



# **Bahaya Kerja dan Toksikologi di Lingkungan Kerja**

Rubayat Indradi

Fakultas Kedokteran

Universitas Muhammadiyah Malang





**HAZARDS**

Hmm...



**RISKS**



**HAZARDS**



**PREVENTION**

- Pengenalan bahaya kerja → upaya kesehatan kerja
- sistem kerja:
  - pekerja, lingkungan kerja, pekerjaan, pengorganisasian pekerjaan dan budaya kerja.
- Setiap komponen sistem kerja:  
dapat menjadi sumber atau situasi yg berpotensi menimbulkan kerugian bagi kesehatan pekerja, berupa cedera atau gangguan kesehatan (fisik dan mental).

# Bahaya di Lingkungan Kerja

- Fisik
- Kimia
- Biologi
- Radiologi
- Toksikologi

# Faktor Fisik

- Bahaya mekanik
- Bising
- Getar atau vibrasi
- Suhu ekstrim panas atau dingin
- Cahaya
- Tekanan
- Radiasi pengion
- Radiasi bukan pengion (gelombang elektromagnetik)

# Faktor Kimia

## Faktor Bahaya Kimia di Industri

- Tergantung sifat fisik, kimia, dan racun.
- Kontaminan dapat masuk melalui: saluran napas, kulit, mulut.

## Klasifikasi (berdasarkan reaktivitas):

Mudah meledak

Mudah terbakar

Korosif

Toksin

Oksidator

Reaktif thd air

Reaktif thd asam

Gas bertekanan

Radioaktif



## **Klasifikasi (berdasarkan patofisiologi):**

- Iritatif
- Asfiksian
- Zat pembius
- Toksin
- Fibrotik
- Karsinogenik

*Globally Harmonized System (GHS), bahan kimia dapat diklasifikasikan menjadi 27 kelas.*

## **Klasifikasi (berdasarkan bentuk):**

- partikel/ partikulat (0,02–500 $\mu\text{m}$ ):
  - debu
  - fume
  - kabut
  - asap
  - smog
- Non partikel: gas, uap.

# Faktor Biologi

- salah satu potensi bahaya yang sering dijumpai → kurang mendapat perhatian yang serius dan jarang dikenal.
- pertanian, peternakan, perawatan hewan, tempat perawatan kesehatan (klinik) dan rumah sakit merupakan tempat yang punya potensi besar mengandung faktor biologi.
- Terpapar melalui: pernapasan, pencernaan, kulit, infeksi.

# Klasifikasi

- Mikroorganisme dan toksin
- Anthropoda (*crustacea, arachnid, insect*)
- Bahan alergen dan toksin dari tumbuhan tingkat tinggi
- Protein alergen dari tumbuhan tingkat rendah dan invertebrata

# Klasifikasi CDC

- Biosafety level 1
  - Bacillus subtilis, canine hepatitis, Escherichia coli, varicella (chicken pox/cacar).
- Biosafety level 2
  - Hepatitis, Influenza A, HIV/AIDS, Salmonella
- Biosafety level 3
  - Anthrax, SARS virus, TBC, Thypus yellow fever, malaria
- Biosafety level 4
  - Ebola virus, Marburg virus, Lassa virus

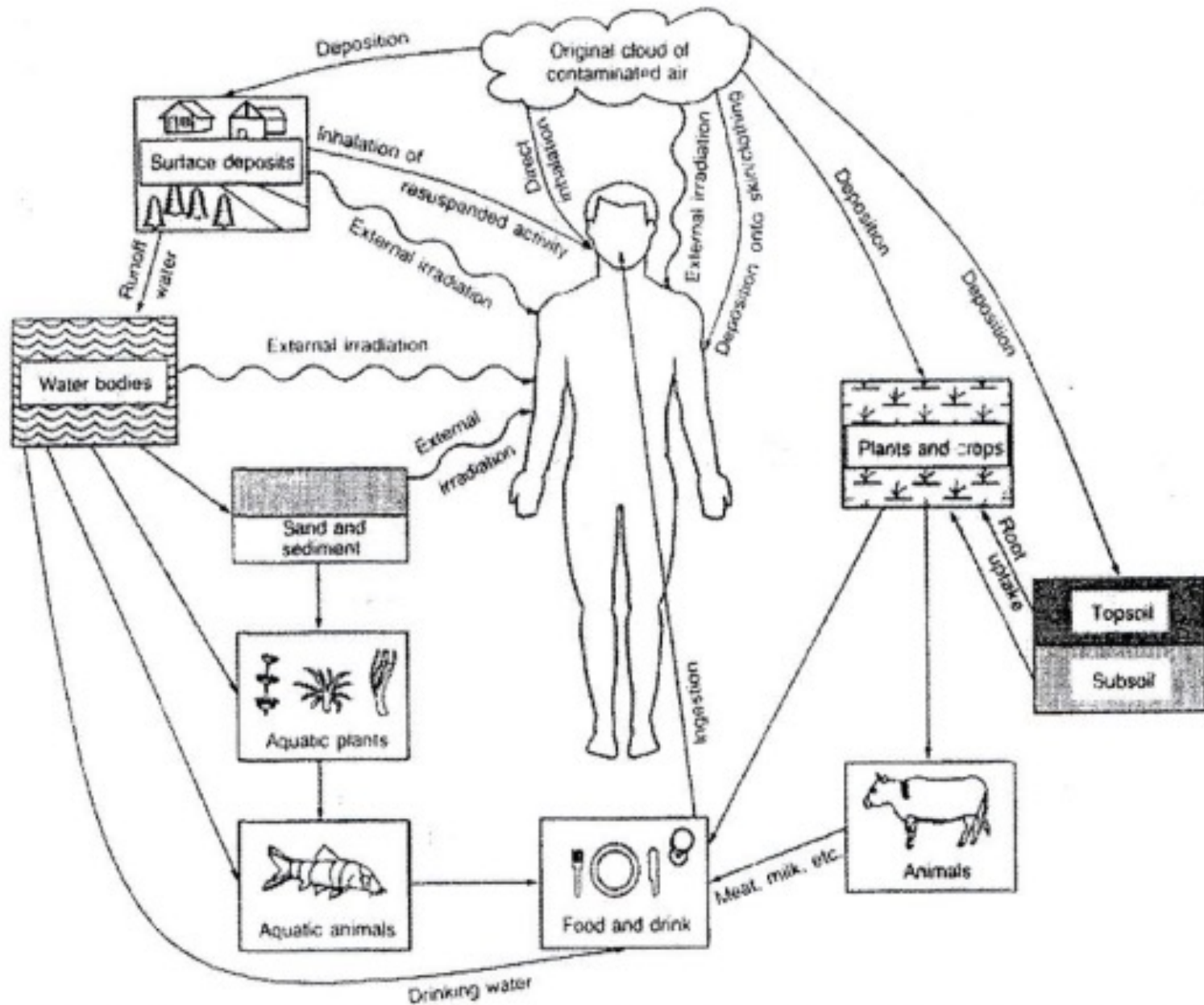
# Faktor Radiologi (Ionik)

## Jenis:

- Radiasi elektromagnetik: sinar X dan Sinar gamma
- Radiasi partikel: elektron (beta), neutron, proton dan alpha.

## Sumber pajanan:

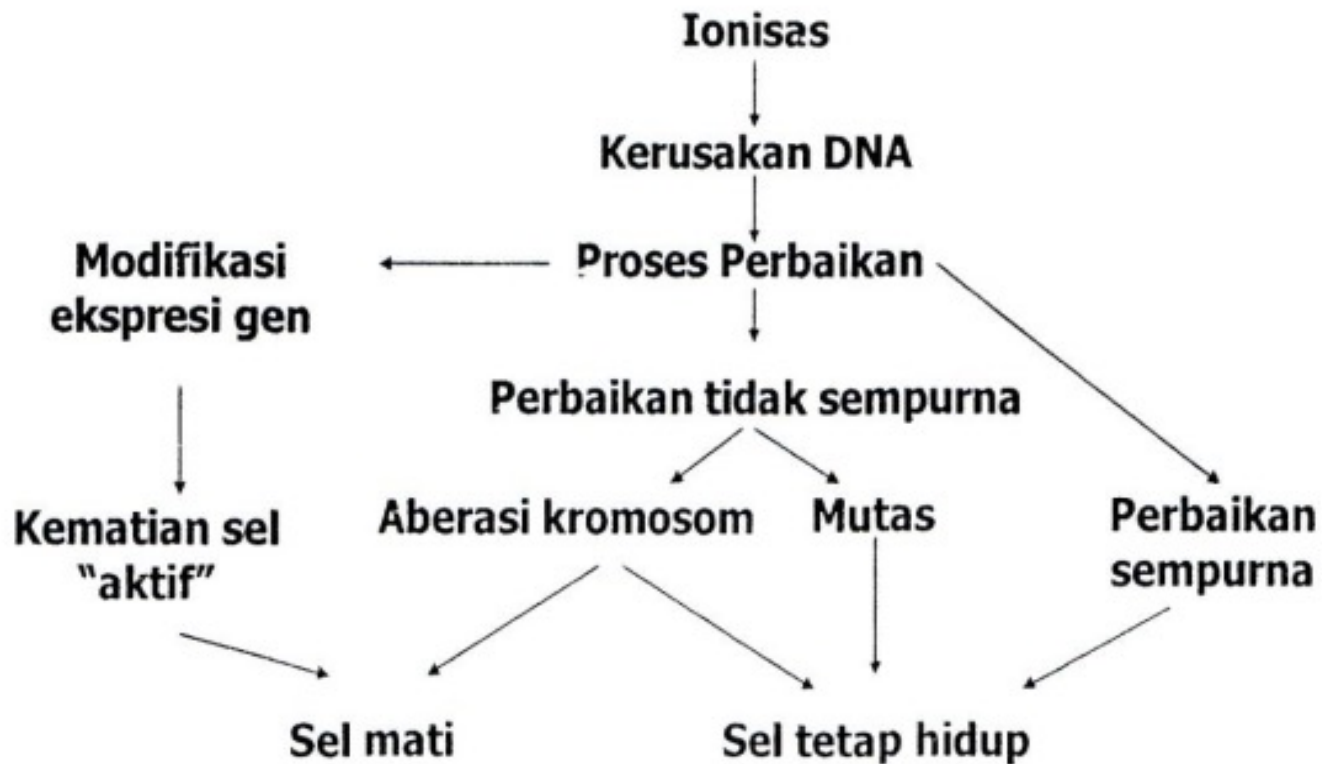
- Industri tabung sinar katoda
- Pembangkit tenaga nuklir
- Pertambangan
- Rumah sakit (kedokteran gigi, umum, unit radiologi, laboratorium)
- Lembaga penelitian
- Pertanian dll



**Gambar 7.4. Paparan radiasi terhadap manusia dan lingkungan**

# Efek Radiasi Ionik terhadap Kesehatan

## Efek Radiasi terhadap Sel



Gambar. 7.5. Efek radiasi terhadap sel



# Klasifikasi Efek Radiasi (lanjutan)



Gambar.7.6. Klasifikasi Efek Radiasi

# Efek Radiasi Ionik

- Stokastik:
  - Tergantung frekuensi pajanan, namun tingkat keparahan tidak bergantung dosis.
  - Terjadi tanpa ada dosis ambang, baru akan muncul setelah masa laten yg lama.
  - **Mutagen, teratogen, karsinogen.**
- Non stokastik:
  - Kematian sel akibat paparan radiasi sebagian atau seluruh tubuh.
  - Tergantung dosis dan frekuensi pajanan.
  - Eritema, katarak, peradangan paru, sterilitas.

# Efek Radiasi Ionik Jangka Pendek (akut)

## “Radiation sickness”

- Mual, muntah, sakit kepala, dan eritema yang timbul setelah 24 jam terkena radiasi.
- Sakit perut dan demam, timbul setelah 2-3 hari pemajanan
- Diare dan dehidrasi pada minggu ke 2 setelah pemajanan
- Rambut mulai rontok, lesu, demam dan timbul perdarahan pada minggu ke 3
- Jika gejala diatas semakin parah dapat timbul perdarahan hebat yang menyebabkan kematian (terjadi pada minggu ke 4-6 setelah radiasi).

**ICRP:** LD 50/60 berkisar 2,5-5 Gy, dengan dosis rata2 3,5 Gy

# Faktor Radiologi Non-Ionik

## Sumber Radiasi

- Frekuensi TV/radio
  - frekuensi 10 kHz - 30 MHz, dan panjang gelombang 1000 m - 1 m.
- Gelombang Mikro
  - frekuensi 0,3 – 300 GigaHz, panjang gelombang 1 m - 1mm.
- Infra Merah
  - panjang gelombang 1 mm - 1000 nm,  $3 \times 10^{11}$  Hz -  $3 \times 10^{14}$  Hz.
- Sinar Tampak
  - panjang gelombang 1000 nm - 500 nm, frekuensi  $3 \times 10^{14}$  Hz -  $3,5 \times 10^{14}$  Hz.
- Sinar UV
  - panjang gelombang 400-100 nm,  $3 \times 10^{14}$  Hz -  $3 \times 10^{15}$  Hz.

# Efek Radiasi Non Ionik terhadap Kesehatan

- Gelombang Radio/TV:
  - Kelainan saraf, gangguan pembentukan darah, leukemia.
- Gelombang mikro:
  - Sistem saraf, reproduksi, dugaan leukemia.
- Infra merah:
  - Gangguan reproduksi, sistem saraf jantung.
- Sinar tampak:
  - Kelelahan kerja, kecelakaan kerja.
- Ultraviolet (UV-A, UV-B, UV-C):
  - Kulit: terbakar, melepuh, meradang, keratosis, Ca kulit
  - Mata: konjungtivitis, keratitis, katarak

# Toksikologi

- Efek bahan toksik terhadap tubuh
- Klasifikasi bahan berbahaya
- Proses absorpsi, distribusi dan ekskresi dalam tubuh
- Nilai Ambang Batas dan Indeks Paparan Biologis

# Efek bahan Toksik

## Efek lokal

- pada bagian tubuh yang terkena bahan beracun,

## Efek sistemik

- akan terjadi bila bahan kimia tersebut diserap oleh tubuh.
  - penyerapan melalui kulit, saluran pencernaan, paru-paru dan cara lainnya
  - Distribusi dan eksresi -->menembus dinding membran sel tubuh baik melalui proses filtrasi, difusi pasif, diangkut melalui suatu media

# Absorpsi

## **Saluran pernafasan:**

- gas (karbon monoksida, nitrogen oksida), dan bentuk uap (benzene, karbon tetra klorida)

## **Melalui kulit:**

- zat-zat yang sangat toksik, larut dalam lemak akan diserap dalam jumlah yang cukup berbahaya dan dapat menimbulkan efek sistemik
  - insektisida, organik pelarut



## **Saluran pencernaan**

- terjadi karena kecelakaan.
- Penyerapan dapat terjadi mulai dari lambung, usus sampai ke usus besar, dan substansi yang mudah larut umumnya akan lebih mudah diabsorpsi di dalam pencernaan. Keadaan lambung yang kosong mempercepat penyerapan.
- Di usus penyerapan menjadi lebih cepat karena luas permukaan penyerapan sangat luas dengan adanya jonjot (vili) usus dan banyak pembuluh darah.

## Cara Lain

- biasanya pada eksperimen, berbagai jalan masuk diujikan seperti melalui vena, subkutan, atau injeksi ke dalam otot.
- Tujuannya agar mudah tercapai dosis yang tinggi dalam waktu singkat.

# Distribusi

- Bahan akan berada di dalam darah dan menyebar dengan cepat ke seluruh tubuh
- Penimbunan pada organ-organ, semakin banyak dan cepat aliran darah, maka semakin banyak di timbun pada organ tersebut, sehingga terjadi akumulasi sampai terjadi reaksi tubuh.
- methyl merkuri dapat menembus otak, sedangkan inorganic merkuri tidak dapat menembus barrier otak, tetapi akan tertimbun di ginjal.

- konsentrasi bahan kimia akan tinggi di hati dan ginjal.
- bahan yang mudah larut dalam lemak, maka jaringan lemak merupakan tempat penimbunan bahan yang mudah larut dalam lemak.
  - DDT, dieldrin, polychlorinated biphenyls (PCB).
- Tulang merupakan tempat penimbunan:
  - fluoride, timah hitam, dan strontium.

# Ekskresi

- bahan kimia akan dieksresikan dapat tetap dalam bentuk bahan asalnya maupun metabolitnya
- Hampir semua bahan kimia berbahaya dikeluarkan melalui ginjal
  - Terutama untuk bahan yang larut dalam air
- Melalui paru-paru → berbentuk gas, karbon monoksida
- Melalui hati, empedu → DDT, timah hitam.
- Bila bahan beracun akan dinetralisir (detoksikasi) oleh hati dan dirubah menjadi senyawa lain yang tidak berbahaya (metabolit) untuk selanjutnya dikeluarkan melalui empedu.
- Air susu ibu → bahan yang larut lemak
  - DDT dan PCB, serta dapat melalui keringat

# Efek Bahan Toksik Pada Tubuh

## Lokal dan Sistemik

- menimbulkan luka dan kerusakan jaringan pada tempat kontak, dapat di kulit, saluran pernafasan maupun saluran pencernaan, contohnya bahan yang bersifat korosif, iritatif.
- bahan berbahaya masuk , diserap dan didistribusikan ke seluruh tubuh.
- target organ methyl merkuri ialah otak, tetapi konsentrasi tertinggi ada di hati dan ginjal
- Target organ DDT ialah susunan saraf pusat, akan tetapi konsentrasi tertinggi di jaringan lemak

# Efek yang Reversible dan Irreversible

- Reversible: pajanannya dengan konsentrasi rendah dan waktu yang singkat
- Irreversible: efek yang terjadi terus menerus bahkan bertambah parah walaupun pajanan sudah dihentikan.
  - karsinoma, penyakit hati
  - pajanan dengan konsentrasi tinggi dan waktu yang lama

# Efek Langsung dan Tertunda (delayed)

- toksikan akan menimbulkan efek toksik yang segera terjadi setelah pajanan contohnya keracunan sianida, terutama bila konsentrasinya cukup tinggi
- efek yang tertunda (delayed) → terjadi beberapa waktu setelah pajanan
  - efek karsinogenik



# Reaksi Alergi

- Sensitisasi → dibentuknya antibodi oleh tubuh. Pada paparan berikutnya oleh bahan tersebut yang merupakan antigen
  - akan terjadi reaksi antigen antibodi dan menimbulkan reaksi alergi
- reaksi tubuh yang abnormal terhadap suatu bahan yang diperoleh karena bawaan (genetik), misalnya kekurangan enzyme succinylcholin.

**Tabel 12.2. Contoh Bahan Kimia Beracun**

| No | Jenis Zat Beracun | Jenis Bahan  | Gangguan Kesehatan                         |
|----|-------------------|--|--|
| 1  | Logam/metaloid    | Pb   | Syaraf, ginjal dan darah                   |
|    |                   | Hg( <i>organic&amp;inorganic</i> )                         | Syaraf, ginjal                             |
|    |                   | Cadmium  | Hati, ginjal dan darah                     |
| 2  | Bahan pelarut     | Hidrokarbon alifatik (bensin, minyak tanah)                | Pusing dan koma                            |
|    |                   | Hidrokarbon terhalogenisasi (kloroform, CCl <sub>4</sub> ) | Hati dan ginjal                            |
|    |                   | Alkohol (etanol, methanol)                                 | Syaraf pusat, leukemia, saluran pencernaan |
|    |                   | Glikol   | Ginjal, hati dan tumor                     |
| 3. | Gas-gas beracun   | Aspiksian sederhana (N <sub>2</sub> , Argon, Helium)       | Sesak nafas, kekurangan oksigen            |
|    |                   | Asam sianida (HCN)   | Pusing, sesak nafas                        |
|    |                   | Asam sulfide (H <sub>2</sub> S)                            | Sesak nafas, kejang, hilang kesadaran      |
|    |                   | Karbonmonoksida (CO)                                       | Sesak nafas<br>Otak, syaraf dan jantung    |
| 4. | Karsinogen        | Benzene  | Leukimia                                   |
|    |                   | Asbes  | Paru-paru                                  |
|    |                   | Bensidin   | Kandung kencing                            |
|    |                   | Vinil klorida  | Hati, paru-paru, syaraf pusat, darah       |
| 5. | Pestisida         | Organoklorin, Organofosfat, Karbamat, Arsenik              | Pusing, kejang, hilang kesadaran, kematian |

**Tabel 12.3. Beberapa Nilai BEI Bahan Kimia**

| Bahan Kimia               | Spesimen       | Indikator Biologis                   | BEI                   |
|---------------------------|----------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Anilin                    | Urine          | <i>p</i> -aminophenol                | 50 mg/g               |
| Benzene                   | Urine          | S-phenylmercapturic acid             | 25 µg/g               |
| Cadmium                   | urine<br>darah | cadmium                              | 5 µg/g<br>5 µg/L      |
| CarbonDisulfida           | Urine          | 2-thiothiazolidine-4-carboxylic acid | 5 mg/g                |
| Carbon monoksida          | darah<br>nafas | carboxyhemoglobin<br>carbonmonoksida | < 3.5% Hb<br>< 20 ppm |
| Chromium                  | Urine          | chromium                             | 10 µg/g               |
| Fluoride                  | Urine          | fluoride                             | 3 mg/g<br>10 mg/g     |
| Lead                      | Darah          | total lead                           | 30µg/100ml            |
| Methanol                  | Urine          | methanol                             | 15 mg/L               |
| Pestisida<br>Organopospat | Darah          | cholinesterase                       | 70 %                  |
| Phenol                    | Urine          | total phenol                         | 250 mg/g              |
| Toluene                   | urine<br>darah | hippuric acid<br>toluene             | 1.6 mg/g<br>0.05 mg/L |
| Xylene                    | Urine          | methylhippuric acid                  | 1.5g/g                |

Dikutip dari Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices (ACGIH 2002)



Terima kasih