaruh suara banyak kaitannya dengan faktor-faktor psikologis dan emosional, dan kasus-kasus dimana akibat serius terjadi seperti kehilangan pendengaran. Hal ini terjadi karena tingginya tingkat penyaringan suara pada tingkat tekanan suara atau lamanya telinga terpasang terhadap kebisingan tersebut.

Diantara pencemaran lingkungan yang lain, pencemaran/polusi kebisingan dianggap istimewa dalam hal:

- Penilaian pribadi dan penilaian subyektif sangat menentukan untuk mengenali suara sebagai pencemaran kebisingan atau tidak, dan
- Kerusakannya setempat dan sporadis dibandingkan dengan pencemaran air dan pencemaran udara (Bising pesawat udara merupakan pengecualian).

Mengenai karakteristik [1] di atas, ada masalah mengenai bagaimana menempatkan kebisingan antara tingkat penilaian subjektif seorang individu yang menangkapnya sebagai "kebisingan" dan tingkat fisik yang dapat diukur secara obyektif. Dengan karakteristik [2], tidak ada perbedaan jelas antara siapa agresornya dan siapa korbannya, sebagaimana yang sering terjadi ada korban-korban dari kebisingan akibat piano dan karaoke. Meskipun jumlah keluhan yang terdaftar di kota-kota besar selama beberapa tahun terakhir ini telah berkurang, kebisingan masih merupakan bagian besar dari keluhan-keluhan masyarakat ( Gambar 5.1).



Gambar 5.1. Keluhan-keluhan tentang pencemaran di Jepang menurut jenisnya

Catatan: Keluhan-keluhan tentang endapan tanah dihilangkan dari Tabel karena sulit untuk meng gambarkannya. Sumber: Komisi Koordinasi Sengketa Lingkungan

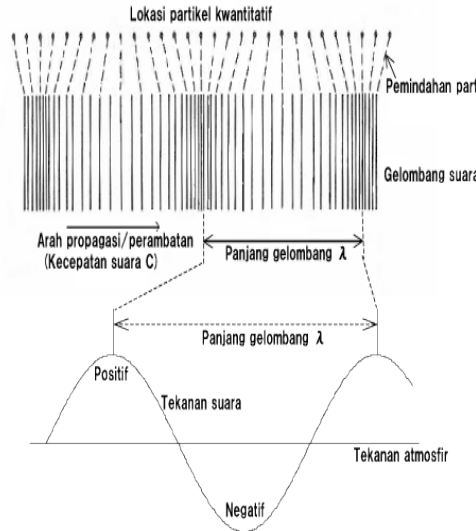
Komponen suara ada tiga yang menyatakan tentang "nyaringnya", "tingginya" dan "nada" suara yang dipancarkan. Ukuran fisikan dari "kenyaringan adalah ada amplitude dan tingkat tekanan suara. Ukuran "tingginya" suara adalah frekwensi. Sedangkan nada adalah kombinasi antara tingginya, nyaringnya dan distribusi spektralnya.

### 5.1.2. Pengertian Frekwensi dan Panjang gelombang

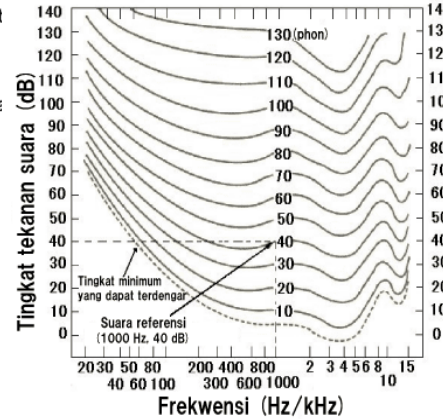
Udara yang ada di sekitar kitar berisi partikel-partikel. Bila partikel-partikel tersebut padat makan tekanan udara bertambah, dan bila partikel-partikel tersebut jarang maka tekanannya berkurang. Gejala yang disebarkan oleh perubahan tekanan ini disebut sebagai gelombang suara. Suatu gelombang suara memancar dengan kecepatan suara dengan gerakan seperti gelombang. Jarak antara dua titik geografis (yaitu dua titik di antara mana tekanan suara maksimum dari suatu suara murni dihasilkan) yang dipisahkan hanya oleh satu periode dan yang menunjukkan tekanan suara yang sama dinamakan "gelombang suara", yang dinyatakan sebagai  $\lambda$ (m). Kemudian, apabila tekanan suara pada titik sembarangan berubah secara periodik, jumlah berapa kali di mana naik-turunnya periodik ini berulang dalam satu detik dinamakan "frekwensi", yang dinyatakan sebagai f (Hz, lihat Gambar. 5.2). Suara-suara ber-frekwensi tinggi adalah suara tinggi, sedangkan yang ber-frekwensi rendah adalah suara rendah. Hubungan antara kecepatan suara c (m/s), gelombang  $\lambda$  dan frekwensi f dinyatakan sebagai berikut:

$$c = f \times \lambda$$

Mutu suara, yang dipengaruhi oleh kasarnya permukaan-permukaan yang memantulkan suara, tinggi rendahnya penghalang dan faktor-faktor lainnya, akan berbeda sebagai perbandingan dari panjang gelombang terhadap dimensi obyek, karena itu masalahnya menjadi lebih rumit.



Gambar 5.2. Gelombang Sinusoidal



Gambar 5.3 Garis Bentuk Kenyaringan

### 5.1.3. Garis Bentuk Kenyaringan

Kenyaringan suara yang diterima oleh telinga manusia bervariasi karena dua sifat-sifat fisik yaitu tingkat tekanan suara dan frekuensi. Secara umum manusia mampu menangkap suara pada 20 - 20,000 Hz. Bahkan dalam lingkup yang bisa terdengar, frekuensi-frekuensi rendah dan tinggi sulit untuk ditangkap. Dibutuhkan kepekaan tinggi pada lingkup 1 - 5 kHz. Apabila tingkat kenyaringan dari suatu suara dikurangi, pada suatu titik tertentu, suara tidak lagi terdengar. Tingkat ini juga berbeda sesuai dengan frekuensi. Tingkat ini diindikasikan sebagai tingkat minimum yang bisa terdengar (garis titik-titik) pada Gambar. 5.3. Tingkat minimum yang bisa terdengar pada 20 dB atau lebih dipandang sebagai kesulitan pendengaran.

### 5.1.4. Pengaruh dari Kebisingan

Menurut definisi kebisingan, apabila suatu suara mengganggu orang yang sedang membaca atau mendengarkan musik, maka suara itu adalah kebisingan bagi orang itu meskipun orang-orang lain mungkin tidak terganggu oleh suara tersebut. Meskipun pengaruh suara banyak kaitannya dengan faktor-faktor psikologis dan emosional, ada kasus-kasus di mana akibat-akibat serius seperti kehilangan pendengaran terjadi karena tingginya tingkat kenyaringan suara pada tingkat tekanan suara berbobot A atau karena lamanya telinga terpasang terhadap kebisingan tsb.

Tabel 5.1 Jenis-jenis dari Akibat-akibat kebisingan		
	Tipe	Uraian
Akibat-akibat badaniah	Kehilangan pendengaran	Perubahan ambang batas sementara akibat kebisingan, Perubahan ambang batas permanen akibat kebisingan.
	Akibat-akibat fisiologis	Rasa tidak nyaman atau stres meningkat, tekanan darah meningkat, sakit kepala, buny dering
Akibat-akibat psikologis	Gangguan emosional	Kejengkelan, kebingungan
	Gangguan gaya hidup	Gangguan tidur atau istirahat, hilang konsentrasi waktu bekerja, membaca dsb.
	Gangguan pendengaran	Merintang kemampuan mendengarkan TV, radio, percakapan, telpon dsb.

## 5.2. Ukuran Kebisingan

### 5.2.1. Tingkat Tekanan Suara

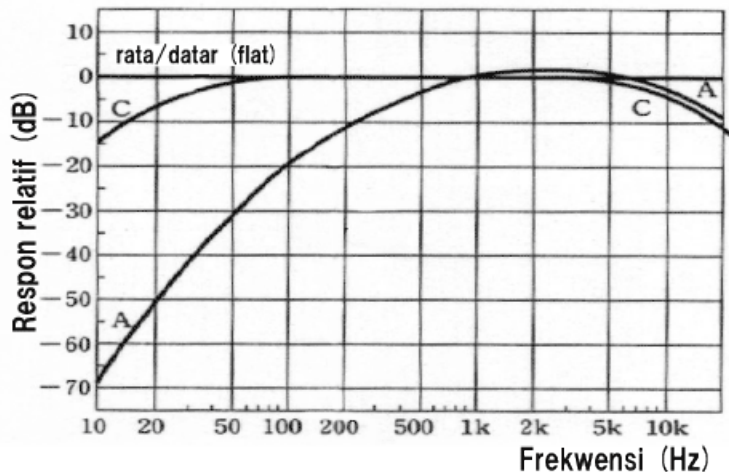
Suara adalah gejala di mana partikel-partikel di udara bergetar dan menyebabkan perubahan-perubahan dalam tekanan udara, karena itu intensitasnya dinyatakan sebagai tekanan suara. (Pascal adalah suatu unit [Pa]) dan energi yang diperlukan untuk getaran (juga dinamakan "tenaga suara dari sumber ", unit-unit watt [W]). Bila dinyatakan dalam Pascal, intensitas dari suara dinamakan "tekanan suara" dan menggunakan suatu unit referensi dari 20  $\mu$ Pa. Ini hampir sama dengan tekanan suara dari suara minimum yang ditangkap oleh telinga manusia. Tingkat tekanan suara didefinisikan sebagai 10x logaritma rasio dari tekanan suara efektif pangkat dua terhadap tekanan suara referensi efektif (20  $\mu$  Pa), dan dinyatakan dengan formula di bawah ini. Pendekatan ini diterima demi mudahnya anotasi, seperti - misalnya - suatu suara dengan 100 dB akan mempunyai tekanan suara sebesar 100.000 kali tekanan suara referensi dengan seterusnya menjadi terdiri dari banyak digit. Unit-unit itu adalah decibel (dB).

Demikian pula, intensitas suara didefinisikan secara kuantitatif sebagai tingkat kekuatan suara karena kekuatan suara dari unit-unit sumber ( $10^{-12}$  W). Seperti halnya dengan tingkat tekanan suara, unit-unit di sini menggunakan decibel. Dalam menilai kenyaringan suara, perlu mempertimbangkan perbedaan cara bagaimana suara ditangkap karena frekwensi. Untuk itu, alat-alat ukur tingkat kebisingan menggunakan rangkaian penyesuaian frekwensi yang meng-asimilasikan kepekaan telinga manusia terhadap kenyaringan. Karakteristik

penyesuaian frekwensi ini adalah seperti yang terlihat pada Gambar. 5.4, tetapi pada umumnya digunakan karakteristik A. Tingkat kenyaringan yang didapat sesudah penyesuaian frekwensi ini dinamakan "Tingkat tekanan suara berbobot A (tingkat kebisingan)".

$$\text{Tingkat tekanan suara berbobot A} = 10 \log \frac{P_A^2}{P_0^2}$$

$$\text{Tingkat tekanan suara} = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} \quad \text{Di mana, } p_0 = 20 \mu \text{ P a}$$



Gambar. 5.4 Karakteristik frekwensi dari alat-alat ukur tingkat Kebisingan

### 5.2.2 Tingkat Percentile ( $L_{AN, T}$ )

Kenyaringan kebisingan fluktuasi dengan waktu, karena itu perlu mempertimbangkan fluktuasi selama satu periode waktu ketika menilai tingkat tekanan suara berbobot A. Tingkat kebisingan yang sama atau lebih besar dari tingkat tertentu dengan N persen periode waktu, dinamakan "Tingkat percentile N-persen". Variabel ini dinyatakan sebagai  $L_{AN}$  dan suatu tingkat 50% ( $L_{A50}$ ) diambil sebagai titik tengah, 5% ( $L_{A5}$ ) sebagai batas atas dari lingkup 90% dan 95% ( $L_{A95}$ ) sebagai batas bawah dari lingkup 90% yang sama.

### 5.2.3 Tingkat Tekanan suara Berbobot A yang Sepadan dan Kontinyu- ( $L_{Aeq}$ )

Tingkat tekanan suara berbobot A yang sepadan dan kontinyu banyak dipakai di seputar dunia sebagai indeks untuk kebisingan. Itu didefinisikan sebagai "tingkat tekanan suara

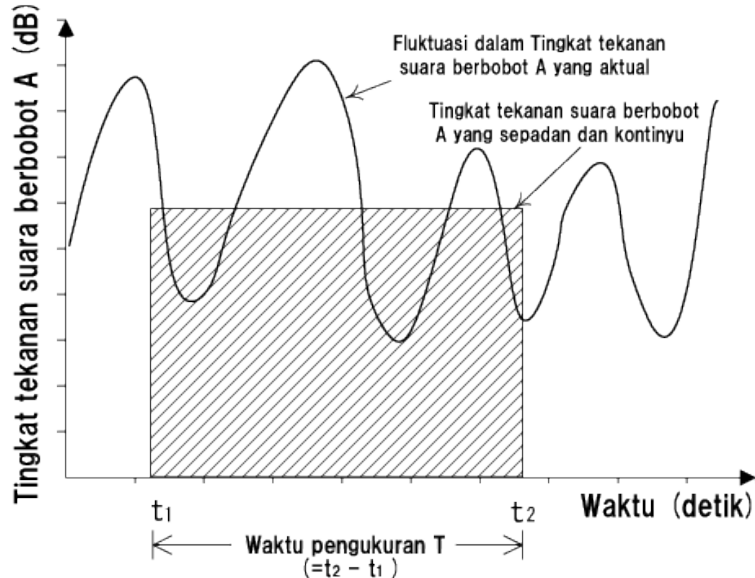
berbobot A dari kebisingan yang fluktuasi selama suatu periode waktu T, yang dinyatakan sebagai jumlah energi rata-rata". Itu dinyatakan dengan formula di bawah ini (Gambar. 5.5.)

$$L_{Aeq} = 10 \log \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2}{P_0^2} dt \right] \quad \text{dan} \quad L_{Aeq} = 10 \log \left[ \frac{1}{n} \left( 10^{\frac{L_{A1}}{10}} + 10^{\frac{L_{A2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{An}}{10}} \right) \right]$$

$P_0$ : Tekanan suara referensi (20  $\mu$ Pa)

$P_A$ : Tekanan suara berbobot A (untuk waktu A) dari kebisingan target (Pa)

Periode waktu adalah dari waktu  $t_1$  sampai waktu  $t_2$ , sedangkan jumlah contoh-contoh tingkat tekanan suara berbobot A adalah n.



Gambar. 5.5. Tingkat tekanan suara berbobot A yang sepadan dan kontinyu

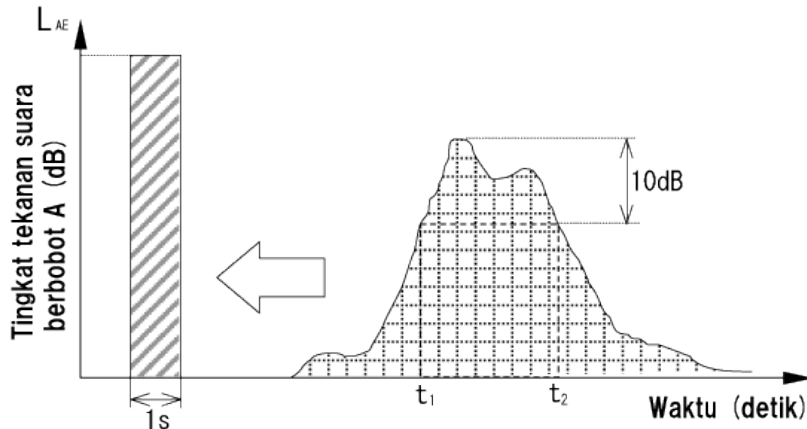
#### 5.2.4 Tingkat Ekspos Terhadap Suara ( $L_{AE}$ )

Tingkat ekspos terhadap suara digunakan untuk menyatakan kebisingan satu kali atau kebisingan sebentar-sebentar dalam jangka waktu pendek dan kontinyu. Variabel mengubah jumlah energi dari kebisingan satu kali menjadi tingkat tekanan suara berbobot A dari kebisingan tetap 1-detik yang kontinyu dari energi sepadan. Karena kebisingan kereta api dapat dianggap sebentar-sebentar, "kebijakan untuk mengatasi kebisingan dalam penambahan atau penyempurnaan jalur kereta api dalam skala besar (Jawatan Lingkungan Jepang, Des. 1995)" adalah dengan mengukur tingkat ekspos terhadap suara dari setiap kereta api yang lewat dan mendapatkan tingkat tekanan suara berbobot A yang sepadan dan kontinyu (Gambar 5.6).

$$L_{AE} = 10 \log \left[ \frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2}{P_0^2} dt \right]$$

$T_0$ : Waktu referensi (1 detik)

$t_1 - t_2$ : Waktu yang diperlukan untuk lewatnya satu kereta api



Gambar. 5.6 Tingkat Ekspos Terhadap Suara

Formula untuk mendapatkan tingkat tekanan suara berbobot A yang sepadan dan kontinyu - dari tingkat peng-eksposan suara dari setiap kereta api yang lewat adalah sbb:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \left( 10^{\frac{L_{AE1}}{10}} + 10^{\frac{L_{AE2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{AEn}}{10}} \right) \right]$$

$T$ : Waktu (detik) yang ditargetkan untuk  $L_{Aeq}$ . Dari jam 07:00 sampai dengan 22:00 adalah 54,000 detik. Dari jam 22:00 sampai dengan 07:00 adalah 32,400 detik. Tingkat kekuatan sepadan juga dapat dicapai dengan menggunakan kekuatan rata-rata dari suatu tingkat ekspos terhadap suara ( $L_{AE}$ ) dan jumlah  $n$  kereta api sebagai berikut:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \left( n \times 10^{\frac{<L_{AE}>}{10}} \right) \right]$$

### 5.3. Peralatan dan Cara Pengukuran Kebisingan

Sebuah alat pengukur kebisingan pada dasarnya terdiri dari mikrofon dan sebuah sirkuit elektronik termasuk sebuah attenuator, amplifier, jaringan pembobotan atau filter dan unit layar. Mikrofon mengubah sinyal suara menjadi setara dengan sinyal listrik. Sinyal dilewatkan melalui bobot jaringan yang menyediakan konversi dan memberikan tingkat



tekanan suara dalam dB. Petunjuk yang ditetapkan oleh meteran tingkat kebisingan mesin sementara harus diikuti menggunakan instrumen. Konstanta waktu yang digunakan untuk standar pengukur kebisingan adalah

S (Slow) = 1 detik

F (Fast) = 125 mili detik

Suara yang relatif stabil dapat dengan mudah diukur dengan menggunakan respon "fast" dan suara goyah menggunakan respon "slow". Ketika mengukur jangka panjang alat pengukur kebisingan, tingkat kebisingan tidak selalu stabil dan dapat sangat bervariasi, dengan cara yang tidak teratur selama pengukuran periode. Ketidakpastian ini dapat diselesaikan dengan mengukur kontinyu setara tingkat (*level*), yang didefinisikan sebagai, tingkat tekanan suara yang konstan akan menghasilkan total energi sama sebagai tingkat aktual selama waktu tertentu. Hal ini dilambangkan dengan  $L_{eq}$ . Display fasilitas  $L_{eq}$  juga tersedia dalam model meter tingkat suara tertentu. Ini merupakan parameter yang diinginkan untuk penilaian tingkat kebisingan lingkungan.



Jenis Piranti Pengukur Kebisingan antara lain : Analog Sound Level Meter, Digital Sound Level Meter, Sound Level Monitor + Alarm, Noise Dosimeter, Integrating Sound Level Meter.

Contoh piranti Analog:

Sound Level Meter 407703 Extech Instrument

407703 Extech termasuk sebagai instrument pembacaan langsung.

Spesifikasi Range Skala 40 s/d 120 dB, terbagi dalam optional range skala Low dan High

Low : 40 s/d 80 dB dan High: 80 s/d 120 dB.

Portable, simple function

Power battery 9V DC

Calibration standard 70dB

## Cara Pengukuran Kebisingan

Ada beberapa langkah mengukur kebisingan, antara lain :

- Posisikan sound level meter pada kedudukan yang merepresentasikan tingkat intensitas bising di tempat itu.
- Aktifkan pengukuran dengan mengatur saklar geser pada kedudukan Lo atau Hi. Lo atau Low Intensity berada pada skala 40 s/d 80 dB, sedangkan Hi atau High Intensity berada pada skala 80 s/d 120 dB.
- Pencatatan pada satu kedudukan akan terkait dengan pembacaan skala minimum dan skala maksimum.
- Ambil jumlah titik kedudukan sebanyak yang diperlukan.

## Metode Pengukuran

Pengukuran, mengacu pada KepMenLH N0.49/MenLH/11/1996, 3 diantaranya adalah sebagai berikut:

- Waktu pengukuran adalah 10 menit tiap jam ( dalam 1 hari ada 24 data)
- Pencuplikan data adalah tiap 5 detik ( 10 menit ada 120 data)
- Ketinggian microphone adalah 1,2 m dari permukaan tanah

## 5.4. Batas Ambang Tingkat Kebisingan

Dalam upaya pencegahan dan perlindungan masyarakat terhadap gangguan kebisingan ditetapkan baku tingkat kebisingan yaitu Keputusan MenLH No. 48/MenLH/11/1997 yang mana baku tersebut didasarkan pada nilai tingkat kebisingan siang dan malam. Nilai ini diperoleh dari hasil perata-rataan hasil pengukuran Leq selama 24 jam. Untuk Leq siang hari (Ls) pengukuran dilakukan dari jam 06.00 – 22.00, sedangkan pengukuran Leq malam hari (Lm) dilakukan dari jam 22.00 – 06.00 pagi ( hasilnya ditambah faktor pembobotan 5 dB(A)). Berikut ini adalah Kawasan peruntukan dan baku tingkat kebisingan yang diijinkan.

Tabel 5.2 .Batas Ambang Kebisingan (Keputusan MenLH No. 48/MenLH/11/1997)

No	Kegiatan	Batas Ambang (dB)
	Peruntukan Kawasan	
	Perumahan dan Pemukiman	55
	Perdagangan dan Jasa	70
	Perkantoran dan Perdagangan	65
	Ruang Terbuka Hijau	50
	Industri	70
	Pemerintah dan Fasilitas Umum	60
	Rekreasi	70

	Khusus	
	Bandara Udara	
	Kereta Api	
	Pelabuhan Laut	70
	Cagar Budaya	60
	Lingkungan Kegiatan	
	Rumah Sakit dan Sejenisnya	55
	Sekolah dan Sejenisnya	55
	Tempat Ibadah dan Sejenisnya	55

Peraturan Menteri Kesehatan No. 718 tahun 1987 tentang kebisingan yang berhubungan dengan kesehatan menyatakan pembagian wilayah dalam empat zona.

- Zona A adalah zona untuk tempat penelitian, rumah sakit, tempat perawatan kesehatan atau sosial. Tingkat kebisingannya berkisar 35 – 45 dB.
- Zona B untuk perumahan, tempat pendidikan, dan rekreasi. Angka kebisingan 45 – 55 dB.
- Zona C, antara lain perkantoran, pertokoan, perdagangan, pasar, dengan kebisingan sekitar 50 – 60 dB.
- Zona D bagi lingkungan industri, pabrik, stasiun kereta api, dan terminal bus. Tingkat kebisingan 60 – 70 dB.

Seharusnya zona-zona ini diterapkan dalam penentuan kembali Rencana Detail Tata Ruang Kota (RDTRK). Kota yang memiliki RDTRK perlu melakukan pengawasan secara berkala agar tingkat kebisingan di zona-zona itu tak melebihi nilai ambang batas.

Berikut Edaran Menteri Tenaga Kerja No.SE.01/MEN/1978 .

No. Urut	Tingkat Intensitas (dB)	Lamanya Shift (jam/hari)
1	82	16
2	85	8
3	88	4
4	91	2
5	94	1
6	97	$\frac{1}{2}$
7	100	$\frac{1}{4}$

Menurut Indonesia (Tabel di atas), Tingkat intensitas maksimal untuk “Noise exposure time” atau waktu paparan kebisingan selama 8 jam, 40 jam per minggu adalah 85 desibel. Jika kebisingan lebih dari 85 dBA, waktu kerjanya harus diperpendek. Jika lamanya shift lebih dari 8 jam, maka tingkat kebisingan yang ada harus diturunkan.

### 5.5. Model Penentuan Indeks Kebisingan

Nilai kebisingan yang diukur dengan satuan decibel menunjukkan bahwa makin tinggi nilai kebisingan akan memberikan dampak makin kurang baik bagi lingkungan, khususnya manusia. Dengan demikian nilai indeks kebisingan yang dihasilkan menunjukkan makin tinggi indeks kebisingan makin kurang baik bagi lingkungan.

Pengukuran Indeks Kebisingan mengacu pada fungsi linier dan operator maksimum. Fungsi Linier yang dibangun adalah indeks kebisingan bernilai nol bila kebisingan bernilai nol dB dan indeks kebisingan bernilai 100 apabila kebisingan telah mencapai batas ambang serta lebih dari 100 apabila nilai kebisingan lebih dari batas ambang yang ditetapkan. Dengan demikian ada beberapa fungsi indeks kebisingan yakni :

- a. Lingkungan Kegiatan Khusus (Zona A) (Rumah Sakit dan sejenisnya, Sekolah dan sejenisnya, ibadah dan sejenisnya)

$$IKb = 1.818182 X,$$

*dimana X dalam desibel*

- b. Lingkungan Perumahan dan Pemukiman (Zona B)

$$IKb = 1.818182 X,$$

*dimana X dalam desibel*

- c. Lingkungan Perdagangan dan Jasa, Industri, serta Rekreasi (Zona C)

$$IKb = 1.428571 X,$$

*dimana X dalam desibel*

- d. Lingkungan Perkantoran dan Jasa (Zona D)

$$IKb = 1.538462 X,$$

*dimana X dalam desibel*

- e. Lingkungan Pemerintah dan Fasilitas Umum (Zona E)

$$IKb = 1.666667 X,$$

*dimana X dalam desibel*

- f. Lingkungan Ruang Terbuka Hijau (Zona F)

$$IKb = 2.00 X,$$

*dimana X dalam desibel*

- g. Pelabuhan Laut (Zona G)

$$IKb = 1.428571 X,$$

*dimana X dalam desibel*

- h. Cagar Budaya (Zona H)

$$IKb = 1.666667 X,$$

*X dalam desibel*

Selanjutnya dilakukan perhitungan akhir yang merupakan nilai indeks kebisingan suatu Kabupaten atau Propinsi dengan memilih Indeks Kebisingan yang terbesar dari nilai indeks Kebisingan yang ada atau diformulasikan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Indeks Kebisingan} = \text{Maks} \{IKb_1, IKb_2, \dots, IKb_r\}$$

dimana r adalah banyaknya nilai indeks kebisingan yang telah diukur.

### **5.5. Banyaknya Contoh Indeks Kebisingan yang Diambil untuk Setiap Kabupaten atau Propinsi.**

Hampir setiap kabupaten atau propinsi mempunyai wilayah yang merupakan zona kegiatan khusus (Rumah sakit dan sejenisnya, sekolah dan sejenisnya, tempat ibadah dan sejenisnya), zona pemukiman dan perumahan, zona perdagangan, jasa, industri, serta rekreasi, zona perkantoran dan jasa, zona pemerintahan dan fasilitas umum, zona ruang terbuka hijau (dapat juga perkebunan atau hutan), zona pelabuhan laut (tidak semua kabupaten maupun propinsi mempunyai zona ini), zona cagar budaya (tidak semua kabupaten maupun propinsi mempunyai zona ini). Dari setiap zona tersebut setiap kabupaten mengambil minimal satu lokasi contoh (sample) untuk setiap zona dengan pertimbangan mempunyai tingkat kebisingan yang paling tinggi. Dengan demikian jumlah contoh kebisingan untuk mendapatkan Indeks Kebisingan untuk setiap Kabupaten adalah 8 (delapan) titik contoh. Apabila suatu kabupaten/kota tidak mempunyai semua zona yang ada maka contoh dari zona yang tidak ada tersebut dapat dialokasikan pada zona lain dengan memperhatikan secara proporsional jumlah zona-zona yang ada. Sebagai ilustrasi katakan Kabupaten A mempunyai zona sebagai berikut :

- Zona kegiatan khusus yang terdiri : 1 lokasi rumah sakit, 4 lokasi sekolah
- Zona pemukiman dan perumahan yang terdiri : 20 lokasi desa atau perumahan
- Zona perdagangan, jasa dan industri yang terdiri : 5 lokasi pasar, 5 lokasi industri, 3 lokasi terminal kendaraan
- Zona pemerintah dan fasilitas umum yang terdiri : 2 lokasi pemerintahan

Lokasi Kabupaten A tidak mempunyai zona perkantoran dan jasa, zona terbuka hijau, zona cagar budaya serta zona pelabuhan laut. Oleh karena itu pada langkah awal ditentukan minimal satu sample pada setiap zona kemudian ditambah titik sample dengan pertimbangan secara proporsional serta yang mempunyai potensi terjadinya kebisingan yang melebihi batas ambang. Oleh karena itu sebaiknya kabupaten A mengambil 8 (delapan) lokasi contoh kebisingan sebagai berikut : 1 rumah sakit, 1 sekolah, 2 perumahan, 1 pasar, 1 industri dan 1 terminal, 1 pemerintahan.

Pada saat pengambilan contoh kebisingan harus mencatat posisi koordinat lokasi serta dicatat pula situasi atau kondisi saat itu di lokasi (hujan atau tidak, jam). Posisi

tepatnya untuk setiap lokasi contoh kebisingan adalah tepat dipusat zona dan menghadap arah angin datang. Keadaan lokasi sebaiknya bebas dari benteng (hambatan) asal kebisingan, misalkan adanya tembok atau pohon. Sedangkan jumlah contoh kebisingan melalui data sekunder untuk propinsi adalah 8 kali banyaknya kabupaten dengan asumsi setiap kabupaten/kota mengirimkan hasil pemantauan kebisingan ke propinsi yang bersangkutan. Apabila propinsi akan mengambil sendiri contoh kebisingan atau data kebisingan merupakan data primer maka dapat dilakukan pemilihan secara acak dari lokasi-lokasi yang telah ditentukan oleh kabupaten/kota. Jumlah setiap zona untuk contoh propinsi adalah proporsional terhadap zona-zona yang ada serta setiap kabupaten harus ada wakil lokasi contoh kebisingan. Dengan demikian apabila propinsi melakukan pengukuran sendiri tingkat kebisingan wilayahnya maka minimal jumlah contoh yang diambil adalah 2 kali banyaknya kabupaten dalam propinsi dan dengan batasan minimal satu untuk kabupaten tertentu dalam wilayah propinsi yang bersangkutan dan ada wakil contoh setiap zona.

Untuk ilustrasi penjelasan diatas, katakan suatu Propinsi X yang mempunyai empat kabupaten, yakni kabupaten A, B, C, dan D dengan zona-zona sebagai berikut :

**Tabel 5.3. Ilustrasi pengambilan contoh di Propinsi X**

Kabupaten	Jumlah Contoh Kebisingan	Banyaknya Zona	Data primer untuk propinsi	Data sekunder untuk propinsi
Kabupaten A	8	8 (A, B, C, D, E, F, G, H)	3 (F, G, H)	8
Kabupaten B	8	5 (A, B, C, D, E)	2 (A, B)	8
Kabupaten C	8	5 (A, B, C, D, E)	2 (C, D)	8
Kabupaten D	8	6 (A, B, C, D, E, F)	2 (E, A)	8
Jumlah			8	24

**Tabel 5.4 Jumlah Contoh Kebisingan Per Kabupaten dan Per Propinsi.**

No	Propinsi dan Kabupaten		Jumlah contoh Kebisingan Kabupaten	Banyaknya data sekunder untuk Propinsi	Banyaknya data primer untuk Propinsi*
<b>1</b>	<b>Banten</b>			64	16
	1	Kabupaten Lebak	8	8	2
	2	Kabupaten Pandeglang	8	8	2
	3	Kabupaten Serang	8	8	2
	4	Kabupaten Tangerang	8	8	2
	5	Kota Cilegon	8	8	2
	6	Kota Serang	8	8	2
	7	Kota Tangerang	8	8	2
	8	Kota Tangerang Selatan	8	8	2
<b>2</b>	<b>Jawa Barat</b>			208	52
	1	Kabupaten Bandung	8	8	2
	2	Kabupaten Bandung Barat	8	8	2
	3	Kabupaten Bekasi	8	8	2
	4	Kabupaten Bogor	8	8	2
	5	Kabupaten Ciamis	8	8	2
	6	Kabupaten Cianjur	8	8	2
	7	Kabupaten Cirebon	8	8	2
	8	Kabupaten Garut	8	8	2
	9	Kabupaten Indramayu	8	8	2
	10	Kabupaten Karawang	8	8	2
	11	Kabupaten Kuningan	8	8	2
	12	Kabupaten Majalengka	8	8	2
	13	Kabupaten Purwakarta	8	8	2
	14	Kabupaten Subang	8	8	2

	15	Kabupaten Sukabumi	8	8	2
	16	Kabupaten Sumedang	8	8	2
	17	Kabupaten Tasikmalaya	8	8	2
	18	Kota Bandung	8	8	2
	19	Kota Banjar	8	8	2
	20	Kota Bekasi	8	8	2
	21	Kota Bogor	8	8	2
	22	Kota Cimahi	8	8	2
	23	Kota Cirebon	8	8	2
	24	Kota Depok	8	8	2
	25	Kota Sukabumi	8	8	2
	26	Kota Tasikmalaya	8	8	2
<b>3</b>	<b>Jawa Tengah</b>			280	70
	1	Kabupaten Banjarnegara	8	8	2
	2	Kabupaten Banyumas	8	8	2
	3	Kabupaten Batang	8	8	2
	4	Kabupaten Blora	8	8	2
	5	Kabupaten Boyolali	8	8	2
	6	Kabupaten Brebes	8	8	2
	7	Kabupaten Cilacap	8	8	2
	8	Kabupaten Demak	8	8	2
	9	Kabupaten Grobogan	8	8	2
	10	Kabupaten Jepara	8	8	2
	11	Kabupaten Karanganyar	8	8	2
	12	Kabupaten Kebumen	8	8	2
	13	Kabupaten Kendal	8	8	2
	14	Kabupaten Klaten	8	8	2
	15	Kabupaten Kudus	8	8	2
	16	Kabupaten Magelang	8	8	2
	17	Kabupaten Pati	8	8	2



	18	Kabupaten Pekalongan	8	8	2
	19	Kabupaten Pemalang	8	8	2
	20	Kabupaten Purbalingga	8	8	2
	21	Kabupaten Purworejo	8	8	2
	22	Kabupaten Rembang	8	8	2
	23	Kabupaten Semarang	8	8	2
	24	Kabupaten Sragen	8	8	2
	25	Kabupaten Sukoharjo	8	8	2
	26	Kabupaten Tegal	8	8	2
	27	Kabupaten Temanggung	8	8	2
	28	Kabupaten Wonogiri	8	8	2
	29	Kabupaten Wonosobo	8	8	2
	30	Kota Magelang	8	8	2
	31	Kota Pekalongan	8	8	2
	32	Kota Salatiga	8	8	2
	33	Kota Semarang	8	8	2
	34	Kota Surakarta	8	8	2
	35	Kota Tegal	8	8	2
<b>4</b>	<b>Jawa Timur</b>			304	76
	1	Kabupaten Bangkalan	8	8	2
	2	Kabupaten Banyuwangi	8	8	2
	3	Kabupaten Blitar	8	8	2
	4	Kabupaten Bojonegoro	8	8	2
	5	Kabupaten Bondowoso	8	8	2
	6	Kabupaten Gresik	8	8	2
	7	Kabupaten Jember	8	8	2
	8	Kabupaten Jombang	8	8	2
	9	Kabupaten Kediri	8	8	2
	10	Kabupaten Lamongan	8	8	2
	11	Kabupaten Lumajang	8	8	2

	12	Kabupaten Madiun	8	8	2
	13	Kabupaten Magetan	8	8	2
	14	Kabupaten Malang	8	8	2
	15	Kabupaten Mojokerto	8	8	2
	16	Kabupaten Nganjuk	8	8	2
	17	Kabupaten Ngawi	8	8	2
	18	Kabupaten Pacitan	8	8	2
	19	Kabupaten Pamekasan	8	8	2
	20	Kabupaten Pasuruan	8	8	2
	21	Kabupaten Ponorogo	8	8	2
	22	Kabupaten Probolinggo	8	8	2
	23	Kabupaten Sampang	8	8	2
	24	Kabupaten Sidoarjo	8	8	2
	25	Kabupaten Situbondo	8	8	2
	26	Kabupaten Sumenep	8	8	2
	27	Kabupaten Trenggalek	8	8	2
	28	Kabupaten Tuban	8	8	2
	29	Kabupaten Tulungagung	8	8	2
	30	Kota Batu[8]	8	8	2
	31	Kota Blitar	8	8	2
	32	Kota Kediri	8	8	2
	33	Kota Madiun	8	8	2
	34	Kota Malang	8	8	2
	35	Kota Mojokerto	8	8	2
	36	Kota Pasuruan	8	8	2
	37	Kota Probolinggo	8	8	2
	38	Kota Surabaya	8	8	2
<b>5</b>	<b>Bali</b>			72	18
	1	Kabupaten Badung	8	8	2
	2	Kabupaten Bangli	8	8	2

	3	Kabupaten Buleleng	8	8	2
	4	Kabupaten Gianyar	8	8	2
	5	Kabupaten Jembrana	8	8	2
	6	Kabupaten Karangasem	8	8	2
	7	Kabupaten Klungkung	8	8	2
	8	Kabupaten Tabanan	8	8	2
	9	Kota Denpasar	8	8	2
<b>6</b>	<b>Nusa Tenggara Timur</b>			168	42
	1	Kabupaten Alor	8	8	2
	2	Kabupaten Belu	8	8	2
	3	Kabupaten Ende	8	8	2
	4	Kabupaten Flores Timur	8	8	2
	5	Kabupaten Kupang	8	8	2
	6	Kabupaten Lembata	8	8	2
	7	Kabupaten Manggarai	8	8	2
	8	Kabupaten Manggarai Barat	8	8	2
	9	Kabupaten Manggarai Timur	8	8	2
	10	Kabupaten Ngada	8	8	2
	11	Kabupaten Nagekeo	8	8	2
	12	Kabupaten Rote Ndao	8	8	2
	13	Kabupaten Sabu Raijua	8	8	2
	14	Kabupaten Sikka	8	8	2
	15	Kabupaten Sumba Barat	8	8	2
	16	Kabupaten Sumba Barat Daya	8	8	2
	17	Kabupaten Sumba Tengah	8	8	2
	18	Kabupaten Sumba Timur	8	8	2
	19	Kabupaten Timor Tengah Selatan	8	8	2
	20	Kabupaten Timor Tengah Utara	8	8	2
	21	Kota Kupang	8	8	2

<b>7</b>	<b>Kalimantan Barat</b>			112	28
	1	Kabupaten Bengkayang	8	8	2
	2	Kabupaten Kapuas Hulu	8	8	2
	3	Kabupaten Kayong Utara	8	8	2
	4	Kabupaten Ketapang	8	8	2
	5	Kabupaten Kubu Raya	8	8	2
	6	Kabupaten Landak	8	8	2
	7	Kabupaten Melawi	8	8	2
	8	Kabupaten Pontianak	8	8	2
	9	Kabupaten Sambas	8	8	2
	10	Kabupaten Sanggau	8	8	2
	11	Kabupaten Sekadau	8	8	2
	12	Kabupaten Sintang	8	8	2
	13	Kota Pontianak	8	8	2
	14	Kota Singkawang	8	8	2
<b>8</b>	<b>Kalimantan Selatan</b>			104	26
	1	Kabupaten Balangan	8	8	2
	2	Kabupaten Banjar	8	8	2
	3	Kabupaten Barito Kuala	8	8	2
	4	Kabupaten Hulu Sungai Selatan	8	8	2
	5	Kabupaten Hulu Sungai Tengah	8	8	2
	6	Kabupaten Hulu Sungai Utara	8	8	2
	7	Kabupaten Kotabaru	8	8	2
	8	Kabupaten Tabalong	8	8	2
	9	Kabupaten Tanah Bumbu	8	8	2
	10	Kabupaten Tanah Laut	8	8	2
	11	Kabupaten Tapin	8	8	2
	12	Kota Banjarbaru	8	8	2
	13	Kota Banjarmasin	8	8	2

<b>9</b>	<b>Kalimantan Tengah</b>			112	28
	1	Kabupaten Barito Selatan	8	8	2
	2	Kabupaten Barito Timur	8	8	2
	3	Kabupaten Barito Utara	8	8	2
	4	Kabupaten Gunung Mas	8	8	2
	5	Kabupaten Kapuas	8	8	2
	6	Kabupaten Katingan	8	8	2
	7	Kabupaten Kotawaringin Barat	8	8	2
	8	Kabupaten Kotawaringin Timur	8	8	2
	9	Kabupaten Lamandau	8	8	2
	10	Kabupaten Murung Raya	8	8	2
	11	Kabupaten Pulang Pisau	8	8	2
	12	Kabupaten Sukamara	8	8	2
	13	Kabupaten Seruyan	8	8	2
	14	Kota Palangka Raya	8	8	2
<b>10</b>	<b>Kalimantan Timur</b>			112	28
	1	Kabupaten Berau	8	8	2
	2	Kabupaten Bulungan	8	8	2
	3	Kabupaten Kutai Barat	8	8	2
	4	Kabupaten Kutai Kartanegara	8	8	2
	5	Kabupaten Kutai Timur	8	8	2
	6	Kabupaten Malinau	8	8	2
	7	Kabupaten Nunukan	8	8	2
	8	Kabupaten Paser	8	8	2
	9	Kabupaten Penajam Paser Utara	8	8	2
	10	Kabupaten Tana Tidung	8	8	2
	11	Kota Balikpapan	8	8	2
	12	Kota Bontang	8	8	2
	13	Kota Samarinda	8	8	2

	14	Kota Tarakan	8	8	2
<b>11</b>	<b>Gorontalo</b>			48	12
	1	Kabupaten Boalemo	8	8	2
	2	Kabupaten Bone Bolango	8	8	2
	3	Kabupaten Gorontalo	8	8	2
	4	Kabupaten Gorontalo Utara	8	8	2
	5	Kabupaten Pohuwato	8	8	2
	6	Kota Gorontalo	8	8	2
<b>12</b>	<b>Sulawesi Selatan</b>			192	48
	1	Kabupaten Bantaeng	8	8	2
	2	Kabupaten Barru	8	8	2
	3	Kabupaten Bone	8	8	2
	4	Kabupaten Bulukumba	8	8	2
	5	Kabupaten Enrekang	8	8	2
	6	Kabupaten Gowa	8	8	2
	7	Kabupaten Jeneponto	8	8	2
	8	Kabupaten Kepulauan Selayar	8	8	2
	9	Kabupaten Luwu	8	8	2
	10	Kabupaten Luwu Timur	8	8	2
	11	Kabupaten Luwu Utara	8	8	2
	12	Kabupaten Maros	8	8	2
	13	Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan	8	8	2
	14	Kabupaten Pinrang	8	8	2
	15	Kabupaten Sidenreng Rappang	8	8	2
	16	Kabupaten Sinjai	8	8	2
	17	Kabupaten Soppeng	8	8	2
	18	Kabupaten Takalar	8	8	2
	19	Kabupaten Tana Toraja	8	8	2
	20	Kabupaten Toraja Utara	8	8	2

	21	Kabupaten Wajo	8	8	2
	22	Kota Makassar	8	8	2
	23	Kota Palopo	8	8	2
	24	Kota Parepare	8	8	2
<b>13</b>	<b>Sulawesi Tenggara</b>			96	24
	1	Kabupaten Bombana	8	8	2
	2	Kabupaten Buton	8	8	2
	3	Kabupaten Buton Utara	8	8	2
	4	Kabupaten Kolaka	8	8	2
	5	Kabupaten Kolaka Utara	8	8	2
	6	Kabupaten Konawe	8	8	2
	7	Kabupaten Konawe Selatan	8	8	2
	8	Kabupaten Konawe Utara	8	8	2
	9	Kabupaten Muna	8	8	2
	10	Kabupaten Wakatobi	8	8	2
	11	Kota Bau-Bau	8	8	2
	12	Kota Kendari	8	8	2
<b>14</b>	<b>Sulawesi Tengah</b>			88	22
	1	Kabupaten Banggai	8	8	2
	2	Kabupaten Banggai Kepulauan	8	8	2
	3	Kabupaten Buol	8	8	2
	4	Kabupaten Donggala	8	8	2
	5	Kabupaten Morowali	8	8	2
	6	Kabupaten Parigi Moutong	8	8	2
	7	Kabupaten Poso	8	8	2
	8	Kabupaten Tojo Una-Una	8	8	2
	9	Kabupaten Toli-Toli	8	8	2
	10	Kabupaten Sigi	8	8	2
	11	Kota Palu	8	8	2
<b>15</b>	<b>Sulawesi Utara</b>			120	30

1	Kabupaten Bolaang Mongondow	8	8	2
2	Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan	8	8	2
3	Kabupaten Bolaang Mongondow Timur	8	8	2
4	Kabupaten Bolaang Mongondow Utara	8	8	2
5	Kabupaten Kepulauan Sangihe	8	8	2
6	Kabupaten Kepulauan Siau Tagulandang Biaro	8	8	2
7	Kabupaten Kepulauan Talaud	8	8	2
8	Kabupaten Minahasa	8	8	2
9	Kabupaten Minahasa Selatan	8	8	2
10	Kabupaten Minahasa Tenggara	8	8	2
11	Kabupaten Minahasa Utara	8	8	2
12	Kota Bitung	8	8	2
13	Kota Kotamobagu	8	8	2
14	Kota Manado	8	8	2
15	Kota Tomohon	8	8	2
<b>16</b>	<b>Sulawesi Barat</b>		40	10
1	Kabupaten Majene	8	8	2
2	Kabupaten Mamasa	8	8	2
3	Kabupaten Mamuju	8	8	2
4	Kabupaten Mamuju Utara	8	8	2
5	Kabupaten Polewali Mandar	8	8	2
<b>17</b>	<b>Maluku</b>		88	22
1	Kabupaten Buru	8	8	2
2	Kabupaten Buru Selatan	8	8	2
3	Kabupaten Kepulauan Aru	8	8	2
4	Kabupaten Maluku Bara	8	8	2



		Daya			
	5	Kabupaten Maluku Tengah	8	8	2
	6	Kabupaten Maluku Tenggara	8	8	2
	7	Kabupaten Maluku Tenggara Barat	8	8	2
	8	Kabupaten Seram Bagian Barat	8	8	2
	9	Kabupaten Seram Bagian Timur	8	8	2
	10	Kota Ambon	8	8	2
	11	Kota Tual	8	8	2
<b>18</b>	<b>Maluku Utara</b>			72	18
	1	Kabupaten Halmahera Barat	8	8	2
	2	Kabupaten Halmahera Tengah	8	8	2
	3	Kabupaten Halmahera Utara	8	8	2
	4	Kabupaten Halmahera Selatan	8	8	2
	5	Kabupaten Kepulauan Sula	8	8	2
	6	Kabupaten Halmahera Timur	8	8	2
	7	Kabupaten Pulau Morotai	8	8	2
	8	Kota Ternate	8	8	2
	9	Kota Tidore Kepulauan	8	8	2
<b>19</b>	<b>Papua</b>			232	58
	1	Kabupaten Asmat	8	8	2
	2	Kabupaten Biak Numfor	8	8	2
	3	Kabupaten Boven Digoel	8	8	2
	4	Kabupaten Deiyai	8	8	2
	5	Kabupaten Dogiyai	8	8	2
	6	Kabupaten Intan Jaya	8	8	2
	7	Kabupaten Jayapura	8	8	2
	8	Kabupaten Jayawijaya	8	8	2

9	Kabupaten Keerom	8	8	2
10	Kabupaten Kepulauan Yapen	8	8	2
11	Kabupaten Lanny Jaya	8	8	2
12	Kabupaten Mamberamo Raya	8	8	2
13	Kabupaten Mamberamo Tengah	8	8	2
14	Kabupaten Mappi	8	8	2
15	Kabupaten Merauke	8	8	2
16	Kabupaten Mimika	8	8	2
17	Kabupaten Nabire	8	8	2
18	Kabupaten Nduga	8	8	2
19	Kabupaten Paniai	8	8	2
20	Kabupaten Pegunungan Bintang	8	8	2
21	Kabupaten Puncak	8	8	2
22	Kabupaten Puncak Jaya	8	8	2
23	Kabupaten Sarmi	8	8	2
24	Kabupaten Supiori	8	8	2
25	Kabupaten Tolikara	8	8	2
26	Kabupaten Waropen	8	8	2
27	Kabupaten Yahukimo	8	8	2
28	Kabupaten Yalimo	8	8	2
29	Kota Jayapura	8	8	2
<b>20</b>	<b>Papua Barat</b>		<b>88</b>	<b>22</b>
1	Kabupaten Fakfak	8	8	2
2	Kabupaten Kaimana	8	8	2
3	Kabupaten Manokwari	8	8	2
4	Kabupaten Maybrat	8	8	2
5	Kabupaten Raja Ampat	8	8	2
6	Kabupaten Sorong	8	8	2
7	Kabupaten Sorong Selatan	8	8	2

	8	Kabupaten Tambrau	8	8	2
	9	Kabupaten Teluk Bintuni	8	8	2
	10	Kabupaten Teluk Wondama	8	8	2
	11	Kota Sorong	8	8	2
<b>21</b>	<b>Aceh</b>			184	46
	1	Kabupaten Aceh Barat	8	8	2
	2	Kabupaten Aceh Barat Daya	8	8	2
	3	Kabupaten Aceh Besar	8	8	2
	4	Kabupaten Aceh Jaya	8	8	2
	5	Kabupaten Aceh Selatan	8	8	2
	6	Kabupaten Aceh Singkil	8	8	2
	7	Kabupaten Aceh Tamiang	8	8	2
	8	Kabupaten Aceh Tengah	8	8	2
	9	Kabupaten Aceh Tenggara	8	8	2
	10	Kabupaten Aceh Timur	8	8	2
	11	Kabupaten Aceh Utara	8	8	2
	12	Kabupaten Bener Meriah	8	8	2
	13	Kabupaten Bireuen	8	8	2
	14	Kabupaten Gayo Lues	8	8	2
	15	Kabupaten Nagan Raya	8	8	2
	16	Kabupaten Pidie	8	8	2
	17	Kabupaten Pidie Jaya	8	8	2
	18	Kabupaten Simeulue	8	8	2
	19	Kota Banda Aceh	8	8	2
	20	Kota Langsa	8	8	2
	21	Kota Lhokseumawe	8	8	2
	22	Kota Sabang	8	8	2
	23	Kota Subulussalam	8	8	2
<b>22</b>	<b>Sumatera Utara</b>			264	66
	1	Kabupaten Asahan	8	8	2

2	Kabupaten Batubara	8	8	2
3	Kabupaten Dairi	8	8	2
4	Kabupaten Deli Serdang	8	8	2
5	Kabupaten Humbang Hasundutan	8	8	2
6	Kabupaten Karo	8	8	2
7	Kabupaten Labuhanbatu	8	8	2
8	Kabupaten Labuhanbatu Selatan	8	8	2
9	Kabupaten Labuhanbatu Utara	8	8	2
10	Kabupaten Langkat	8	8	2
11	Kabupaten Mandailing Natal	8	8	2
12	Kabupaten Nias	8	8	2
13	Kabupaten Nias Barat	8	8	2
14	Kabupaten Nias Selatan	8	8	2
15	Kabupaten Nias Utara	8	8	2
16	Kabupaten Padang Lawas	8	8	2
17	Kabupaten Padang Lawas Utara	8	8	2
18	Kabupaten Pakpak Bharat	8	8	2
19	Kabupaten Samosir	8	8	2
20	Kabupaten Serdang Bedagai	8	8	2
21	Kabupaten Simalungun	8	8	2
22	Kabupaten Tapanuli Selatan	8	8	2
23	Kabupaten Tapanuli Tengah	8	8	2
24	Kabupaten Tapanuli Utara	8	8	2
25	Kabupaten Toba Samosir	8	8	2
26	Kota Binjai	8	8	2
27	Kota Gunungsitoli	8	8	2
28	Kota Medan	8	8	2
29	Kota Padangsidempuan	8	8	2

	30	Kota Pematangsiantar	8	8	2
	31	Kota Sibolga	8	8	2
	32	Kota Tanjungbalai	8	8	2
	33	Kota Tebing Tinggi	8	8	2
<b>23</b>	<b>Bengkulu</b>			80	20
	1	Kabupaten Bengkulu Selatan	8	8	2
	2	Kabupaten Bengkulu Tengah	8	8	2
	3	Kabupaten Bengkulu Utara	8	8	2
	4	Kabupaten Kaur	8	8	2
	5	Kabupaten Kepahiang	8	8	2
	6	Kabupaten Lebong	8	8	2
	7	Kabupaten Mukomuko	8	8	2
	8	Kabupaten Rejang Lebong	8	8	2
	9	Kabupaten Seluma	8	8	2
	10	Kota Bengkulu	8	8	2
<b>24</b>	<b>JAmbi</b>			88	22
	1	Kabupaten Batanghari	8	8	2
	2	Kabupaten Bungo	8	8	2
	3	Kabupaten Kerinci	8	8	2
	4	Kabupaten Merangin	8	8	2
	5	Kabupaten Muaro Jambi	8	8	2
	6	Kabupaten Sarolangun	8	8	2
	7	Kabupaten Tanjung Jabung Barat	8	8	2
	8	Kabupaten Tanjung Jabung Timur	8	8	2
	9	Kabupaten Tebo	8	8	2
	10	Kota Jambi	8	8	2
	11	Kota Sungai Penuh	8	8	2
<b>25</b>	<b>Riau</b>			96	24
	1	Kabupaten Bengkalis	8	8	2

	2	Kabupaten Indragiri Hilir	8	8	2
	3	Kabupaten Indragiri Hulu	8	8	2
	4	Kabupaten Kampar	8	8	2
	5	Kabupaten Kuantan Singingi	8	8	2
	6	Kabupaten Pelalawan	8	8	2
	7	Kabupaten Rokan Hilir	8	8	2
	8	Kabupaten Rokan Hulu	8	8	2
	9	Kabupaten Siak	8	8	2
	10	Kabupaten Kepulauan Meranti	8	8	2
	11	Kota Dumai	8	8	2
	12	Kota Pekanbaru	8	8	2
<b>26</b>	<b>Sumatera Barat</b>			152	38
	1	Kabupaten Agam	8	8	2
	2	Kabupaten Dharmasraya	8	8	2
	3	Kabupaten Kepulauan Mentawai	8	8	2
	4	Kabupaten Lima Puluh Kota	8	8	2
	5	Kabupaten Padang Pariaman	8	8	2
	6	Kabupaten Pasaman	8	8	2
	7	Kabupaten Pasaman Barat	8	8	2
	8	Kabupaten Pesisir Selatan	8	8	2
	9	Kabupaten Sijunjung	8	8	2
	10	Kabupaten Solok	8	8	2
	11	Kabupaten Solok Selatan	8	8	2
	12	Kabupaten Tanah Datar	8	8	2
	13	Kota Bukittinggi	8	8	2
	14	Kota Padang	8	8	2
	15	Kota Padangpanjang	8	8	2
	16	Kota Pariaman	8	8	2
	17	Kota Payakumbuh	8	8	2

	18	Kota Sawahlunto	8	8	2
	19	Kota Solok	8	8	2
<b>27</b>	<b>Sumatera Selatan</b>			120	30
	1	Kabupaten Banyuasin	8	8	2
	2	Kabupaten Empat Lawang	8	8	2
	3	Kabupaten Lahat	8	8	2
	4	Kabupaten Muara Enim	8	8	2
	5	Kabupaten Musi Banyuasin	8	8	2
	6	Kabupaten Musi Rawas	8	8	2
	7	Kabupaten Ogan Ilir	8	8	2
	8	Kabupaten Ogan Komering Ilir	8	8	2
	9	Kabupaten Ogan Komering Ulu	8	8	2
	10	Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan	8	8	2
	11	Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur	8	8	2
	12	Kota Lubuklinggau	8	8	2
	13	Kota Pagar Alam	8	8	2
	14	Kota Palembang	8	8	2
	15	Kota Prabumulih	8	8	2
<b>28</b>	<b>Lampung</b>			112	28
	1	Kabupaten Lampung Barat	8	8	2
	2	Kabupaten Lampung Selatan	8	8	2
	3	Kabupaten Lampung Tengah	8	8	2
	4	Kabupaten Lampung Timur	8	8	2
	5	Kabupaten Lampung Utara	8	8	2
	6	Kabupaten Mesuji	8	8	2
	7	Kabupaten Pesawaran	8	8	2
	8	Kabupaten Pringsewu	8	8	2

	9	Kabupaten Tanggamus	8	8	2
	10	Kabupaten Tulang Bawang	8	8	2
	11	Kabupaten Tulang Bawang Barat	8	8	2
	12	Kabupaten Way Kanan	8	8	2
	13	Kota Bandar Lampung	8	8	2
	14	Kota Metro	8	8	2
<b>29</b>	<b>Kepulauan Bangka Belitung</b>			56	14
	1	Kabupaten Bangka	8	8	2
	2	Kabupaten Bangka Barat	8	8	2
	3	Kabupaten Bangka Selatan	8	8	2
	4	Kabupaten Bangka Tengah	8	8	2
	5	Kabupaten Belitung	8	8	2
	6	Kabupaten Belitung Timur	8	8	2
	7	Kota Pangkal Pinang	8	8	2
<b>30</b>	<b>Kepulauan Riau</b>			56	14
	1	Kabupaten Bintan	8	8	2
	2	Kabupaten Karimun	8	8	2
	3	Kabupaten Kepulauan Anambas	8	8	2
	4	Kabupaten Lingga	8	8	2
	5	Kabupaten Natuna	8	8	2
	6	Kota Batam	8	8	2
	7	Kota Tanjung Pinang	8	8	2
<b>31</b>	<b>DKI Jakarta</b>			48	12
	1	Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu	8	8	2
	2	Kota Administrasi Jakarta Barat	8	8	2
	3	Kota Administrasi Jakarta Pusat	8	8	2
	4	Kota Administrasi Jakarta Selatan	8	8	2
	5	Kota Administrasi Jakarta Timur	8	8	2



	6	Kota Administrasi Jakarta Utara	8	8	2
<b>32</b>	<b>Daerah Istimewa Yogyakarta</b>			40	10
	1	Kabupaten Bantul	8	8	2
	2	Kabupaten Gunung Kidul	8	8	2
	3	Kabupaten Kulon Progo	8	8	2
	4	Kabupaten Sleman	8	8	2
	5	Kota Yogyakarta	8	8	2
<b>33</b>	<b>Nusa Tenggara Barat</b>			80	20
	1	Kabupaten Bima	8	8	2
	2	Kabupaten Dompu	8	8	2
	3	Kabupaten Lombok Barat	8	8	2
	4	Kabupaten Lombok Tengah	8	8	2
	5	Kabupaten Lombok Timur	8	8	2
	6	Kabupaten Lombok Utara	8	8	2
	7	Kabupaten Sumbawa	8	8	2
	8	Kabupaten Sumbawa Barat	8	8	2
	9	Kota Bima	8	8	2
	10	Kota Mataram	8	8	2

\*Jumlah data primer untuk propinsi per kabupaten adalah tentatif 2, proporsinya tergantung keberadaan zona

## BAB 6. INDEKS KEHIJAUAN

### 6.1. Fungsi Hutan

Indeks kehijauan memberikan gambaran apakah penutup lahan yang ada di permukaan tanah merupakan tanaman atau bukan tanaman. Tanaman pada suatu wilayah dapat berupa hutan sekunder, hutan primer, hutan kota, kebun. Makin luas penutup lahan oleh tanaman (dibatasi pada hutan primer, hutan sekunder, hutan kota, dan kebun) maka peranan tanaman terhadap lingkungan makin tinggi karena dapat membantu dalam hal antara lain : menekan terjadinya banjir, menekan terjadinya longsor dan erosi, pengendalian daur air, penyerap karbon di udara, serta penyedia sumberdaya air.

Peran hutan dalam pengendalian daur air dapat dikelompokkan sebagai berikut

1. Sebagai pengurang atau pembuang cadangan air di bumi melalui proses :
  - a. Evapotranspirasi
  - b. Pemakaian air konsumtif untuk pembentukan jaringan tubuh vegetasi.
2. Menambah titik-titik air di atmosfer.
3. Sebagai penghalang untuk sampainya air di bumi melalui proses intersepsi.
4. Sebagai pengurang atau peredam energi kinetik aliran air lewat :
  - a. Tahanan permukaan dari bagian batang di permukaan
  - b. Tahanan aliran air permukaan karena adanya seresah di permukaan.
5. Sebagai pendorong ke arah perbaikan kemampuan watak fisik tanah untuk memasukkan air lewat sistem perakaran, penambahan bahan organik ataupun adanya kenaikan kegiatan biologik di dalam tanah.

Peran selanjutnya yang cukup penting adalah hutan sebagai penyerap karbon. Siklus karbon di dalam biosfer meliputi dua bagian siklus penting, di darat dan di laut. Keduanya dihubungkan oleh atmosfer yang berfungsi sebagai fase antara. Siklus karbon global melibatkan transfer karbon dari berbagai reservoir. Jika dibandingkan dengan sumber karbon yang tidak reaktif, biosfer mengandung karbon yang lebih sedikit, namun demikian siklus yang terjadi sangat dinamik di alam (Vlek, 1997).

Dari hasil inventarisasi gas-gas rumah kaca di Indonesia dengan menggunakan metoda IPCC 1996, diketahui bahwa pada tahun 1994 emisi total CO<sub>2</sub> adalah 748,607 Gg (Giga gram), CH<sub>4</sub> sebanyak 6,409 Gg, N<sub>2</sub>O sekitar 61 Gg, NO<sub>x</sub> sebanyak 928 Gg dan CO sebanyak 11,966 Gg. Adapun penyerapan CO<sub>2</sub> oleh hutan kurang lebih sebanyak 364,726 Gg, dengan demikian untuk tahun 1994 tingkat emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia sudah lebih tinggi dari tingkat penyerapannya. Indonesia sudah menjadi net emitter, sekitar 383,881 Gg pada tahun 1994. Hasil perhitungan sebelumnya, pada tahun 1990, Indonesia masih sebagai net sink atau tingkat penyerapan lebih tinggi dari tingkat emisi. Berapapun kecilnya Indonesia sudah

memberikan kontribusi bagi meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca secara global di atmosfer (Widjaja, 2002).

Banyak pihak yang beranggapan bahwa melakukan mitigasi secara permanen melalui penghematan pemanfaatan bahan bakar fosil, teknologi bersih, dan penggunaan energi terbarukan, lebih penting daripada melalui *carbon sink*. Hal ini dikarenakan hutan hanya menyimpan karbon untuk waktu yang terbatas (stock). Ketika terjadi penebangan hutan, kebakaran atau perubahan tata guna lahan, karbon tersebut akan dilepaskan kembali ke atmosfer (Rusmanto, 2003).

*Carbon sink* adalah istilah yang kerap digunakan di bidang perubahan iklim. Istilah ini berkaitan dengan fungsi hutan sebagai penyerap (sink) dan penyimpan (reservoir) karbon. Emisi karbon ini umumnya dihasilkan dari kegiatan pembakaran bahan bakar fosil pada sektor industri, transportasi dan rumah tangga. Selanjutnya kemampuan hutan sebagai regulator air mampu memberikan kontribusi dalam penyediaan air bagi masyarakat sekitar hutan. Adanya hutan atau lahan tanaman akan mengurangi aliran permukaan dan meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah. Dengan kondisi tersebut maka air yang masuk akan keluar sebagai reservoir pada tempat lain yang lebih rendah. Dengan demikian keberadaan hutan tentunya akan meningkatkan kemampuan sebagai penyedia reservoir pada daerah di sekitar hutan. Dari hasil penelitian diatas, nampak bahwa sesungguhnya peran tanaman hijau sangat besar dalam menyokong kehidupan manusia dalam rangka meningkatkan kualitas lingkungan hidup.

## **6.2. Parameter Indeks Kehijauan**

Indeks Kehijauan merupakan salah satu penyusun indeks kualitas lingkungan hidup. Pada indeks kualitas udara ambien, indeks kualitas air sungai, Indeks kebisingan mempunyai karakteristik bahwa makin besar nilai indeks berarti kualitas lingkungan hidup yang disebabkan oleh indeks tersebut makin buruk. Hal ini disebabkan makin tinggi indeks kualitas udara sebagai misal menunjukkan makin tingginya nilai parameter pencemar di udara. Hal ini kebalikan dengan indeks kehijauan. Suatu area yang ditutupi oleh lahan hijau dalam hal ini hutan (baik hutan primer, hutan sekunder, maupun hutan kota) tentunya akan lebih baik dalam pengendalian lingkungan hidup dibandingkan dengan area yang terbuka (tanpa penutup lahan hijau). Makin luas area ditutupi oleh lahan hijau maka makin baik kondisi lingkungan hidup yang diakibatkan oleh hutan. Dengan demikian ukuran dasar untuk indeks kehijauan adalah luasan lahan lahan hijau (hutan primer, sekunder, hutan kota dan kebun).

### 6.3. Cara Mengukur Luasan Lahan Hijau

Pengukuran luasan lahan hijau (hutan primer, sekunder, hutan kota dan perkebunan) pada suatu kabupaten atau propinsi dapat dilakukan dengan data sekunder maupun data primer. Data sekunder dengan menggunakan peta penutup lahan atau peta penggunaan lahan. Sebaiknya untuk mengukur indeks kehijauan peta penutup lahan atau peta penggunaan lahan kabupaten atau propinsi paling lama data 5 tahun sebelumnya.

Misalkan suatu kabupaten mempunyai k lokasi perkebunan yang masing-masing mempunyai luasan  $A_k$  (kebun campuran juga termasuk), p lokasi hutan primer yang masing-masing mempunyai luasan  $A_p$ , s lokasi hutan sekunder yang masing-masing mempunyai luasan  $A_s$ , j lokasi hutan kota yang masing-masing mempunyai luasan  $A_j$  maka luasan lahan hijau

$$LHH = \left( \sum_{k=1}^K A_k + \sum_{p=1}^P A_p + \sum_{s=1}^S A_s + \sum_{j=1}^J A_j \right) \times \text{skala peta}$$

Cara pengukuran luasan lahan hijau yang lain adalah dengan menggunakan citra satelit baik citra Landsat maupun citra SPOT. Proses klasifikasi citra sebaiknya dengan klasifikasi terbimbing agar hasil klasifikasi tidak bersifat mozaik. Misalkan dari citra didapatkan hasil suatu kabupaten mempunyai k lokasi perkebunan yang masing-masing mempunyai luasan  $A_k$  (kebun campuran juga termasuk), p lokasi hutan primer yang masing-masing mempunyai luasan  $A_p$ , s lokasi hutan sekunder yang masing-masing mempunyai luasan  $A_s$ , j lokasi hutan kota yang masing-masing mempunyai luasan  $A_j$  maka luasan lahan hijau

$$LHH = \left( \sum_{k=1}^K A_k + \sum_{p=1}^P A_p + \sum_{s=1}^S A_s + \sum_{j=1}^J A_j \right) \times \text{skala citra}$$

LHH dalam ha

Cara ketiga pengukuran luasan lahan hijau adalah dengan menggunakan data Badan Pusat Statistik dengan menjumlahkan luasan hutan primer, hutan sekunder, kebun/perkebunan, dan hutan kota.

### 6.4. Cara Menghitung Indeks Kehijauan Propinsi

Kondisi yang tidak ideal suatu kabupaten atau propinsi adalah bila pada wilayah tersebut tidak mempunyai lahan hijau (kebun, hutan primer, hutan sekunder, maupun hutan kota). Dalam keadaan ini nilai indeks kehijauannya adalah 100. Sedangkan suatu kabupaten atau propinsi akan mempunyai indeks kehijauan nol apabila luas hijau sama atau lebih dari target

lahan hijau (hutan) yang telah ditetapkan oleh Menteri Kehutanan Republik Indonesia untuk wilayah Propinsi. Penetapan target lahan hijau (hutan) untuk kabupaten adalah proporsi luas kabupaten/luas propinsi dikalikan target lahan hijau propinsi yang bersangkutan.

Sebagai misal : Propinsi A yang mempunyai luasan 50 ribu ha dengan target tutup hutan 25 ribu. Misalkan ada kabupaten B didalam propinsi A dengan luasan sekitar 10 ribu ha, maka targetutupan hutan adalah  $10/50 \times 25 = 5$  ribu ha.

Fungsi Nilai Indeks Kehijauan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$IKk = Y = \begin{cases} 100 - \frac{100}{target} X, & 0 \leq X < target \text{ luasan hutan} \\ 0, & X \geq target \text{ luasan hutan} \end{cases}$$

X= luasan lahan hijau (dalam ha)

Y=Indeks Kehijauan (IKk)

Berikut ini fungsi Indeks Kehijauan untuk masing-masing Propinsi di Indonesia

a. Propinsi Aceh

$$IKk = \begin{cases} 100 - (2.8170 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < target \text{ luasan hutan} \\ 0, & X \geq target \text{ luasan hutan} \end{cases}$$

b. Propinsi Sumatera Utara

$$IKk = \begin{cases} 100 - (2.6722 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < target \text{ luasan hutan} \\ 0, & X \geq target \text{ luasan hutan} \end{cases}$$

c. Propinsi Sumatera Barat

$$IKk = \begin{cases} 100 - (3.84573 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < target \text{ luasan hutan} \\ 0, & X \geq target \text{ luasan hutan} \end{cases}$$

d. Propinsi Riau dan Kepulauan Riau

$$IKk = \begin{cases} 100 - (1.05751 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < target \text{ luasan hutan} \\ 0, & X \geq target \text{ luasan hutan} \end{cases}$$

e. Propinsi Jambi

$$IKk = \begin{cases} 100 - (4.58842 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < target \text{ luasan hutan} \\ 0, & X \geq target \text{ luasan hutan} \end{cases}$$

f. Propinsi Sumatera Selatan

$$IKk = \begin{cases} 100 - (2.66005 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < target \text{ luasan hutan} \\ 0, & X \geq target \text{ luasan hutan} \end{cases}$$

g. Propinsi Bengkulu

$$IKk = \begin{cases} 100 - (0.000108582)X, & 0 \leq X < target \text{ luasan hutan} \\ 0, & X \geq target \text{ luasan hutan} \end{cases}$$

h. Propinsi Lampung

$$IKk = \begin{cases} 100 - (9.95287 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < target \text{ luasan hutan} \\ 0, & X \geq target \text{ luasan hutan} \end{cases}$$

i. Propinsi Bangka Belitung

$$IKk = \begin{cases} 100 - (0.000152089)X, & 0 \leq X < target \text{ luasan hutan} \\ 0, & X \geq target \text{ luasan hutan} \end{cases}$$

j. Propinsi DKI Jakarta

$$IKk = \begin{cases} 100 - (0.002766)X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

k. Propinsi Jawa Barat

$$IKk = \begin{cases} 100 - (0.000122459)X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

l. Propinsi Jawa Tengah

$$IKk = \begin{cases} 100 - (0.000132057)X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

m. Propinsi DI Yogyakarta

$$IKk = \begin{cases} 100 - (0.005945303)X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

n. Propinsi Jawa Timur

$$IKk = \begin{cases} 100 - (7.36808 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

o. Propinsi Banteng

$$IKk = \begin{cases} 100 - (0.00039486)X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

p. Propinsi Bali

$$IKk = \begin{cases} 100 - (0.000765193)X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

q. Propinsi Nusa Tenggara Barat

$$IKk = \begin{cases} 100 - (5.52795 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

r. Propinsi Nusa Tenggara Timur

$$IKk = \begin{cases} 100 - (9.78889 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

s. Propinsi Kalimantan Barat

$$IKk = \begin{cases} 100 - (1.08947 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

t. Propinsi Kalimantan Tengah

$$IKk = \begin{cases} 100 - (6.53595 \times 10^{-6})X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

u. Propinsi Kalimantan Selatan

$$IKk = \begin{cases} 100 - (5.43628 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

v. Propinsi Kalimantan Timur

$$IKk = \begin{cases} 100 - (6.82522 \times 10^{-6})X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

w. Propinsi Sulawesi Utara dan Gorontalo

$$IKk = \begin{cases} 100 - (6.19168 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

x. Propinsi Sulawesi Tengah

$$IKk = \begin{cases} 100 - (2.27535 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

y. Propinsi Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat

$$IKk = \begin{cases} 100 - (2.57747 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

z. Propinsi Sulawesi Tenggara

$$IKk = \begin{cases} 100 - (3.84595 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

aa. Propinsi Maluku dan Maluku Utara

$$IKk = \begin{cases} 100 - (1.37652 \times 10^{-5})X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

bb. Propinsi Papua dan Papua Barat

$$IKk = \begin{cases} 100 - (2.3682 \times 10^{-6})X, & 0 \leq X < \text{target luasan hutan} \\ 0, & X \geq \text{target luasan hutan} \end{cases}$$

## 6.5. Perhitungan Indeks Kehijauan Kabupaten

Indeks kehijauan kabupaten tetap berdasarkan target kehijauan wilayah per propinsi yang kemudian diboboti dengan luasan wilayah masing-masing kabupaten pada propinsi yang bersangkutan. Hal ini disebabkan belum adanya peraturan yang menetapkan target kehijauan untuk kabupaten-kabupaten di Indonesia.

Dengan pertimbangan tersebut maka perhitungan indeks kehijauan untuk masing-masing kabupaten di Indonesia adalah sebagai berikut :

Tabel 6.1. Perhitungan Indeks Kehijauan Kabupaten (X=luasan hijau di kabupaten-ha)

No	Nama Propinsi		Luasan Wilayah (ha)	Target	Rumus Indeks Kehijauan Kabupaten		
1	<b>Banten</b>		966292	253254	100	-	0,00039 X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>					
	1	Kabupaten Lebak	342656	89806,19	100	-	0,00111 X
	2	Kabupaten Pandeglang	274689	71992,82	100	-	0,00139 X
	3	Kabupaten Serang	173428	45453,48	100	-	0,00220 X
	4	Kabupaten Tangerang	101186	26519,68	100	-	0,00377 X
	5	Kota Cilegon	17550	4599,65	100	-	0,02174 X
	6	Kota Serang	26671	6990,16	100	-	0,01431 X
	7	Kota Tangerang	15393	4034,33	100	-	0,02479 X
	8	Kota Tangerang Selatan	14719	3857,68	100	-	0,02592 X
2	<b>Jawa Barat</b>		3537776	816603	100	-	0,00012 X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>					
	1	Kabupaten Bandung	176796	40808,73	100	-	0,00245 X
	2	Kabupaten Bandung Barat	130577	30140,28	100	-	0,00332 X
	3	Kabupaten Bekasi	122488	28273,15	100	-	0,00354 X
	4	Kabupaten Bogor	271062	62567,57	100	-	0,00160 X
	5	Kabupaten Ciamis	242471	55968,08	100	-	0,00179 X



	6	Kabupaten Cianjur	384016	88640,04	100	-	0,00113	X
	7	Kabupaten Cirebon	98452	22725,07	100	-	0,00440	X

	8	Kabupaten Garut	307407	70956,86	100	-	0,00141	X
	9	Kabupaten Indramayu	204011	47090,60	100	-	0,00212	X
	10	Kabupaten Karawang	165220	38136,71	100	-	0,00262	X
	11	Kabupaten Kuningan	111056	25634,37	100	-	0,00390	X
	12	Kabupaten Majalengka	120424	27796,73	100	-	0,00360	X
	13	Kabupaten Purwakarta	82574	19060,05	100	-	0,00525	X
	14	Kabupaten Subang	189395	43716,88	100	-	0,00229	X
	15	Kabupaten Sukabumi	414570	95692,63	100	-	0,00105	X
	16	Kabupaten Sumedang	151833	35046,67	100	-	0,00285	X
	17	Kabupaten Tasikmalaya	255119	58887,54	100	-	0,00170	X
	18	Kota Bandung	16767	3870,22	100	-	0,02584	X
	19	Kota Banjar	11349	2619,62	100	-	0,03817	X
	20	Kota Bekasi	20661	4769,05	100	-	0,02097	X
	21	Kota Bogor	11850	2735,26	100	-	0,03656	X
	22	Kota Cimahi	3927	906,45	100	-	0,11032	X
	23	Kota Cirebon	3736	862,36	100	-	0,11596	X
	24	Kota Depok	20029	4623,17	100	-	0,02163	X
	25	Kota Sukabumi	4825	1113,72	100	-	0,08979	X

	26	Kota Tasikmalaya	17161	3961,17	100	-	0,02525	X
<b>3</b>	<b>Jawa Tengah</b>		3280069	757250	100	-	0,00013	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Banjarnegara	102373	23634,24	100	-	0,00423	X
	2	Kabupaten Banyumas	133530	30827,28	100	-	0,00324	X
	3	Kabupaten Batang	78865	18207,09	100	-	0,00549	X
	4	Kabupaten Blora	180459	41661,49	100	-	0,00240	X
	5	Kabupaten Boyolali	100845	23281,48	100	-	0,00430	X
	6	Kabupaten Brebes	190237	43918,88	100	-	0,00228	X
	7	Kabupaten Cilacap	212447	49046,37	100	-	0,00204	X
	8	Kabupaten Demak	90012	20780,53	100	-	0,00481	X
	9	Kabupaten Grobogan	201386	46492,79	100	-	0,00215	X
	10	Kabupaten Jepara	105925	24454,27	100	-	0,00409	X
	11	Kabupaten Karanganyar	77544	17902,12	100	-	0,00559	X
	12	Kabupaten Kebumen	121174	27974,72	100	-	0,00357	X
	13	Kabupaten Kendal	111813	25813,60	100	-	0,00387	X
	14	Kabupaten Klaten	65822	15195,93	100	-	0,00658	X
	15	Kabupaten Kudus	42515	9815,18	100	-	0,01019	X
	16	Kabupaten Magelang	110293	25462,69	100	-	0,00393	X
	17	Kabupaten Pati	148919	34380,04	100	-	0,00291	X

	18	Kabupaten Pekalongan	83700	19323,32	100	-	0,00518	X
	19	Kabupaten Pemalang	111803	25811,29	100	-	0,00387	X
	20	Kabupaten Purbalingga	67755	15642,19	100	-	0,00639	X
	21	Kabupaten Purworejo	109149	25198,58	100	-	0,00397	X
	22	Kabupaten Rembang	88713	20480,64	100	-	0,00488	X
	23	Kabupaten Semarang	95021	21936,93	100	-	0,00456	X
	24	Kabupaten Sragen	94154	21736,77	100	-	0,00460	X
	25	Kabupaten Sukoharjo	48912	11292,02	100	-	0,00886	X
	26	Kabupaten Tegal	87610	20226,00	100	-	0,00494	X
	27	Kabupaten Temanggung	83771	19339,71	100	-	0,00517	X

	28	Kabupaten Wonogiri	179367	41409,39	100	-	0,00241	X
	29	Kabupaten Wonosobo	98141	22657,23	100	-	0,00441	X
	30	Kota Magelang	1606	370,77	100	-	0,26971	X
	31	Kota Pekalongan	4525	1044,66	100	-	0,09572	X
	32	Kota Salatiga	5736	1324,24	100	-	0,07552	X
	33	Kota Semarang	37378	8629,24	100	-	0,01159	X
	34	Kota Surakarta	4601	1062,21	100	-	0,09414	X
	35	Kota Tegal	3968	916,07	100	-	0,10916	X
<b>4</b>	<b>Jawa Timur</b>		<b>4716407</b>	<b>1357206</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>0,00007</b>	<b>X</b>
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						

1	Kabupaten Bangkalan	100144	28817,71	100	-	0,00347	X
2	Kabupaten Banyuwangi	578240	166395,90	100	-	0,00060	X
3	Kabupaten Blitar	133648	38458,91	100	-	0,00260	X
4	Kabupaten Bojonegoro	219879	63272,97	100	-	0,00158	X
5	Kabupaten Bondowoso	152597	43911,72	100	-	0,00228	X
6	Kabupaten Gresik	119125	34279,73	100	-	0,00292	X
7	Kabupaten Jember	309234	88986,01	100	-	0,00112	X
8	Kabupaten Jombang	111509	32088,13	100	-	0,00312	X
9	Kabupaten Kediri	138605	39885,35	100	-	0,00251	X
10	Kabupaten Lamongan	178205	51280,75	100	-	0,00195	X
11	Kabupaten Lumajang	179090	51535,42	100	-	0,00194	X
12	Kabupaten Madiun	103758	29857,68	100	-	0,00335	X
13	Kabupaten Magetan	68884	19822,25	100	-	0,00504	X
14	Kabupaten Malang	353065	101598,94	100	-	0,00098	X
15	Kabupaten Mojokerto	71783	20656,47	100	-	0,00484	X
16	Kabupaten Nganjuk	122425	35229,35	100	-	0,00284	X
17	Kabupaten Ngawi	129598	37293,47	100	-	0,00268	X
18	Kabupaten Pacitan	138992	39996,71	100	-	0,00250	X
19	Kabupaten Pamekasan	79224	22797,71	100	-	0,00439	X
20	Kabupaten Pasuruan	147402	42416,80	100	-	0,00236	X
21	Kabupaten Ponorogo	130570	37573,18	100	-	0,00266	X

22	Kabupaten Probolinggo	5667	1630,75	100	-	0,06132	X
23	Kabupaten Sampang	123308	35483,44	100	-	0,00282	X
24	Kabupaten Sidoarjo	63438	18255,09	100	-	0,00548	X
25	Kabupaten Situbondo	166987	48052,63	100	-	0,00208	X
26	Kabupaten Sumenep	199854	57510,53	100	-	0,00174	X
27	Kabupaten Trenggalek	114722	33012,71	100	-	0,00303	X
28	Kabupaten Tuban	183415	52780,00	100	-	0,00189	X
29	Kabupaten Tulungagung	105565	30377,67	100	-	0,00329	X
30	Kota Batu	13674	3934,87	100	-	0,02541	X
31	Kota Blitar	3257	937,24	100	-	0,10670	X
32	Kota Kediri	6360	1830,17	100	-	0,05464	X
33	Kota Madiun	103758	29857,68	100	-	0,00335	X
34	Kota Malang	14528	4180,62	100	-	0,02392	X
35	Kota Mojokerto	1647	473,95	100	-	0,21099	X
36	Kota Pasuruan	3529	1015,51	100	-	0,09847	X
37	Kota Probolinggo	5667	1630,75	100	-	0,06132	X
38	Kota Surabaya	35054	10087,23	100	-	0,00991	X

<b>5</b>	<b>Bali</b>		577991	130686	100	-	0,00077	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Badung	41862	9465,16	100	-	0,01057	X
	2	Kabupaten Bangli	49071	11095,14	100	-	0,00901	X
	3	Kabupaten Buleleng	136473	30857,07	100	-	0,00324	X
	4	Kabupaten Gianyar	36800	8320,62	100	-	0,01202	X
	5	Kabupaten Jembrana	84180	19033,42	100	-	0,00525	X
	6	Kabupaten Karangasem	83954	18982,32	100	-	0,00527	X
	7	Kabupaten Klungkung	31500	7122,27	100	-	0,01404	X
	8	Kabupaten Tabanan	101373	22920,83	100	-	0,00436	X
	9	Kota Denpasar	12778	2889,16	100	-	0,03461	X
<b>6</b>	<b>Nusa Tenggara Timur</b>		4871790	1021566	100	-	0,00010	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Alor	286460	60067,82	100	-	0,00166	X
	2	Kabupaten Belu	244560	51281,80	100	-	0,00195	X
	3	Kabupaten Ende	204650	42913,07	100	-	0,00233	X
	4	Kabupaten Flores Timur	181320	38021,00	100	-	0,00263	X
	5	Kabupaten Kupang	543476	113961,52	100	-	0,00088	X
	6	Kabupaten Lembata	126600	26546,76	100	-	0,00377	X
	7	Kabupaten Manggarai	209644	43960,27	100	-	0,00227	X
	8	Kabupaten Manggarai Barat	239703	50263,34	100	-	0,00199	X

	9	Kabupaten Manggarai Timur	264293	55419,62	100	-	0,00180	X
	10	Kabupaten Ngada	164588	34512,47	100	-	0,00290	X
	11	Kabupaten Nagekeo	141696	29712,24	100	-	0,00337	X
	12	Kabupaten Rote Ndao	128000	26840,33	100	-	0,00373	X
	13	Kabupaten Sabu Raijua	46054	9657,07	100	-	0,01036	X
	14	Kabupaten Sikka	173170	36312,03	100	-	0,00275	X
	15	Kabupaten Sumba Barat	218318	45779,12	100	-	0,00218	X
	16	Kabupaten Sumba Barat Daya	148046	31043,78	100	-	0,00322	X
	17	Kabupaten Sumba Tengah	186874	39185,62	100	-	0,00255	X
	18	Kabupaten Sumba Timur	700050	146793,54	100	-	0,00068	X
	19	Kabupaten Timor Tengah Selatan	394700	82764,67	100	-	0,00121	X
	20	Kabupaten Timor Tengah Utara	266970	55980,96	100	-	0,00179	X
	21	Kota Kupang	2618	548,97	100	-	0,18216	X
<b>7</b>	<b>Kalimantan Barat</b>		14730700	9178760	100	-	0,00001	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Bengkayang	507548	316255,25	100	-	0,00032	X
	2	Kabupaten Kapuas Hulu	2984200	1859467,34	100	-	0,00005	X
	3	Kabupaten Kayong Utara	456826	284650,17	100	-	0,00035	X
	4	Kabupaten Ketapang	3124074	1946623,41	100	-	0,00005	X
	5	Kabupaten Kubu Raya	695822	433569,56	100	-	0,00023	X
	6	Kabupaten Landak	891510	555503,56	100	-	0,00018	X

	7	Kabupaten Melawai	1064080	663032,64	100	-	0,00015	X
	8	Kabupaten Pontianak	10780	6717,06	100	-	0,01489	X
	9	Kabupaten Sambas	671652	418509,13	100	-	0,00024	X
	10	Kabupaten Sanggau	1285780	801174,83	100	-	0,00012	X
	11	Kabupaten Sekadau	544420	339230,35	100	-	0,00029	X
	12	Kabupaten Sintang	2163820	1348285,18	100	-	0,00007	X
	13	Kota Pontianak	279788	174337,06	100	-	0,00057	X
	14	Kota Singkawang	50400	31404,45	100	-	0,00318	X
<b>8</b>	<b>Kalimantan Selatan</b>		3904323	1839494	100	-	0,00005	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Balangan	187830	88494,77	100	-	0,00113	X
	2	Kabupaten Banjar	466800	219929,50	100	-	0,00045	X
	3	Kabupaten Barito Kuala	299646	141176,08	100	-	0,00071	X
	4	Kabupaten Hulu Sungai Selatan	180494	85038,46	100	-	0,00118	X
	5	Kabupaten Hulu Sungai Tengah	147200	69352,23	100	-	0,00144	X
	6	Kabupaten Hulu Sungai Utara	89270	42058,93	100	-	0,00238	X
	7	Kabupaten Kotabaru	948273	446772,08	100	-	0,00022	X
	8	Kabupaten Tabalong	376697	177478,11	100	-	0,00056	X
	9	Kabupaten Tanah Bumbu	500696	235899,36	100	-	0,00042	X
	10	Kabupaten Tanah Laut	363135	171088,47	100	-	0,00058	X
	11	Kabupaten Tapin	270082	127247,21	100	-	0,00079	X



	12	Kota Banjarbaru	37100	17479,40	100	-	0,00572	X
	13	Kota Banjarmasin	37100	17479,40	100	-	0,00572	X
<b>9</b>	<b>Kalimantan Tengah</b>		15357350	15300000	100	-	0,00001	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Barito Selatan	883000	879702,55	100	-	0,00011	X
	2	Kabupaten Barito Timur	384300	382864,88	100	-	0,00026	X
	3	Kabupaten Barito Utara	830000	826900,47	100	-	0,00012	X
	4	Kabupaten Gunung Mas	1080500	1076465,02	100	-	0,00009	X
	5	Kabupaten Kapuas	1499900	1494298,82	100	-	0,00007	X
	6	Kabupaten Katingan	1750000	1743464,86	100	-	0,00006	X
	7	Kabupaten Kotawaringin Barat	1075900	1071882,19	100	-	0,00009	X
	8	Kabupaten Kotawaringin Timur	1679600	1673327,76	100	-	0,00006	X
	9	Kabupaten Lamandau	641400	639004,78	100	-	0,00016	X
	10	Kabupaten Murung Raya	2370000	2361149,55	100	-	0,00004	X
	11	Kabupaten Pulang Pisau	899700	896340,19	100	-	0,00011	X
	12	Kabupaten Sukamara	382700	381270,86	100	-	0,00026	X
	13	Kabupaten Seruyan	1640400	1634274,14	100	-	0,00006	X
	14	Kota Palangka Raya	239950	239053,94	100	-	0,00042	X
<b>10</b>	<b>Kalimantan Timur</b>		20453434	14651553	100	-	0,00001	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Berau	2124000	1521499,94	100	-	0,00007	X

	2	Kabupaten Bulungan	1392572	997550,95	100	-	0,00010	X
	3	Kabupaten Kutai Barat	3569659	2557079,07	100	-	0,00004	X
	4	Kabupaten Kutai Kartanegara	2360191	1690692,31	100	-	0,00006	X
	5	Kabupaten Kutai Timur	3574750	2560725,94	100	-	0,00004	X
	6	Kabupaten Malinau	4262070	3053078,74	100	-	0,00003	X
	7	Kabupaten Nunukan	1384190	991546,61	100	-	0,00010	X
	8	Kabupaten Paser	773088	553791,59	100	-	0,00018	X
	9	Kabupaten Penajam Paser Utara	333306	238759,44	100	-	0,00042	X
	10	Kabupaten Tana Tidung	482858	345889,09	100	-	0,00029	X
	11	Kota Balikpapan	52700	37750,96	100	-	0,00265	X
	12	Kota Bontang	40670	29133,43	100	-	0,00343	X
	13	Kota Samarinda	78300	56089,19	100	-	0,00178	X
	14	Kota Tarakan	25080	17965,73	100	-	0,00557	X
<b>11</b>	<b>Gorontalo</b>		1125707	724089,61	100	-	0,00014	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Boalemo	152188	97892,04	100	-	0,00102	X
	2	Kabupaten Bone Bolango	198431	127636,97	100	-	0,00078	X
	3	Kabupaten Gorontalo	175083	112618,81	100	-	0,00089	X
	4	Kabupaten Gorontalo Utara	167615	107815,16	100	-	0,00093	X
	5	Kabupaten Pohuwato	424431	273007,17	100	-	0,00037	X
	6	Kota Gorontalo	7959	5119,48	100	-	0,01953	X

<b>12</b>	<b>Sulawesi Selatan</b>		4670848	2854024,35	100	-	0,00004	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Bantaeng	39583	24186,37	100	-	0,00413	X
	2	Kabupaten Barru	117471	71778,21	100	-	0,00139	X
	3	Kabupaten Bone	455900	278568,20	100	-	0,00036	X
	4	Kabupaten Bulukumba	128463	78494,64	100	-	0,00127	X
	5	Kabupaten Enrekang	178493	109064,43	100	-	0,00092	X
	6	Kabupaten Gowa	188332	115076,34	100	-	0,00087	X
	7	Kabupaten Jeneponto	70652	43170,43	100	-	0,00232	X
	8	Kabupaten Kepulauan Selayar	135703	82918,49	100	-	0,00121	X
	9	Kabupaten Luwu	334397	204326,32	100	-	0,00049	X
	10	Kabupaten Luwu Timur	694488	424352,42	100	-	0,00024	X
	11	Kabupaten Luwu Utara	750258	458429,52	100	-	0,00022	X
	12	Kabupaten Maros	161912	98932,95	100	-	0,00101	X
	13	Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan	113208	69173,39	100	-	0,00145	X
	14	Kabupaten Pinrang	196167	119863,76	100	-	0,00083	X
	15	Kabupaten Sidenreng Rappang	188323	115070,85	100	-	0,00087	X
	16	Kabupaten Sinjai	78996	48268,86	100	-	0,00207	X
	17	Kabupaten Soppeng	155700	95137,24	100	-	0,00105	X
	18	Kabupaten Takalar	56661	34621,52	100	-	0,00289	X

	19	Kabupaten Tana Toraja	199022	121608,25	100	-	0,00082	X
	20	Kabupaten Toraja Utara	121555	74273,65	100	-	0,00135	X
	21	Kabupaten Wajo	250406	153005,37	100	-	0,00065	X
	22	Kota Makassar	19926	12175,37	100	-	0,00821	X
	23	Kota Palopo	25299	15458,43	100	-	0,00647	X
	24	Kota Parepare	9933	6069,35	100	-	0,01648	X
<b>13</b>	<b>Sulawesi Tenggara</b>		<b>3806770</b>	<b>2600137</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>0,00004</b>	<b>X</b>
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Bombana	300100	204977,22	100	-	0,00049	X
	2	Kabupaten Buton	268122	183135,29	100	-	0,00055	X
	3	Kabupaten Buton Utara	186491	127378,89	100	-	0,00079	X
	4	Kabupaten Kolaka	691833	472542,49	100	-	0,00021	X
	5	Kabupaten Kolaka Utara	339167	231661,14	100	-	0,00043	X
	6	Kabupaten Konawe	530286	362201,09	100	-	0,00028	X
	7	Kabupaten Konawe Selatan	577947	394754,97	100	-	0,00025	X
	8	Kabupaten Konawe Utara	510176	348465,36	100	-	0,00029	X
	9	Kabupaten Muna	294505	201155,66	100	-	0,00050	X
	10	Kabupaten Wakatobi	55954	38218,24	100	-	0,00262	X
	11	Kota Bau-Bau	22100	15094,96	100	-	0,00662	X
	12	Kota Kendari	30089	20551,68	100	-	0,00487	X

<b>14</b>	<b>Sulawesi Tengah</b>		6184129	4394932	100	-	0,00002	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Banggai	967270	687418,69	100	-	0,00015	X
	2	Kabupaten Banggai Kepulauan	321446	228444,99	100	-	0,00044	X
	3	Kabupaten Buol	404357	287368,12	100	-	0,00035	X
	4	Kabupaten Donggala	427508	303821,05	100	-	0,00033	X
	5	Kabupaten Morowali	1304132	926819,52	100	-	0,00011	X
	6	Kabupaten Parigi Moutong	508991	361729,33	100	-	0,00028	X
	7	Kabupaten Poso	711225	505452,83	100	-	0,00020	X
	8	Kabupaten Tojo Una-Una	572115	406590,24	100	-	0,00025	X
	9	Kabupaten Toli-Toli	407977	289940,78	100	-	0,00034	X
	10	Kabupaten Sigi	519602	369270,35	100	-	0,00027	X
	11	Kota Palu	39506	28076,09	100	-	0,00356	X
<b>15</b>	<b>Sulawesi Utara</b>		1385164	890980,39	100	-	0,00011	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Bolaang Mongondow	287165	184713,42	100	-	0,00054	X
	2	Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan	161586	103937,12	100	-	0,00096	X
	3	Kabupaten Bolaang Mongondow Timur	91018	58545,60	100	-	0,00171	X
	4	Kabupaten Bolaang Mongondow Utara	168000	108062,80	100	-	0,00093	X

	5	Kabupaten Kepulauan Sangihe	46111	29660,02	100	-	0,00337	X
	6	Kabupaten Kepulauan Siau Tagulandang Biaro	27586	17744,17	100	-	0,00564	X
	7	Kabupaten Kepulauan Talaud	124040	79786,37	100	-	0,00125	X
	8	Kabupaten Minahasa	111487	71711,89	100	-	0,00139	X
	9	Kabupaten Minahasa Selatan	140997	90693,64	100	-	0,00110	X
	10	Kabupaten Minahasa Tenggara	71083	45722,79	100	-	0,00219	X
	11	Kabupaten Minahasa Utara	91849	59080,12	100	-	0,00169	X
	12	Kota Bitung	30289	19482,82	100	-	0,00513	X
	13	Kota Kotamobagu	6806	4377,83	100	-	0,02284	X
	14	Kota Manado	15727	10116,09	100	-	0,00989	X
	15	Kota Tomohon	11420	7345,70	100	-	0,01361	X
<b>16</b>	<b>Sulawesi Barat</b>		1678718	1025745,65	100	-	0,00010	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Majene	94784	57915,79	100	-	0,00173	X
	2	Kabupaten Mamasa	300588	183668,03	100	-	0,00054	X
	3	Kabupaten Mamuju	801406	489682,44	100	-	0,00020	X
	4	Kabupaten Mamuju Utara	304375	185982,00	100	-	0,00054	X
	5	Kabupaten Polewali Mandar	177565	108497,39				
<b>17</b>	<b>Maluku</b>		4691353	3446175,24	100	-	0,00003	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Buru	493232	362318,48	100	-	0,00028	X

	2	Kabupaten Buru Selatan	378006	277675,74	100	-	0,00036	X
	3	Kabupaten Kepulauan Aru	815242	598860,67	100	-	0,00017	X
	4	Kabupaten Maluku Barat Daya	458106	336515,62	100	-	0,00030	X

	5	Kabupaten Maluku Tengah	795381	584271,17	100	-	0,00017	X
	6	Kabupaten Maluku Tenggara	103181	75794,72	100	-	0,00132	X
	7	Kabupaten Maluku Tenggara Ba	446579	328048,11	100	-	0,00030	X
	8	Kabupaten Seram Bagian Barat	503338	369742,15	100	-	0,00027	X
	9	Kabupaten Seram Bagian Timur	642988	472326,28	100	-	0,00021	X
	10	Kota Ambon	29861	21935,30	100	-	0,00456	X
	11	Kota Tual	25439	18686,99	100	-	0,00535	X
<b>18</b>	<b>Maluku Utara</b>		5198250	3818531,761	100	-	0,00003	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Halmahera Barat	170420	125187,17	100	-	0,00080	X
	2	Kabupaten Halmahera Tengah	2265376	1664100,46	100	-	0,00006	X
	3	Kabupaten Halmahera Utara	389690	286258,58	100	-	0,00035	X
	4	Kabupaten Halmahera Selatan	814890	598602,10	100	-	0,00017	X
	5	Kabupaten Kepulauan Sula	477425	350706,97	100	-	0,00029	X
	6	Kabupaten Halmahera Timur	657137	482719,86	100	-	0,00021	X
	7	Kabupaten Pulau Morotai	247600	181882,07	100	-	0,00055	X
	8	Kota Ternate	11139	8182,49				X

	9	Kota Tidore Kepulauan	164573	120892,07	100	-	0,00083	X
<b>19</b>	<b>Papua</b>		<b>33750605</b>	<b>32796650,32</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>0,00000</b>	<b>X</b>
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Asmat	3198369	3107967,69	100	-	0,00003	X
	2	Kabupaten Biak Numfor	260200	252845,49	100	-	0,00040	X
	3	Kabupaten Boven Digoel	2710800	2634179,73	100	-	0,00004	X
	4	Kabupaten Deiyai	53739	52220,08	100	-	0,00191	X
	5	Kabupaten Dogiyai	423740	411763,07	100	-	0,00024	X
	6	Kabupaten Intan Jaya	392202	381116,48	100	-	0,00026	X
	7	Kabupaten Jayapura	1115715	1084179,52	100	-	0,00009	X
	8	Kabupaten Jayawijaya	703066	683193,97	100	-	0,00015	X
	9	Kabupaten Keerom	839000	815285,82	100	-	0,00012	X
	10	Kabupaten Kepulauan Yapen	2050000	1992057,13	100	-	0,00005	X
	11	Kabupaten Lanny Jaya	224800	218446,07	100	-	0,00046	X
	12	Kabupaten Mamberamo Raya	2381391	2314081,42	100	-	0,00004	X
	13	Kabupaten Mamberamo Tengah	127500	123896,24	100	-	0,00081	X
	14	Kabupaten Mappi	2411800	2343630,91	100	-	0,00004	X
	15	Kabupaten Merauke	4407100	4282534,12	100	-	0,00002	X
	16	Kabupaten Mimika	2163300	2102154,72	100	-	0,00005	X
	17	Kabupaten Nabire	1111261	1079851,41	100	-	0,00009	X
	18	Kabupaten Nduga	216800	210672,19	100	-	0,00047	X



	19	Kabupaten Paniai	652525	634081,50	100	-	0,00016	X
	20	Kabupaten Pegunungan Bintang	1568200	1523875,11	100	-	0,00007	X
	21	Kabupaten Puncak	805500	782732,69	100	-	0,00013	X
	22	Kabupaten Puncak Jaya	498951	484848,24	100	-	0,00021	X
	23	Kabupaten Sarmi	1774200	1724052,56	100	-	0,00006	X
	24	Kabupaten Supiori	67832	65914,74	100	-	0,00152	X
	25	Kabupaten Tolikara	558813	543018,25	100	-	0,00018	X
	26	Kabupaten Waropen	1099709	1068625,93	100	-	0,00009	X
	27	Kabupaten Yahukimo	1715200	1666720,19	100	-	0,00006	X
	28	Kabupaten Yalimo	125300	121758,42	100	-	0,00082	X
	29	Kota Jayapura	93592	90946,64	100	-	0,00110	X
<b>20</b>	<b>Papua Barat</b>		9702427	9428189,66	100	-	0,00001	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Fakfak	1103648	1072453,59	100	-	0,00009	X
	2	Kabupaten Kaimana	1624184	1578276,74	100	-	0,00006	X
	3	Kabupaten Manokwari	1425094	1384813,98	100	-	0,00007	X
	4	Kabupaten Maybrat	546169	530731,63	100	-	0,00019	X
	5	Kabupaten Raja Ampat	803444	780734,80	100	-	0,00013	X
	6	Kabupaten Sorong	741529	720569,82	100	-	0,00014	X
	7	Kabupaten Sorong Selatan	394694	383538,05	100	-	0,00026	X
	8	Kabupaten Tambrauw	517965	503324,81	100	-	0,00020	X

	9	Kabupaten Teluk Bintuni	2084083	2025176,78	100	-	0,00005	X
	10	Kabupaten Teluk Wondama	395953	384761,46	100	-	0,00026	X
	11	Kota Sorong	65664	63808,02	100	-	0,00157	X
<b>21</b>	<b>Aceh</b>		5795660	3549813	100	-	0,00003	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Aceh Barat	292795	179335,49	100	-	0,00056	X
	2	Kabupaten Aceh Barat Daya	149060	91298,51	100	-	0,00110	X
	3	Kabupaten Aceh Besar	296900	181849,78	100	-	0,00055	X
	4	Kabupaten Aceh Jaya	381299	233543,75	100	-	0,00043	X
	5	Kabupaten Aceh Selatan	384160	235296,09	100	-	0,00042	X
	6	Kabupaten Aceh Singkil	218500	133830,17	100	-	0,00075	X
	7	Kabupaten Aceh Tamiang	195672	119848,13	100	-	0,00083	X
	8	Kabupaten Aceh Tengah	431899	264536,00	100	-	0,00038	X
	9	Kabupaten Aceh Tenggara	423143	259172,99	100	-	0,00039	X
	10	Kabupaten Aceh Timur	628601	385014,99	100	-	0,00026	X
	11	Kabupaten Aceh Utara	323686	198256,07	100	-	0,00050	X
	12	Kabupaten Bener Meriah	145409	89062,29	100	-	0,00112	X
	13	Kabupaten Bireuen	190120	116447,56	100	-	0,00086	X
	14	Kabupaten Gayo Lues	571958	350321,44	100	-	0,00029	X
	15	Kabupaten Nagan Raya	336372	206026,18	100	-	0,00049	X
	16	Kabupaten Pidie	308695	189074,16	100	-	0,00053	X

	17	Kabupaten Pidie Jaya	107360	65757,47	100	-	0,00152	X
	18	Kabupaten Simeulue	205148	125652,13	100	-	0,00080	X
	19	Kota Banda Aceh	6136	3758,27	100	-	0,02661	X
	20	Kota Langsa	26241	16072,48	100	-	0,00622	X
	21	Kota Lhokseumawe	18106	11089,84	100	-	0,00902	X
	22	Kota Sabang	15300	9371,17	100	-	0,01067	X
	23	Kota Subulussalam	139100	85198,06	100	-	0,00117	X
<b>22</b>	<b>Sumatera Utara</b>		7298023	3742120	100	-	0,00003	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Asahan	370221	189833,80	100	-	0,00053	X
	2	Kabupaten Batubara	92220	47286,55	100	-	0,00211	X
	3	Kabupaten Dairi	192780	98849,50	100	-	0,00101	X
	4	Kabupaten Deli Serdang	224168	114943,95	100	-	0,00087	X
	5	Kabupaten Humbang Hasunduta	233433	119694,65	100	-	0,00084	X
	6	Kabupaten Karo	212700	109063,64	100	-	0,00092	X
	7	Kabupaten Labuhanbatu	215602	110551,66	100	-	0,00090	X
	8	Kabupaten Labuhanbatu Selatan	359600	184387,79	100	-	0,00054	X
	9	Kabupaten Labuhanbatu Utara	357098	183104,87	100	-	0,00055	X
	10	Kabupaten Langkat	626200	321089,09	100	-	0,00031	X
	11	Kabupaten Mandailing Natal	613400	314525,78	100	-	0,00032	X
	12	Kabupaten Nias	184251	94476,18	100	-	0,00106	X

13	Kabupaten Nias Barat	47373	24290,89	100	-	0,00412	X
14	Kabupaten Nias Selatan	182520	93588,60	100	-	0,00107	X
15	Kabupaten Nias Utara	120278	61673,51	100	-	0,00162	X
16	Kabupaten Padang Lawas	389274	199603,37	100	-	0,00050	X
17	Kabupaten Padang Lawas Utara	391805	200901,17	100	-	0,00050	X
18	Kabupaten Pakpak Bharat	121830	62469,31	100	-	0,00160	X
19	Kabupaten Samosir	206905	106092,20	100	-	0,00094	X
20	Kabupaten Serdang Bedagai	190022	97435,31	100	-	0,00103	X
21	Kabupaten Simalungun	436900	224023,99	100	-	0,00045	X
22	Kabupaten Tapanuli Selatan	603047	309217,20	100	-	0,00032	X
23	Kabupaten Tapanuli Tengah	218800	112191,46	100	-	0,00089	X
24	Kabupaten Tapanuli Utara	379164	194419,39	100	-	0,00051	X
25	Kabupaten Toba Samosir	232889	119415,71	100	-	0,00084	X
26	Kota Binjai	5919	3035,01	100	-	0,03295	X
27	Kota Gunungsitoli	28078	14397,22	100	-	0,00695	X
28	Kota Medan	26500	13588,09	100	-	0,00736	X
29	Kota Padangsidempuan	11466	5879,28	100	-	0,01701	X
30	Kota Pematangsiantar	5566	2854,01	100	-	0,03504	X
31	Kota Sibolga	4131	2118,20	100	-	0,04721	X
32	Kota Tanjungbalai	10783	5529,07	100	-	0,01809	X
33	Kota Tebing Tinggi	3100	1589,55	100	-	0,06291	X

<b>23</b>	<b>Bengkulu</b>		1991981	920964	100	-	0,00011	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Bengkulu Selatan	118610	54837,64	100	-	0,00182	X
	2	Kabupaten Bengkulu Tengah	122394	56587,12	100	-	0,00177	X
	3	Kabupaten Bengkulu Utara	432460	199941,71	100	-	0,00050	X
	4	Kabupaten Kaur	236905	109529,65	100	-	0,00091	X
	5	Kabupaten Kepahiang	66500	30745,33	100	-	0,00325	X
	6	Kabupaten Lebong	192900	89184,56	100	-	0,00112	X
	7	Kabupaten Mukomuko	403670	186631,07	100	-	0,00054	X
	8	Kabupaten Rejang Lebong	163998	75822,14	100	-	0,00132	X
	9	Kabupaten Seluma	240044	110980,92	100	-	0,00090	X
	10	Kota Bengkulu	14500	6703,87	100	-	0,01492	X
<b>24</b>	<b>Jambi</b>		5005816	2179400	100	-	0,00005	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Batanghari	580400	252690,82	100	-	0,00040	X
	2	Kabupaten Bungo	465900	202840,55	100	-	0,00049	X
	3	Kabupaten Kerinci	335527	146079,59	100	-	0,00068	X
	4	Kabupaten Merangin	767900	334323,37	100	-	0,00030	X
	5	Kabupaten Muaro Jambi	532600	231879,97	100	-	0,00043	X
	6	Kabupaten Sarolangun	618400	269235,02	100	-	0,00037	X
	7	Kabupaten Tanjung Jabung Bar	464985	202442,18	100	-	0,00049	X

	8	Kabupaten Tanjung Jabung Timur	544500	237060,91	100	-	0,00042	X
	9	Kabupaten Tebo	646100	281294,87	100	-	0,00036	X
	10	Kota Jambi	10354	4507,86	100	-	0,02218	X
	11	Kota Sungai Penuh	39150	17044,88	100	-	0,00587	X
<b>25</b>	<b>Riau</b>		8702366	8641705,18	100	-	0,00001	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Bengkalis	697541	692678,71	100	-	0,00014	X
	2	Kabupaten Indragiri Hilir	1261478	1252684,72	100	-	0,00008	X
	3	Kabupaten Indragiri Hulu	772380	766996,03	100	-	0,00013	X
	4	Kabupaten Kampar	1098347	1090690,84	100	-	0,00009	X
	5	Kabupaten Kuantan Singingi	525936	522269,90	100	-	0,00019	X
	6	Kabupaten Pelalawan	1275845	1266951,57	100	-	0,00008	X
	7	Kabupaten Rokan Hilir	888159	881967,98	100	-	0,00011	X
	8	Kabupaten Rokan Hulu	758813	753523,60	100	-	0,00013	X
	9	Kabupaten Siak	827518	821749,69	100	-	0,00012	X
	10	Kabupaten Kepulauan Meranti	370784	368199,41	100	-	0,00027	X
	11	Kota Dumai	162338	161206,40	100	-	0,00062	X
	12	Kota Pekanbaru	63227	62786,27	100	-	0,00159	X
<b>26</b>	<b>Sumatera Barat</b>		4201289	2600286	100	-	0,00004	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Agam	180430	111672,78	100	-	0,00090	X

	2	Kabupaten Dharmasraya	296113	183271,96	100	-	0,00055	X
	3	Kabupaten Kepulauan Mentawai	601135	372057,94	100	-	0,00027	X
	4	Kabupaten Lima Puluh Kota	357114	221027,05	100	-	0,00045	X
	5	Kabupaten Padang Pariaman	133251	82472,48	100	-	0,00121	X
	6	Kabupaten Pasaman	394763	244328,99	100	-	0,00041	X
	7	Kabupaten Pasaman Barat	388777	240624,10	100	-	0,00042	X
	8	Kabupaten Pesisir Selatan	574989	355875,51	100	-	0,00028	X
	9	Kabupaten Sijunjung	313040	193748,52	100	-	0,00052	X
	10	Kabupaten Solok	373800	231354,45	100	-	0,00043	X
	11	Kabupaten Solok Selatan	334620	207104,94	100	-	0,00048	X
	12	Kabupaten Tanah Datar	133610	82694,67	100	-	0,00121	X
	13	Kota Bukittinggi	2524	1562,17	100	-	0,06401	X
	14	Kota Padang	69366	42932,40	100	-	0,00233	X
	15	Kota Padangpanjang	2300	1423,53	100	-	0,07025	X
	16	Kota Pariaman	6613	4092,96	100	-	0,02443	X
	17	Kota Payakumbuh	8522	5274,49	100	-	0,01896	X
	18	Kota Sawahlunto	23193	14354,75	100	-	0,00697	X
	19	Kota Solok	7129	4412,32	100	-	0,02266	X
<b>27</b>	<b>Sumatera Selatan</b>		<b>9159243</b>	<b>3759327</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>0,00003</b>	<b>X</b>
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Banyuasin	1183299	485674,19	100	-	0,00021	X

	2	Kabupaten Empat Lawang	225644	92613,50	100	-	0,00108	X
	3	Kabupaten Lahat	531174	218015,48	100	-	0,00046	X
	4	Kabupaten Muara Enim	922390	378586,49	100	-	0,00026	X
	5	Kabupaten Musi Banyuasin	1426626	585545,51	100	-	0,00017	X
	6	Kabupaten Musi Rawas	1235865	507249,42	100	-	0,00020	X
	7	Kabupaten Ogan Ilir	266609	109427,21	100	-	0,00091	X
	8	Kabupaten Ogan Komering Ilir	1835904	753529,90	100	-	0,00013	X
	9	Kabupaten Ogan Komering Ulu	479706	196890,91	100	-	0,00051	X
	10	Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan	549394	225493,71	100	-	0,00044	X
	11	Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur	337000	138318,55	100	-	0,00072	X
	12	Kota Lubuklinggau	40150	16479,20	100	-	0,00607	X
	13	Kota Pagar Alam	63366	26007,99	100	-	0,00384	X
	14	Kota Palembang	36922	15154,30	100	-	0,00660	X
	15	Kota Prabumulih	25194	10340,65	100	-	0,00967	X
<b>28</b>	<b>Lampung</b>		<b>3462380</b>	<b>1004735</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>0,00010</b>	<b>X</b>
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Lampung Barat	505001	146544,34	100	-	0,00068	X
	2	Kabupaten Lampung Selatan	70032	20322,32	100	-	0,00492	X
	3	Kabupaten Lampung Tengah	380268	110348,54	100	-	0,00091	X
	4	Kabupaten Lampung Timur	532503	154525,04	100	-	0,00065	X



	5	Kabupaten Lampung Utara	272587	79100,99	100	-	0,00126	X
	6	Kabupaten Mesuji	218400	63376,67	100	-	0,00158	X
	7	Kabupaten Pesawaran	224351	65103,57	100	-	0,00154	X
	8	Kabupaten Pringsewu	62500	18136,64	100	-	0,00551	X
	9	Kabupaten Tanggamus	302064	87654,81	100	-	0,00114	X
	10	Kabupaten Tulang Bawang	346632	100587,83	100	-	0,00099	X
	11	Kabupaten Tulang Bawang Barat	120100	34851,37	100	-	0,00287	X
	12	Kabupaten Way Kanan	392163	113800,30	100	-	0,00088	X
	13	Kota Bandar Lampung	29600	8589,51	100	-	0,01164	X
	14	Kota Metro	6179	1793,06	100	-	0,05577	X
<b>29</b>	<b>Kepulauan Bangka Belitung</b>		1642406	657510	100	-	0,00015	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Bangka	295068	118125,58	100	-	0,00085	X
	2	Kabupaten Bangka Barat	282061	112918,44	100	-	0,00089	X
	3	Kabupaten Bangka Selatan	360708	144403,46	100	-	0,00069	X
	4	Kabupaten Bangka Tengah	215577	86302,68	100	-	0,00116	X
	5	Kabupaten Belitung	229361	91820,87	100	-	0,00109	X
	6	Kabupaten Bangka-Belitung	250691	100359,98	100	-	0,00100	X
	7	Kota Pangkal Pinang	8940	3578,98	100	-	0,02794	X
<b>30</b>	<b>Kepulauan Riau</b>		820172	814454,89	100	-	0,00012	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						

	1	Kabupaten Bintan	131821	130902,13	100	-	0,00076	X
	2	Kabupaten Karimun	91275	90638,76	100	-	0,00110	X
	3	Kabupaten Kepulauan Anambas	59014	58602,64	100	-	0,00171	X
	4	Kabupaten Lingga	226677	225096,92	100	-	0,00044	X
	5	Kabupaten Natuna	200904	199503,57	100	-	0,00050	X
	6	Kota Batam	96025	95355,65	100	-	0,00105	X
	7	Kota Tanjung Pinang	14456	14355,23	100	-	0,00697	X
<b>31</b>	<b>DKI Jakarta</b>		66401	36158	100	-	0,00277	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu	1018	554,35	100	-	0,18039	X
	2	Kota Administrasi Jakarta Barat	12444	6776,32	100	-	0,01476	X
	3	Kota Administrasi Jakarta Pusat	5238	2852,33	100	-	0,03506	X
	4	Kota Administrasi Jakarta Selatan	15432	8403,42	100	-	0,01190	X
	5	Kota Administrasi Jakarta Timur	18270	9948,84	100	-	0,01005	X
	6	Kota Administrasi Jakarta Utara	13999	7623,09	100	-	0,01312	X
<b>32</b>	<b>Daerah Istimewa Yogyakarta</b>		313315	16820	100	-	0,00595	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Bantul	50813	2727,84	100	-	0,03666	X
	2	Kabupaten Gunung Kidul	143142	7684,43	100	-	0,01301	X
	3	Kabupaten Kulon Progo	58628	3147,39	100	-	0,03177	X
	4	Kabupaten Sleman	57482	3085,86	100	-	0,03241	X

	5	Kota Yogyakarta	3250	174,47	100	-	0,57315	X
<b>33</b>	<b>Nusa Tenggara Barat</b>		1857232	1808990	100	-	0,00006	X
	<b>No.</b>	<b>Kabupaten/Kota</b>						
	1	Kabupaten Bima	340563	331716,80	100	-	0,00030	X
	2	Kabupaten Dompu	239154	232941,92	100	-	0,00043	X
	3	Kabupaten Lombok Barat	89656	87327,17	100	-	0,00115	X
	4	Kabupaten Lombok Tengah	109503	106658,64	100	-	0,00094	X
	5	Kabupaten Lombok Timur	123076	119879,07	100	-	0,00083	X
	6	Kabupaten Lombok Utara	77625	75608,67	100	-	0,00132	X
	7	Kabupaten Sumbawa	664398	647140,12	100	-	0,00015	X
	8	Kabupaten Sumbawa Barat	184902	180099,13	100	-	0,00056	X
	9	Kota Bima	22225	21647,70	100	-	0,00462	X
	10	Kota Mataram	6130	5970,77	100	-	0,01675	X

### Contoh Indeks Kehijauan Propinsi di Indonesia

Berikut ini gambaran indeks kehijauan propinsi-propinsi di Indonesia. Indeks kehijauan ini didasarkan pada data luas tutupan hutan (ha). Belum dilakukan pengukuran luasan kebun maupun hutan kota. Dengan memasukkan nilai X yang merupakan nilai tutupan hutan propinsi bersangkutan pada fungsi diatas, maka didapatkan indeks kehijauan propinsi-propinsi sebagai berikut :

No	Propinsi	Target	IK Maks	Realisasi	IK
1	Aceh	3549813	100	3384322	4,661964
2	Sumatera Utara	3742120	100	1990109	46,81867
3	Sumatera Barat	2600286	100	2346152	9,77331
4	Riau dan Kepulauan Riau	9456160	100	2743466	70,98753
5	Jambi	2179400	100	1401830	35,67817
6	Sumatera Selatan	3759327	100	1340640	64,3383
7	Bengkulu	920964	100	841606	8,616841
8	Lampung	1004735	100	670455	33,27046
9	Bangka Belitung	657510	100	61764	90,60638
10	DKI Jakarta	36158	100	260	71.906
11	Jawa Barat	816603	100	315953	61,30886
12	Jawa Tengah	757250	100	221572	70,73991
13	DI Yogyakarta	16820	100	6442	61,70036
14	Jawa Timur	1357206	100	671428	50,52866
15	Banten	253254	100	85188	66,36262
16	Bali	130686	100	175270	0
17	NTB	1808990	100	864743	52,19747
18	NTT	1021566	100	805733	21,12766
19	Kalbar	9178760	100	5006097	45,45999
20	Kalteng	15300000	100	6193973	59,51652

21	Kalsel	1839494	100	721833	60,75915
22	Kaltim	14651553	100	12892260	12,00755
23	Sulawesi Utara dan Gorontalo	1615070	100	1384766	14,25969
24	Sulawesi Tengah	4394932	100	4149065	5,59433
25	Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat	3879770	100	2739601	29,38754
26	Sulawesi Tenggara	2600137	100	1952819	24,89553
27	Maluku dan Maluku Utara	7264707	100	5364422	26,15777
28	Papua dan Papua Barat	42224840	100	35919970	14,93166

## BAB 7. PERHITUNGAN INDEKS LINGKUNGAN HIDUP

### SECARA KESELURUHAN

Indeks Lingkungan Hidup Kabupaten maupun Propinsi yang terdiri atas empat komponen indeks, yakni Indeks Kualitas Udara (IKU), Indeks Kualitas Air (IKA), Indeks Kebisingan (IKb) serta Indeks Kehijauan. Setiap Kabupaten maupun Propinsi mempunyai satu nilai tunggal Indeks Kualitas udara, Indeks Kualitas Air, Indeks kebisingan serta Indeks Kehijauan.

Penentuan nilai tunggal Indeks Kualitas Udara, Indeks Kualitas Air, Indeks Kebisingan didasarkan pada konsep bahwa kualitas lingkungan sangat ditentukan oleh kualitas yang paling rusak, dengan demikian masing-masing nilai indeks tersebut didapatkan dari operator maksimum indeks-indeks yang telah dihitung.

Untuk Indeks Kualitas Udara ada dua aspek yang perlu diperhatikan a) banyaknya parameter dan jenis parameter yang diukur pada setiap titik contoh, b) jumlah titik setiap kabupaten maupun propinsi. Hal ini telah dijelaskan dalam bab Indeks Kualitas Udara. Dalam penentuan Indeks Udara sebaiknya setiap lokasi titik contoh mempunyai nilai indeks kualitas udara yang selanjutnya indeks kualitas udara setiap kabupaten maupun propinsi merupakan penyatuan indeks kualitas udara dari titik-titik contoh (lokasi contoh). Dengan demikian perhitungan Indeks Kualitas Udara secara bertahap adalah sebagai berikut :

$$\text{IKU lokasi ke } i = \text{Maks} (\text{IKU}_{\text{parameter } 1}, \text{IKU}_{\text{parameter } 2}, \dots, \text{IKU}_{\text{parameter } p})$$

$$\text{IKU kabupaten atau Propinsi} = \text{Maks} (\text{IKU}_{\text{lokasi } 1}, \dots, \text{IKU}_{\text{Lokasi } r})$$

IKU = Indeks Kualitas Udara

Apabila satu lokasi dilakukan pengukuran lebih dari satu kali, maka nilai yang masuk ke Indeks merupakan nilai rata-rata.

Demikian pula untuk Indeks Kualitas Air ada tiga aspek yang perlu diperhatikan a) banyaknya parameter dan jenis parameter yang diukur pada setiap titik contoh, b) jumlah dan posisi titik lokasi di sungai tertentu pada kabupaten maupun propinsi, c) jumlah sungai yang dipantau pada kabupaten maupun. Hal ini telah dijelaskan dalam bab Indeks Kualitas Air. Dalam penentuan Indeks Air sebaiknya setiap sungai mempunyai nilai indeks kualitas air yang selanjutnya indeks kualitas air setiap kabupaten maupun propinsi merupakan penyatuan indeks kualitas air dari titik-titik contoh (lokasi contoh). Dengan demikian perhitungan Indeks Kualitas Air secara bertahap adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{IKA lokasi ke } i \text{ sungai ke } j & \\ &= \text{Maks (IKA}_{\text{parameter } 1}, \text{IKA}_{\text{parameter } 2}, \dots, \text{IKA}_{\text{parameter } p}) \\ \text{IKA sungai ke } j & \\ &= \text{Maks (IKA}_{\text{lokasi ke } 1 \text{ dalam sungai ke } j}, \dots, \text{IKA}_{\text{lokasi ke } r \text{ sungai ke } j}) \\ \text{IKA Kabupaten atau Propinsi} & \\ &= \text{Maks (IKA}_{\text{sungai ke } 1}, \dots, \text{IKA}_{\text{sungai ke } s}) \end{aligned}$$

Apabila satu lokasi dilakukan pengukuran lebih dari satu kali, maka nilai yang masuk ke Indeks merupakan nilai rata-rata.

Sedangkan Indeks Kebisingan (IKb) hanya mempunyai satu parameter yakni nilai kebisingan disuatu lokasi. Dengan demikian maka nilai Indeks Kebisingan ditentukan oleh a) Frekuensi pengukuran kebisingan dalam satu tahun, b) Lokasi dan posisi pengukuran kebisingan. Lokasi pengukuran kebisingan seperti yang telah dijelaskan pada bab indeks kebisingan sebaiknya mampu mendapatkan nilai kebisingan untuk setiap kelompok penggunaan (8 kelompok penggunaan lokasi). Selanjutnya untuk setiap kelompok penggunaan lokasi yakni Lingkungan Kegiatan Khusus (Zona A), Lingkungan Perumahan dan Pemukiman (Zona B), Lingkungan Perdagangan dan Jasa, Industri, serta Rekreasi (Zona C), Lingkungan Perkantoran dan Jasa (Zona D), Lingkungan Pemerintah dan Fasilitas Umum (Zona E), Lingkungan Ruang Terbuka Hijau (Zona F), Pelabuhan Laut (Zona G), Cagar Budaya (Zona H) mempunyai nilai indeks kebisingan. Selanjutnya indeks kebisingan kabupaten atau propinsi dihitung dari setiap nilai indeks kebisingan seluruh zona penggunaan. Dengan demikian Indeks Kebisingan Kabupaten atau Propinsi dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{IKb Zona ke } i &= \text{Maks (IKb}_{\text{ulangan } 1 \text{ zona ke } i}, \dots, \text{IKb}_{\text{ulangan } r \text{ zona ke } i}) \\ \text{IKb Kabupaten atau Propinsi} &= \text{Maks (IKb}_{\text{Zona } 1}, \dots, \text{IKb}_{\text{Zona } 8}) \end{aligned}$$

Nilai Indeks Kehijauan (IKk) Kabupaten maupun Propinsi hanya satu nilai tunggal. Proses menentukan IKk yang paling penting adanya berapa luasan (Ha) wilayah kabupaten maupun propinsi yang merupakan lahan hijau (Kebun campuran, hutan, hutan sekunder, sawah). Nilai total luasan tersebut selanjutnya dimasukkan pada formulasi yang telah dicantumkan dalam bab Indeks Kehijauan. Persoalan yang timbul adalah pada daerah perkotaan atau daerah kering yang mempunyai kendala untuk mendapatkan lahan hijau. Lahan Perkotaan yang ada mungkin sudah tergeser oleh perumahan, industri, maupun gedung-gedung. Sedangkan pada daerah kering seperti NTT mungkin ada kesulitan untuk melakukan penanaman sehingga pengembangan luasan lahan hijau mengalami kendala. Kedua persoalan di atas sudah diatasi melalui target luasan hijau untuk propinsi yang pertimbangan utamanya adalah apakah daerah perkotaan atau daerah kering, luasan wilayah. Apabila daerah tersebut merupakan daerah perkotaan, daerah kering serta luas wilayahnya terbatas maka target lahan hijau yang dibebankan juga kecil. Sedangkan daerah yang merupakan wilayah luas, banyak hutan atau kebun, hujan cukup maka target lahan hijau yang ditetapkan

oleh Menteri Kehutanan juga cukup luas. Dengan demikian tidak perlu ada kekhawatiran tentang kondisi perkotaan maupun kering sehingga indeks kehijauannya menjadi tinggi.

Selanjutnya menghitung Indeks Kualitas Lingkungan Hidup dengan menyatukan empat indeks yang telah disebutkan di atas yakni Indeks Kualitas Air, Indeks Kualitas Udara, Indeks Kebisingan, serta Indeks Kehijauan. Proses penyatuan tidak menggunakan operator maksimum, namun dengan menggunakan operator rata-rata indeks. Hal ini didasarkan dua argumentasi bahwa indeks yang dihitung merupakan komponen yang berbeda yakni air, udara, kebisingan, lahan hijau serta dimaksudkan agar setiap Kabupaten maupun Propinsi mempunyai keempat indeks tersebut. Dengan demikian Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) adalah

$$IKLH = \frac{(IKA + IKU + IKb + IKk)}{4}$$



## BAB 8. DAFTAR PUSTAKA

- [http://websisni.bsn.go.id/index.php?/sni\\_main/sni/detail\\_sni\\_eng/6053](http://websisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni_eng/6053)
- <http://kelembagaandas.wordpress.com/kelembagaan-pengelolaan-das/sk-dirjen-rlps-1/>
- [http://www.tekmira.esdm.go.id/en/sartek/laboratorium/kimia\\_mineral.asp](http://www.tekmira.esdm.go.id/en/sartek/laboratorium/kimia_mineral.asp)
- <http://ripanimusyaffalab.blogspot.com/2010/01/pengambilan-dan-pengiriman-sampel-air.html>
- <http://www.docstoc.com/docs/44060996/LAPORAN-PEMANTAUAN-KUALITAS-AIR-SUNGAI-DI-KOTA-MOJOKERTO-TAHUN>
- [http://id.wikipedia.org/wiki/Batang\\_Ombilin](http://id.wikipedia.org/wiki/Batang_Ombilin)
- <http://batukar.info/search/node/geografis%20banten>
- [http://www.google.co.id/search?hl=id&q=geografis++sungai+sulawesi+utara&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs\\_rfai=](http://www.google.co.id/search?hl=id&q=geografis++sungai+sulawesi+utara&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=)
- <http://www.batukar.info/wiki/geografis-sulawesi-barat>
- <http://y3hoo.nice-topic.com/wara-wiri-info-asyik-f6/nama-sungai-dan-letaknya-di-indonesia-diurutkan-berdasarkan-abjad-t1682.htm>
- [http://organisasi.org/nama\\_sungai\\_dan\\_letaknya\\_di\\_indonesia\\_diurutkan\\_berdasarkan\\_provinsi](http://organisasi.org/nama_sungai_dan_letaknya_di_indonesia_diurutkan_berdasarkan_provinsi)
- <http://forum.detik.com/showthread.php?t=23429&page=2>
- Rizaldi, 2003. "Carbon Trading" Membisniskan Hutan Tanpa Merusaknya, Artikel Kompas tanggal 7 Nopember 2003.
- Rusmantoro, W., 2003. Hutan Sebagai Penyerap Karbon, Artikel Internet dalam Spektrum Online.
- Seyhan, E., 1990. Dasar-dasar Hidrologi (terjemahan Fundamentals of Hydrology oleh SentotSubagya) Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Sri Astuti Soedjoko, Suyono, Darmadi, 1998. Kajian Neraca Air di Hutan Pinus. Makalah Seminar Pengelolaan Hutan dan Produksi Air untuk Kelangsungan Pembangunan, 23 September 1998, Jakarta.

Suryatmojo, H., 2004. Peran Hutan Pinus Sebagai Penyedia Jasa Lingkungan Melalui Penyimpanan Karbon dan Penyediaan Sumberdaya Air. Hasil Penelitian, Yogyakarta.

Widjaja, H., 2002. Makalah Pengantar Falsafah Sains, Program Pasa Sarjana/S3 Institut Pertanian Bogor, Bogor.