

## #7

# PENCEMARAN UDARA

## Materi Pertemuan #7 (Online #7)

### Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Mampu mempertimbangkan pendekatan strategis dalam menyelesaikan berbagai masalah yang berhubungan dengan lingkungan terkait pencemaran udara.

### Indikator Penilaian

Ketepatan dalam mempertimbangkan pendekatan strategis dalam menyelesaikan berbagai masalah yang berhubungan dengan lingkungan terkait pencemaran udara.

### 7.1. Pendahuluan

Pencemaran udara didefinisikan sebagai terdapatnya zat (padat, cair, gas) di udara /atmosfir dalam jumlah dan waktu tertentu, yang keberadaannya tidak diinginkan dan dapat mengganggu atau menimbulkan pengaruh negatif terhadap kesehatan mahluk hidup, benda-benda lain yang berharga, dan lingkungan.

Selain itu, pencemara udara juga dapat didefinisikan sebagai masuknya mahluk hidup, zat, energi atau komponen lainnya ke udara disebabkan oleh aktivitas manusia, sehingga mutu/kualitas udara menurun sampai ke tingkat tertentu yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia, mahluk hidup lainnya, dan benda-benda disekitarnya.

Menurut Chambers (1976:13-14) dan Masters (1991:270), yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu sehingga dapat dideteksi oleh manusia (atau yang dapat dihitung dan diukur) serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi, dan material.

Menurut Kumar (1987:22), pencemaran udara adalah adanya bahan polutan di atmosfer yang dalam konsentrasi tertentu akan mengganggu keseimbangan dinamik atmosfer dan mempunyai efek pada manusia danlingkungannya.

Menurut Corman (1971:7), pengertian lain dari pencemaran udara adalah terdapat bahan kontaminan di atmosfer karena ulah manusia (*man made*).

Asal pencemaran udara dapat diterangkan dengan 3 (tiga) proses, yaitu: (1) Atrisi (*attrition*), (2) Penguapan (*vaporization*), dan (3) Pembakaran (*combustion*). Dari ketiga proses tersebut, pembakaran merupakan proses yang sangat dominan dalam kemampuannya menimbulkan bahan polutan.

Gambar 7.1 akan menjelaskan komposisi dari zat yang terkandung dalam udara.

Komponen	Kadar (%)
Komponen utama	
Nitrogen	78,09
Oksigen	20,94
Komponen yang jumlahnya sedikit:	
Argon	$9,34 \times 10^{-1}$
Karbon dioksida	$3 \times 10^{-2}$
Komponen yang jumlahnya sangat sedikit:	
Neon	$1,82 \times 10^{-3}$
Helium	$5,24 \times 10^{-4}$
Metana	$2 \times 10^{-4}$
Kripton	$1,4 \times 10^{-4}$
Xenon	$8,7 \times 10^{-5}$
Hidrogen	$5 \times 10^{-5}$
CO	$1,2 \times 10^{-5}$
NO	$2,5 \times 10^{-6}$
Ozon	$0,1 \times 10^{-5}$
O	$1 \times 10^{-5}$
Amoniak	$1 \times 10^{-6}$

**Gambar 7.1. Komposisi Udara**

(Sumber: Corman, 1971; Urone, 1976; Arker, 1980; Kumar, 1987)

Untuk kriteria dari udara bersih dan udara tercemar menurut WHO dapat dilihat pada Gambar 7.2.

Parameter	Udara Bersih	Udara Tercemar
1. Bahan partikel	0,01 – 0,02 mg/m <sup>3</sup>	0,07 – 0,7 mg/m <sup>3</sup>
2. SO <sub>2</sub>	0,003 – 0,02 ppm	0,02 – 2 ppm
3. CO	< 1 ppm	5 – 200 ppm
4. NO <sub>2</sub>	0,003 – 0,02 ppm	0,02 – 0,1 ppm
5. CO <sub>2</sub>	310 – 330 ppm	350 – 700 ppm
6. Hidrokarbon	< 1 ppm	1 – 20 ppm

**Gambar 7.2. Kriteria Udara Bersih dan Udara Tercemar**

(Sumber: Holzworth dan Cromick, WHO, 1976)

Pencemar udara dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu:

1) Pencemar primer

Adalah substansi pencemar yang ditimbulkan langsung dari sumber pencemaran udara. Karbon monoksida adalah sebuah contoh dari pencemar udara primer karena merupakan hasil dari pembakaran.

## 2) Pencemar sekunder

Adalah substansi pencemar yang terbentuk dari reaksi pencemar-pencemar primer di atmosfer. Pembentukan ozon dalam *smog* fotokimia (kabut asap) adalah sebuah contoh dari pencemaran udara sekunder.

Untuk jenis-jenis bahan pencemar udara (polutan), antara lain:

- 1) Karbon monoksida
- 2) Nitrogen oksida
- 3) Sulfur oksida
- 4) Chlorofluorocarbon (CFC)
- 5) Hidrokarbon
- 6) Senyawa organik volatil
- 7) Partikulat
- 8) Radikal bebas

## 7.2. Faktor Yang Mempengaruhi Pencemaran Udara

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pencemaran udara di atmosfer, antara lain:

### 1) Kelembapan

Kelembapan udara yang relatif rendah ( $< 60\%$ ) di daerah tercemar  $\text{SO}_2$ , akan mengurangi efek korosif dari  $\text{SO}_2$ . Pada kelembapan relatif lebih atau sama dengan  $80\%$  di daerah tercemar  $\text{SO}_2$ , akan terjadi peningkatan efek korosif dari  $\text{SO}_2$ .

### 2) Suhu

Suhu yang menurun pada permukaan bumi dapat menyebabkan peningkatan kelembapan udara relatif sehingga akan meningkatkan efek korosif bahan pencemar di daerah yang udaranya tercemar. Pada suhu yang meningkat, akan meningkatkan pula kecepatan reaksi suatu bahan kimia.

### 3) Sinar matahari

Sinar matahari dapat mempengaruhi bahan oksidan terutama  $\text{O}_2$  di atmosfer. keadaan tersebut dapat menyebabkan kerusakan bahan/alat bangunan, atau bahan yang terbuat dari karet. Jadi dapat dikatakan bahwa sinar matahari meningkatkan rangsangan untuk merusak bahan.

### 4) Pergerakan udara

Pergerakan udara yang cepat dapat meningkatkan abrasi bahan bangunan.

## 7.3. Lingkup dan Aspek Pencemaran Udara

Pencemaran udara dapat disebabkan oleh beberapa sumber, antara lain:

### 1) Tetap

Sumber tidak bergerak/*point source/fix source*, seperti industri dan pabrik. Untuk bahan pencemar dari industri yang diemisikan ke udara, maka akan mengalami beberapa tahapan, antara lain:

- a) Transportasi/Penyebaran
- b) Pelarutan (Dilution)

- c) Perubahan/Modifikasi ( $SO_2 \rightarrow H_2SO_4$ )
- d) Penghapusan/Pengendapan

## 2) Bergerak

Sumber bergerak (*mobile resource*) atau sumber garis (*line source, non point source*), seperti mobil dan kendaraan bermotor lainnya. Untuk sumber pencemaran udara yang berasal dari kendaraan bermotor secara umum dihasilkan dari gas buang kendaraan bermotor tersebut, yang memiliki beberapa komponen, antara lain:

- a) Motor Bensin, terdiri dari:
  - CO (karbon monoksida)
  - UHC (hidrokarbon tidak terbakar)
  - HC (uap hidrokarbon)
  - NOx (nitrogen oksida)
  - PbOP (timbal oksida)
- b) Motor Diesel, terdiri dari:
  - CO (karbon monoksida)
  - UHC (hidrokarbon tidak terbakar)
  - NOx (nitrogen oksida)
  - SOx (sulfur oksida)
  - Partikulat
  - Asam Hitam

## 3) Campuran

Sumber campuran (*mix/ compound*)

Sumber lain dari pencemaran udara dapat berasal dari, antara lain:

- 1) Transportasi (kira-kira sebesar 50%)
- 2) Hasil pembakaran bahan bakar minyak (kira-kira sebesar 27%)
- 3) Industri (kira-kira sebesar 13%)
- 4) Bahan buangan padat (kira-kira sebesar 13%)
- 5) Lain-lain (kira-kira sebesar 17%)

Sedangkan untuk penyebaran dari pencemaran udara dapat terjadi secara:

- 1) Meteorologi.
- 2) Topografi.
- 3) Tinggi cerobong.

Berdasarkan bentuknya pencemaran udara dibagi menjadi 2 (dua) macam, yaitu:

- 1) Pencemaran udara berbentuk gas  
Berasal dari uap yang dihasilkan oleh zat padat atau cair karena proses pemanasan atau menguap sendiri. Contohnya yaitu  $CO_2$ , CO, SOx dan NOx.
- 2) Pencemaran udara berbentuk partikel  
Berasal dari zat-zat kecil yang telah terdispersi ke udara. Untuk wujudnya bisa padat, cair atau perpaduan antara padatan dan cairan. Contohnya yaitu debu, asap, kabut dan lain sebagainya.

Berdasarkan susunan kimianya pencemaran udara dibagi menjadi 2 (dua) macam, yaitu:

- 1) Pencemaran udara zat anorganik  
Zat yang tidak mengandung karbon, seperti: ammonia, asbestos, asam sulfat, dll.
- 2) Pencemaran udara zat organik  
Zat yang memiliki kandungan karbon, seperti: pestisida, herbisida, beberapa jenis alkohol, dll.

Berdasarkan gangguan dan dampaknya terhadap kesehatan, pencemaran udara dibagi menjadi 4 (empat) macam, yaitu:

- 1) Anestesia yang mempunyai efek membius. Contohnya adalah Formaldehide Alkohol.
- 2) Aspeksia yaitu keadaan darah kekurangan oksigen dan tidak bisa melepas Karbon Dioksida. Gas ini dihasilkan dari H<sub>2</sub>S, CO, NH<sub>3</sub> dan CH<sub>4</sub>.
- 3) Irritansia yang menimbulkan iritasi pada jaringan tubuh. Contohnya yaitu SO<sub>2</sub>, Ozon dan Nitrogen Oksida.
- 4) Toksis yang bisa mengakibatkan keracunan. Contohnya yaitu Fluor, Timbal, Cadmium dan Insektisida.

Berdasarkan tempatnya, pencemaran udara dibagi menjadi 2 (dua) macam, yaitu:

- 1) Terjadi di dalam ruangan (udara tidak bebas), seperti di rumah, pabrik, bioskop, sekolah, rumah sakit dan bangunan-bangunan lain. Pada umumnya pencemaran ini berupa asap rokok.
- 2) Terjadi di luar ruangan (udara bebas), seperti dari asap kendaraan bermotor atau dari asap pabrik industri.

#### 7.4. Dampak Pencemaran Udara

Terdapat beberapa dampak dari pencemaran udara, antara lain:

- 1) Dampak kesehatan makhluk hidup

Substansi pencemar yang terdapat di udara dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernapasan. Jauhnya penetrasi zat pencemar ke dalam tubuh bergantung kepada jenis pencemar. Partikulat berukuran besar dapat tertahan di saluran pernapasan bagian atas, sedangkan partikulat berukuran kecil dan gas dapat mencapai paru-paru. Dari paru-paru, zat pencemar diserap oleh sistem peredaran darah dan menyebar ke seluruh tubuh.

Dampak kesehatan yang paling umum dijumpai adalah ISPA (infeksi saluran pernapasan atas), termasuk di antaranya, asma, bronkitis, dan gangguan pernapasan lainnya. Beberapa zat pencemar dikategorikan sebagai toksik dan karsinogenik.

Diperkirakan dampak pencemaran udara di Jakarta yang berkaitan dengan kematian prematur, perawatan rumah sakit, berkurangnya hari kerja efektif, dan

biaya perawatan pada tahun 1998 senilai dengan 1,8 trilyun rupiah dan akan meningkat menjadi 4,3 trilyun rupiah pada tahun 2015.

2) Dampak terhadap tanaman

Tanaman yang tumbuh di daerah dengan tingkat pencemaran udara tinggi dapat terganggu pertumbuhannya dan rawan penyakit, antara lain klorosis, nekrosis, dan bintik hitam. Partikulat yang terdeposisi di permukaan tanaman dapat menghambat proses fotosintesis.

3) Hujan asam

pH biasa air hujan adalah 5,6 karena adanya  $\text{CO}_2$  di atmosfer. Pencemar udara seperti  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$  bereaksi dengan air hujan membentuk asam dan menurunkan pH air hujan.

4) Efek rumah kaca

Efek rumah kaca disebabkan oleh keberadaan  $\text{CO}_2$ , CFC, metana, ozon, dan  $\text{N}_2\text{O}$  di lapisan troposfer yang menyerap radiasi panas matahari yang dipantulkan oleh permukaan bumi. Akibatnya panas terperangkap dalam lapisan troposfer dan menimbulkan fenomena pemanasan global.

Dampak dari pemanasan global adalah:

- Peningkatan suhu rata-rata bumi
- Pencairan es di kutub
- Perubahan iklim regional dan global
- Perubahan siklus hidup flora dan fauna

5) Kerusakan lapisan ozon

Lapisan ozon yang berada di stratosfer (ketinggian 20–35 km) merupakan pelindung alami bumi yang berfungsi memfilter radiasi ultraviolet B dari matahari. Pembentukan dan penguraian molekul-molekul ozon ( $\text{O}_3$ ) terjadi secara alami di stratosfer. Emisi CFC yang mencapai stratosfer dan bersifat sangat stabil menyebabkan laju penguraian molekul-molekul ozon lebih cepat dari pembentukannya, sehingga terbentuk lubang-lubang pada lapisan ozon.

### 7.5. Hujan Asam (*Acid Rain*)

Pencemaran udara akan menyebabkan terjadinya hujan asam (*acid rain*), yang secara umum disebabkan oleh proses pembakaran minyak bumi (dari fosil) secara mendunia akan menghasilkan belerang (sulfur) dan nitrogen oksida yang di atmosfer berubah secara kimia menjadi asam sulfat dan asma nitrat.

Senyawa-senyawa tersebut (asam sulfat dan asma nitrat) dalam bentuk larutan asam dan substansi yang lain dapat jatuh ke bumi sebagai hujan, salju, embun, dan kabut. Dalam hal tidak ada hujan, oksida ini akan berinteraksi langsung dengan tanah, tanaman dan air dengan berbagai cara dalam bentuk endapan kering.

Untuk tingkat keasaman dinyatakan dalam skala pH (dalam hal ini hujan asam mempunyai  $\text{pH} < 5.6$  yaitu pH dari air suling yang mengandung  $\text{CO}_2$  dari atmosfer).

Adapun efek dari hujan asam, antara lain:

- 1) Rusaknya tanaman secara langsung, atau menurunkan kesuburan tanah.
- 2) Terganggunya pertumbuhan hutan dan rusaknya daun tanaman.

- 3) Menurunkan pH tanah, danau, dan aliran sungai.
- 4) Mengurangi jarak pandang saat hujan, akibat partikel-partikel asam dalam curah hujan.
- 5) Karat pada logam.

### **7.6. Pencegahan Dan Pengendalian Pencemaran Udara**

Polusi udara atau pencemaran udara dapat menimbulkan berbagai macam permasalahan, mulai dari masalah kesehatan sampai pada perubahan iklim global. Pencemaran udara tidak dapat dihilangkan sama sekali, tetapi hanya dapat dikurangi atau dikendalikan. Manusia dapat mengakibatkan pencemaran udara, tetapi juga dapat berperan dalam pengendalian pencemaran udara ini.

Terdapat upaya pencegahan dan pengendalian terhadap pencemaran udara, antara lain:

- 1) Penghijauan dan reboisasi, dapat menurunkan polusi udara oleh CO<sub>2</sub>, demikian juga pembuatan jalur hijau di kota-kota besar menjadi hal yang sangat berarti. Secara alamiah tumbuhan menyerap CO<sub>2</sub> untuk fotosintesis, dengan penghijauan berarti akan meningkatkan pengambilan CO<sub>2</sub> udara oleh tumbuhan.
- 2) Memasang penyaring udara pada cerobong asap pabrik, hal lain yang tidak kalah penting adalah memasang penyaring udara pada cerobong asap pabrik untuk menyaring partikel-partikel yang bercampur asap agar tidak terbebas ke udara.
- 3) Menetapkan kawasan industri yang jauh dari kawasan pemukiman warga
- 4) Mengurangi pemakaian bahan bakar dari fosil (minyak bumi dan batu bara) pada industri dan pembangkit listrik.
- 5) Memanfaatkan energi alternatif yang lebih ramah lingkungan, dapat berupa energi biogas, energi surya dan energi panas bumi untuk menggantikan energi minyak bumi dan batu bara.
- 6) Pengawasan yang ketat di wilayah hutan yang rawan terbakar
- 7) Melarang warga membakar semak belukar di sekitar hutan dalam membuka lahan pertanian, selain itu perlu diberikan sanksi yang tegas pada pihak-pihak yang secara sengaja melakukan pembakaran lahan atau hutan.
- 8) Memakai masker, penting dilakukan terutama pada saat udara tercemar oleh asap, paling tidak dapat mengurangi dampak yang lebih buruk.
- 9) Tidak menggunakan barang-barang rumah tangga yang mengandung Chlorofluorocarbon (CFC)
- 10) Tidak merokok di dalam ruangan
- 11) Ketentuan hukum internasional yang mengikat mengenai bahan-bahan radioaktif, perlunya ketentuan hukum internasional yang mengikat bagi semua

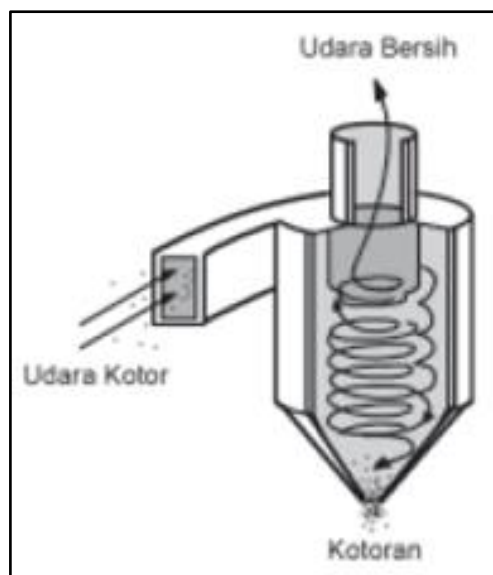
negara yang melakukan percobaan nuklir di kawasan terbuka. Pemberian sanksi yang tegas bagi negara yang melakukan pelanggaran yang diharapkan dapat mengurangi polusi radioaktif. Demikian juga pengawasan yang ketat pada reaktor nuklir dari bahaya radiasi dan kebocoran.

- 12) Perusahaan yang mengeluarkan emisi harus memenuhi standar batas-batas pencemaran udara (Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Mutu Udara Emisi), standar batas-batas pencemaran udara secara kuantitatif diatur dalam Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Mutu Udara Emisi. Baku Mutu Udara Ambien menunjukkan batas kadar yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar terdapat di udara, tetapi tidak menimbulkan gangguan pada makhluk hidup. Sementara itu, Baku Mutu Udara Emisi menunjukkan batas kadar yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar untuk dikeluarkan dari sumber pencemaran ke udara sehingga tidak mengakibatkan pencemaran yang melampaui batas Baku Mutu Udara Ambien. Dengan ketentuan tersebut, perusahaan yang mengeluarkan emisi akan berusaha untuk menjaga agar sesuai dengan ketentuan tersebut. Secara tidak langsung, hal tersebut telah dapat mengendalikan laju pencemaran udara.

Pengendalian emisi dapat dilakukan dengan berbagai alat. Pemilihannya dapat dilakukan dengan pertimbangan efisiensi, sifat kimiawi pencemar, dan lainnya. Beberapa alat pengendali emisi, antara lain:

### 1) Filter udara

Berguna untuk menyaring partikel yang ikut keluar dari cerobong agar tidak ikut terlepas ke udara sehingga hanya udara yang bersih yang keluar ke lingkungan, seperti yang tersaji pada Gambar 7.3.

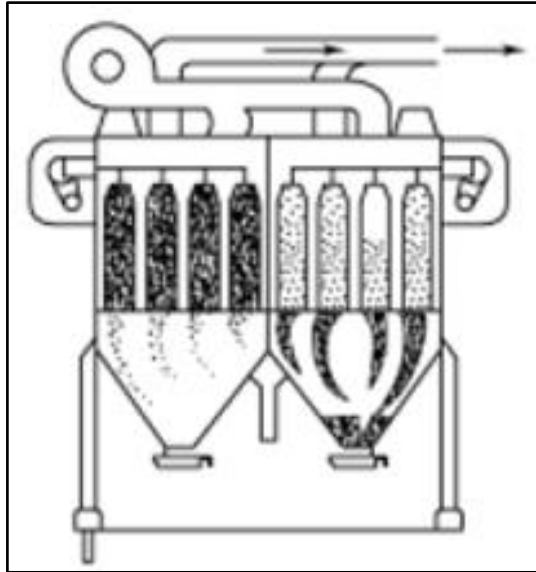


**Gambar 7.3. Filter Udara**

### 2) Pengendap siklon

Yaitu pengendap partikel yang ikut dalam emisi dengan memanfaatkan gaya sentrifugal dari partikel dengan cara partikel diembuskan ke dinding tabung siklon sehingga partikel yang berat akan mengendap, seperti ada Gambar 7.4.

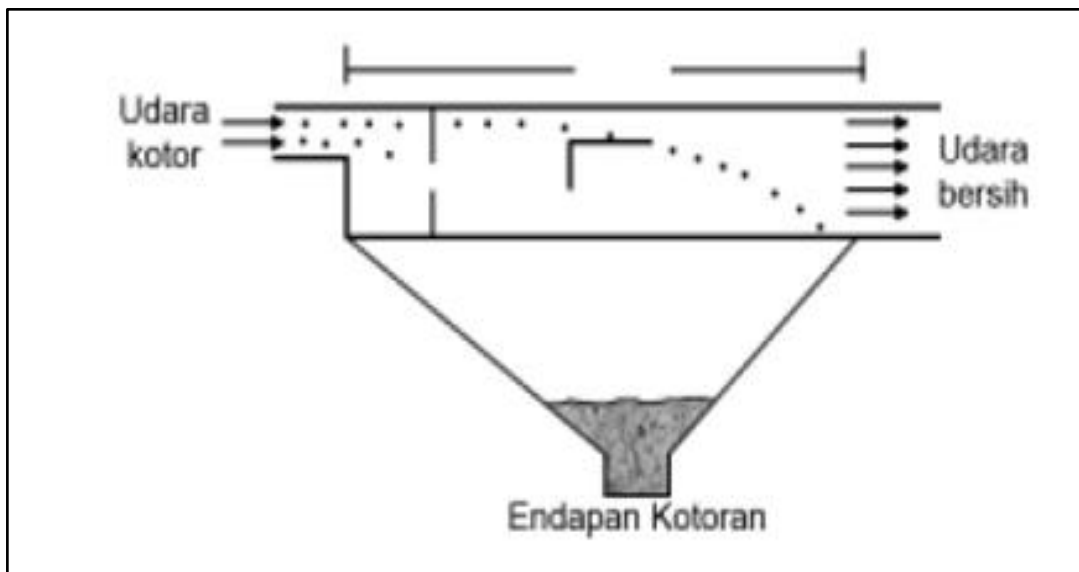




**Gambar 7.4. Pengendap Siklon**

### 3) Pengendap sistem gravitasi

Yaitu ruang panjang yang dilalui partikel sehingga perlahan-lahan dimungkinkan terjadi pengendapan partikel ke bawah akibat gaya gravitasi, seperti pada Gambar 7.5.



**Gambar 7.5. Pengendapan Sistem Gravitasi**

### 4) Pengendap elektrostatis

Berguna untuk mengendapkan partikel di bawah diameter 5 mikrometer dan paling efektif digunakan pengendap elektrostatis. Dengan alat ini, volume udara yang dibersihkan dapat dalam jumlah yang besar.

### 5) Filter basah (*scrubber* atau *wet collectors*)

Berguna untuk mengendapkan pencemar nonpartikel. Scrubber dapat memisahkan udara bersih dari pencemar nonpartikel. Kerja alat ini adalah dengan menggunakan larutan penyerap. Pencemar nonpartikel dilewatkan dalam larutan penyerap sehingga larutan akan menyerap pencemar nonpartikel tersebut.

### Forum

Tuliskan judul jurnal yang terdapat pada link di pertemuan ini. Selain itu jika terdapat pertanyaan atau apapun yang terkait dengan materi ke-7 serta tugas pertemuan #7 (online #7) dapat juga dituliskan pada Forum ini.

### Link Jurnal

Untuk memahami materi ke-7 ini, silahkan baca jurnal yang terkait dengan pembahasan materi ke-7 yang dapat dilihat pada link berikut.

<http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JTL/article/view/2618/pdf>

### Kuis

Jawab pertanyaan berikut dengan memilih jawaban yang paling sesuai.

1. Yang merupakan sumber dari pencemaran udara, adalah:
  - a. Tetap/tidak bergerak
  - b. Tinggi cerobong
  - c. Bergerak
  - d. Campuran
2. Yang **bukan** merupakan komponen gas buang motor bensin, adalah:
  - a. CO (karbon monoksida)
  - b. SO<sub>x</sub> (sulfur oksida)
  - c. UHC (hidrokarbon tidak terbakar)
  - d. NO<sub>x</sub> (nitrogen oksida)
3. Faktor yang mempengaruhi pencemaran udara, adalah:
  - a. Meteorologi
  - b. Kelembapan
  - c. Tinggi cerobong
  - d. Pembakaran
4. Yang **bukan** termasuk dalam pencemaran udara berdasarkan gangguan & dampak, adalah:
  - a. Anestesia
  - b. Atrisi
  - c. Aspeksia
  - d. Irritansia
5. Komponen yang memiliki kadar (%) terbesar dalam komposisi udara, adalah:
  - a. Oksigen
  - b. Nitrogen

- c. Hidrogen
- d. Ozon

**Tugas**

Jawablah pertanyaan dibawah ini yang bersumber dari modul dan jurnal yang saudara baca sebelumnya:

- 1) Judul dan lokasi dari penelitian tersebut
- 2) Latar belakang dari penelitian tersebut.
- 3) Tujuan dari penelitian tersebut.
- 4) Metode yang digunakan pada penelitian tersebut.
- 5) Hasil dari penelitian tersebut.
- 6) Manfaat dari hasil penelitian tersebut.

**Daftar Pustaka**

Noe, Cheng San. 2010. Ilmu Pengetahuan Lingkungan.

Darsono, Valentinus. 1995. Pengantar Ilmu Lingkungan. Yogyakarta. Penerbitan Universitas Atma Jaya

Miller. G. Tyler. Jr., 1993, Environmental Science, Sustaining the Earth, Wadsworth Publishing Company, Belmont - California, fourth edition

Santosa, Kuku. 2006. Pengantar Ilmu Lingkungan. Semarang. Unnes Press

Soerjani, M. 2009. Pendidikan Lingkungan, Sebagai Dasar Kearifan Sikap Bagi Kelangsungan Kehidupan Menuju Pembangunan Berkelanjutan. Yayasan Institut Pendidikan dan Pengembangan Lingkungan. Jakarta

Tandjung, Shalihuddin Djalal. Tt. Ekologi Dan Pengantar Ilmu Lingkungan. Yogyakarta. Program Studi Ilmu Lingkungan. Program Pasca Sarjana, UGM

Tim MKU PLH. 2014. Pendidikan Lingkungan Hidup. Buku Ajar MKU. PUSBANG MKU/MKDK. Universitas Negeri Semarang