

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pencemaran Udara**

##### **2.1.1. Pengertian Pencemaran Udara**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (PP RI, 1999).

Defenisi lain mengatakan bahwa pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan, dan binatang. Bila keadaan seperti tersebut terjadi, maka udara di katakan telah tercemar. Kenyamanan hidup terganggu (Wardhana, 1995).

Dari defenisi di atas pada dasarnya dapat disimpulkan bahwa yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah jika udara di atmosfer dicampuri dengan zat atau radiasi yang berpengaruh jelek terhadap organisme hidup. Jumlah pengotoran ini cukup banyak sehingga tidak dapat diabsorpsi atau dihilangkan. Umumnya pengotoran ini bersifat alamiah, misalnya gas pembusukan, debu akibat erosi, dan serbuk tepung sari yang terbawa angin. Kemudian ditambah oleh manusia karena ulah hidupnya, jumlah dan kadar bahayanya makin meningkat. Tanpa gangguan ini

alam biasanya menyediakan unsur-unsur dasar yang diperlukan makhluk hidup dalam jumlah cukup dan berkelanjutan. Tetapi karena tambahan pengotoran manusia itu maka udara tidak dapat lagi membersihkan dirinya lagi (Sastrawijaya, 2000).

### **2.1.2. Sumber Pencemaran Udara**

Sumber pencemar udara yang berasal dari sumbernya dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu : (Wardhana, 1995)

#### **1. Alamiah**

Zat pencemar yang terbentuk secara alamiah seperti :

- a. Debu yang berterbangan akibat tiupan angin.
- b. Abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi berikut gas-gas vulkanik.
- c. Proses pembusukan sampah organik.

#### **2. Aktivitas manusia**

- a. Hasil pembakaran dari bahan bakar fosil seperti pada alat transportasi.
- b. Debu dan asap dari hasil kegiatan industri.
- c. Pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara.
- d. Pembakaran hutan

Sumber pencemar udara dapat pula dibagi atas : (Slamet, 2002)

1. Sumber bergerak, seperti : kendaraan bermotor.
2. Sumber tidak bergerak, seperti :
  - a. Sumber titik, contohnya cerobong asap.
  - b. Sumber area, contohnya pembakaran terbuka di daerah pemukiman.

### 2.1.3. Jenis-jenis Pencemaran Udara

Ada beberapa jenis pencemaran udara, yaitu: (Sunu, 2001)

#### 1. Berdasarkan bentuk

- a. Gas, adalah uap yang dihasilkan dari zat padat atau zat cair karena dipanaskan atau menguap sendiri. Contohnya  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ .
- b. Partikel, adalah suatu bentuk pencemaran udara yang berasal dari zarah-zarah kecil yang terdispersi ke udara, baik berupa padatan, cairan atau pun padatan dan cairan secara bersama-sama yang dapat mencemari lingkungan seperti debu, kabut, asap, dan lain-lain.

#### 2. Berdasarkan tempat

- a. Pencemaran udara dalam ruang (*indoor air pollution*) yang disebut juga udara tidak bebas seperti di rumah, pabrik, bioskop, sekolah, rumah sakit, dan lain-lain. Biasanya zat pencemarnya adalah asap rokok, asap yang terjadi di dapur tradisional ketika memasak.
- b. Pencemaran udara di luar ruang (*outdoor air pollution*) yang disebut juga dengan udara bebas seperti asap dari industri maupun kendaraan bermotor.

#### 3. Berdasarkan gangguan atau efeknya terhadap kesehatan

- a. Iritansia, adalah zat pencemar yang dapat menimbulkan iritasi jaringan tubuh seperti  $\text{SO}_2$ , Ozon, dan Nitrogen Oksida.
- b. Aspeksia, adalah keadaan dimana darah kekurangan oksigen dan tidak mampu melepas Karbon Dioksida. Gas penyebab tersebut seperti  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{CH}_4$ .

- c. Anestesia adalah zat yang mempunyai efek membius dan biasanya merupakan pencemaran udara dalam ruang. Contohnya formaldehid dan alkohol.
- d. Toksis, adalah zat pencemar yang menyebabkan keracunan. Zat penyebabnya seperti *Timbal, Cadmium, Fluor*, dan Insektisida.

#### 4. Berdasarkan susunan kimia

- a. Anorganik, adalah zat pencemar yang tidak mengandung karbon seperti asbestos, amonia, asam sulfat, dan lain-lain.
- b. Organik, adalah zat pencemar yang mengandung karbon seperti pestisida, herbisida, beberapa jenis alkohol, dan lain-lain.

#### 5. Berdasarkan asalnya

- a. Primer, adalah suatu bahan kimia yang ditambahkan langsung ke udara yang menyebabkan konsentrasinya meningkat dan membahayakan. Contohnya  $CO_2$ , yang meningkat di atas konsentrasi normal.
- b. Sekunder, adalah senyawa kimia berbahaya yang timbul dari hasil reaksi antara zat polutan primer dengan komponen alamiah. Contohnya *Peroxy Acetyl Nitrates (PAN)*.

#### 2.1.4. Parameter Zat Pencemar Udara Pada Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambient di lokasi dan waktu tertentu, yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai esestetika, dan mahluk hidup lainnya (DPLH-ESDM, 2004).

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dapat digunakan sebagai bahan informasi kepada masyarakat tentang kualitas udara ambient dan bahan pertimbangan pemerintah pusat dan daerah dalam melaksanakan pengelolaan dan pengendalian pencemaran udara (DPLH-ESDM, 2004).

Berdasarkan Kep Men LH No. Kep-45/Men LH/10/1997, parameter zat pencemar udara pada ISPU antara lain :

**a. Partikulat ( $PM_{10}$ )**

Zat ini sering disebut sebagai asap atau jelaga, benda-benda partikulat ini sering merupakan pencemar udara yang paling kentara, dan biasanya juga paling berbahaya (Moore). Berbagai proses alami mengakibatkan penyebaran partikel di atmosfer, misalnya letusan volkano dan hembusan debu serta tanah oleh angin. Aktivitas manusia juga berperan dalam penyebaran partikel, misalnya dalam bentuk partikel-partikel debu dan asbes dari bahan bangunan, abu terbang dari proses peleburan baja dan asap dari proses pembakaran tidak sempurna, terutama dari batu arang. Sumber partikel yang utama adalah dari pembakaran bahan bakar dari sumbernya, diikuti oleh proses-proses industri (Fardiaz, 1992). Sebagian benda partikulat keluar dari cerobong pabrik sebagai asap hitam tebal, tetapi yang paling berbahaya adalah partikel halus atau butiran-butiran yang begitu kecil sehingga dapat menembus bagian terdalam paru-paru (Moore).

**b. Sulfur Dioksida ( $SO_2$ )**

*Sulfur dioksida* didapat baik dari sumber alamiah maupun sumber buatan. Sumber  $SO_2$  alamiah adalah gunung berapi, pembusukan bahan organik oleh mikroba, dan reduksi sulfat secara biologis. Sumber  $SO_2$  buatan adalah pembakaran

bahan bakar minyak, gas, dan batu bara yang mengandung sulfur tinggi. Sumber buatan ini diperkirakan memberi kontribusi sebanyak sepertiganya dari seluruh  $\text{SO}_2$  atmosfer. Akan tetapi, karena hampir seluruhnya berasal dari buangan industri, maka hal ini dianggap cukup gawat. Apabila pembakaran bahan bakar fosil ini bertambah di kemudian hari, maka dalam waktu singkat sumber-sumber ini akan dapat memproduksi lebih banyak  $\text{SO}_2$  dari pada sumber alamiah (Slamet, 2002).

Di dalam udara  $\text{SO}_2$  mengalami reaksi-reaksi fotokimia dan berubah menjadi berbagai macam senyawa sebelum jatuh ke permukaan bumi, misalnya  $\text{SO}_2$  dapat teroksidasi menjadi  $\text{SO}_3$ . Adanya  $\text{SO}_3$  di udara dalam bentuk gas hanya mungkin jika konsentrasi uap air sangat rendah. Jika uap air terdapat dalam jumlah cukup seperti biasanya,  $\text{SO}_3$  dan air akan segera bergabung membentuk droplet *Asam sulfat* ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) (Fardiaz, 1992).

### c. Karbon Monoksida (CO)

*Karbon monoksida* adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, diproduksi oleh segala proses pembakaran yang tidak sempurna dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau oleh pembakaran di bawah tekanan dan temperatur tinggi seperti yang terjadi di dalam mesin (*internal combustion engine*). Delapan puluh persen CO diduga berasal dari asap kendaraan bermotor. Konsentrasi CO di udara perkotaan menunjukkan korelasi positif dengan kepadatan lalu lintas, dan korelasi negatif dengan kecepatan angin (Slamet, 2002).

*Karbon monoksida* yang terdapat di alam terbentuk dari proses oksidasi tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon terjadi jika jumlah oksigen yang tersedia kurang dari jumlah yang dibutuhkan untuk pembakaran

sempurna dimana dihasilkan *karbon dioksida* ( $\text{CO}_2$ ). Pembentukan CO hanya terjadi jika reaktan yang ada terdiri dari karbon dan oksigen murni. *Karbon monoksida* juga dapat merupakan produk akhir meskipun jumlah oksigen di dalam campuran pembakaran cukup, tetapi antara minyak bakar dan udara tidak tercampur rata. Pencampuran yang tidak rata antara minyak bakar dengan udara menghasilkan beberapa tempat atau area yang kekurangan oksigen. Semakin rendah perbandingan antara udara dengan minyak bakar, semakin tinggi jumlah CO yang dihasilkan. Pada suhu tinggi, reaksi antara  $\text{CO}_2$  dan komponen yang mengandung karbon dapat menghasilkan CO. Pada kondisi dimana jumlah oksigen cukup untuk melakukan pembakaran lengkap terhadap karbon kadang-kadang terbentuk juga CO. Keadaan ini disebabkan pada suhu tinggi  $\text{CO}_2$  terdissosiasi menjadi CO dan O (Fardiaz, 1992).

#### d. Ozon ( $\text{O}_3$ )

Ozon adalah gas yang tidak stabil, berwarna biru, mudah mengoksidasi, dan bersifat iritan yang kuat terhadap saluran pernafasan (Slamet, 2002).

Ozon berada di ketinggian antara 15-40 km di atas permukaan bumi yaitu di sekitar stratosfer dan troposfer. Ozon yang berada di stratosfer adalah ozon yang berakibat "baik" bagi mahluk hidup di bumi, karena akan berfungsi sebagai filter/penghambat dari pancaran sinar ultraviolet yang berasal dari matahari. Sedangkan ozon yang berada di troposfer mempunyai akibat yang "tidak baik" bagi mahluk hidup di bumi, karena merupakan gas rumah kaca yang dapat menimbulkan pemanasan global (Sunu, 2001).

Ozon di dalam stratosfer terbentuk secara alamiah dari molekul oksigen melalui reaksi fotokimia, yaitu reaksi kimia yang menggunakan sinar (cahaya)

sebagai sumber energinya. Terjadinya reaksi fotokimia akan mengakibatkan terbentuknya satu molekul tereksitasi, yang dalam hal ini adalah O (oksigen tereksitasi). Dalam lapisan ini reaksi kimia berlangsung dengan adanya sinar ultraviolet (gelombang pendek) dan terjadi reaksi (Manik, 2003) :

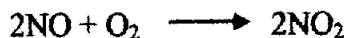


Ozon yang berada di dalam troposfer terbentuk secara tidak langsung akibat pembakaran bahan bakar, yaitu dari nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>). NO<sub>x</sub> berperan dalam pembentukan oksidan fotokimia yang merupakan komponen berbahaya di dalam asap. Produksi oksidan tersebut terjadi jika terdapat polutan-polutan lain yang melibatkan nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) yang mengakibatkan reaksi yang disebut siklus fotolisis nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Konsentrasi NO dan NO<sub>2</sub> tetap, karena O<sub>3</sub> dan NO akan terbentuk dan hilang dengan jumlah yang seimbang. Reaksi yang dapat mengganggu siklus fotolisis tersebut, jika terdapat hidrokarbon yang sering dihasilkan bersama-sama dengan sumber NO<sub>x</sub>. Hidrokarbon akan berinteraksi sedemikian rupa sehingga siklus tersebut tidak seimbang sehingga NO akan diubah menjadi NO<sub>2</sub> dengan kecepatan lebih tinggi dibandingkan dengan disosiasi NO<sub>2</sub> menjadi NO dan O yang mengakibatkan terkumpulnya ozon di atmosfer (Sunu, 2001).

#### **e. Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>)**

*Nitrogen dioksida* (NO<sub>2</sub>) adalah gas berwarna merah keabu-abuan dan yang terpenting dalam udara tercemar. Reaksi NO dengan O<sub>2</sub> di atmosfer akan meningkatkan NO<sub>2</sub>, dengan reaksi: (Manik, 2003)





Produksi  $\text{NO}_2$  di udara berasal dari mesin dan tungku pabrik dan demikian pula pembakaran batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Sekitar 50% nitrogen oksida berasal dari pembakaran dalam sumber stasioner seperti pabrik (pembakaran gas alam, batu bara, minyak dan kayu), sekitar 40% berasal dari pembakaran dalam alat transportasi (bensin dan batu bara), dan 10% lagi karena pembakaran hutan, sampah batu bara, dan proses industri. Produksi *nitrogen oksida* terjadi 60% di perkotaan dan 40% di luar kota (Sastrawijaya, 2000).

#### **2.1.5. Dampak Pencemaran Udara**

Dampak pencemaran udara saat ini merupakan masalah serius yang dihadapi oleh negara-negara industri. Akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran udara ternyata ssaangat merugikan. Pencemaran tersebut tidak hanya mempunyai akibat langsung terhadap kesehatan manusia saja, akan tetapi juga dapat merusak lingkungan lainnya seperti hewan, tanaman, bangunan gedung dan lain sebagainya (Wardhana, 1995).

##### **a. Dampak pencemaran oleh Partikulat ( $\text{PM}_{10}$ )**

Partikel debu dapat menyebabkan timbulnya gangguan pada saluran pernapasan. Debu yang berukuran antara 5-10 mikron bila terhisap akan tertahan dan tertimbun pada saluran napas bagian atas, sedangkan yang berukuran antara 3-5 mikron akan tertahan dan tertimbun pada saluran napas tengah. Partikel debu yang berukuran 1-3 mikron akan tertimbun mulai dari *bronkiolus terminalis* atau saluran napas kecil paling ujung sampai ke *alveoli* atau gelembung-gelembung udara yang merupakan akhir dari saluran pernapasan. Debu yang berukuran kurang dari satu mikron tidak mudah mengendap di *alveoli*, debu yang berukuran antara 0,1-0,5

mikron berdifusi keluar masuk *alveoli*. Bila membentur *alveoli* ia akan tertimbun di situ. Dalam dosis besar, semua debu bersifat merangsang dan dapat menimbulkan reaksi walaupun ringan. Reaksi tersebut berupa produksi lendir berlebihan. Debu yang masuk ke saluran napas menyebabkan timbulnya reaksi mekanisme pertahanan tubuh berupa batuk dan bersin. Otot polos di sekitar jalan napas dapat terangsang sehingga menimbulkan penyempitan (Moerad, 2003).

#### **b. Dampak pencemaran oleh Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>)**

Dampak pencemaran SO<sub>2</sub> terhadap kesehatan manusia dan hewan adalah terganggunya saluran pernapasan dan iritasi mata. Pada konsentrasi sangat tinggi pencemaran SO<sub>2</sub> akan mengakibatkan kematian. Dampak lain juga terjadi terhadap tanaman berupa kerusakan jaringan dan tulang-tulang daun, serta daun berwarna kuning dan berbintik-bintik (Manik, 2003).

Kerusakan lain akibat pencemar ini terhadap bahan lain terutama disebabkan oleh Asam sulfat adalah terjadinya korosi pada bahan-bahan metal terutama besi, baja, dan zink (Fardiaz, 1992).

#### **c. Dampak pencemaran oleh Karbon monoksida (CO)**

Efek *karbon monoksida* terhadap kesehatan disebabkan karena CO dapat menggeser oksigen yang terikat pada *hemoglobin* (Hb) dan mengikat Hb menjadi *karbon monoksi hemoglobin* (COHb). Hal ini disebabkan karena afinitas CO terhadap Hb sebesar 210 X daripada afinitas O<sub>2</sub> terhadap Hb. Reaksi ini mengakibatkan berkurangnya kapasitas darah untuk menyalurkan oksigen kepada jaringan tubuh. Kadar COHb akan bertambah dengan meningkatnya kadar CO dalam atmosfer. Sebagai contoh, pada konsentrasi CO sebesar 10 ppm, akan terdapat 2% COHb

dalam darah pada keadaan seimbang. Gejala yang terasa dimulai sebagai pusing-pusing, kurang dapat memperhatikan sekitarnya, kemudian terjadi kelainan fungsi susunan syaraf pusat, perubahan fungsi paru-paru dan jantung, terjadi sesak napas, pingsan pada 250 ppm, dan akhirnya dapat menyebabkan kematian pada 750 ppm. Sekalipun demikian, kadar CO di dalam udara bebas jarang dapat mencapai 100 ppm, oleh karenanya jarang menyebabkan bahaya terhadap kesehatan orang yang sehat. Bagi mereka yang telah mengidap penyakit lain, maka CO dalam dosis rendah dapat menimbulkan efek/gangguan. Hal ini terjadi misalnya, pada penderita penyakit paru-paru, jantung, ataupun pada perokok yang sebagian dari hemoglobinnya sudah terikat oleh CO, maka adanya CO di dalam atmosfer, dapat menimbulkan efek terhadap kesehatannya yaitu penyakit mereka dapat menjadi lebih parah (Slamet, 2002).

#### **d. Dampak pencemaran oleh Ozon ( $O_3$ )**

Efek kesehatan yang dapat timbul karena ozon terutama disebabkan karena ozon bereaksi dengan segala zat organik yang dilaluinya. Ozon dapat memasuki saluran pernapasan lebih dalam dari pada  $SO_2$ . Ozon akan mematikan sel-sel makrofag, menstimulir penebalan dinding arteri paru-paru, dan apabila pemaparan terhadap ozon sudah berjalan cukup lama, maka dapat terjadi kerusakan paru-paru yang disebut *emphysema* dan sebagai akibatnya jantung kanan dapat melemah. Selain itu, ozon juga dianggap dapat menyebabkan depresi pusat pernapasan, sehingga pengaturan ventilasi paru-paru terganggu (Slamet, 2002).

Akibat dari ozon juga dapat merusak tekstil, warna akan memudar, kemudian bahan tekstil akan terurai, dan ozon ini juga dapat merusak ban karet pesawat terbang

yang terbang berkepanjangan tinggi di awan dan juga dapat merusak karet sekitar jendela pesawat (Sastrawijaya, 2000).

#### **e. Dampak pencemaran oleh Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>)**

*Nitrogen dioksida* adalah gas yang toksis bagi manusia. Efek yang terjadi tergantung pada dosis serta lamanya pemaparan yang diterima seseorang. Konsentrasi NO<sub>2</sub> yang berkisar antara 50-100 ppm dapat menyebabkan peradangan paru-paru bila orang terpapar selama beberapa menit saja. Pada fase ini orang masih dapat sembuh kembali dalam waktu 6-8 minggu. Konsentrasi 150-200 ppm dapat menyebabkan pemampatan *bronchioli*. Orang dapat meninggal dalam waktu 3-5 minggu setelah pemaparan. Konsentrasi lebih dari 500 ppm dapat mematikan dalam waktu 2-10 hari (Slamet, 2002).

#### **2.1.6. Upaya-upaya Pengendalian Pencemaran Udara**

Secara nasional program pengendalian pencemaran udara adalah Program Langit Biru (PLB) yang dicanangkan pada tanggal 6 Agustus 1996 di Semarang oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup. Pendekatan yang dilakukan dalam pelaksanaan PLB tersebut difokuskan pada: (BPLHD Jakarta, 2004)

##### **1. Pengendalian pencemaran udara dari sumber bergerak**

Pengendalian pencemaran udara dari sumber bergerak adalah upaya pengendalian yang dilakukan untuk kendaraan bermotor.

##### **2. Pengendalian pencemaran udara dari sumber tidak bergerak**

Pengendalian pencemaran udara dari sumber tidak bergerak adalah upaya pengendalian yang dilakukan terutama untuk sektor industri.

Dalam rangka mengatasi pencemaran udara dan untuk tercapainya PLB, berbagai upaya pengendalian telah dilakukan baik oleh pemerintah maupun masyarakat yaitu: (BPLHD Jakarta, 2004)

#### 1. Pemantauan kualitas udara ambien

Program pemantauan di Indonesia telah dilakukan, ditandai dengan pembangunan stasiun pemantau kualitas udara kontinu yaitu pembangunan 33 Stasiun Pemantau Kualitas Udara Permanen dan sembilan Stasiun Pemantau Kualitas udara Bergerak yang dilakukan pada tahun 1999-2002.

#### 2. Pengendalian pencemaran udara dari sarana transportasi kendaraan bermotor meliputi :

##### a. Pengembangan perangkat peraturan

Penetapan baku mutu udara ambien merupakan salah satu peraturan yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara. Selain itu ada juga baku mutu udara emisi, oleh karena itu dilakukan pemantauan emisi gas buang kendaraan bermotor. Berbagai perangkat peraturan dikembangkan dalam upaya pengendalian pencemaran udara.

##### b. Penggunaan bahan bakar bersih

Dengan semakin meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, maka konsumsi bahan bakar juga akan meningkat dan berujung pada meningkatnya pencemaran udara. Penggunaan bahan bakar bersih merupakan salah satu solusi untuk mengatasi pencemaran udara tersebut. Bahan bakar bersih adalah bahan bakar yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan efek bagi kesehatan manusia maupun makhluk hidup lainnya.

### c. Penggunaan bahan bakar alternatif

Untuk mengendalikan pencemaran udara, maka bahan bakar yang dipakai pada kendaraan bermotor harus bersih dan ramah lingkungan. Ada beberapa sumber bahan bakar alternatif untuk kendaraan bermotor seperti ethanol, bahan bakar gas (BBG), dan gas propan (elpiji) merupakan bahan bakar yang paling banyak dipakai untuk kendaraan bermotor di dunia seperti negara Amerika, Belanda, Italia, Australia, dan bahkan Singapura. Jika ketiga bahan bakar alternatif ini telah banyak digunakan, maka diyakini pencemaran udara kota semakin kecil (Anonim, 2003).

### d. Pengembangan manajemen transportasi

Manajemen transportasi dilakukan sebagai salah satu cara mengendalikan pencemaran udara. Mengatur jalur transportasi dan pelebaran jalan untuk mengurangi kemacetan merupakan salah satu manajemen transportasi yang dilakukan untuk mengurangi pencemaran udara.

### e. Pemantauan emisi gas buang kendaraan bermotor

Pemantauan dan uji emisi kendaraan bermotor merupakan suatu langkah yang perlu dilakukan secara berkesinambungan untuk mereduksi pencemaran udara di perkotaan sekaligus untuk mengawasi pelaksanaan bebas timbal di perkotaan sesuai dengan ketentuan yang ada.

### f. Pemberdayaan peran masyarakat melalui komunikasi massa

Data display ISPU yang terletak di beberapa ruas jalan memperlihatkan gambaran umum kualitas udara dimaksudkan sebagai bahan informasi kepada masyarakat sehingga masyarakat mengetahui dan mau peduli untuk mengurangi pencemaran udara.

### 3. Pengendalian pencemaran udara dari industri

Penataan peraturan perundang-undangan bagi industri yang mengeluarkan emisi gas buang udara. Peningkatan peran industri untuk menaati Baku Mutu Emisi melalui penandatanganan Surat Pernyataan (Super). Relokasi industri (pencemar udara) ke kawasan-kawasan industri atau zona industri.

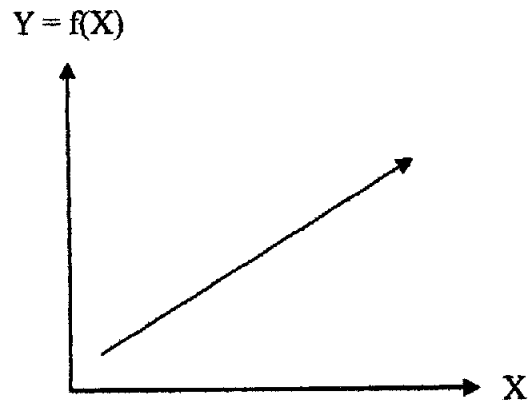
#### 2.2. Analisa Data Berkala (*Time Series Analysis*)

Analisa data berkala disebut juga analisa rangkaian waktu tidak lain adalah serangkaian pengamatan terhadap sesuatu peristiwa, kejadian, gejala, atau variabel yang diambil dari waktu ke waktu, dicatat secara teliti menurut urutan waktu terjadinya, dan kemudian disusun sebagai data statistik. Dari suatu rangkaian waktu akan dapat diketahui apakah peristiwa, kejadian, gejala, atau variabel yang diamati itu berkembang mengikuti pola-pola perkembangan yang teratur atau tidak. Sekiranya suatu rangkaian waktu menunjukkan pola yang teratur, maka akan dapat dibuat suatu ramalan yang cukup kuat mengenai tingkah laku gejala yang dicatat, dan atas dasar ramalan itu dapatlah dibuat rencana-rencana yang cukup dapat dipertanggungjawabkan (Hadi, 2002).

Apa yang disebut analisa rangkaian waktu atau *time series analysis* adalah suatu analisa terhadap pengamatan, pencatatan, dan penyusunan peristiwa yang diambil dari waktu ke waktu tersebut. Pada umumnya pengamatan dan pencatatan itu dilakukan dalam jangka waktu tertentu, misalnya tiap-tiap akhir triwulan, tiap-tiap permulaan tahun, tiap-tiap sepuluh tahun, dan sebagainya (Hadi, 2002).

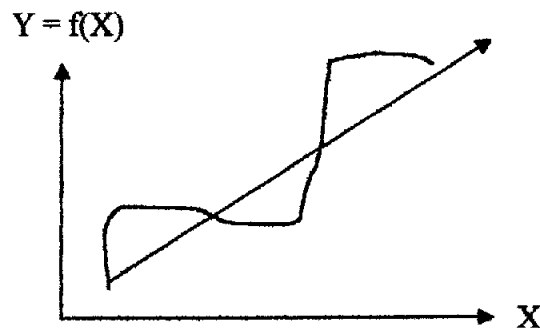
Gerakan /variasi data berkala (*time series*) terdiri dari empat macam atau empat komponen sebagai berikut: (Supranto, 2000)

1. Gerakan *trend* jangka panjang (*long term movement* atau *secular trend*) yaitu suatu gerakan yang menunjukkan arah perkembangan secara umum (kecenderungan menaik/menurun). Garis trend sangat berguna untuk membuat raamalan (*forecasting*) yang sangat diperlukan bagi perencanaan.



*Trend Jangka Panjang*

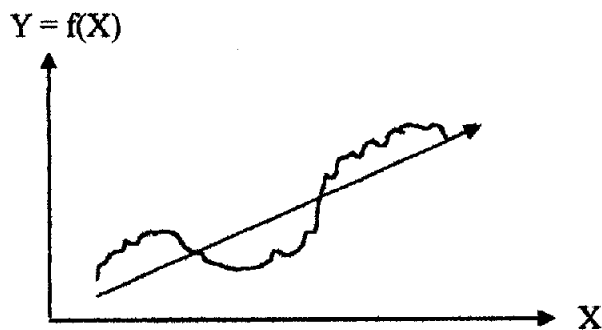
2. Gerakan/variasi siklis (*cyclical movements or variations*) adalah suatu gerakan/variasi jangka panjang di sekitar garis *trend* (berlaku untuk data tahunan). Gerakan siklis ini bisa juga terulang setelah jangka waktu tertentu (seperti 3 tahun, 5 tahun, atau lebih) dan bisa juga terulang dalam jangka waktu yang sama.



*Trend Jangka Panjang dan Gerakan/Variasi Siklis*

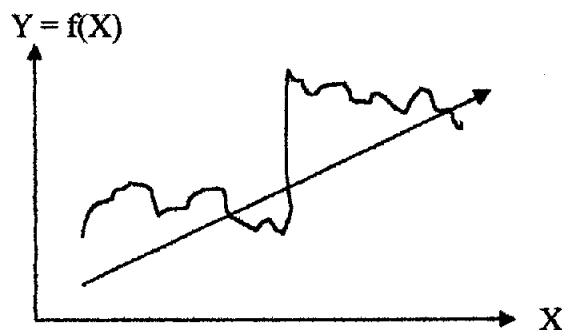


3. Gerakan/variasi musiman (*seasonal movements/variation*) adalah gerakan yang mempunyai pola tetap dari waktu ke waktu, misalnya meningkatnya harga pohon cemara menjelang natal, meningkatnya harga-harga bahan makanan dan pakaian menjelang hari raya Idul Fitri. Walaupun pada umumnya gerakan musiman terjadi pada data bulanan yang dikumpulkan dari tahun ke tahun, namun juga berlaku bagi data harian, mingguan, atau satuan waktu yang lebih kecil lagi.



*Trend Jangka Panjang, Gerakan Siklis, dan Musiman*

4. Gerakan/variasi yang tidak teratur (*irregular or random movements*) adalah gerakan/variasi yang sifatnya sporadis, misalnya naik turunnya produksi akibat banjir yang datangnya tidak teratur.



*Trend Jangka Panjang, Gerakan Siklis, Musiman, dan Random (acak)*

Analisa data berkala (*analysis of time series*) pada umumnya terdiri dari uraian (*description*) secara matematis tentang komponen-komponen yang menyebabkan gerakan-gerakan atau variasi-variasi yang tercermin dalam fluktuasi. Apabila gerakan *trend*, siklis, musiman, dan acak masing-masing diberi simbol T, C, S, dan I, maka data berkala Y merupakan hasil kali dari 4 komponen tersebut, yaitu :

$$Y = T X C X S X I$$

Data berkala ini dapat dipergunakan sebagai dasar pembuatan garis *trend*.

### 2.3. Garis Kecenderungan (*Trend*)

Untuk membuat suatu garis kecenderungan (*garis trend*), maka digunakan data berkala atau *time series*. Garis kecenderungan (*garis trend*) adalah suatu garis yang dapat menunjukkan arah perkembangan secara umum. Garis *trend* dapat digunakan untuk membuat ramalan (*forecasting*) dan selanjutnya data hasil ramalan sangat berguna untuk dasar pembuatan perencanaan (Supranto, 2000).

Bila data yang menunjukkan kenaikan maka *trend* tersebut menunjukkan *trend* positif, bila menunjukkan penurunan maka *trend* tersebut menunjukkan *trend* negatif (Gitosudarmo, Najmudin, 2001).

Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk menentukan *trend* , yaitu *trend linier*, *trend parabolik*, dan *trend eksponensial*.

#### 1. *Trend Linier*

*Trend* ini akan membentuk garis lurus. Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk membuat *trend linier* yakni: (Supranto, 2000)

#### a. Metode Tangan Bebas (*Free Hand Methode*)

Pembuatan *trend* ini dilakukan tanpa menggunakan formula matematis, garis *trend* ditentukan secara bebas tetapi tidak berarti ditentukan tanpa pertimbangan-pertimbangan tertentu. Namun demikian penentuan garis *trend* tetap sangat subyektif, yang setiap orang mempunyai pertimbangan sendiri-sendiri. Langkah-langkah untuk membuat garis *trend* dengan metode tangan bebas adalah sebagai berikut :

1. Buat sumbu tegak Y dan sumbu mendatar X.
2. Buat *scatter diagram* yaitu kumpulan titik-titik koordinat (X,Y),  
X = variabel waktu.
3. Dengan jalan observasi atau pengamatan langsung terhadap bentuk *scatter diagram* tariklah garis yang mewakili atau paling tidak mendekati semua titik koordinat yang membentuk *scatter diagram* tersebut.

Cara menarik garis *trend* dengan tangan bebas merupakan cara yang paling mudah akan tetapi sifatnya sangat subyektif, maksudnya kalau ada lebih dari satu orang diminta untuk menarik garis *trend* dengan cara ini akan diperoleh garis *trend* lebih dari satu. Sebab masing-masing orang mempunyai pilihan sendiri sesuai dengan anggapannya, garis mana yang mewakili *scatter diagram* tersebut.

#### b. Metode Setengah Rata-rata (*Semi Average Methode*)

Dengan metode ini *trend* sudah mulai ditentukan dengan perhitungan-perhitungan yang berarti unsur subyektif mulai berkurang. Cara dengan metode rata-rata semi ini memerlukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Data dikelompokkan menjadi dua, masing-masing kelompok harus mempunyai jumlah data yang sama.
2. Masing-masing kelompok dicari rata-ratanya, katakan  $Y_1$  dan  $Y_2$ , yang merupakan koordinat.
3. Titik absis harus dipilih dari variabel X yang berada di tengah masing-masing kelompok (tahun atau waktu yang di tengah)
4. Titik koordinat, terdiri dari 2 dan 3 dimasukkan ke dalam persamaan  $Y = a + bX$ , untuk menghitung a dan b.  $Y_1$  dan  $Y_2$  dipergunakan sebagai nilai Y.

c. Metode Rata-rata Bergerak (*Moving Average Methode*)

Dengan menggunakan metode ini untuk mencari *trend*, maka kita kehilangan beberapa data dibandingkan dengan data asli, artinya banyaknya rata-rata bergerak menjadi tidak sama dengan banyaknya data asli. *Trend* ini juga mengurangi variasi dari data asli. Di dalam data berkala, rata-rata bergerak sering dipergunakan untuk menghaluskan fluktuasi yang terjadi dalam data tersebut. Proses menghaluskan ini disebut *smoothing of time series*. Dasar perhitungan metode ini adalah mencari nilai rata-rata dari beberapa tahun secara berturut-turut sehingga diperoleh nilai rata-rata yang bergerak secara teratur atas dasar jumlah tahun tertentu. Jika kita mempunyai data berkala sebanyak  $n$  :  $Y_1, Y_2, \dots, Y_i$ , maka rata-rata bergerak (*moving average*)  $n$  waktu (tahun, bulan, minggu, hari) merupakan ukuran rata-rata hitung sebagai berikut:

$$\frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{n}, \frac{Y_2 + Y_3 + \dots + Y_{n+1}}{n}, \frac{Y_3 + Y_4 + \dots + Y_{n+2}}{n}$$

Setiap rata-rata hitung di atas disebut total bergerak (*moving total*), yang berguna untuk mengurangi variasi dari data asli. Untuk membuat perkiraan atau ramalan untuk tahun-tahun berikutnya dilakukan dengan menggeser angka rata-rata bergernaknya. Dengan menggunakan rata-rata bergerak untuk mencari *trend*, maka kita kehilangan beberapa data dibanding dengan data asli, artinya banyaknya rata-rata bergerak menjadi tidak sama dengan data asli.

#### d. Metode Kuadrat Terkecil (*Least Squares Methode*)

Metode jumlah kuadrat terkecil untuk mencari garis *trend*, dimaksudkan suatu perkiraan atau taksiran mengenai a dan b dari persamaan  $\hat{Y} = a + bX$  yang didasarkan atas data observasi, sedemikian rupa sehingga jumlah kesalahan kuadrat terkecil (minimum). Tanda ^ (topi) sering ditiadakan. Jadi persamaan garis *trend* dapat ditulis  $Y = a + bX$ , dimana :

$Y$  = data berkala (*time series data*)

$X$  = waktu (hari, minggu, bulan, tahun)

a dan b = bilangan konstan

Dengan metode kuadrat terkecil nilai a dan b dapat ditentukan sebagai berikut

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Y_i}{n} \quad \text{dan} \quad b = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} X_i Y_i}{x^2}$$

Dimana :  $Y_i$  = nilai data berkala ke-i

$X_i$  = periode waktu ke-i

n = jumlah periode waktu

Perhitungan diperlukan nilai tertentu pada variabel waktu X sehingga jumlah

nilai variabel waktu adalah nol  $\longrightarrow \sum_{i=1}^n X_i = 0$

Untuk jumlah tahun (n) ganjil,

$$N = 2k + 1 \longrightarrow 2k = n - 1 \longrightarrow k = \frac{n-1}{2}, X_{k+1} = 0$$

$$\text{Bila } n = 5 \longrightarrow k = \frac{5-1}{2} = 2 \longrightarrow X_{k+1} = X_3 = 0$$

Jarak antara dua waktu diberi nilai dua satuan. Di atas 0 (nol) diberi tanda + (positif) di bawahnya diberi tanda - (negatif), nilai X nya : ..., -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, ...

Untuk jumlah tahun (n) genap,

$$n = 2k \longrightarrow k = \frac{n}{2}$$

$X_{k+(k+1)} = 0$ , artinya titik 0 terletak antara  $X_k$  dan  $X_{k+1}$  (seolah-olah disisipkan dan tidak perlu dituliskan).

Jarak antara dua waktu diberi nilai dua satuan. Di atas 0 (nol) diberi tanda + (positif) di bawahnya diberi tanda - (negatif), nilai X nya : ..., -5, -3, -1, +1, +3, +5, ...

## 2. Trend Parabolik

*Trend Parabolik* adalah *trend* yang nilai variabel tak bebasnya naik atau turun tidak secara linier atau *trend* yang menghasilkan garis *trend* yang melengkung (*parabola*). Persamaan *trend parabolik* tersebut sebagai berikut :

$$Y = a + bX + cX^2$$

### 3. *Trend Eksponensial*

Selain *trend linier* dan *trend parabolik*, satu metode lagi yang bisa digunakan adalah sebuah metode *trend eksponensial*. *Trend eksponensial* adalah *trend* yang nilai variabel bebasnya naik secara berlipat ganda atau tidak linier. Persamaan *trend eksponensial* adalah sebagai berikut :

$$Y = ab^x$$

*Trend eksponensial* sering dipergunakan untuk meramalkan jumlah penduduk, pendapatan nasional, produksi, hasil penjualan, dan kejadian lain yang perkembangan/pertumbuhannya secara *geometris* (berkembang dengan cepat sekali).

(18)

## 2.4. Kerangka Konsep Penelitian

