

# 2. Sumber emisi, rute paparan, nasib polutan, *Persistent Organic Pollutants*

**Hamdhani, S.P., M.Sc., P.hD**

ANALISIS DAN PENGELOLAAN PENCEMARAN LINGKUNGAN (SKS: 3)



Link presensi tersedia pada ruang zoom chat

# Recap

Undang-undang (UU) No. 32 Tahun 2009

## **Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup**

- **Asas** dalam Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup
- **Instrumen** pencegahan pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup
- **Pengendalian** pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup

Polutan dapat dikelompokkan menjadi 4 golongan: kimia, mikrobiologis, radioaktif, bunyi (bising)

Akibat adanya pencemaran lingkungan terhadap kehidupan maka pencemaran dapat dikelompokkan ke dalam 6 tingkatan (G. Tyler Miller Jr., 1979).

Kelas	Dampak
1	<b>Ketidaknyamanan (nuisance and aesthetic insult)</b> -> bau, rasa, dan ketidaknyamanan lainnya;
2	<b>Kerusakan property (property damage)</b> -> bahan logam menjadi karatan, bangunan menjadi kotor, dan pakaian menjadi kotor;
3	<b>Kerusakan pada tanaman dan hewan (damage to plant and animal life)</b> -> bercak-bercak daun, daun rontok, berkurangnya hasil sayuran, berkurangnya fotosintesis, keracunan, sesak nafas, dan gangguan pada saraf pusat hewan;
4	<b>Gangguan kesehatan manusia (damage to human health)</b> -> berkurangnya oksigen dalam darah, iritasi mata, iritasi kulit, kerusakan sistem pernafasan;
5	<b>Kerusakan genetic dan gangguan reproduksi (human genetic and reproductive damage)</b>
6	<b>Gangguan ekosistem berskala besar (major ecosystem disruption)</b> -> perubahan iklim lokal dan regional, bahkan mungkin perubahan iklim global.

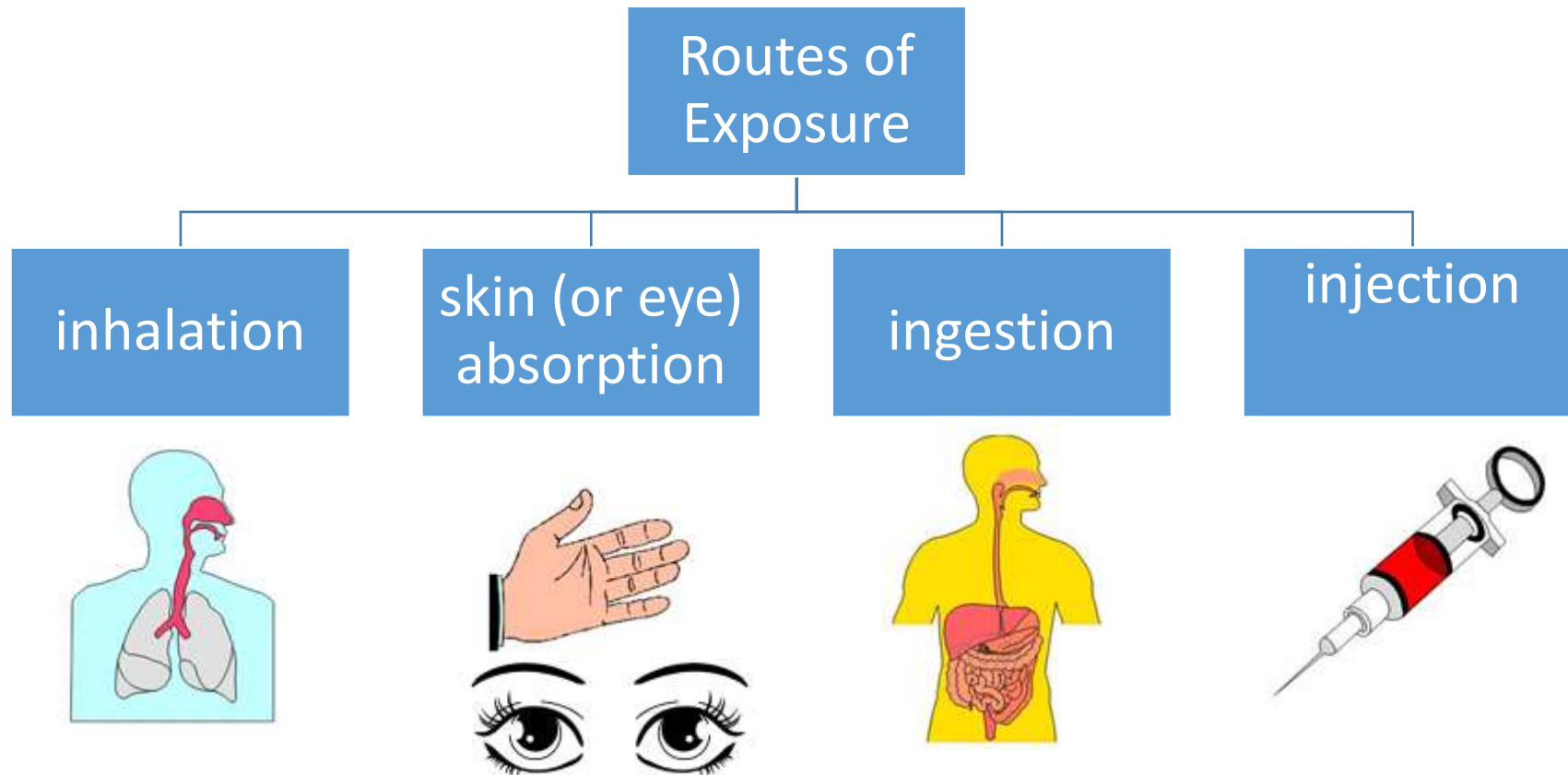
# Now...

Secara umum **sumber pencemaran** dapat dikelompokkan dalam 2 golongan besar:

kegiatan manusia	kejadian alamiah
<ul style="list-style-type: none"><li>• Rumah tangga</li><li>• Pertanian perkebunan</li><li>• Industri</li><li>• Pertambangan</li><li>• Transportasi</li><li>• Pemanfaatan zat radioaktif</li><li>• Dll.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aktivitas gunung berapi</li><li>• Bencana alam banjir</li><li>• Gempa bumi dan gelombang tsunami</li><li>• Dll.</li></ul>

# Now...

# Rute paparan



# Pernapasan (Inhalation):

- Banyak bahan kimia berada dalam bentuk (fase) uap, gas atau partikulat.
- Dalam bentuk ini inhalation merupakan rute utama masuk ke makhluk hidup.
- Dari berbagai aktifitas indoor dan outdoor



# SILICOSIS

Who is at Risk of Developing Silicosis?

- Construction workers
- Heavy equipment operators
- Plasterers and drywallers
- Miners
- Agriculture workers
- Manufacturing workers
- Sandblasters
- Shipyard workers



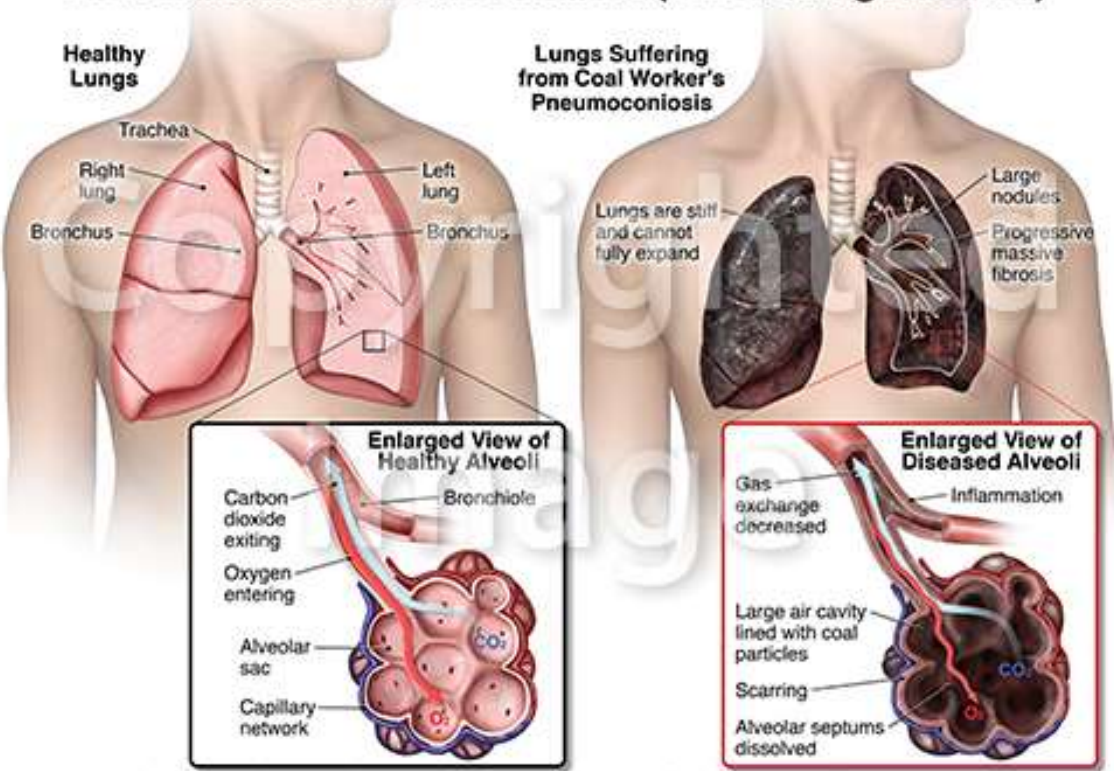
The killer lung disease behind the human cost of Shenzhen's economic miracle







## Coal Worker's Pneumoconiosis (Black Lung Disease)



# Kulit/mata (Skin/eye absorption):



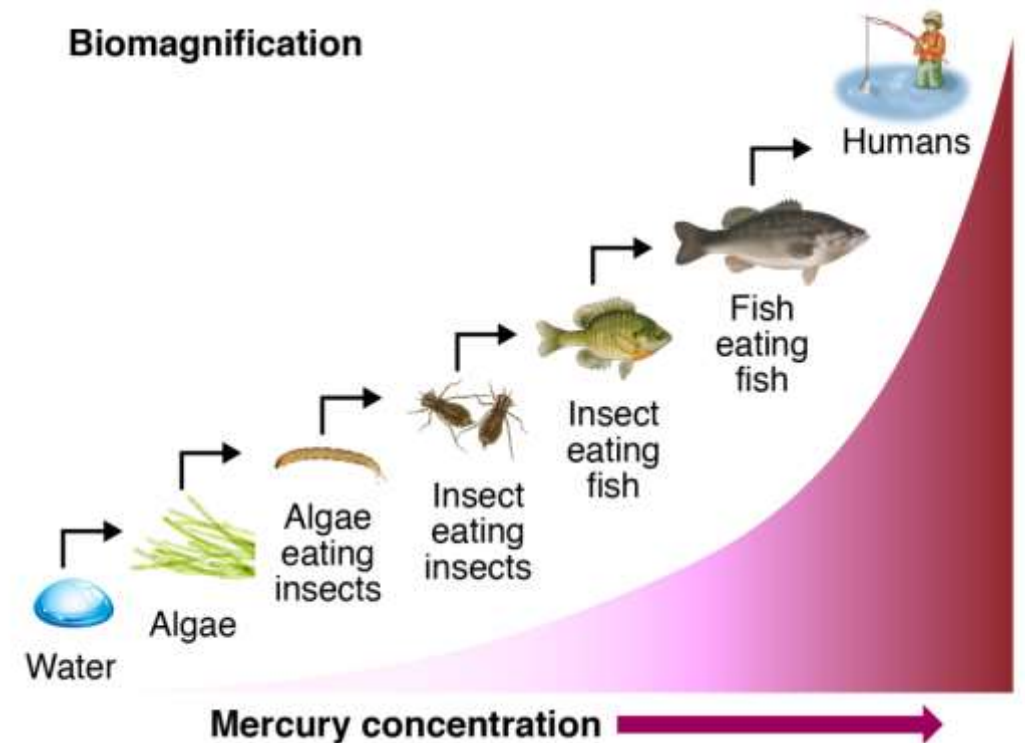
- ❑ Paparan lewat kulit dapat menyebabkan iritasi ringan pada kulit hingga dampak parah pada kulit.
  - ❑ Masuk ke peredaran darah → kerusakan sistemik pada jaringan organ.
  - ❑ Mata adalah bagian yang sangat sensitif: paparan singkat dapat menyebabkan efek yang parah atau terdistribusi ke organ tubuh lainnya.
- 
- Many other materials may also be absorbed through the skin in significant amounts. These include **mercury, polychlorinated biphenyls (PCBs), acrylates**, and pharmaceutical products such as steroids and nicotine.



# Jalur pencernaan (Ingestion):

- Masuk lewat jalan mulut, baik sengaja atau tidak disengaja.
- Makanan dan minuman bisa saja mengandung residu bahan kimia.

- ❖ Sengaja ditambahkan (residu pestisida pada makanan),
- ❖ Deposisi partikulat pada produk pertanian (e.g. atmosferik polutan)
- ❖ Penyerapan biotik dari air dan tanah yang tercemar (e.g. kandungan logam berat pada ikan yang dikonsumsi manusia)



# Dosis

- Ketika bahan kontaminan masuk ke dalam tubuh lewat jalur pencernaan, jumlah yang tersedia secara biologis disebut **dosis**
- Ada beberapa **cara mengukur dosis** (U.S. EPA, 1992):
  - 1. Dosis potensial:** Jumlah kontaminan yang masuk (lewat mulut atau hidung)
  - 2. Dosis terapan:** Jumlah kontaminan pada *absorption barrier* (misal saluran pernapasan)
  - 3. Dosis internal:** Jumlah yang kontaminan yang melewati *absorption barrier*, lalu masuk dalam peredaran darah dan dapat berinteraksi dengan organ dan jaringan tubuh
  - 4. Dosis efektif biologis:** Jumlah yang (telah) berinteraksi dengan jaringan dalam tubuh atau organ

# Pajanan dan Dosis

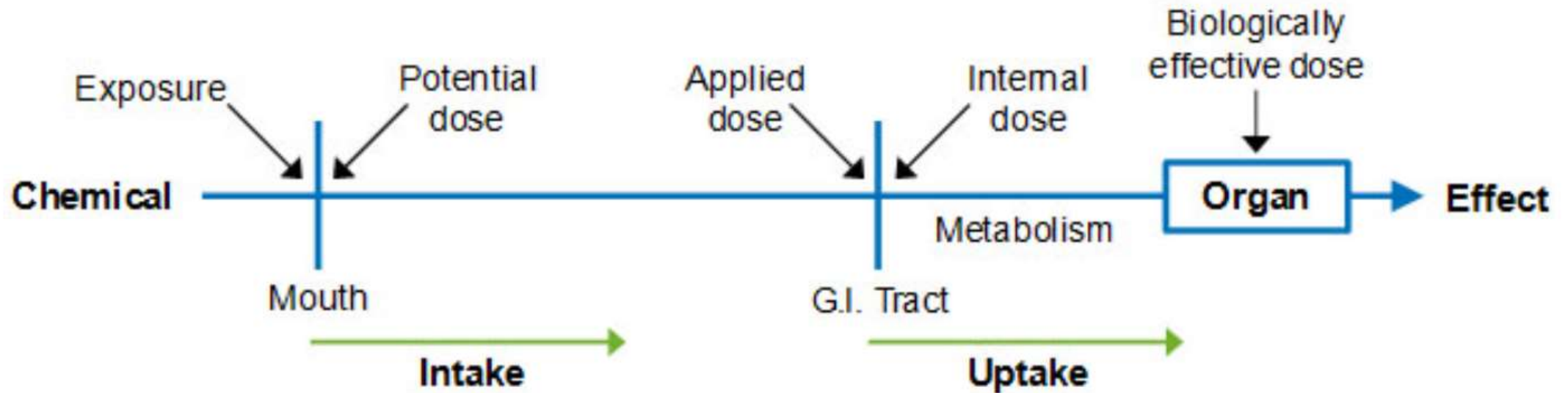
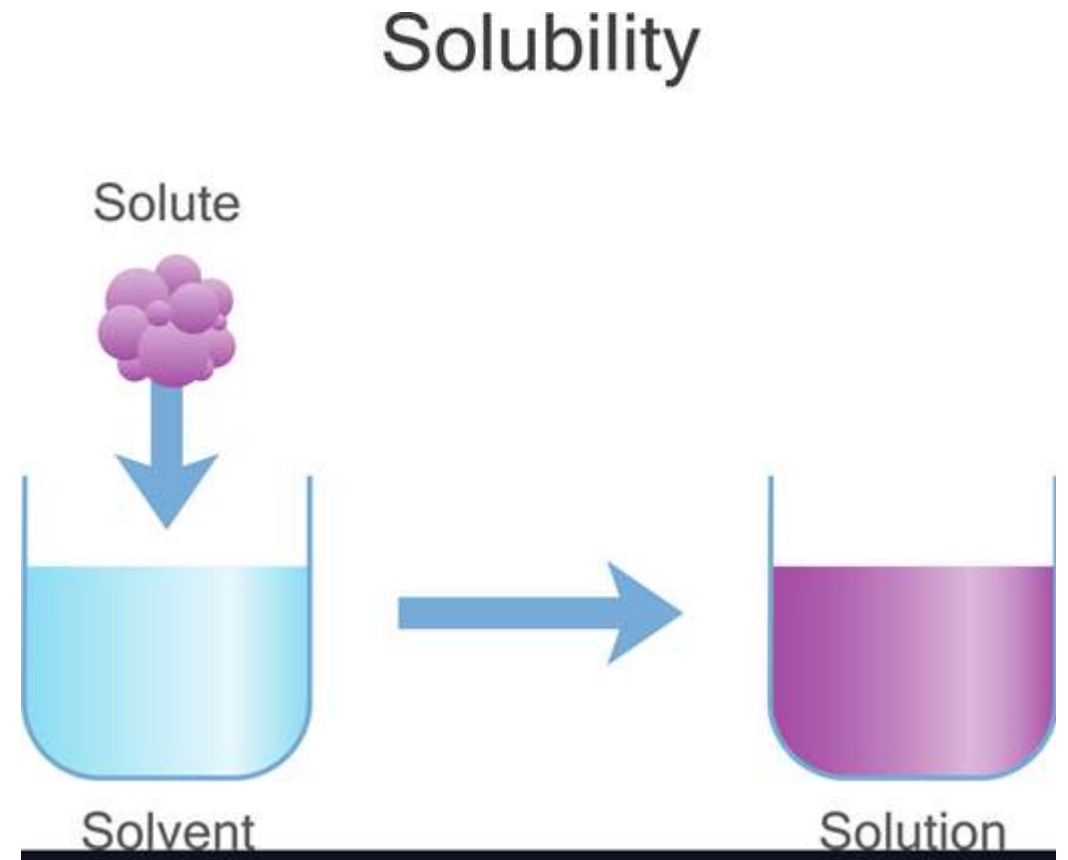


Illustration of Ingestion Route: Exposure and Dose (U.S. EPA, 1992)

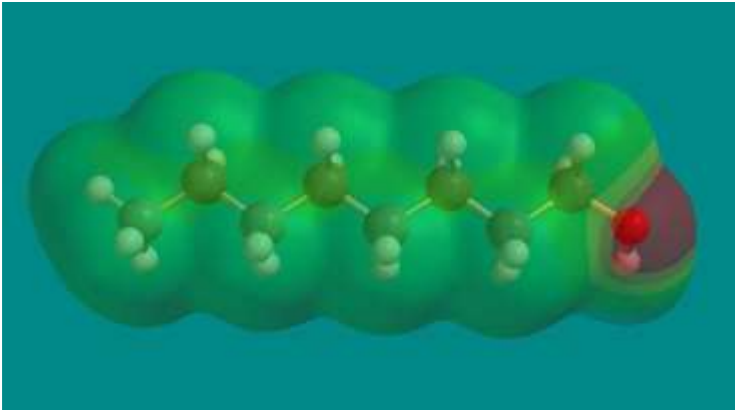
# Faktor-faktor yang mempengaruhi kehadiran bahan pencemar kimia di lingkungan (perairan)

## 1. Kelarutan (Solubility)

- Hal penting dalam toksikologi air/perairan
- Organisme sebagian besar terdiri dari air
- Solubility suatu zat diukur dengan koefisien partisi oktanol/air:  $K_{ow}$



Koefisien partisi oktanol dan air  $\rightarrow K_{ow} = C_{\text{oktanol}} / C_{\text{air}}$

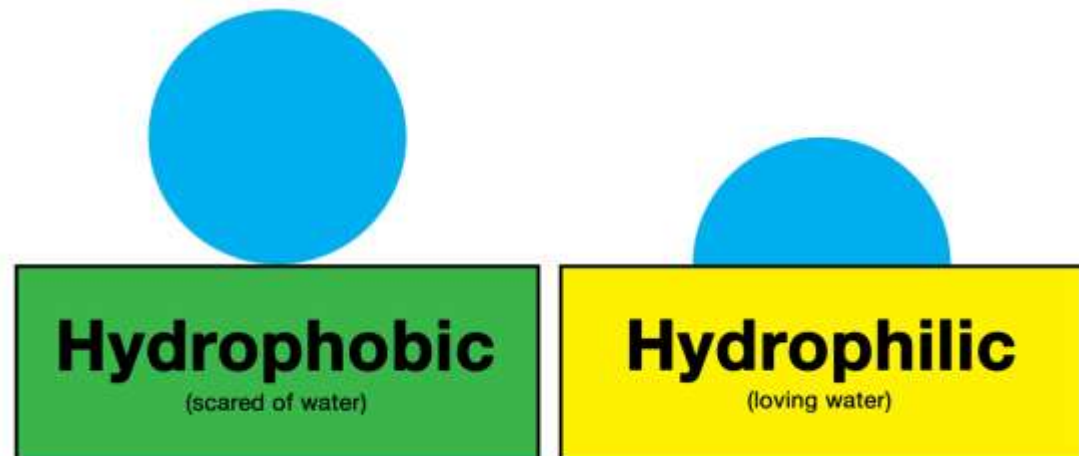


- Merupakan rasio konsentrasi suatu bahan kimia yang larut di oktanol versus yang larut di air.
- Oktanol memiliki polaritas lemah, air memiliki polaritas yang kuat
- Yang berlemak akan mudah larut di oktanol, yang tidak berlemak akan mudah larut di air.
- Kow lebih besar dari 3.5 disebut ***lipophilic*** dan yang kurang dari yang kurang dari 3.5 disebut ***hidrophilic***
- ***Semakin tinggi Kow semakin sulit untuk larut di air***
- **Example:**
- PAH benzopyrene memiliki Kow of 6.0  $\rightarrow$  kelarutan di air 0.000000005 mg/L
- PAH naphthalene memiliki Kow of 3.3  $\rightarrow$  kelarutan di air 31.8 mg/L.

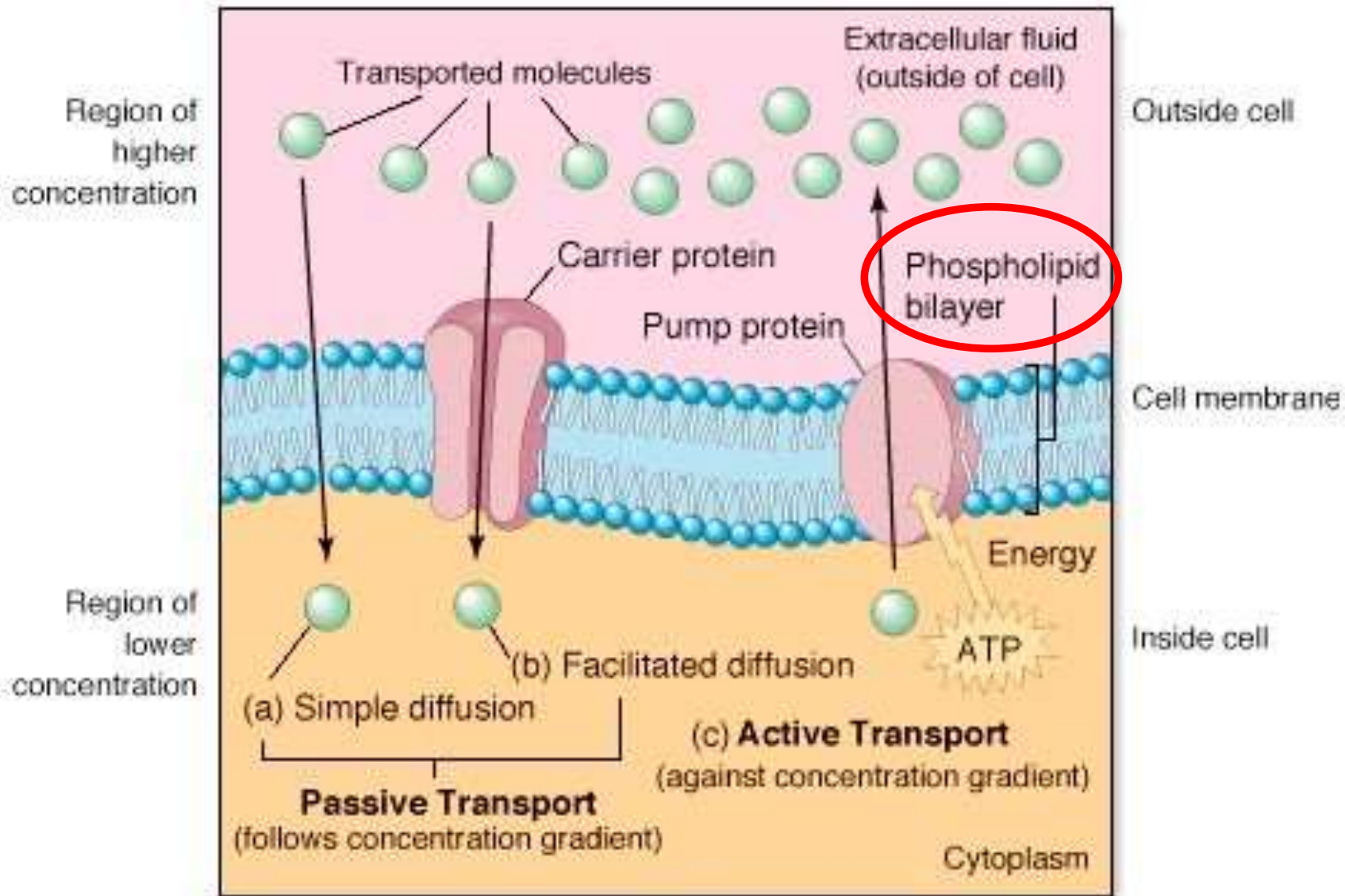
# Kow (continued)



- Substansi yang Hydrophobic (or lipophilic) substances biasanya terlihat jelas mengapung atau melekat pada partikulat.





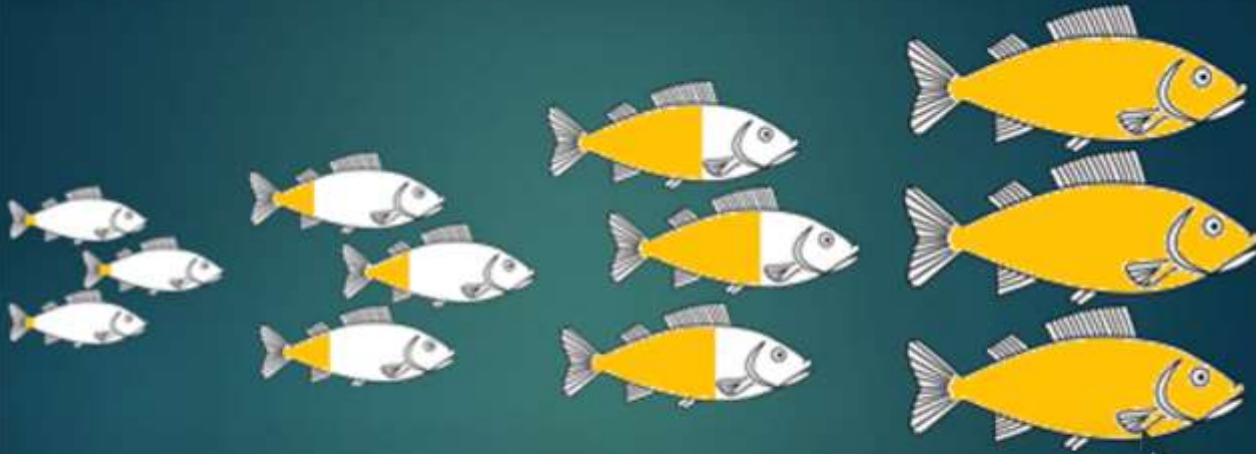


Lapisan (membrane) sel hidup cenderung non polar hal ini menyebabkan material yang *hydrophilic* lebih sulit masuk ke dalam sel hewan dan tumbuhan dari pada yang *hydrophobic*.

# Generally...

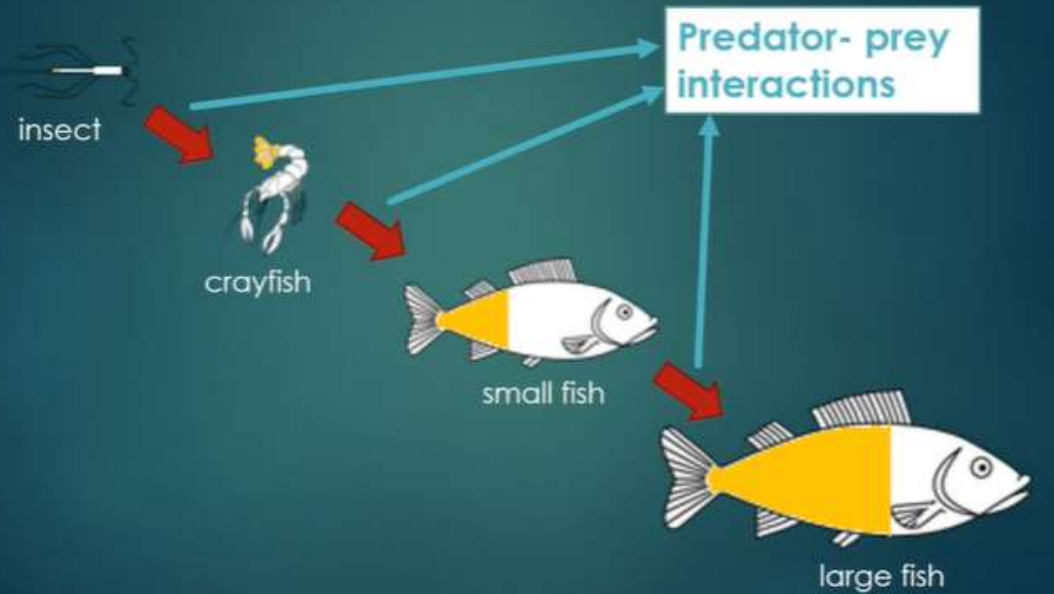
- Non-polar (*hydrophobic* and *lipophilic*) dapat dengan mudah menembus membrane sel melalui difusi sederhana
- Senyawa logam yang melekat di non-polar molekul dapat masuk menembus dinding sel. Such as methyl groups( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ )
- **Bioaccumulation and Biomagnification**

# Bioaccumulation



TIME

# Biomagnification

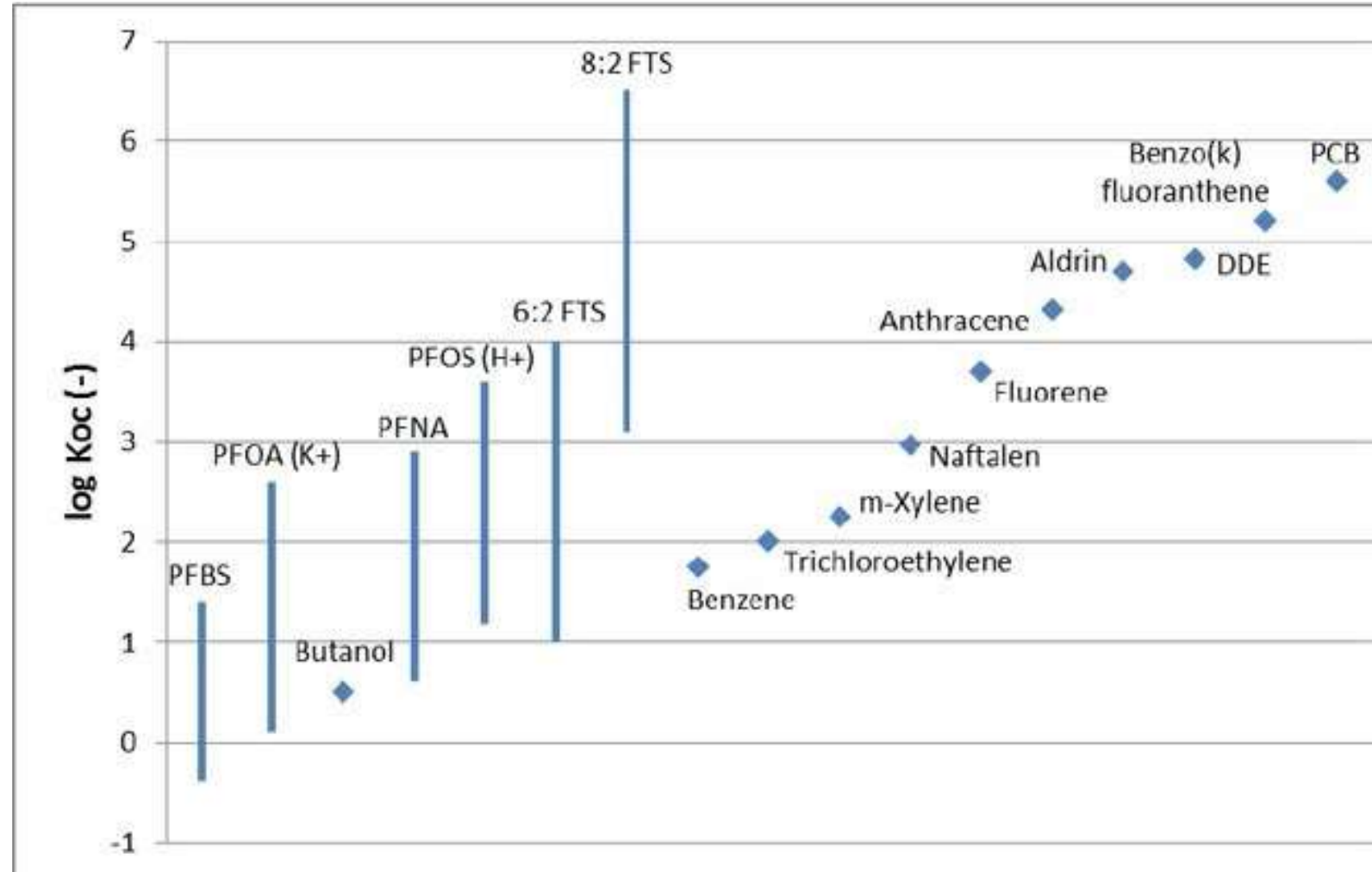


Koefisien partisi tanah dan air  $\rightarrow K_{OC} = C_{\text{organic karbon (tanah)}} / C_{\text{air}}$

- $K_{OC}$  = jumlah kontaminan yang melekat pada partikel karbon, dibandingkan dengan jumlah yang larut di air (*dissolved*)
- Sebagian besar kontaminan yang ada di tanah dan air ditemukan melekat pada partikulat. Pada lingkungan perairan biasanya ditemukan di sedimen tersuspensi
- Air dengan turbiditas yang tinggi membawa total kontaminan yang lebih banyak dari pada air yang jernih
- Namun kontaminan yang melekat pada partikulat biasanya bersifat kurang tersedia untuk makhluk hidup (*less bioavailable to organism*).
- Kontaminan yang melekat juga biasanya tidak mudah terbiodegradasi



- Setiap zat memiliki tingkat kecendrungan tingkat Koc yang berbeda-beda, biasanya dipengaruhi oleh pH, suhu, dll.

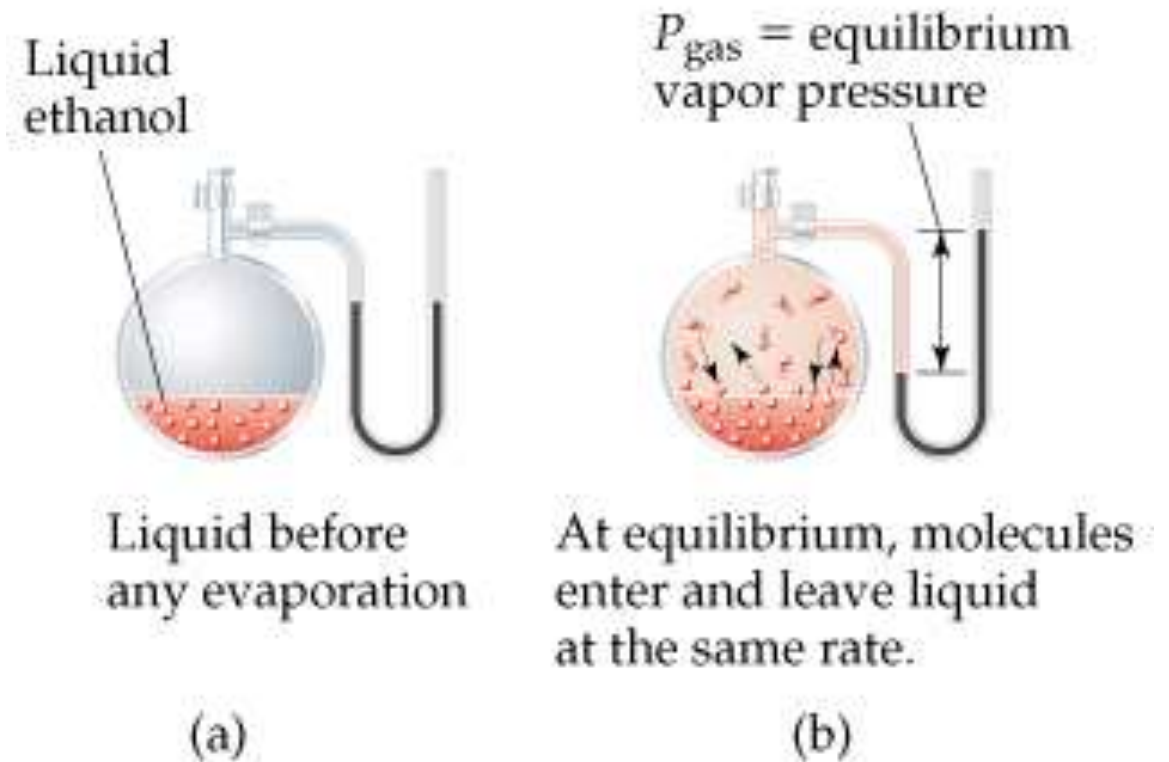


# Faktor-faktor yang mempengaruhi kehadiran bahan pencemar kimia di lingkungan

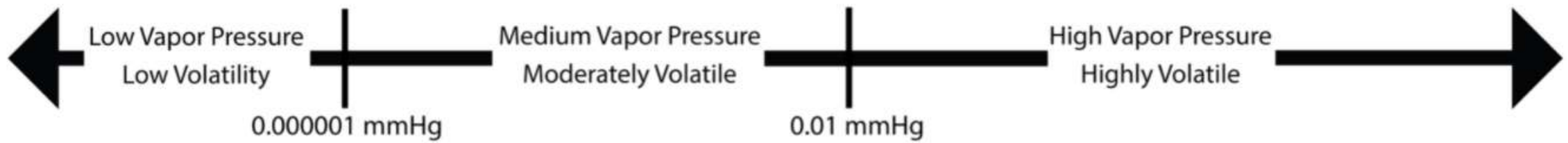
## 2. Tekanan uap (*Vapor Pressure*)

Measures the propensity of a chemical to be present in the atmosphere.

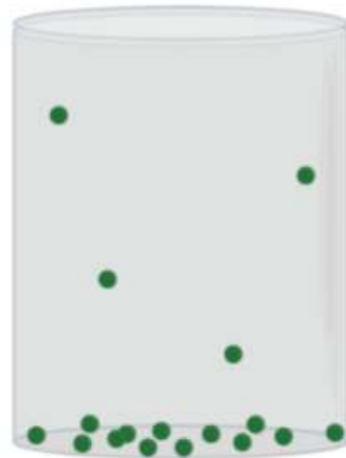
- Metal memiliki tekanan uap yang rendah (hampir nol)
- Untuk molekul organik, tekanan uap berkurang sejalan dengan berkurangnya berat jenis molekulnya







**Permethrin**  
0.000000215 mmHg



**Chlorpyrifos**  
0.0000187 mmHg



**Water**  
23.8 mmHg



**Sulfuryl Fluoride**  
13,000 mmHg



Sulfuryl fluoride is used to control a wide range of pests: [bed bugs](#), [termites](#), [rats](#), and [mice](#).

<http://npic.orst.edu/factsheets/vaporpressure.html>

Pesticide	Vapor pressure (mPa)	Water solubility (mg L <sup>-1</sup> )	$K_{ow}$	$pK_a$
Dimethoate	0.25 (25 °C)	25,000 (21 °C)	0.78	n.a [7]
Diazinon	18.7 (20 °C)	40 (25 °C)	3.11	2.6 [8]
Parathion-methyl	1.29 (20 °C)	55 (25 °C)	3.00	7.08 [9]
Fenitrothion	18 (20 °C)	38 (25 °C)	3.30	3.07 [9]
Malathion	5.3 (30 °C)	143 (20 °C)	2.75	n.a [7]
Chlorpyrifos	2.7 (25 °C)	1.40 (24 °C)	4.70	4.55 [10]
Ethion	0.20 (25 °C)	2.0 (25 °C)	4.28	5.07 [11]

Tian, F., Liu, W., Fang, H., An, M., & Duan, S. (2014). Determination of six organophosphorus pesticides in water by single-drop microextraction coupled with GC-NPD. *Chromatographia*, 77(5-6), 487-492.



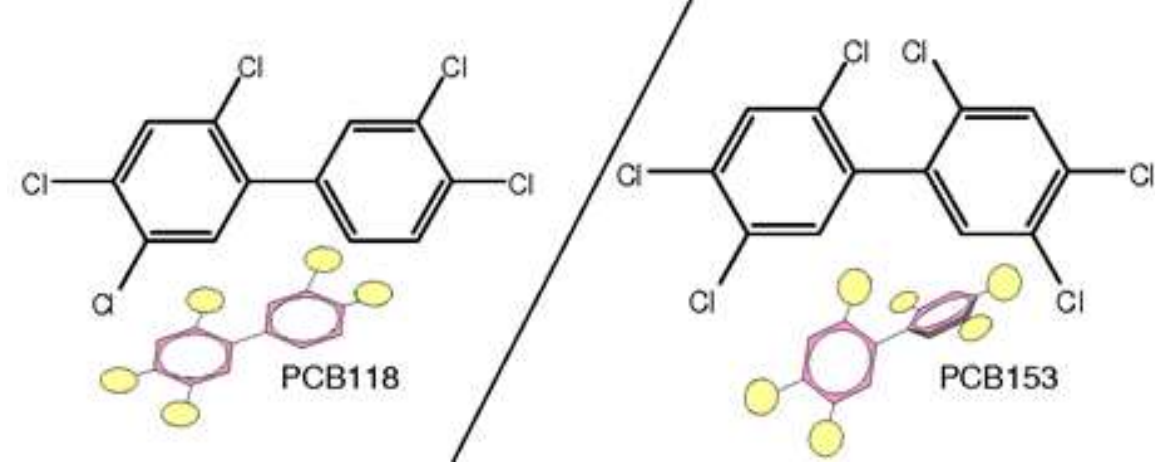
### 3. Titik lebur (*Melting Point*)

Kontaminan yang berbentuk ***padat*** pada suhu normal biasanya:

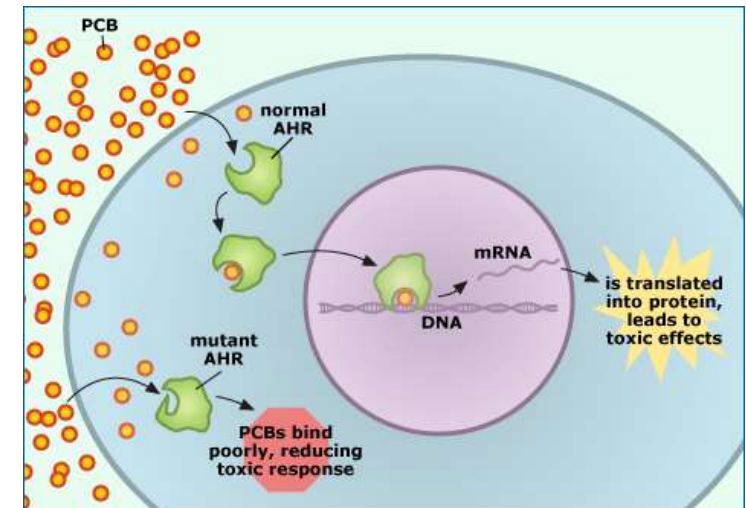
- ❖ Tidak mudah menguap
- ❖ Tidak mudah berpindah
- ❖ Tidak ditemukan di udara (atmosfir)
- ❖ Tidak bioavailable

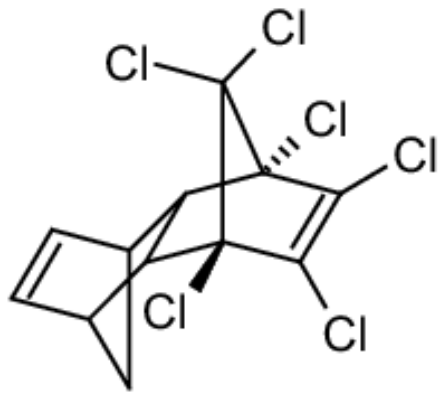
## 4. Struktur Molekul

- **Isomerism/stereoisomerism:** memiliki komposisi dan berat atom yang sama, tetapi strukturnya berbeda
- Hal ini sangat penting dalam Toksikologi: ***persistence*** dan ***movement***
- Bahkan perubahan kecil dalam struktur atom dapat menentukan apakah sebuah molekul dapat mengaktifkan/atau tidak sel penerima untuk bisa masuk menembus dinding sel
  
- Planar/coplanar PCBs akan ***lebih toksik*** dibanding non planar PCBs

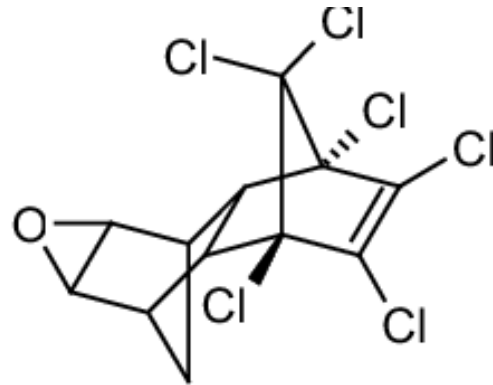


Chemical structures of co-planar dioxin-like PCB118 and the non-co-planar nondioxin-like PCB153





Aldrin



Dieldrin



**Aldrin** 10x lebih beracun dibanding **Dieldrin**

Juga sangat **persistent**

## 5. Ketangguhan zat (Environmental Persistence)

- Hal penting dalam kajian resiko dan kesesuaian lingkungan
- Biasanya diindikasikan oleh paruh waktunya (half lives)
- Proses degradasi dan pembentukan kembali bisa lebih beracun dari pada zat induknya (parent compound)
- Ada sekitar 9-10 juta jenis bahan organik (organic compounds) yang diketahui, namun demikian banyak sekali diantaranya belum diketahui secara pasti dampak negatifnya terhadap lingkungan
- Terminologi: Persistent Organic Pollutants = “POPs”

# POPs

- ***Persistent organic pollutants*** (POPs) are toxic synthetic chemical that persist in the environment for a long period of time.
- The POPs are highly resistant to environmental degradation through physical, chemical, biological, and photolytic processes.
- They have long half-lives in soil, water, and air.
- Contohnya: aldrin, chlordane, dieldrin, endrin, heptachlor, hexachlorocyclohexane (HCH), mirex, DDT, PCBs, etc.



## Persistent organic pollutants (POPs): a global issue, a global challenge

Muhammad Aqeel Ashraf<sup>1,2,3</sup>

Received: 18 March 2015 / Accepted: 11 August 2015 / Published online: 15 September 2015  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Since the Second World War, scientists have identified certain chemical contaminants that exhibit toxic characteristics and are persistent in the environment, bioaccumulative, prone to long-range atmospheric transboundary migration and deposition, and expected to impose serious health effects on humans, wildlife, and marine biota adjacent to and distant from their origin of emission. These chemical pollutants are referred to as persistent organic pollutants (POPs) (Ashraf et al. 2015).

hydrolysis and larger numbers of chlorine substitution and/or functional groups lead to greater resistance to biological and photolytic degradation. Because POPs break down very slowly, they will be present in the environment for a long time, even if all new sources are immediately eliminated (Chu et al. 2006).

POPs in the environment are transported at low concentrations by movement of fresh and marine waters; in addition, because they are semi-volatile, POPs are transported over long distances

Tugas:

1. **Membaca dan memahami** artikel ilmiah tentang POPs berikut (Ashraf, 2017)
2. **Merangkum** (dalam Bahasa Indonesia) → 1 lebar/spasi 1
3. Submitted sebelum perkuliahan minggu depan ke: [hamdhani@fpik.unmul.ac.id](mailto:hamdhani@fpik.unmul.ac.id)
4. Subjek email: **Nama – POPs Reading**

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11356-015-5225-9.pdf>