

BAHAYA TERHADAP KESEHATAN & LINGKUNGAN



KLASIFIKASI BAHAYA KESEHATAN

- 1. Toksisitas Akut**
- 2. Korosi/Iritasi kulit**
- 3. Kerusakan Serius pada Mata/Iritasi Mata**
- 4. Sensitisasi Kulit atau Saluran Pernafasan**
- 5. Mutagenisitas Sel Induk**
- 6. Karsinogenisitas**
- 7. Toksisitas pada Reproduksi**
- 8. Toksisitas Sistemik pada Organ Sasaran Spesifik setelah Paparan Tunggal**
- 9. Toksisitas Sistemik pada Organ Sasaran Spesifik setelah Paparan Berulang**
- 10. Bahaya Aspirasi**

1. TOKSISITAS AKUT

❖ Toksisitas Akut :

Efek merugikan yang muncul akibat terpapar bahan kimia melalui oral atau dermal, baik dalam dosis tunggal ataupun dosis berulang selama 24 jam, atau melalui inhalasi selama 4 jam.

❖ LD₅₀ :

Sejumlah bahan kimia yang diberikan secara langsung kepada hewan uji yang menyebabkan kematian 50% dari hewan uji tersebut.

❖ LC₅₀ :

Konsentrasi bahan kimia di udara atau di dalam air yang menyebabkan kematian 50% hewan uji

Beberapa wujud bahan kimia melalui inhalasi :

- Gas
- Uap (*vapour*) : zat cair atau padatnya dalam gas
- Debu (*dust*) : partikel tersuspensi dalam gas (biasanya udara)
- Kabut (*mist*) : tetesan cair tersuspensi dalam gas (biasanya udara)

Kriteria Klasifikasi dan Kategori

	Toksitas Akut	Kategori				
		Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Kategori 4	Kategori 5
K R I T E R I A	Oral (mg/kg)	$LD_{50} \leq 5$	$5 < LD_{50} \leq 50$	$50 < LD_{50} \leq 300$	$300 < LD_{50} \leq 2000$	$2000 \text{ mg/kg} < LD_{50} \leq 5000 \text{ mg/kg}$
	Kulit (mg/kg)	$LD_{50} \leq 50$	$50 < LD_{50} \leq 200$	$200 < LD_{50} \leq 1000$	$1000 < LD_{50} \leq 2000$	$2000 \text{ mg/kg} < LD_{50} \leq 5000 \text{ mg/kg}$
	Gas (ppm)	$LC_{50} \leq 100$	$100 < LC_{50} \leq 500$	$500 < LC_{50} \leq 2500$	$2500 < LC_{50} \leq 5000$	$20000 < LC_{50} \leq 50000 \text{ mg/L}$
	Uap (mg/L)	$LC_{50} \leq 0,5$	$0,5 < LC_{50} \leq 2$	$2 < LC_{50} \leq 10$	$10 < LC_{50} \leq 20$	$20.0 < LC_{50} \leq 50.0 \text{ mg/L}$
	Debu / Kabut (mg/L)	$LC_{50} \leq 0,05$	$0,05 < LC_{50} \leq 0,5$	$0,5 < LC_{50} \leq 1$	$1 < LC_{50} \leq 5$	$5.0 < LC_{50} \leq 12.5 \text{ mg/L}$

PENTING UNTUK DIINGAT !

- ❖ Prioritas data hewan uji untuk menentukan LD_{50} atau LC_{50} yang digunakan untuk klasifikasi:
 - Rute oral → Mencit
 - Rute dermal → kelinci
 - Rute inhalasi → tikus
- ❖ Lama paparan :
 - Oral dan dermal → tunggal atau berulang selama 24 jam
 - Inhalasi (gas, uap, debu atau kabut) → selama 4 jam

Jika data paparan yang tersedia hanya selama 1 jam → dapat dikonversi dengan cara berikut :

 - ✓ Jika dalam wujud Gas dan Uap → nilai LC_{50} untuk 1 jam dibagi dengan faktor 2
 - ✓ Jika dalam wujud Debu dan Kabut → nilai LC_{50} untuk 1 jam dibagi dengan faktor 4
 - ✓ **Cat.** : wujud zat yang diberikan dalam eksperimen apakah berupa gas, uap, debu atau kabut dapat diperkirakan berdasarkan satuannya dalam data (ppm atau mg/L).

Piktogram, Kata Sinyal dan Pernyataan Bahaya

	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Kategori 4	Kategori 5
Piktogram					Tanpa piktogram
Kata Sinyal	BAHAYA	BAHAYA	BAHAYA	AWAS	AWAS
Pernyataan Bahaya :					
Oral	Fatal jika tertelan	Fatal jika tertelan	Toksik jika tertelan	Bahaya jika tertelan	Mungkin berbahaya jika tertelan
Kulit	Fatal jika terkena kulit	Fatal jika terkena kulit	Toksik jika terkena kulit	Bahaya jika terkena kulit	Mungkin berbahaya jika terkena kulit
Terhirup	Fatal jika terhirup	Fatal jika terhirup	Toksik jika terhirup	Bahaya jika terhirup	Mungkin berbahaya jika terhirup

2. KOROSI DAN IRITASI KULIT

DEFINISI:

❖ Korosi Kulit

Terjadinya kerusakan kulit yang tidak dapat terpulihkan yaitu nekrosis yang menembus epidermis hingga ke dermis setelah paparan zat uji selama 4 jam.

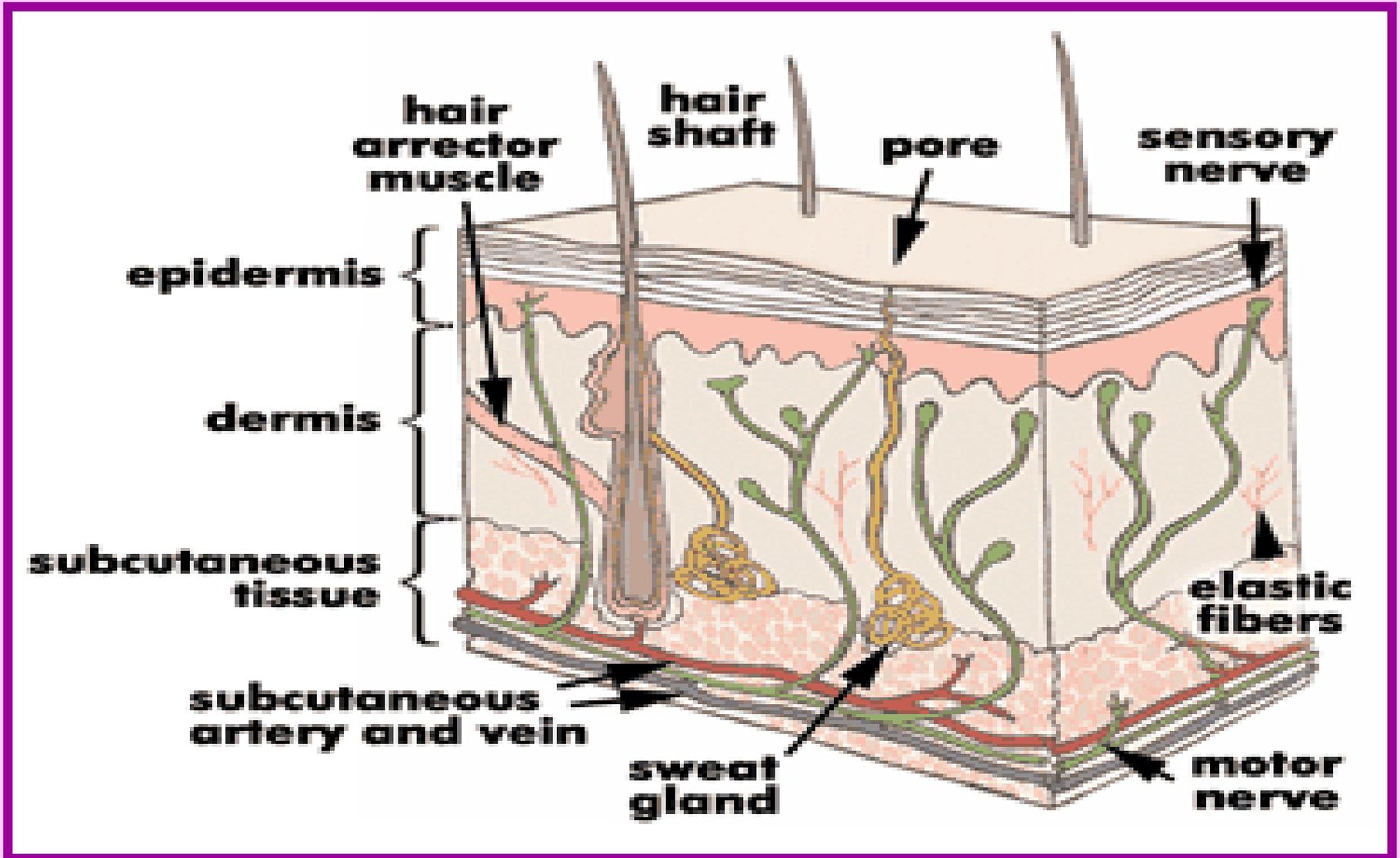
➤ Karakteristik:

Adanya tukak, pendarahan, kudis yang berdarah,, kebotakan menyeluruh di area paparan dan parut.

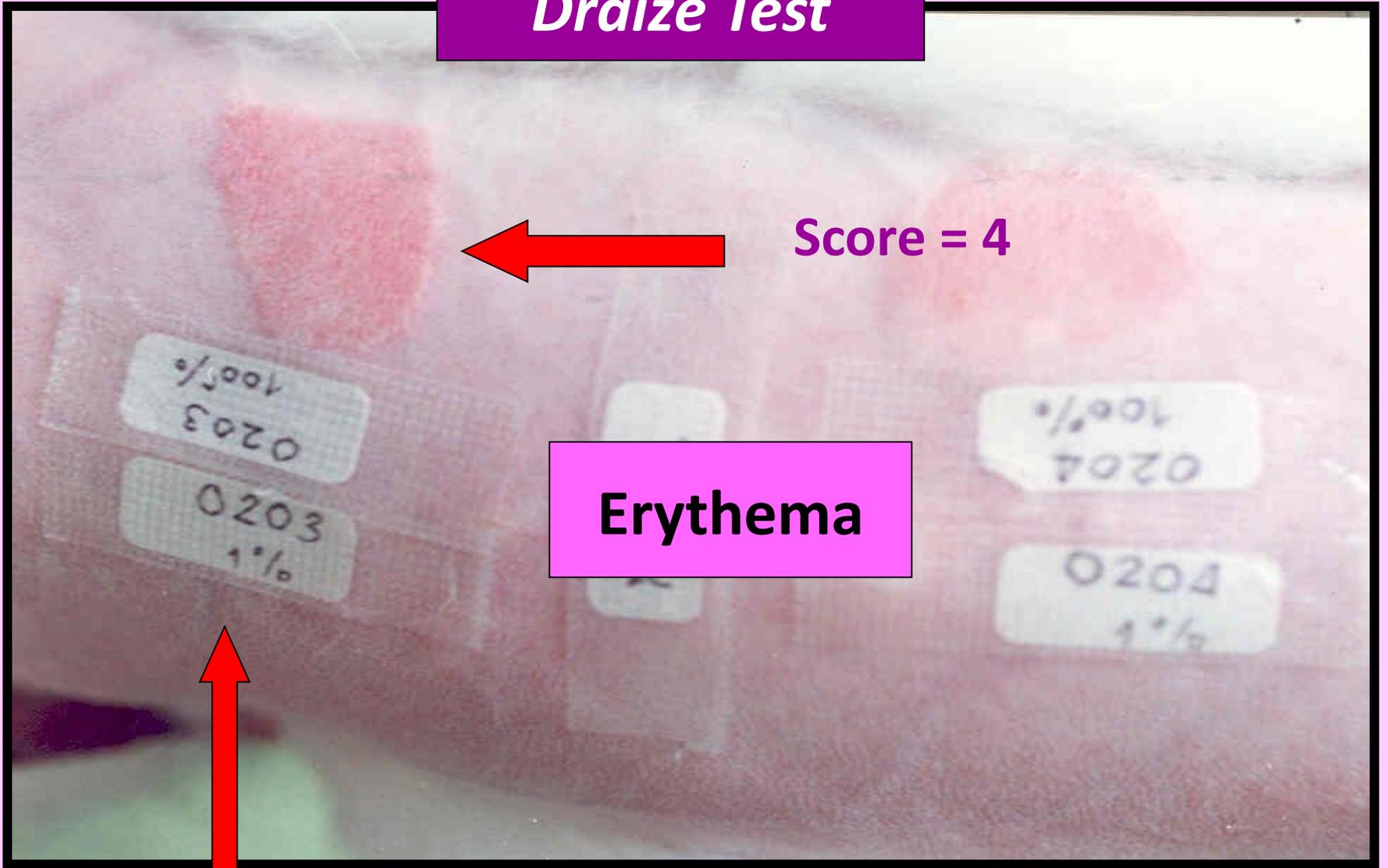
❖ Iritasi Kulit

Terjadinya kerusakan kulit yang terpulihkan setelah paparan zat uji selama 4 jam

STRUKTUR KULIT



Draize Test



Score = 4

Erythema

Score = 1

Piktogram, Kata Sinyal dan Pernyataan Bahaya

	Kategori 1			Kategori 2	Kategori 3
	Kategori 1A	Kategori 1B	Kategori 1C		
Piktogram					Tanpa Piktogram
Kata Sinyal	BAHAYA	BAHAYA	BAHAYA	AWAS	AWAS
Pernyataan Bahaya	Menyebabkan luka bakar pada kulit dan kerusakan mata yang parah	Menyebabkan luka bakar pada kulit dan kerusakan mata yang parah	Menyebabkan luka bakar pada kulit dan kerusakan mata yang parah	Menyebabkan iritasi kulit	Menyebabkan iritasi ringan pada kulit

3. KERUSAKAN/IRITASI SERIUS PADA MATA

DEFINISI

- ❖ **Kerusakan Serius pada Mata** adalah terjadinya kerusakan jaringan pada mata atau gangguan pandangan serius setelah paparan zat uji pada mata yang tidak dapat pulih secara sempurna dalam 21 hari.
- ❖ **Iritasi Mata** adalah terjadinya perubahan pada mata setelah paparan zat uji yang dapat pulih secara sempurna dalam 21 hari

Draize Test



Piktogram, Kata Sinyal dan Pernyataan Bahaya

	Kategori 1	Kategori 2	
		Kategori 2A	Kategori 2B
Piktogram			Tanpa Piktogram
Kata Sinyal	BAHAYA	AWAS	AWAS
Pernyataan Bahaya	Menyebabkan kerusakan serius pada mata	Menyebabkan iritasi serius pada mata	Menyebabkan iritasi pada mata

4. SENSITISASI PERNAFASAN ATAU KULIT

DEFINISI

- ❖ **Pensensitisasi Pernafasan** adalah suatu zat yang apabila terhirup menyebabkan hipersensitivitas saluran pernafasan
- ❖ **Pensensitisasi Kulit** adalah suatu zat yang apabila kontak dengan kulit menyebabkan respon alergi

Piktogram, Kata Sinyal dan Pernyataan Bahaya

	Kategori 1 (Pensensitisasi Pernafasan)	Kategori 1 (Pensensitisasi Kulit)
Piktogram		
Kata Sinyal	BAHAYA	AWAS
Pernyataan Bahaya	Dapat menyebabkan gejala alergi atau gejala asma atau sulit bernafas jika terhirup	Dapat menyebabkan reaksi alergi pada kulit

5. MUTAGENISITAS SEL GERMINAL

DEFINISI

- ❖ **Mutasi** adalah perubahan permanen, baik dalam jumlah maupun struktur, dari material genetik di dalam sel
- ❖ Istilah mutasi mengacu pada :
 - ❖ perubahan genetik yang dapat diwariskan kepada keturunan selanjutnya → dapat teramati
 - ❖ modifikasi penyusunan DNA spt translokasi kromosom

Piktogram, Kata Sinyal dan Pernyataan Bahaya

	Kategori 1		Kategori 2
	Kategori 1A	Kategori 1B	
Piktogram			
Kata Sinyal	BAHAYA	BAHAYA	AWAS
Pernyataan Bahaya	Dapat menyebabkan kerusakan genetik	Dapat menyebabkan kerusakan genetik	Diduga menyebabkan kerusakan genetik

6. KARSINOGENISITAS

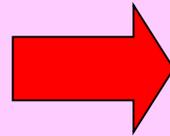
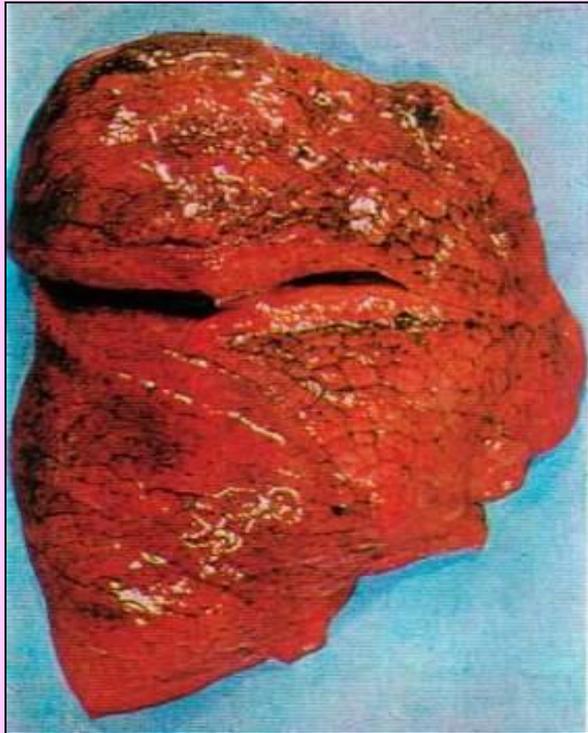
DEFINISI

Karsinogen adalah suatu zat atau campuran kimia yang menyebabkan kanker atau meningkatkan insiden terjadinya kanker

→ Berdasarkan data dari IARC (International Agency for Research on Cancer)

PARU-PARU

NORMAL

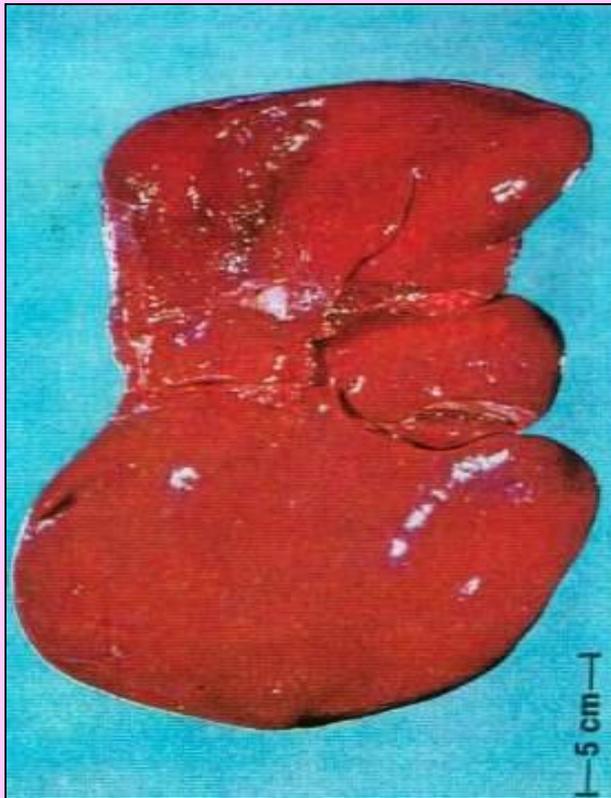


KANKER

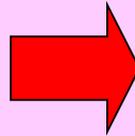
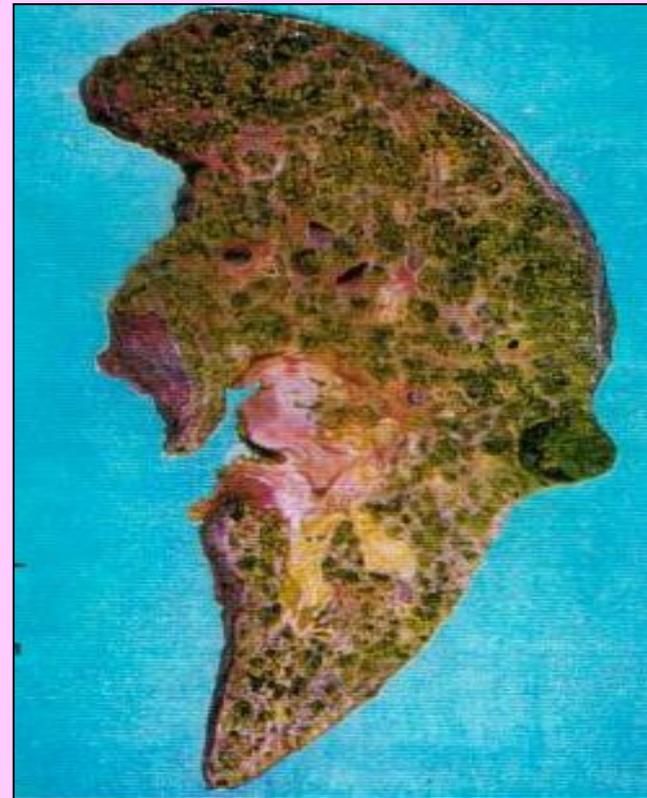


HATI

NORMAL



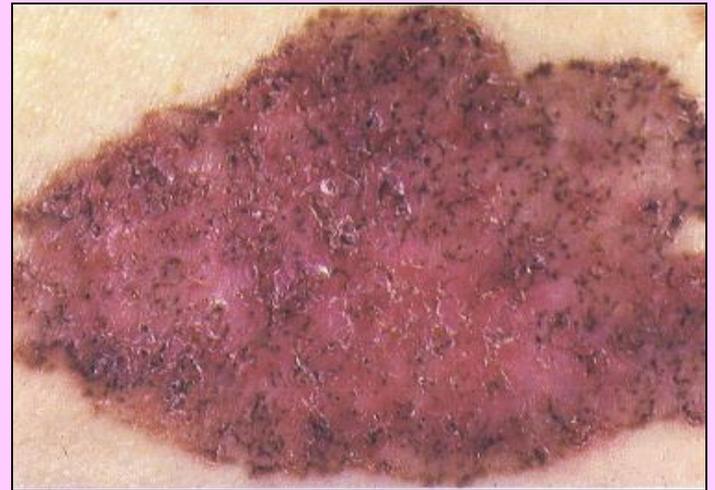
KANKER



KANKER GINJAL



KANKER KULIT



Piktogram, Kata Sinyal dan Pernyataan Bahaya

	Kategori 1		Kategori 2
	Kategori 1A	Kategori 1B	
Piktogram			
Kata Sinyal	BAHAYA	BAHAYA	AWAS
Pernyataan Bahaya	Dapat menyebabkan kanker	Dapat menyebabkan kanker	Diduga menyebabkan kanker

7. TOKSIK TERHADAP SISTIM REPRODUKSI

DEFINISI

Kelas bahaya ini mencakup :

- ❖ Efek merugikan pada fungsi seksual dan kesuburan pada pria dan wanita
- ❖ efek merugikan pada pertumbuhan keturunannya

Piktogram, Kata Sinyal dan Pernyataan Bahaya

	Kategori 1A	Kategori 1B	Kategori 2	Kategori tambahan
Piktogram				Tanpa Piktogram
Kata Sinyal	BAHAYA	BAHAYA	AWAS	Tanpa Kata Sinyal
Pernyataan Bahaya	Dapat merusak fertilitas atau janin	Dapat merusak fertilitas atau janin	Diduga merusak fertilitas atau janin	Dapat membahayakan bayi yang menyusui

8/9. TOKSISITAS SISTEMIK PADA ORGAN SASARAN SPESIFIK

DEFINISI

- ❖ Kelas bahaya ini ditujukan untuk mengklasifikasi zat/campuran kimia yang menyebabkan toksisitas sistemik/organ sasaran yang spesifik, tetapi tidak bersifat letal.
- ❖ Kategori ini mencakup setiap efek kesehatan yang signifikan yang dapat merusak fungsi, baik yang dapat pulih atau tidak, yang segera terjadi dan/atau tertunda yang tidak tercakup dalam kelas bahaya kesehatan lainnya.

8. TOKSISITAS SISTEMIK PADA ORGAN SASARAN SPESIFIK SETELAH PAPANAN TUNGGAL

9. TOKSISITAS SISTEMIK PADA ORGAN SASARAN SPESIFIK SETELAH PAPANAN BERULANG

8. Kriteria Klasifikasi dan Kategori Toksisitas Sistemik pada Organ Spesifik setelah Paparan Tunggal

KATEGORI	KRITERIA
Kategori 1	<p>Zat yang telah menyebabkan toksisitas signifikan thd manusia atau zat yang berdasarkan bukti dari studi hewan uji dapat diduga kuat <u>berpotensi menyebabkan toksisitas thd manusia</u> setelah paparan tunggal.</p> <p>Kriteria :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ada bukti yang terpercaya dan berkualitas dari studi epidemiologi atau kejadian pada MANUSIA, atau - teramati timbulnya efek toksik parah dan/atau signifikan yang relevan terhadap kesehatan manusia pada beberapa studi hewan uji setelah terpapar zat pada konsentrasi RENDAH
Kategori 2	<p>Zat yang berdasarkan bukti dari studi hewan uji dapat diduga kuat <u>berpotensi bahaya thd kesehatan manusia</u> setelah paparan tunggal.</p> <p>Kriteria :</p> <ul style="list-style-type: none"> - teramati timbulnya efek toksik signifikan yang relevan thd kesehatan manusia pada beberapa studi HEWAN uji setelah terpapar zat pada konsentrasi SEDANG
Kategori 3	<p>Efek sementara thd organ sasaran.</p> <p>Kriteria :</p> <ul style="list-style-type: none"> - teramati adanya efek yang mengubah fungsi tubuh manusia selama periode yang singkat setelah terpapar zat dan dapat pulih kembali dalam waktu yang wajar tanpa adanya perubahan struktur atau fungsi tubuh, yaitu EFEK NARKOSIS DAN IRITASI SALURAN PERNAFASAN

Piktogram, Kata Sinyal dan Pernyataan Bahaya

	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
Piktogram			
Kata Sinyal	BAHAYA	AWAS	AWAS
Pernyataan Bahaya	Menyebabkan kerusakan pada organ ...	Dapat menyebabkan kerusakan pada organ ...	Dapat menyebabkan iritasi pernafasan, atau dapat menyebabkan kantuk dan pusing

9. Kriteria Klasifikasi dan Kategori

Toksisitas Sistemik pd Organ Spesifik setelah Paparan Berulang

KATEGORI	KRITERIA
Kategori 1	<p>Zat yang telah menyebabkan toksisitas signifikan thd manusia atau zat yang berdasarkan bukti dari studi hewan uji dapat diduga kuat <u>berpotensi menyebabkan toksisitas thd manusia</u> setelah paparan berulang.</p> <p>Kriteria :</p> <ul style="list-style-type: none">- ada bukti yang terpercaya dan berkualitas dari studi epidemiologi atau kejadian pada MANUSIA, atau- teramati timbulnya efek toksik parah dan/atau signifikan.yang relevan terhadap kesehatan manusia pada beberapa studi hewan uji setelah terpapar zat pada konsentrasi RENDAH
Kategori 2	<p>Zat yang berdasarkan bukti dari studi hewan uji dapat diduga kuat <u>berpotensi bahaya thd kesehatan manusia</u> setelah paparan berulang.</p> <p>Kriteria :</p> <ul style="list-style-type: none">- teramati timbulnya efek toksik signifikan.yang relevan thd kesehatan manusia pada beberapa studi HEWAN uji setelah terpapar zat pada konsentrasi SEDANG.

Piktogram, Kata Sinyal dan Pernyataan Bahaya

	Kategori 1	Kategori 2
Piktogram		
Kata Sinyal	BAHAYA	AWAS
Pernyataan Bahaya	Menyebabkan kerusakan pada organ ...	Dapat menyebabkan kerusakan pada organ ...

10. BAHAYA ASPIRASI

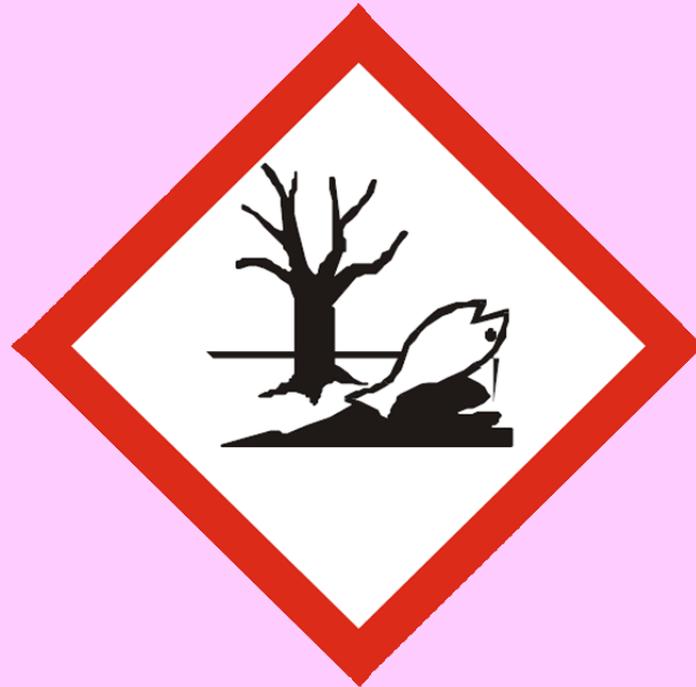
DEFINISI

- ❖ Bahaya aspirasi hanya berlaku pada bahan kimia yang berbentuk cairan dan campuran
- ❖ Aspirasi adalah masuknya bahan kimia, baik cairan maupun padat, secara langsung (melalui oral atau rongga hidung) atau secara tidak langsung (melalui reaksi muntah sehingga bahan kimia masuk ke dalam trakea dan sistem pernafasan bawah)
- ❖ Aspirasi dapat terjadi jika suatu zat atau campuran kimia dimuntahkan setelah tertelan
- ❖ Toksisitas aspirasi termasuk efek-efek akut yang parah seperti pneumonia, kerusakan paru yang bervariasi atau kematian karena aspirasi

Piktogram, Kata Sinyal dan Pernyataan Bahaya

	Kategori 1	Kategori 2
Piktogram		
Kata Sinyal	BAHAYA	AWAS
Pernyataan Bahaya	Dapat berakibat fatal jika tertelan dan masuk ke saluran pernafasan	Dapat berbahaya jika tertelan dan masuk ke saluran pernafasan

BAHAYA TERHADAP LINGKUNGAN



Dampak terhadap Lingkungan

Gambar 1 : Bahaya terhadap biota perairan



Ribuan pinguin menunggu evakuasi ke fasilitas rehab akibat Tumpahan Minyak di Kepulauan Robben



Tumpahan Benzena di Jilin, Cina
November 13, 2005

Environmental Hazards

- Klasifikasi Bahaya Bahan Kimia terhadap Lingkungan (*Environmental Hazards*)
 - Berdasarkan **GHS** (*Global Harmonized System*)



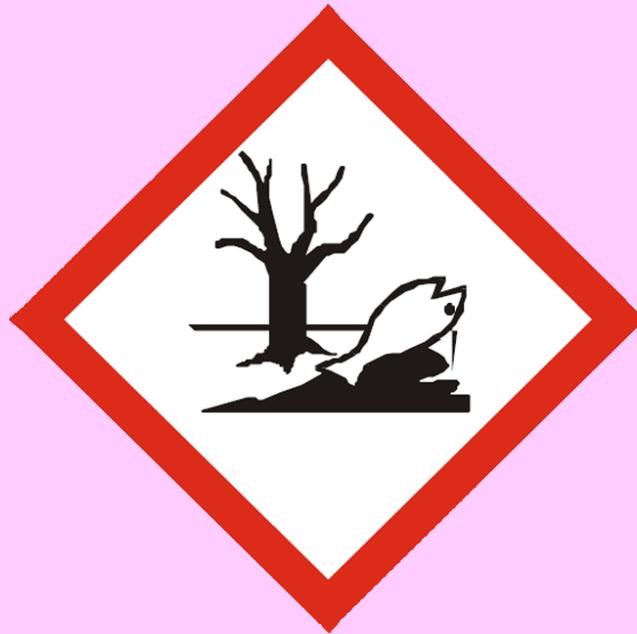
1) Hazardous to the Aquatic Environment

(Berbahaya terhadap Lingkungan Akuatik)

2) Hazardous to the Ozone Layer

(Berbahaya terhadap Lapisan Ozon)

Bahaya terhadap Lingkungan Akuatik



Bahaya Terhadap Lingkungan Akuatik

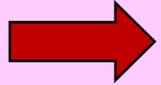
Toksisitas Akut >< Toksisitas Kronis

Dasar klasifikasi bahaya terhadap lingkungan akuatik (perairan):

- a) **Toksisitas Akut pada perairan**
- b) **Toksisitas Kronis pada perairan**
- c) Potensi terjadinya **bioakumulasi**
- d) **Degradabilitas** (biotik or abiotik) untuk senyawa organik

Acute Aquatic Toxicity

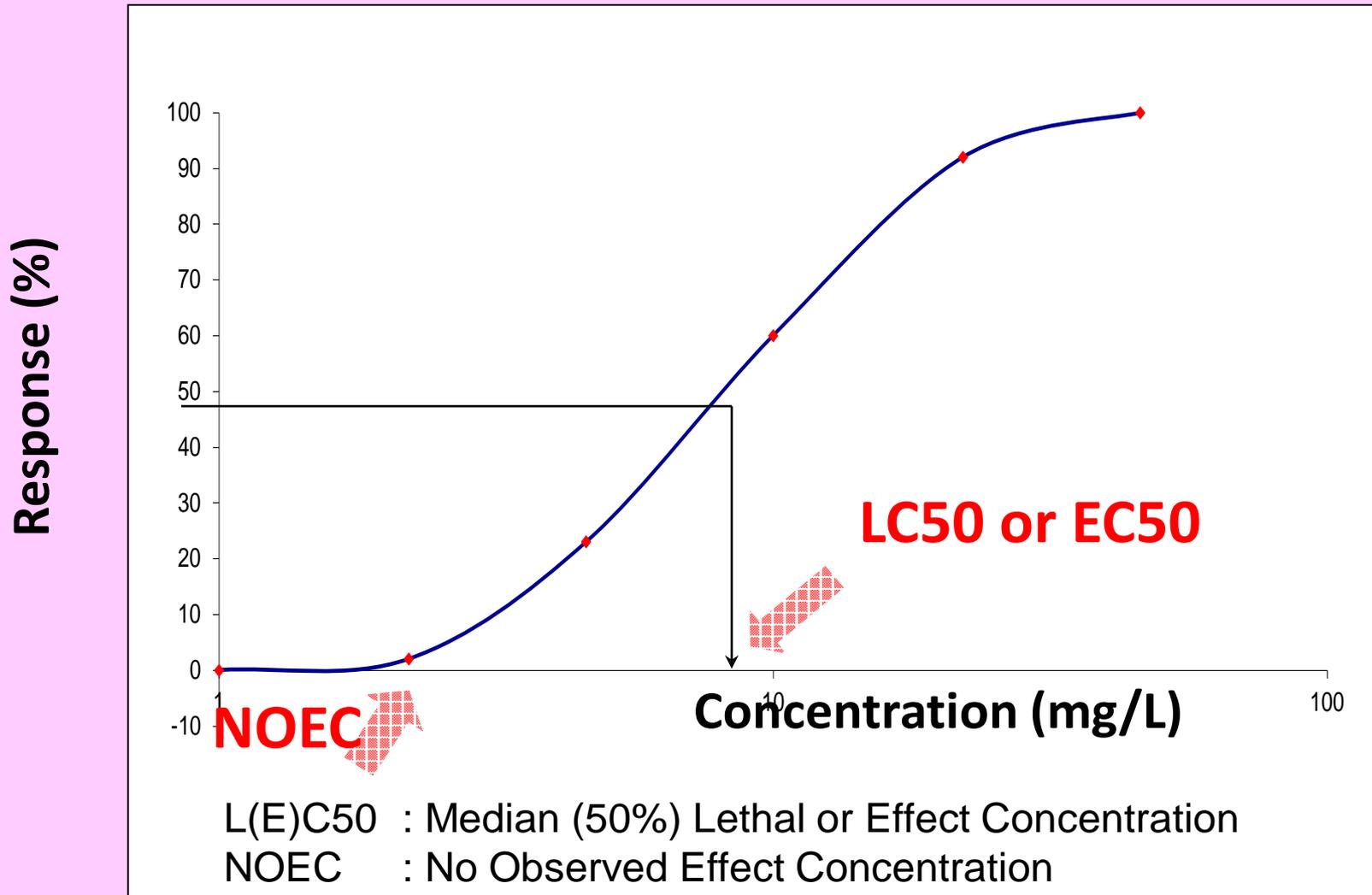
(Toksistas Akut Pada Perairan)

 adalah sifat intrinsik suatu zat untuk dapat memberikan efek merugikan terhadap suatu organisme dalam paparan jangka pendek terhadap zat tersebut

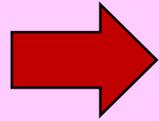
Umumnya ditentukan dengan :

- 1) **LC₅₀ 96 jam pada ikan**
 - 2) **EC₅₀ 48 jam pada crustacea**
 - 3) **EC₅₀ 72 atau 96 jam pada algae**
- **EC₅₀ (50% effect concentration)**
adalah konsentrasi efektif suatu zat yang menyebabkan 50% efek/respon maksimum
 - **LC₅₀ (50% lethal concentration)**
adalah konsentrasi suatu bahan kimia dalam udara atau air yang menyebabkan kematian 50% (separuh) dari kelompok hewan/spesies uji

Concentration - Response Concept



Chronic Aquatic Toxicity (Toksistas Kronis pada Perairan)



adalah potensi atau sifat sebenarnya suatu zat untuk dapat menyebabkan efek merugikan terhadap organisme perairan selama paparan yang ditentukan dalam hubungannya dengan siklus-hidup organisme tersebut

Umumnya ditentukan dengan nilai NOEC atau EC :

- 1) Fish early life-stage
- 2) Daphnia Reproduction
- 3) Algal Growth Inhibition

NOEC = *no observed effect concentration*, adalah konsentrasi tertinggi suatu zat dengan tidak terdapat efek yang teramati

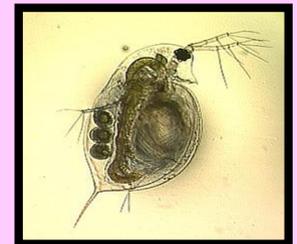
EC = Effect Concentration



IKAN - Zebra Fish

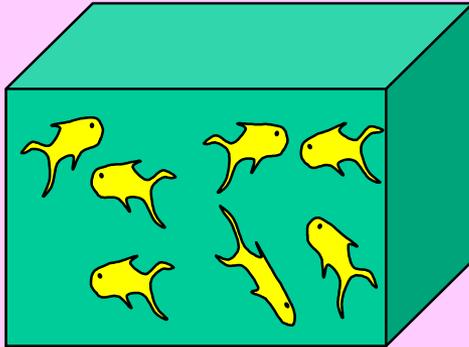


ALGA -
Microcystis

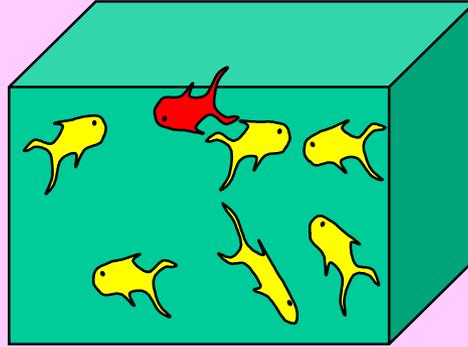


DAPHNIA -
Daphnia Magna

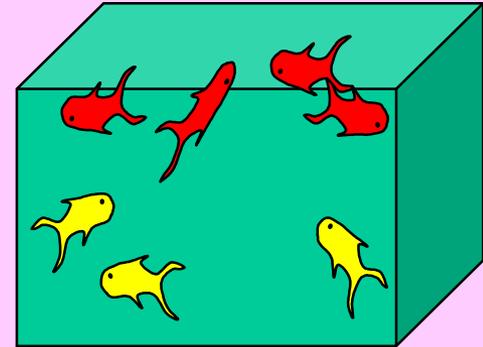
Acute Toxicity Fish



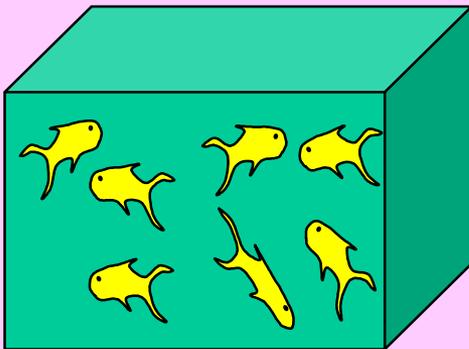
1 mg/l, 0/7=No lethality



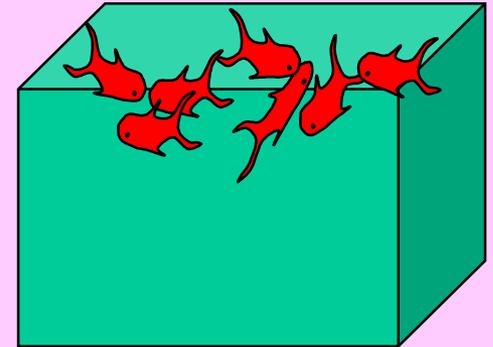
2.2 mg/l, 1/7=14% lethality



4.6 mg/l, 4/7=56% lethality



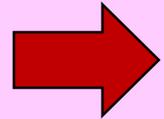
Control, No lethality



10 mg/l, 100% lethality

(Cefic)

Bioakumulasi

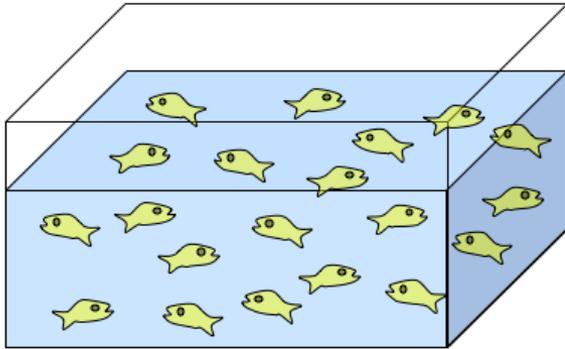


adalah total akumulasi suatu zat dalam organisme dari asupan semua jalur paparan setelah proses transformasi dan eliminasi

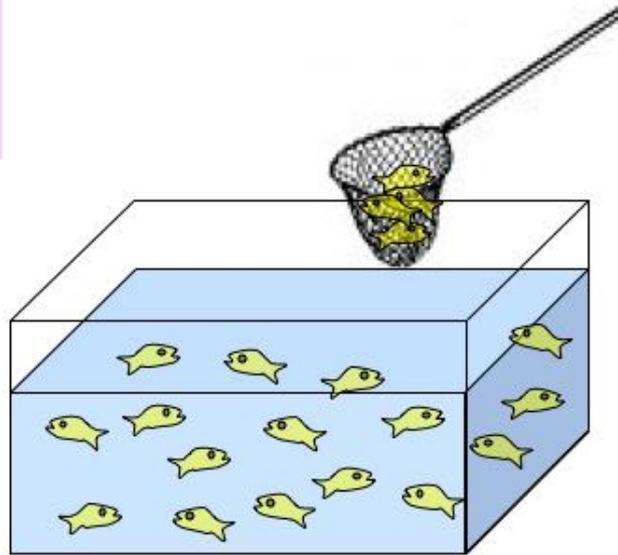
Dinyatakan dengan nilai :

- **Log K_{ow} (konstanta partisi dalam oktanol-air)**
- **BCF (*Bioconcentration Factor*)**
- **BCF (*bioconcentration factor*)**
ialah perbandingan berdasarkan berat antara konsentrasi bahan kimia di dalam biota dan konsentrasi di dalam media sekitar (air) pada kondisi tidak berubah (*steady state*).
- **Log K_{ow} (*log n-octanol-water partition coefficient*)**
atau Log P_{ow} adalah ukuran lipofilitas suatu zat.

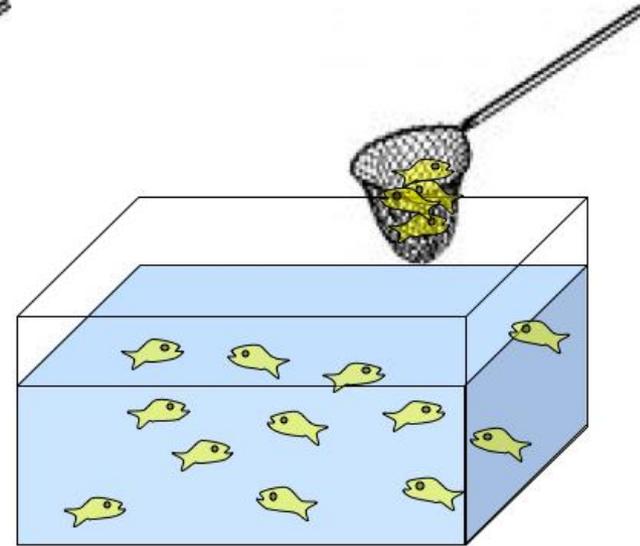
Bioaccumulation Test



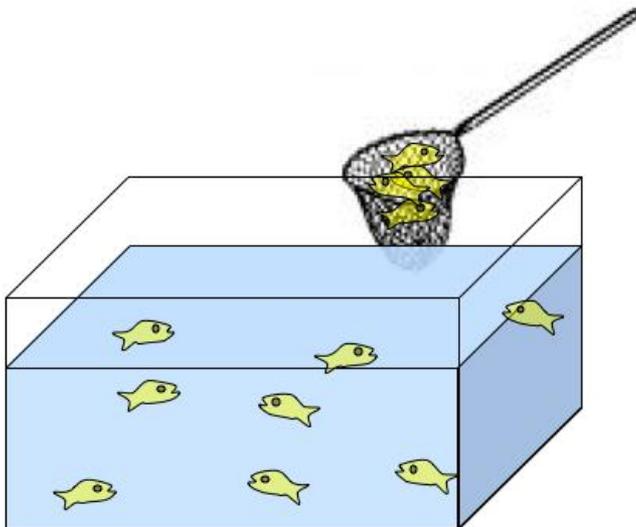
Hari ke-0



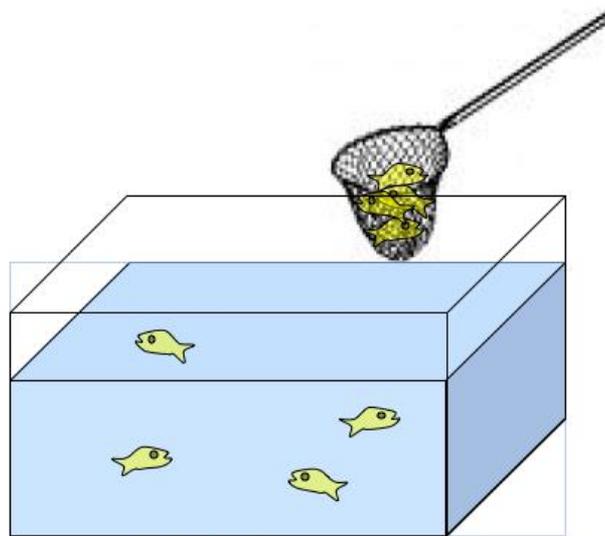
Hari ke-7



Hari ke-14



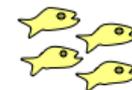
Hari ke-21



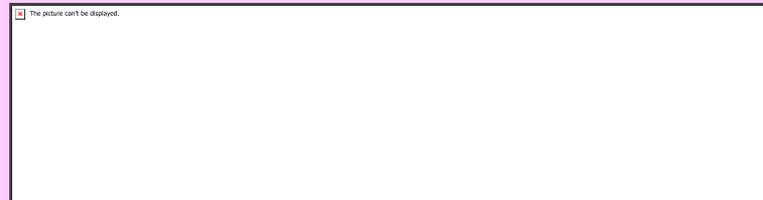
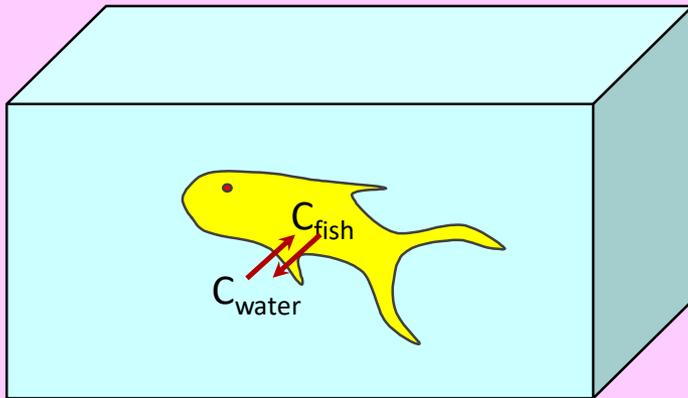
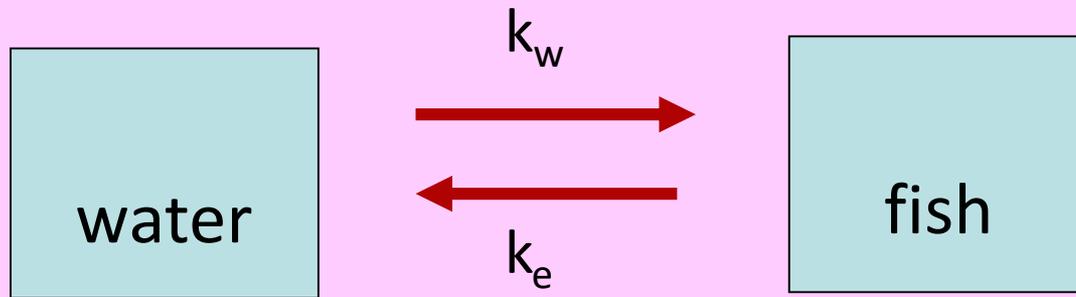
Hari ke-28

Spesies Uji :

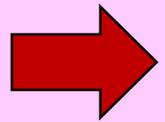
- *Cyprinus carpio*
- *Rainbow Trout*



Bioconcentration Model



Rapid Degradability



Degradasi adalah dekomposisi molekul organik menjadi molekul yang lebih kecil, dan akhirnya menjadi karbon dioksida, air dan garam

- Degradasi di lingkungan dapat bersifat biotik atau abiotik (mis: hidrolisis)

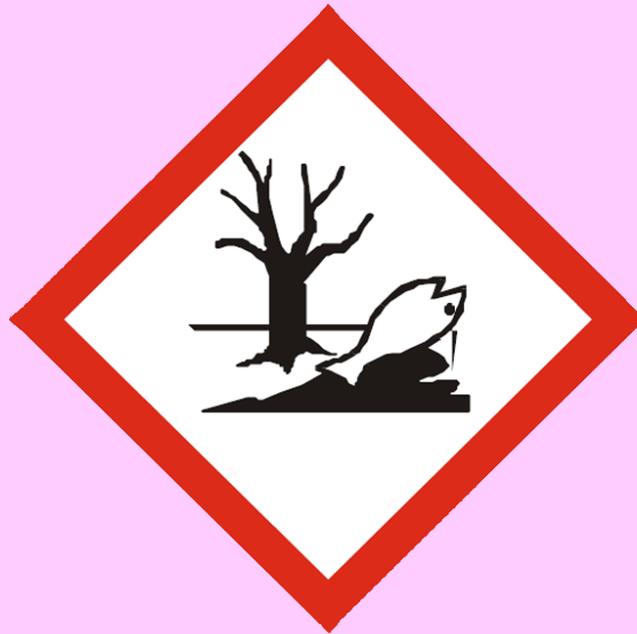
Toksistas Akut terhadap Biota Perairan (*Acute Aquatic Toxicity*)

Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
	Tanpa simbol	Tanpa simbol
awas	—	—
Sangat toksik bagi kehidupan akuatik	Toksik bagi kehidupan akuatik	Berbahaya bagi kehidupan akuatik
$LC_{50} \leq 1 \text{ mg/l}$	$1 < LC_{50} \leq 10 \text{ mg/l}$	$10 \text{ mg/l} < LC_{50} \leq 100 \text{ mg/l}$

Toksistas Kronis terhadap Biota Perairan (Chronic Aquatic Toxicity)

Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Kategori 4
		Tanpa simbol	Tanpa simbol
awas	-	-	-
Sangat toksik terhadap kehidupan akuatik dengan efek jangka panjang	Toksik terhadap kehidupan akuatik dengan efek jangka panjang	Berbahaya terhadap kehidupan akuatik dengan efek jangka panjang	Dapat menyebabkan bahaya efek jangka panjang terhadap kehidupan akuatik
$LC_{50} \leq 1 \text{ mg/L}$ Kurang memiliki potensi untuk dapat terdegradasi secara alamiah dengan cepat dan atau memiliki potensi bioakumulasi ($BCF \geq 500$ atau $\log Kow \geq 4$)	$1 \text{ mg/L} < LC_{50} \leq 10 \text{ mg/L}$ Kurang memiliki potensi untuk dapat terdegradasi secara alamiah dengan cepat dan atau memiliki potensi bioakumulasi ($BCF \geq 500$ atau $\log Kow \geq 4$); kecuali nilai NOECs kronis $> 1 \text{ mg/l}$	$10 \text{ mg/L} < LC_{50} \leq 100 \text{ mg/L}$ Kurang memiliki potensi untuk dapat terdegradasi secara alamiah dengan cepat dan atau memiliki potensi bioakumulasi ($BCF \geq 500$ atau $\log Kow \geq 4$); kecuali nilai NOECs kronis $> 1 \text{ mg/l}$	<ul style="list-style-type: none"> Sukar larut dalam air dan tidak ada data toksistas akut Kurang memiliki potensi untuk dapat terdegradasi secara alamiah dengan cepat dan atau memiliki potensi bioakumulasi ($BCF \geq 500$ atau $\log Kow \geq 4$); kecuali nilai NOECs kronis $> 1 \text{ mg/l}$

Bahaya terhadap Lapisan Ozon



Berbahaya Terhadap Lapisan Ozon

Protokol Montreal

- **Ozone Depleting Potential (ODP)**

merupakan kuantitas integratif, berbeda untuk tiap sumber spesi halokarbon, menyatakan kemampuan suatu halokarbon merusak lapisan ozon dalam stratosfir, berdasarkan massa-untuk-massa, relatif terhadap CFC-11

Berbahaya terhadap Lapisan Ozon

	KATEGORI 1
Simbol	
Kata sinyal	AWAS
Pernyataan bahaya	Berbahaya terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan dengan cara merusak lapisan ozon di atmosfer bagian atas