

## MANUSIA DAN AIR

- ◆ Komponen terbesar tubuh manusia (50-70)%
- ◆ Pelarut berbagai jenis zat dalam tubuh

11/5/2008 Dwina Roosmini 4

## Air



### ➤ Fungsi

- Untuk menunjang kehidupan manusia (masak, cuci + transpor, agrikultur, perikanan, dll)
- Pembuangan limbah

### ➤ Lingkungan air dapat membawa penyakit

- Menular
- Tidak menular

### ➤ Pengolahan limbah cair di Indonesia, masih banyak yang tidak/cukup memuaskan, oleh karenanya masih mencemari lingkungan air

11/5/2008

Dwina Roosmini

5

## Standard Air Minum di Indonesia

Keputusan Menteri Kesehatan RI No:  
907/MENKES/SK/VII/2002 Tanggal 29 Juli 2002

### Parameter:

- Bakteriologis: *E. coli*
- Kimia: inorganik dan organik
- Radioaktivitas
- Fisis: warna, bau dan kekeruhan

11/5/2008

Dwina Roosmini

6

### Peraturan-Peraturan :

- Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Keputusan Gubernur No. 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat
- Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I No. 38 tahun 1991 tentang Peruntukan Air dan Baku Mutu Air pada Sumber Air di Jawa Barat
- Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I No. 67 tahun 1997 tentang Peruntukan Air dan Baku Mutu Air pada Sungai Cikarang, Ciherang, Cilamaya, Ciasem, Cipunegara di Jawa Barat
- Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I No.58 tahun 1998 tentang Peruntukan Air dan Baku Mutu Air pada Sungai Cisanggarung, Ciberes dan Bangkaderes di Jawa Barat
- Keputusan Gubernur Jawa Barat No.28 tahun 2000 tentang Peruntukan Air dan Baku Mutu Air pada Sungai Ciwulan dan Cilangla di Jawa Barat.
- Keputusan Gubernur Jawa Barat No.39 tahun 2000 tentang Peruntukan Air dan Baku Mutu Air pada Sungai Citarum dan Anak-anak Sungaiinya di Jawa Barat

11/5/2008

Dwina Roosmini

7

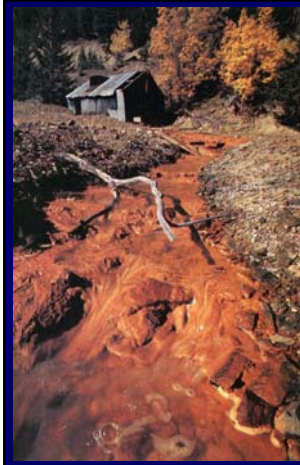
## Sumber-sumber Pengotor Air

- ◆ Alamiah:
  - Udara
  - Mineral Terlarut
  - Tumbuhan/hewan (pembusukan)
  - Tumbuhan air
  - Air hujan
- ◆ Pertanian:
  - Erosi
  - Kotoran hewan
  - Pupuk
  - Pestisida
  - Air Irigasi
- ◆ Limbah Cair:
  - Permukiman
  - Industri
  - Air hujan kota
  - Kapal/perahu
  - Pengolahan limbah

11/5/2008

Dwina Roosmini

8



Miller, 1996

## Penyebab Penyakit

- ◆ Agen Hidup: penyakit menular
- ◆ Agen tidak hidup: peny. tdk menular

11/5/2008

Dwina Roosmini

10

## Pencemar Biologi

Dalam standard air minum diukur dengan indikator *E. coli* atau Total coli

- Kelompok coliform: *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii*
  - bakteri aerobik dan fakultatif anaerobik, gram negatif, tidak membentuk spora, berbentuk bulat yang menfermentasi laktosa dan membentuk gas dalam 48 jam pada 35°C

## Sifat Biologi

- Organisme native
- Organisme tidak native

Ekosistem akuatik

$$\text{Diversitas} = \frac{\text{Jumlah spesies}}{\text{Jumlah individu organisme}}$$

11/5/2008

Dwina Roosmini

12

## Peran Air dalam Penyebaran Penyakit Menular

- ◆ Air sebagai penyebar mikroba patogen
- ◆ Air sebagai sarang insekta penyebar penyakit
- ◆ Air sebagai sarang hospes sementara penyakit

11/5/2008

Dwina Roosmini

13

## Penyakit yang berhubungan dengan air

Kategori	Infeksi	Agen patogen
1. Fekal-oral ( <i>water-borne atau water-washed</i> )	Diarrhoeas dan dysentries : Disentri amuba Balantidiasis Kolera E. coli diarrhoeae Rotavirus diarrhoeae Shigellosis (bacillary dysentry) Hepatitis-A Polio Typhus abdominalis	P- <i>Entamoeba histolytica</i> P- <i>Balantidia coli</i> B- <i>Vibrio cholerae</i> B- <i>Escherichia coli enteropatogenic</i> V- <i>Rotavirus</i> B- <i>Shigella dysenteriae</i> V-V, <i>Hepatitis A</i> V-V, <i>poliomyelitis</i> B- <i>Salmonella typhi</i>
2. <i>Water-washed</i> : a. Infeksi kulit dan mata b. Lain-lain	Penyakit infeksi kulit Penyakit infeksi mata Louse-borne typhus Louse-borne relapsing fever	M M R S
3. <i>Water-based</i> : a. menembus kulit b. ingested	Schistosomiasis Cacing guinea Chlororchiasis Diphyllobothriasis	H-Schistosoma H H H
4. <i>Water-related insect vector</i> : a. menggigit dekat air b. berkembang biak dalam air	Sleeping sickness Filariasis Malaria River blindness Mosquito-borne viruses: Dengue (Demam Berdarah)	P H P H V

Keterangan : B: Bakteri, H: cacing, P: Protozoa, M: apa saja, R: Rickettsia, S: Spirochaete, V: Virus  
Sumber: Cairncross dan Feachem, 1983

## Penyakit yang berhubungan dengan air (lanj.)

Kebanyakan merupakan penyakit saluran pencernaan, tinja dari penderita dapat masuk ke dalam sistem penyediaan air.

Organisme patogen umumnya tidak dapat berkembang dalam air, hanya dpt bertahan beberapa hari

Spora atau kista → bertahan di luar tubuh dalam waktu lama, contoh: *Clostridium tetani* (bertahan beberapa tahun)

## Penyakit yang berhubungan dengan air (lanj.)

### Salmonellosis:

Gastroenteritis akut, keracunan pada darah, demam enterik

Penyebab: *Salmonella typhimurium* → gastroenteritis

*Salmonella typhi* → Typhoid fever



3% pasien akan menjadi carrier (sembuh dr penyakit, ttp masih membawa m.o)

## Penyakit yang berhubungan dengan air (lanj.)

### Shigellosis (*Bacillary dysentriae*):

Diare akut

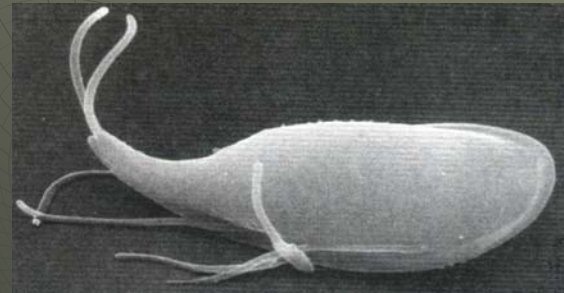
Penyebab: *Shigella*

### Amebiasis (*amebic dysentriae*):

Diare

Penyebab: Protozoa *Entamoeba histolytica* dengan habitat usus besar  
Membentuk kista dan dapat terbawa tinja untuk menyebar

Tahan thd klorinasi, dapat dihilangkan dengan UV atau pengeringan



Giardia, Perotozoa penyebab diare

11/5/2008

Dwina Roostmini

18

## Penyakit yang berhubungan dengan air (lanj.)

### Hepatitis:

Demam, kehilangan selera makan dan energi, sakit kepala, kuning

Penyebab: *Virus*

Wabah di New Delhi, India (1955-1956): Kontaminasi SPAB oleh limbah domestik

### Cholera:

Diare akut (muntaber) → dehidrasi

Penyebab: Bakteri *Vibrio Cholera* atau *V comma*

## Virus

- Tidak dapat berkembang biak diluar sel hidup → jumlah di lingkungan berkurang
- Dapat bertahan hidup di lingkungan pada kondisi: pH netral, senyawa organik, kelembaban, temperatur rendah.
- Enterovirus dapat ditemukan hampir diseluruh air permukaan yang menerima limbah domestik → 100 enterovirus/ liter

11/5/2008

Dwina Roostmini

20

## Virus (lanj.)

- Teradsorbsi pada partikel tersuspensi (baik organik maupun anorganik)  
→ terakumulasi pd dasar sedimen
- Daya tahan lebih baik pada air terpolusi dengan berat
- Dpt mencemari air tanah dangkal yang tercemar limbah domestik
- Dpt ditemukan pada air dari PAM yang telah diklorinasi, sementara bakteri hilang virus tdk juga dapat lolos pada saringan pasir

11/5/2008

Dwina Roosmini

21

## Virus (lanj.)

### Desinfeksi:

- poliovirus resistan thd desinfeksi dengan klor
- ozon merupakan desinfektan cukup baik utk virus
- Adenovirus penyebab infeksi mata, sal. Pernafasan tahan terhadap desinfeksi dengan UV (Gerba, 2003)

11/5/2008

Dwina Roosmini

22

## Virus (lanj.)

### Penyisihan virus dalam pengolahan limbah cair:

- Sedimentasi primer/sekunder: 83% teradsorbsi pada solid dan mengendap
- Tangki Septik: 50 % tgt waktu detensi
- Trickling filter: 85-94 %
- Lumpur aktif: 90 – 99 %
- Pengolahan Lumpur:  
Pit latrin, Anaerobic digestion, sludge drying bed, komposting

11/5/2008

Dwina Roosmini

23

## Ascariasis

- Reservoir: Manusia
- Transmisi: Oral, melalui tangan, makanan, alat2.
- Telur menetas menjadi larva di usus besar, masuk ke aliran darah, masuk ke hati/jantung dan akhirnya masuk ke paru2 dlm 3 hari.
- Larva berkembang di paru2, masuk ke trakhea, tertelan masuk ke oesophagus → usus, berkembang dalam 60-75 hari hidup s.d 1,5 tahun.

11/5/2008

Dwina Roosmini

24

## Ascariasis

- Terdapat dalam air permukaan, tidak di air tanah
- Terdapat terbanyak di feces: 300.000 telur pergram feces.

11/5/2008

Dwina Rosmini

25

## Water-based helminths



## *Dracunculus medinensis*

11/5/2008



11/5/2008

Dwina Rosmini

27

## Konsentrasi *Fecal Coliform* dalam Sumber Air Domestik di Negara Berkembang

Sumber	<i>Escherichia coli</i> per 100 mL
<b>Gambia:</b> Sumur pompa tangan (15-18) m	s.d 100.000
<b>Indonesia:</b> Kanal di Jakarta	3.100 – 3.100.000
<b>Kenya:</b>	
Mata Air	0
Waduk	0-2
Sungai Besar	10 – 100.000
<b>Uganda:</b>	
Sungai	500 – 8.000
Mata Air (tdk terlindung)	0 – 2.000
Sumur pompa tangan	8 - 200

11/5/2008

Dwina Rosmini

28

## Pencemar Kimia

### Terdiri dari:

- Pencemar organik (SK Menkes 907):  
36 parameter senyawa dan 50 senyawa organik kategori pestisida.
- Pencemar Inorganik: Logam berat (Hg, Cd, Cr, Pb, dll)

11/5/2008

Dwina Roosmini

29

## Portal of Entry

pintu masuk ke dalam tubuh atau cara zat masuk ke dalam tubuh

- **Oral:** melalui saluran pencernaan, sulit mencapai peredaran darah
- **Inhalasi:** melalui saluran pernapasan, cepat memasuki peredaran darah,
- **Dermal:** melalui kulit, sehingga akan mudah masuk ke dalam peredaran darah
- **Parenteral:** melalui suntikan langsung memasuki peredaran darah

11/5/2008

Dwina Roosmini

30

## Senyawa Inorganik

### Sumber Logam Berat

#### Pencemaran Lingkungan:

- ◆ **Proses alamiah:** konsentrasi rendah, lokal
- ◆ **Penambangan:** konsentrasi tinggi
- ◆ **Limbah:** proses, pemakaian

## Merkuri

- ◆ **Merkuri organik:**  
Metilmerkuri  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$   
di-metilmerkuri  $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$
- ◆ **Merkuri inorganik:**  
 $\text{Hg}^0$

11/5/2008

Dwina Roosmini

32



## Metil merkuri

- ◆ Terabsorpsi dari sistem pencernaan sampai 100%
- ◆ Menembus sistem peredaran darah dan otak
- ◆ Menembus plasenta
- ◆ Waktu paruh biologi: 70-80 hari.

11/5/2008

Dwina Roosmini

33

## Toksisitas

Toksisitas Akut:

- ◆ Umumnya akibat terpapar Hg inorganik
- ◆ Sakit perut berat, nefritis

11/5/2008

Dwina Roosmini

34

## Toksisitas kronis

Disebabkan oleh metilmerkuri:

- ◆ Gangguan koordinasi
- ◆ Gangguan pendengaran
- ◆ Gangguan bidang pandang
- ◆ Retardasi mental
- ◆ Gangguan pertumbuhan
- ◆ Gangguan sistem syaraf

11/5/2008

Dwina Roosmini

35

## Methylmercury

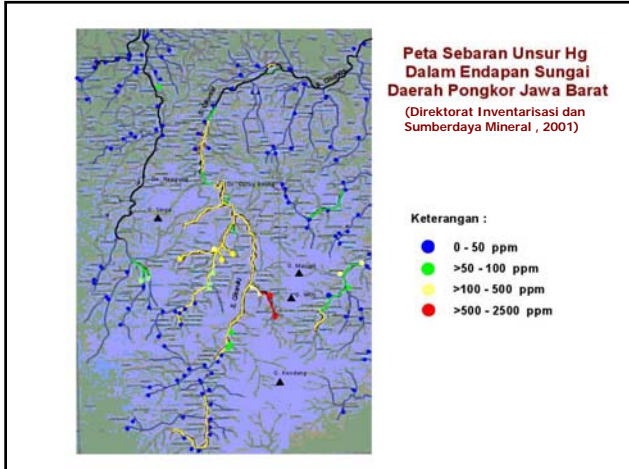
Exposure Sources:

- ◆ Chloralkali plants
- ◆ Pulp and paper
- ◆ Antiseptics, fungicides
- ◆ Biomagnification in water systems

11/5/2008

Dwina Roosmini

36



Contoh:

Minamata: Keracunan air raksa di Minamata, Kyushu, Jepang 1953 – 1960.  
111 orang cacat, 43 orang meninggal  
Pabrik plastik membuang Hg ke perairan

**EPA Regulations and Advisories**

Maximum Contaminant Level inorganic mercury in drinking water = 0.002 mg/L

Toxic Criteria:

- Freshwater: maximum = 1.4 µg/L, continuous = 0.77 µg/L
- Saltwater: maximum = 1.80 µg/L, continuous = 0.94 µg/L
- Human health consumption of organisms = 0.3 mg/kg methyl mercury fish tissue (wet weight)

## Arsenic

- ◆ Dapat secara cepat diekskresikan bersama urin: dalam 1-2 hari
- ◆ Waktu paruh arsen organik: 4 – 6 jam

11/5/2008

Dwina Roosmini

41

## ARSENIC

- ◆ Arsen inorganik dapat menembus plasenta, tetapi tidak ditemukan pada air susu ibu.
- ◆ Masalah dapat timbul akibat pajanan kronis atau akut dengan dosis tinggi

11/5/2008

Dwina Roosmini

42

## Pajanan Akut

Menyebabkan muntah-muntah, sakit yang parah pada abdomen, diare (kadang disertai pendarahan) dalam sekitar 1 jam setelah tertelan

Gejala lain: anorexia, demam, iritasi mukosa

11/5/2008

Dwina Roosmini

43

## Pajanan Kronis

- ◆ Toksik terhadap sistem syaraf pusat, menyebabkan gangguan kepekaan dan kelemahan otot
- ◆ Sakit yang sangat pada kaki

11/5/2008

Dwina Roosmini

44

## Pajanan Sub akut dan kronis

- ◆ prominent dermatologic
- ◆ Hyperpigmentation : non sun-exposed areas  
Hyperkeratosis on the palms and soles.  
Squamous cell carcinoma
- ◆ Pathognomonic sign: horizontal white bands of arsenic deposits across the bed of the fingernails (Mees' line).
- ◆ Mees' lines usually appear 4-6 weeks after exposure

11/5/2008

Dwina Roosmini

45

## Keracunan Cadmium:

Toyama, Jepang:

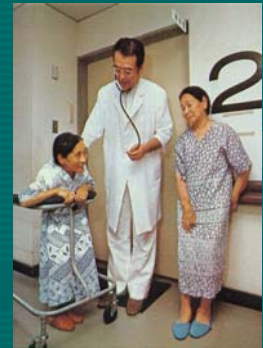
Pelunakan tulang punggung

Sumber pencemar:

Pertambangan seng dan timah hitam membuang partikulat Cd. Cd masuk ke air irigasi dan akhirnya ke persawahan, padi/beras.

Kadar Cd di beras mencapai konsentrasi 1,6 ppm

Standar air minum SK Menkes 2002: 0,003 mg/L



11/5/2008

Dwina Roosmini

46

## Keracunan Cobalt

- Banyak digunakan di Pabrik elektronik, turbin gas sebagai katalisator proses kimia
- Diperlukan dalam jumlah kecil pada tubuh manusia
- Penyebab penyakit kelainan otot jantung
- Adanya cobalt s.d. konsentrasi 1,1-1,2 ppm dalam bir

11/5/2008

Dwina Roosmini

47

## Alumunium:

Dalam dosis tinggi menyebabkan luka pada usus

## Besi:

Dalam dosis tinggi merusak dinding usus

## Nitrat dan Nitrit:

Keracunan akut: Dalam jumlah besar mengganggu sistem pencernaan, diare bercampur darah

Keracunan kronis: depresi umum, sakit kepala dan gangguan mental

Methemoglobinaemia: bayi kekurangan oksigen karena hemoglobin berikatan dengan nitrit

## Senyawa Organik

36 parameter senyawa dan 50 senyawa organik kategori pestisida.

- Senyawa persisten
- Senyawa biodegradable

11/5/2008

Dwina Roosmini

49

## Senyawa (Zat-zat) Persisten

Sulit terurai/terdegradasi baik secara biologi maupun kimiawi

Contoh:

- DDT (Dichloro-diphenyl-trichloroethan)
- Klorolignin (limbah cair industri kertas dgn proses klorinasi): BM >> (10000Dalton)
- Senyawa organik terklorinasi lain: AOX (Adsorbable Organic Halide)

11/5/2008

Dwina Roosmini

50

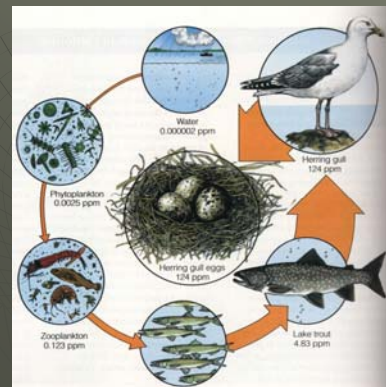


Sumber: Cunningham, 1999

11/5/2008

Dwina Roosmini

51

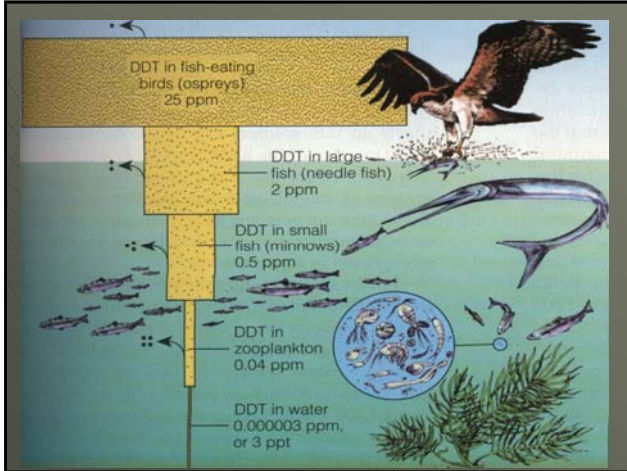


Biomagnifikasi PCB

11/5/2008

Dwina Roosmini

52



## DDT(Dichloro-diphenyl-trichloroethane)

- ◆ Insektisida yang dibuat pertama kali
- ◆ Persisten → terakumulasi dalam rantai makanan → biomagnifikasi
- ◆ Efek: pusing, mual, tremor dan kerusakan hati, sistem syaraf pusat dan ginjal
- ◆ Dosis kecil berulang lebih berbahaya

11/5/2008

Dwina Roosmini

54

## Benzo(a)pyrene

- ◆ Merupakan PAH (polisiklik aromatik hidrokarbon)
- ◆ Bersifat karsinogenik dan mutagenik

11/5/2008

Dwina Roosmini

55

## Chlordane

- ◆ Insektisida  $C_{10}H_6Cl_8$
- ◆ Sering ditemui sebagai pencemar air
- ◆ Mudah terabsorpsi oleh kulit menyebabkan hyperexitasi dan konvulsi, penyebab kelainan darah dan anemia

11/5/2008

Dwina Roosmini

56

### Pentachlorophenol (PCP)

- ◆ Kerusakan pada hati, pada hewan percobaan bersifat teratogenik
- ◆ Bila dipanaskan menguapkan  $Cl_2$

### Benzenheksaklorida (BHC)

- ◆ Toksisitas akut maupun kronis
- ◆ Racun perut

### Zat radioaktif

- ◆ Dalam jumlah sedikit dapat menimbulkan masalah → biomagnifikasi
- ◆ Menimbulkan kerusakan pada sel yang terpapar:
  - kematian sel
  - perubahan genetik → kanker atau mutasi

