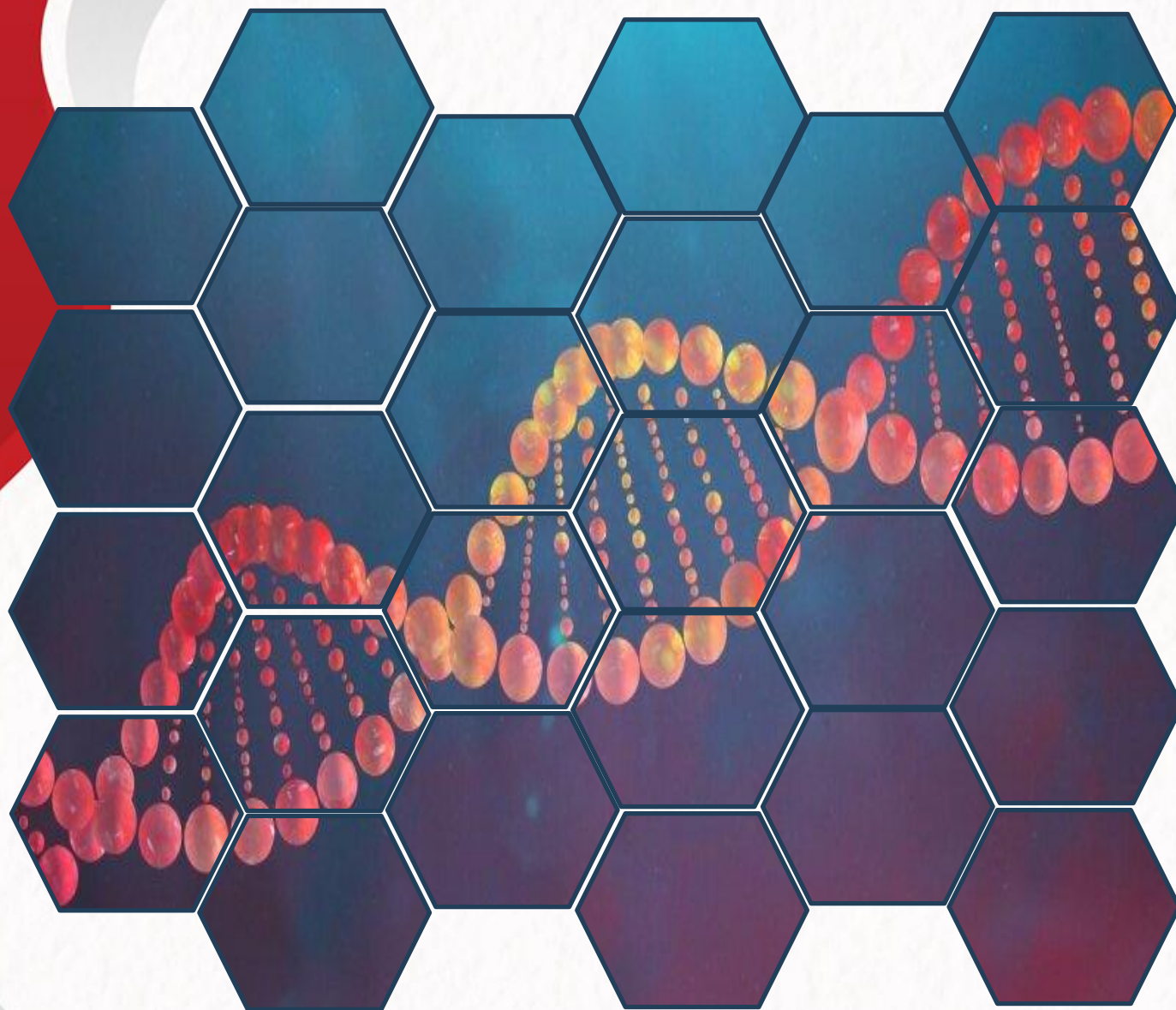




EFEK RADIASI BAGI MANUSIA

Fajar Panuntun, M.Eng

Pelatihan Petugas Keahlian pada Fasilitas
Produksi Radioisotop dan Radiofarmaka
dari Siklotron untuk Area Produksi dan
Area Sarana Penunjang Kritis

PT. Global Onkolab Farma

30 Juni – 11 Juli 2025

Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN - 2025

Nama : FAJAR PANUNTUN

Instansi : Badan Riset dan Inovasi Nasional – KNY

Pendidikan :

D-IV : ELINS, STTN – BATAN (2006-2010)

S-2 : Quantum Engineering, Osaka University - Japan (2017-2019)

Pekerjaan :

BATAN/BRIN : Keselamatan Kerja & Proteksi Radiasi (2011 – sekarang)

Training di bidang Radiasi:

- 1. PPR Industri Tingkat 1 (2010; 2013; 2016)**
- 2. Pelatihan Perawatan Spektrometri Gama**
- 3. Pelatihan Pengkajian Dosis, PUDKILAT - BATAN (2013)**
- 4. PPR Instalasi Nuklir (2019; 2025)**





Radiasi ?

- Pancaran Energi (Radiasi)
- Mengionisasi atom/molekul
- Perubahan kimia (jaringan biologis)

Efek Radiasi ?

Outline Materi



Struktur Tubuh
Manusia



Efek Radiasi pada
Tingkat Molekul / Sel



Efek Radiasi pada
Tubuh Manusia

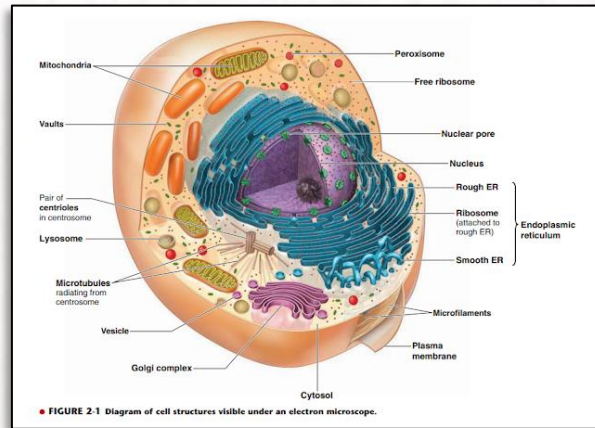


STRUKTUR TUBUH MANUSIA

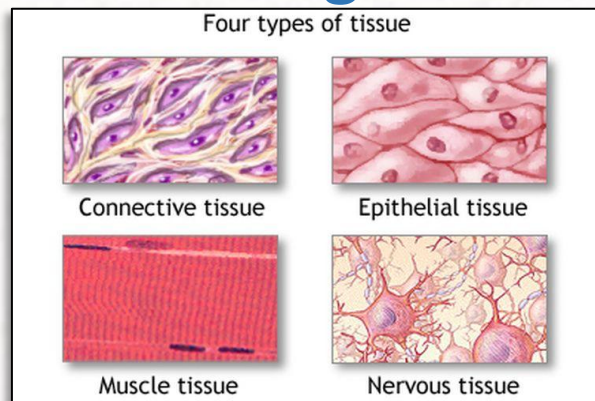


STRUKTUR TUBUH MANUSIA

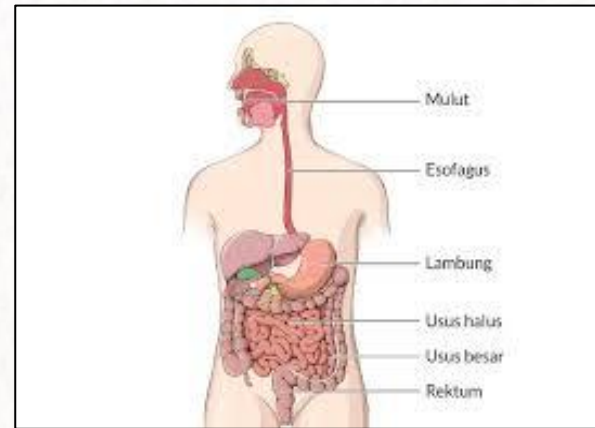
Sel



Jaringan



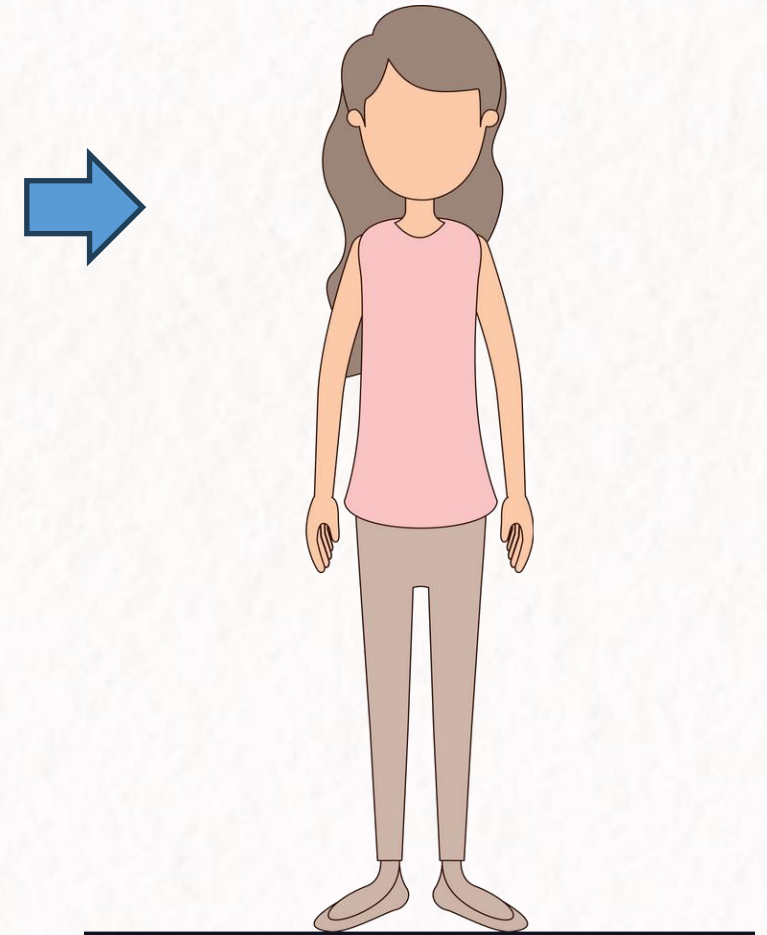
Sistem Organ



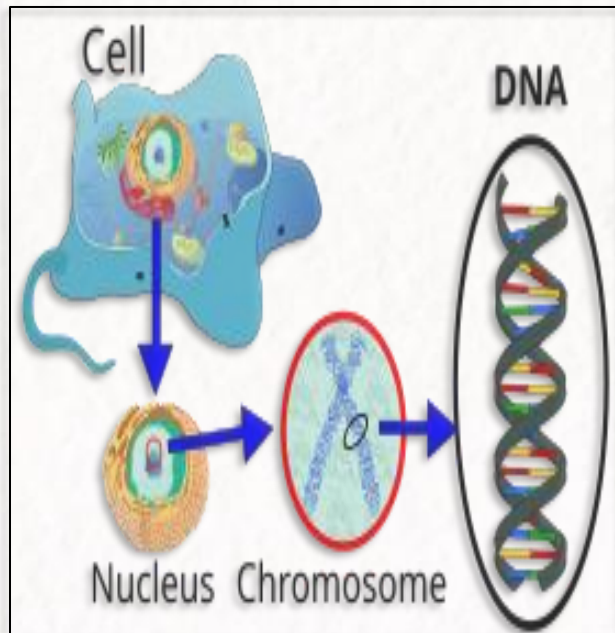
Organ



Tubuh Manusia



Sel - Kromosom - DNA



Selaput

- Transportasi zat

Sitoplasma

- Bagian yang cair, sebagai pelarut

Organel Sel

- Bagian padat, ribosom, mitokondria

Inti sel

- Mengatur aktivitas sel. Berisi kromosom

Kromosom

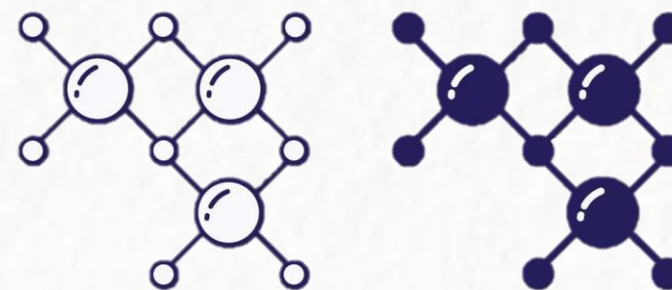
- 23 pasang, 22 psg autosom, 1 psg kromosom sex
- Tempat penyimpanan informasi genetik
- Berisi DNA

DNA

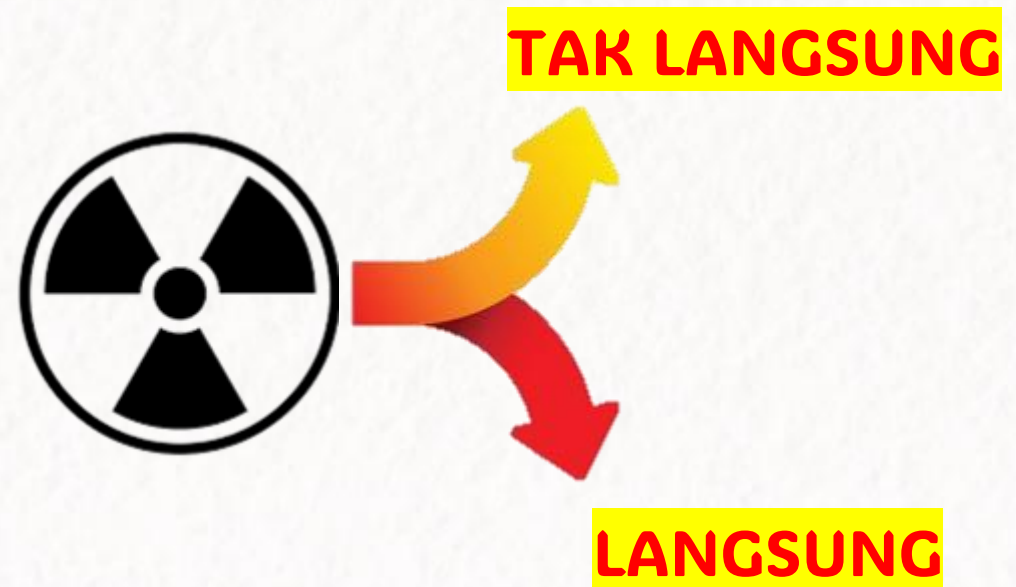
- Rantai panjang polinukleotida berbentuk spiral ganda. Materi genetic berisi informasi genetik

2

EFEK RADIASI PADA TINGKAT MOLEKUL DAN SEL

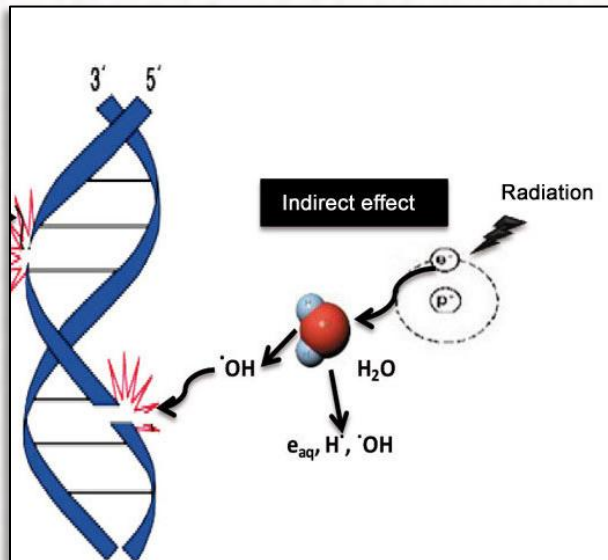


Interaksi Radiasi terhadap Tubuh Manusia

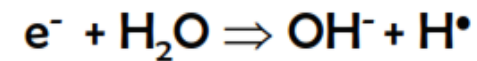
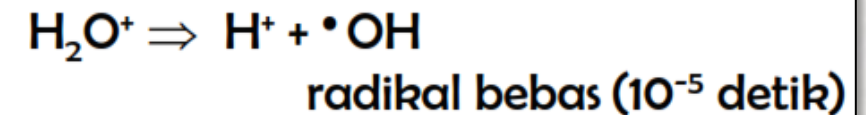
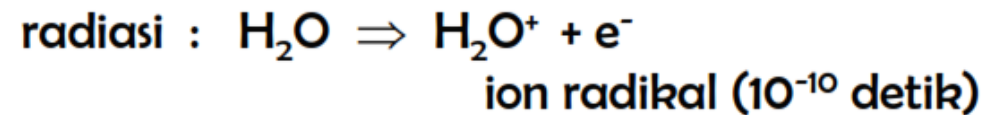
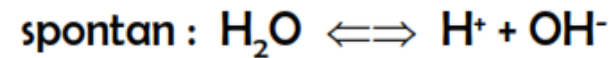


Interaksi Radiasi dengan Air

Tidak Langsung

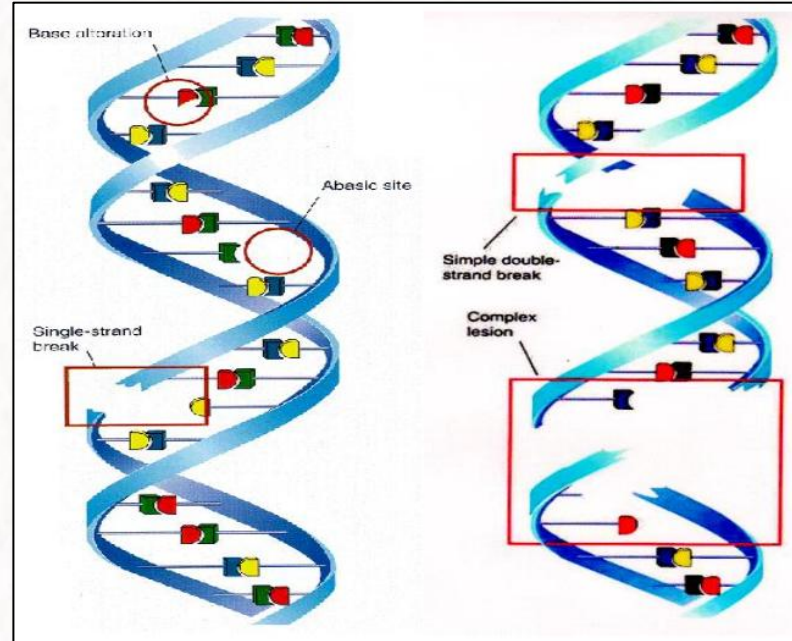


Skema radiolisis air



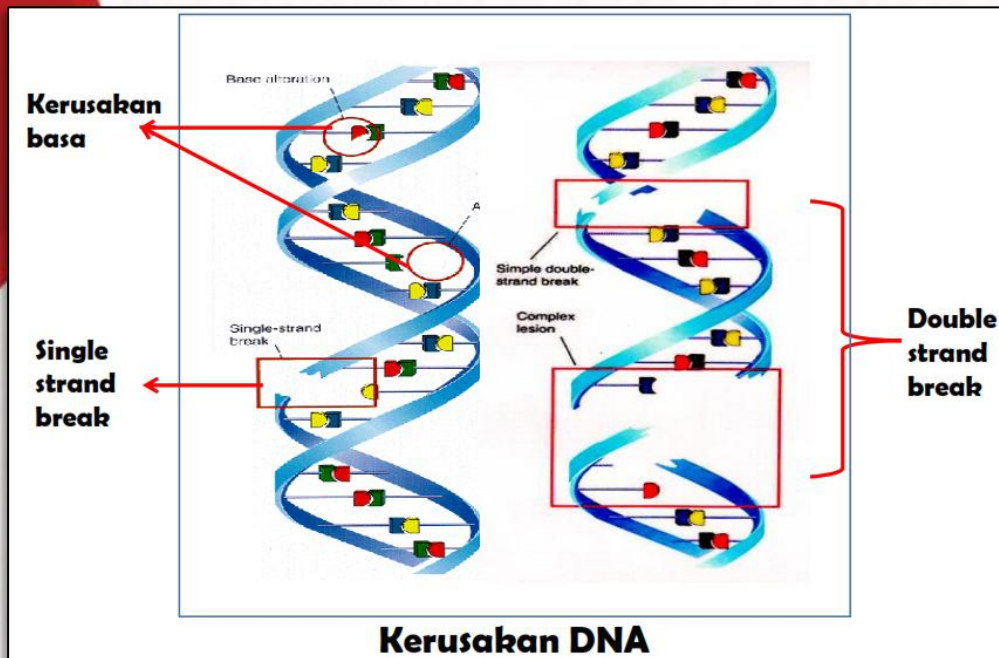
Interaksi Radiasi dengan DNA

Langsung



- ✓ Single strand break, putusnya salah satu untai DNA
- ✓ Double strand break, putusnya kedua untai DNA
- ✓ Base damage

EFEK RADIASI TERHADAP DNA



Perubahan molekul basa

Hilangnya basa

Putusnya ikatan hidrogen

Single strand break

Double Strand break

Kerusakan

Perubahan molekul basa

Hilangnya basa

Single strand break

Double Strand break

Kerusakan Parah



Kemungkinan yang terjadi

Perbaikan sempurna

Perbaikan sempurna

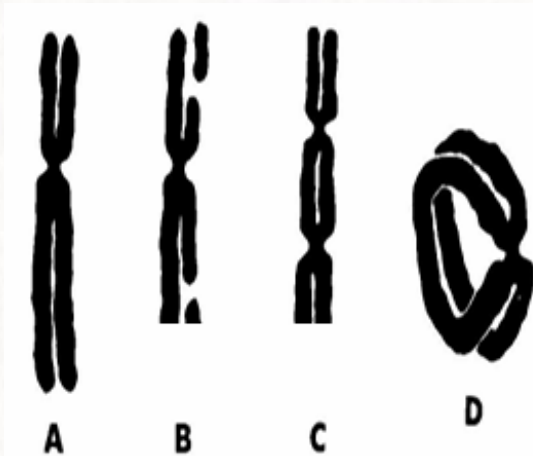
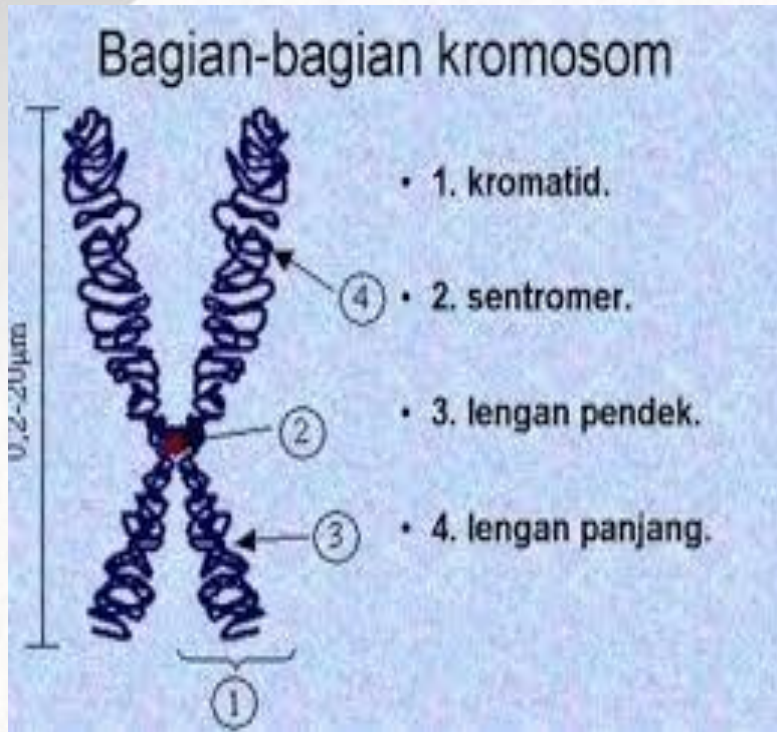
Perbaikan sempurna

Perbaikan sempurna/ mutasi/kematian sel

Kematian sel

EFEK RADIASI TERHADAP KROMOSOM

Paparan radiasi menimbulkan perubahan **JUMLAH** atau **STRUKTUR** kromosom (**ABERASI KROMOSOM**)



A. Normal

B. Patah lengan

C. Disentrik

D. Cincin

Radiasi

Kromosom

Perubahan
Jumlah
dan/atau
struktur

ABERASI
KROMOSOM

DISENTRIK

DOSIMETER
BIOLOGI

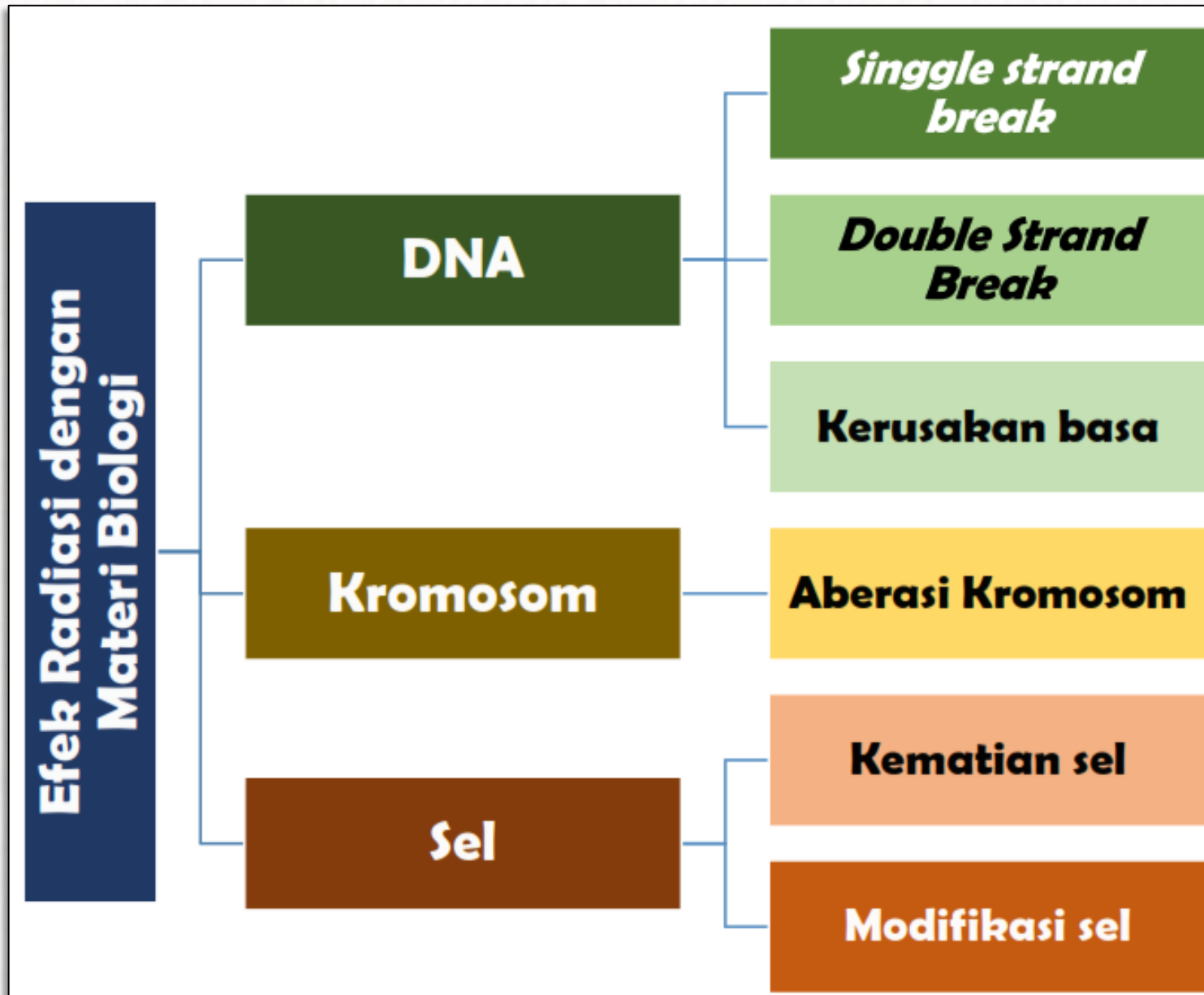
SEL
LIMFOSIT

Interaksi Radiasi dengan Kromosom

Dosimeter Biologi

Aberasi Kromosom & Dosimeter Biologi

- ✓ Digunakan secara luas sebagai biomarker akibat paparan radiasi berlebih
- ✓ Rentang dosis: 0,5 Gy – 8 Gy
- ✓ Frekuensi disentrik menurun dengan bertambahnya waktu (tidak stabil)
- ✓ Analisa dilakukan dalam waktu 24 jam - 30 hari paska paparan radiasi



3

EFEK RADIASI PADA TUBUH MANUSI

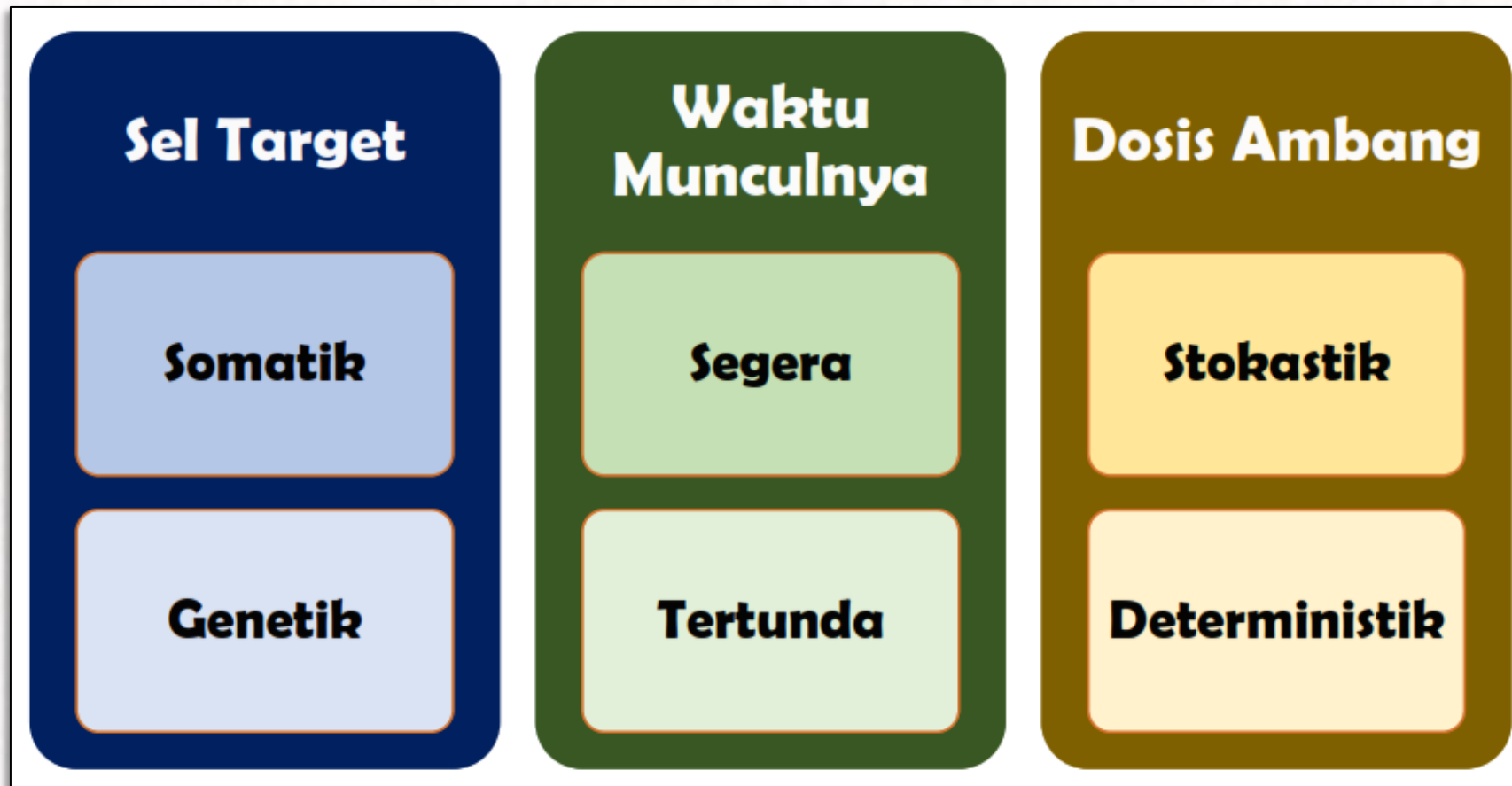
Tingkat **proliferasi** (pembelahan sel) semakin tinggi, sensitivitas sel semakin tinggi

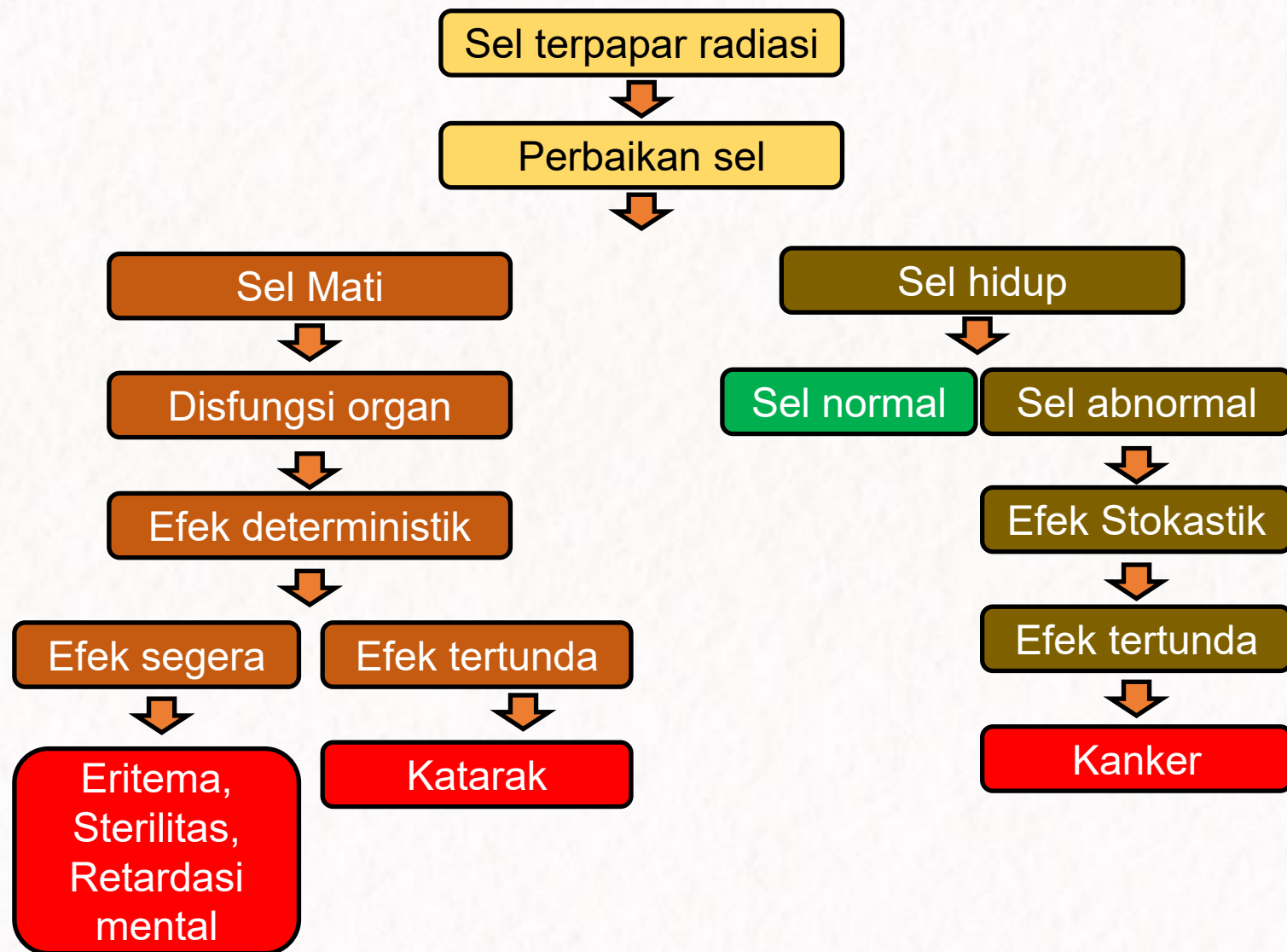
Tingkat **diferensiasi** (kematangan sel) semakin tinggi, sensitivitas sel semakin rendah

(Rubin, P. and Casarett. G. W.: Clinical Radiation Pathology (Philadelphia: W. B. Saunders. 1968))

Level Radiosensitivitas	Contoh Sel
Sangat Tinggi	Sel spermatogonia
Tinggi	Sel Hematopoietik
Sedang	Sel endotel
Relatif Rendah	Sel Hepar dan ginjal
Rendah	Sel saraf, sel otot, sel eritrosit

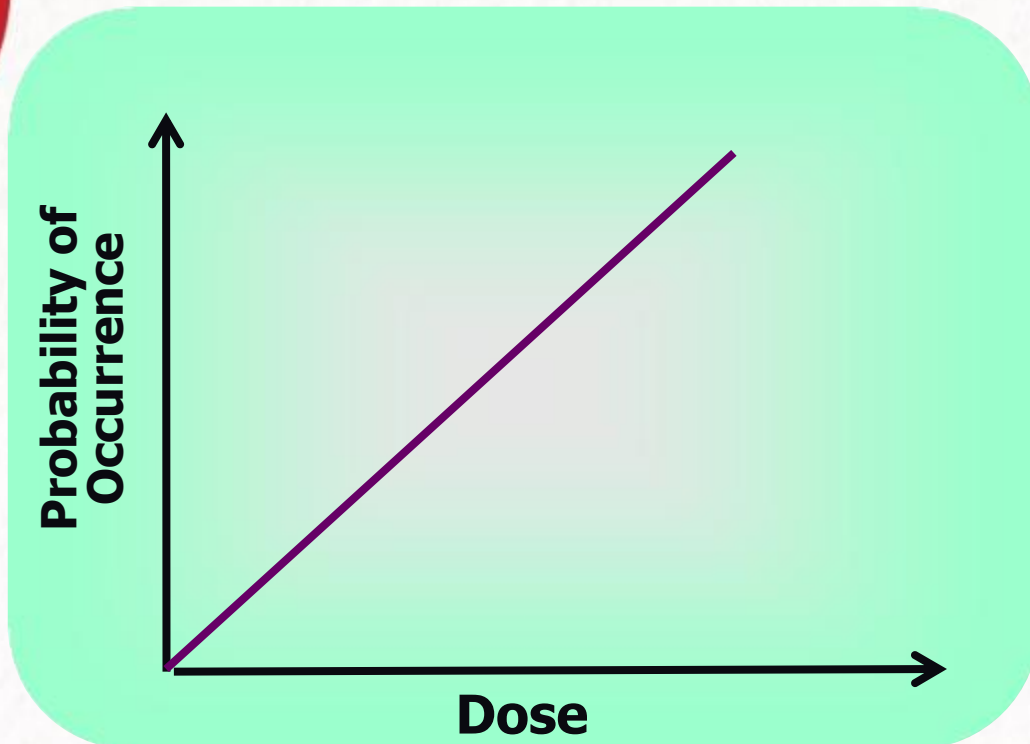
Klasifikasi Efek Radiasi





Efek Radiasi

Efek stokastik dapat terjadi jika sel yang terkena paparan radiasi pengion mengalami modifikasi

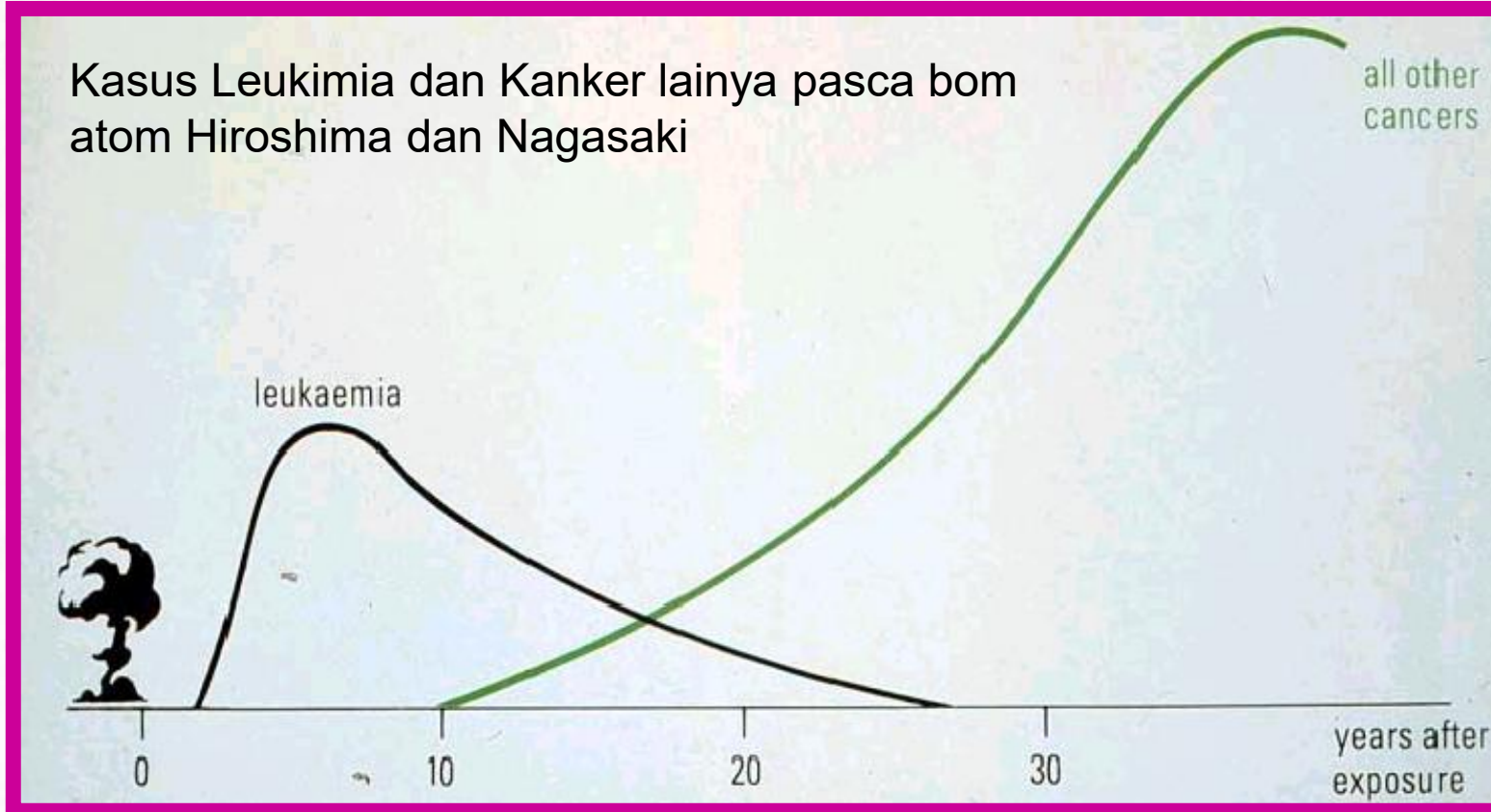


Ciri-ciri efek **stokastik**:

- Bersifat random
- Tidak memiliki dosis ambang
- Probabilitas kejadian bergantung dosis
- Dapat terjadi pada individu terpapar dan turunannya

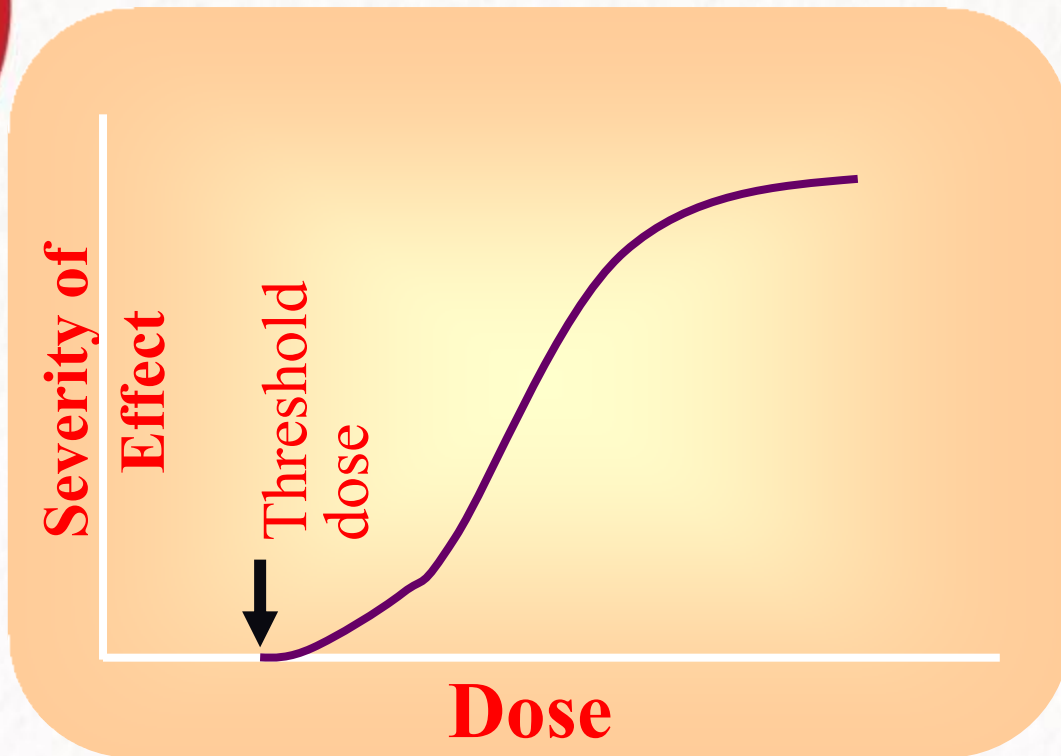
Efek Radiasi (Stokastik)

Kasus Leukimia dan Kanker lainnya pasca bom atom Hiroshima dan Nagasaki



Efek Radiasi

Efek deterministik terjadi karena adanya kematian sel sebagai akibat dari paparan radiasi baik pada sebagian atau seluruh tubuh

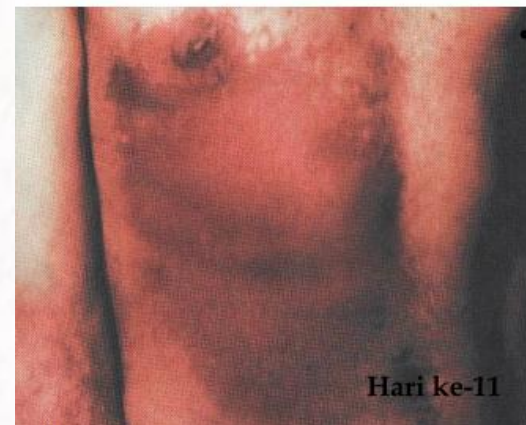
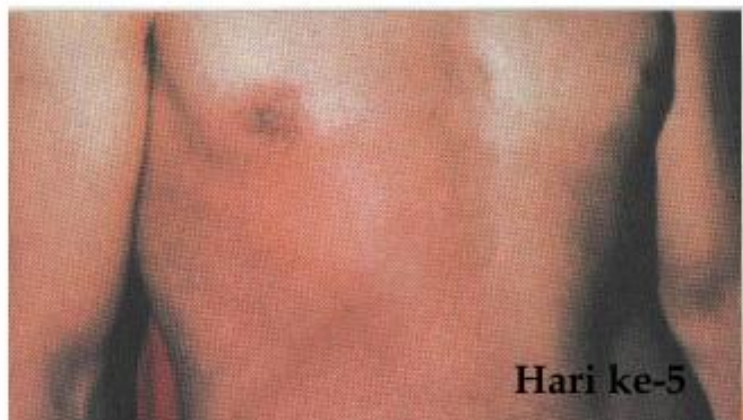


Ciri-ciri efek deterministik:

- memiliki dosis ambang
- tingkat keparahan bergantung dosis
- terjadi hanya pada individu terpapar

Efek Deterministik pada Kulit

Efek Radiasi	Rentang Dosis (Gy)	Waktu
Eritema awal	2 – 3	6 – 24 jam
Epilasi dan deskuamasi kering	3 – 8	3 – 6 minggu
Deskuamasi basah	12 – 20	4 – 6 minggu
Nekrosis	> 20	10 minggu



Efek Deterministik pada Mata



Lensa mata paling sensitif

0,5 Gy → kekeruhan lensa mata teramati

2-10 Gy → katarak dalam 6 bulan – 35 tahun

Semakin tinggi dosis, semakin singkat masa laten

Efek Deterministik pada Testis

Oligosperma

• 0,15 Gy

Steril untuk beberapa bulan

• < 1 Gy

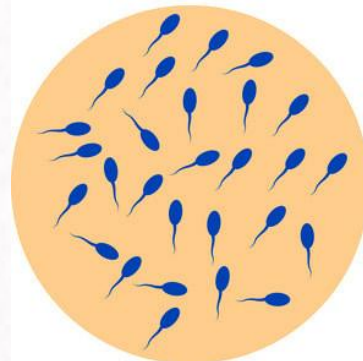
Steril untuk 1-2 tahun

• 1-3 Gy

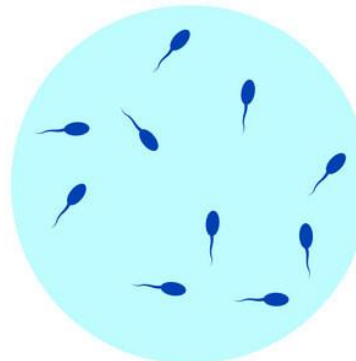
Steril permanen

• 3,5-6 Gy

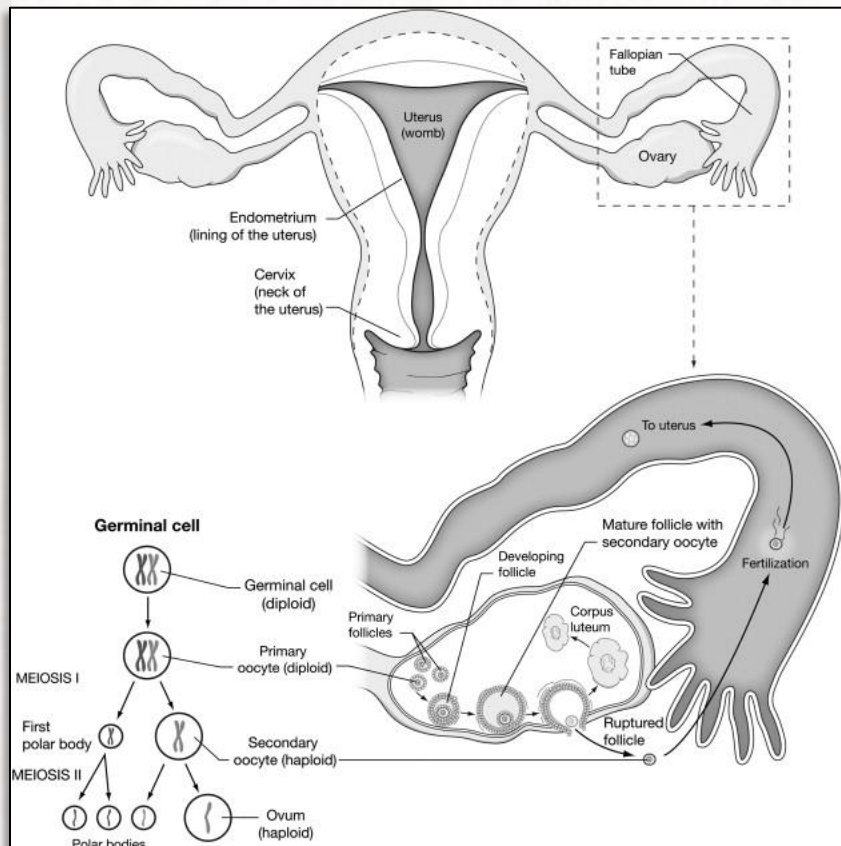
Normal sperm count



Low sperm count



Efek Deterministik pada Ovarium



Steril
sementara

• 0,65 Gy

Steril pada
usia 40
Tahunan

• 5-7 Gy

Steril pada
usia 20
tahunan

• 12-13 Gy

Sindroma Radiasi Akut

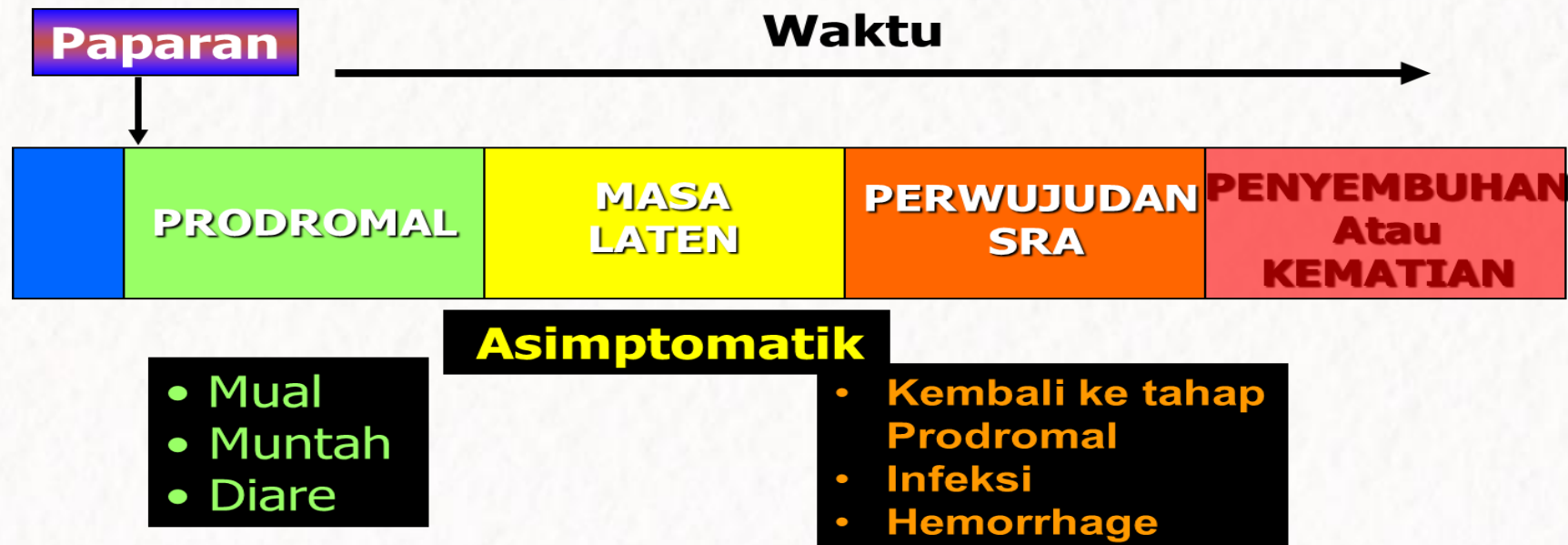
Sindroma Radiasi Akut (SRA) :

sekumpulan **sindrom** yang timbul akibat paparan radiasi **dosis tinggi**, lebih besar dari 1 Gy, pada seluruh tubuh secara **akut**

Tahapan Sindroma Radiasi Akut:

- **Prodromal**, timbulnya simptom awal segera pasca paparan
- **Masa laten**, masa dimana tidak timbul simptom
- **Perwujudan SRA**, timbulnya sindrom pada sistem hematopoitik, pencernaan, dan sistem syaraf pusat
- Masa **penyembuhan** atau **kematian**

Sindroma Radiasi Akut



Pemantauan Kesehatan (Perba 6; 2010)

Pemeriksaan kesehatan

Konseling

Penatalaksanaan
Penerimaan Dosis Berlebih

Pemantauan Kesehatan (Perba 6; 2010)

Pemeriksaan Kesehatan

Umum

**Sebelum, Selama dan
Pemutusan Hub Kerja**

- **Anamnesis**
- **Riwayat penyakit keluarga**
- **Pemeriksaan Fisik**
- **Pemeriksaan Lab**

Khusus

- ✓ **Diduga mengalami gejala karena penerimaan dosis berlebih**
- ✓ **Penatalaksana dosis berlebih**

- **Pemeriksaan darah lengkap**
- **Pemeriksaan sperma**
- **Pemeriksaan aberasi kromosom**

Pemantauan Kesehatan (Perba 6; 2010)

Pemeriksaan Kesehatan Umum

Pemeriksaan Kesehatan umum pada saat sebelum bekerja sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus dilaksanakan untuk tujuan:

- a. Memastikan bahwa pekerja mampu untuk melaksanakan tugas sebagai Pekerja Radiasi
- b. Memberikan informasi status kesehatan Pekerja Radiasi sebelum menjalankan tugasnya
- c. Mengklasifikasi status kesehatan Pekerja Radiasi dalam kategori sehat untuk bekerja, sehat untuk bekerja dalam kondisi tertentu dan tidak sehat untuk bekerja.

Pemantauan Kesehatan (Perba 6; 2010)

Konseling

Dilakukan melalui:

- Pemeriksaan Psikologi
- Konsultasi

Dilakukan kepada:

- Pekerja Wanita yang/diduga hamil; menyusui
- Pekerja yang menerima paparan radiasi berlebih
- Pekerja yang berkehendak mengetahui tentang paparan yang diterimanya

Pemantauan Kesehatan (Perba 6; 2010)

Penatalaksana Dosis Berlebih

Penatalaksana Kesehatan Pekerja Radiasi yang mendapat paparan radiasi berlebih :

- Kajian terhadap dosis yang diterima
- Konseling
- Pemeriksaan Kesehatan dan tindak lanjut

Pemantauan Kesehatan (Perba 6; 2010)

Kajian terhadap dosis yang diterima:

- Pembacaan dosimeter personal
- Evaluasi pemantauan daerah kerja/rekonstruksi dosis
- Jika ada paparan internal, perlu kajian invivo & invitro

Jika PR mendapat dosis > 0,2 Sv :

- Aberasi kromosom pada sel darah
- Pemeriksaan limfosit absolut
- Pemeriksaan sel darah lengkap

Rekaman & Laporan Dosis Personal

1. Paling singkat untuk jangka waktu **30 tahun** setelah pekerja radiasi berhenti bekerja
2. PI wajib menyimpan rekaman hasil pemantauan dosis Paling singkat sampai pekerja radiasi mencapai **umur 75 tahun**

Terima Kasih



www.brin.go.id



Brin Indonesia



@brin_indonesia



@brin.indonesia



Bridging Sciences
Empowering Talents

@dpk brin

Answer me..

Berikut ini yang bukan termasuk dalam radiasi pengion adalah

- a. Sinar UV
- b. Sinar alpha
- c. Sinar-X
- d. Sinar beta

Answer me..

Berikut ini adalah penyakit akibat radiasi pengion

- a. TBC
- b. Pusing
- c. Kanker
- d. Diabetes

Answer me..

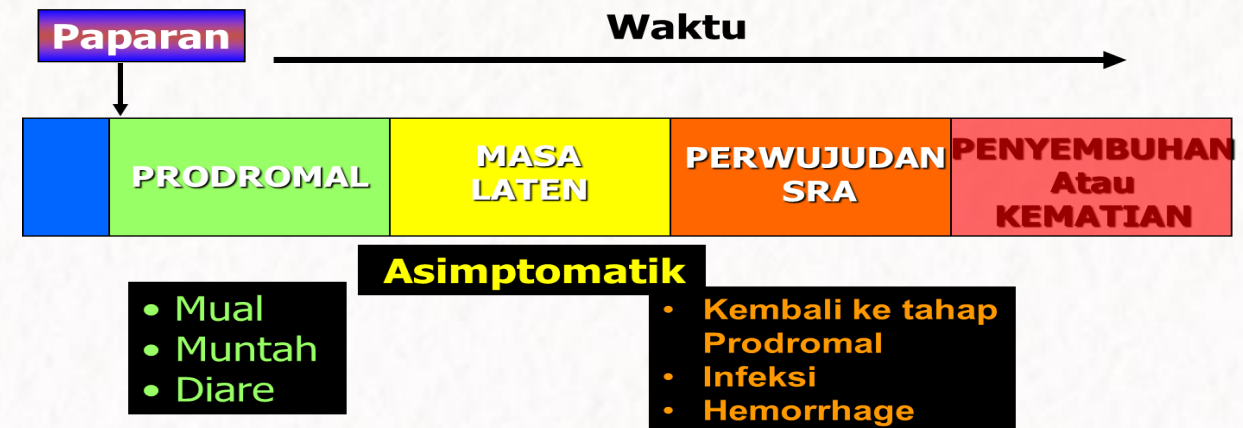
Berikut ini yang bukan termasuk dalam jenis efek radiasi pengion adalah

- a. Efek Lethal
- b. Efek Somatik
- c. Efek Deterministik
- d. Efek Stokastik

Answer me..

Berikut ini yang bukan tahapan dari Sindrom Rdiasi Akut (SRA) adalah

- a. Efek ringan
- b. Prodormal
- c. Masa laten
- d. Perwujudan SRA



Answer me..

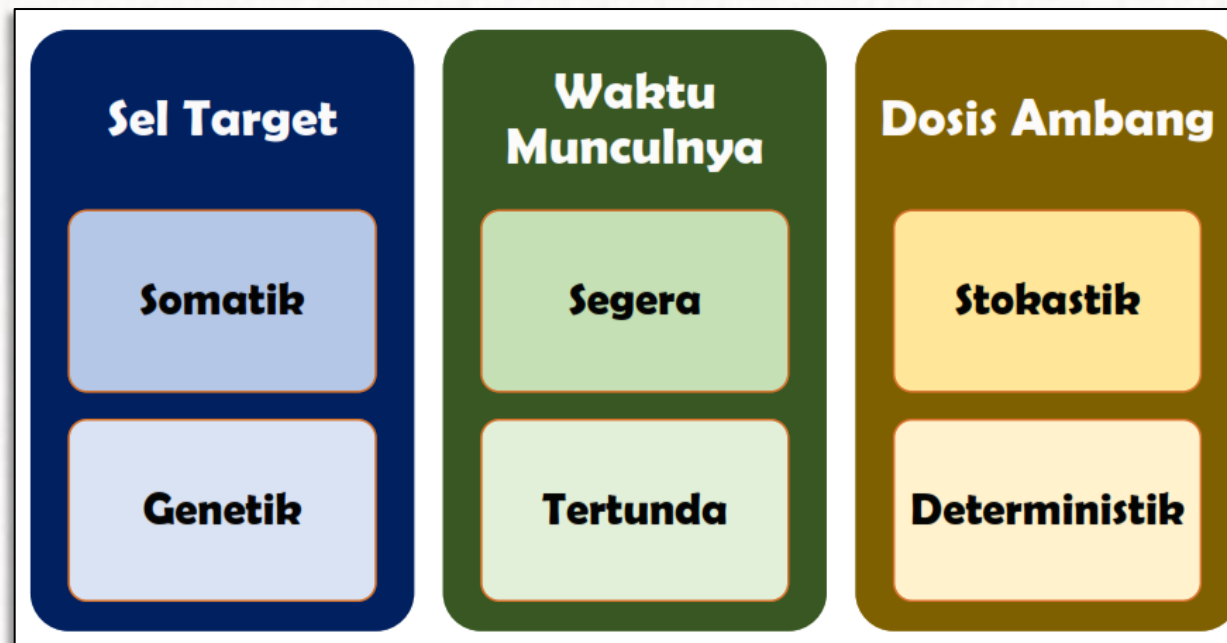
Berikut ini yang bukan termasuk dalam pemeriksaan umum dalam pemantauan kesehatan pekerja radiasi adalah

- a. Anemnesis
- b. Riwayat keluarga
- c. Pemeriksaan Lab
- d. Cek darah lengkap



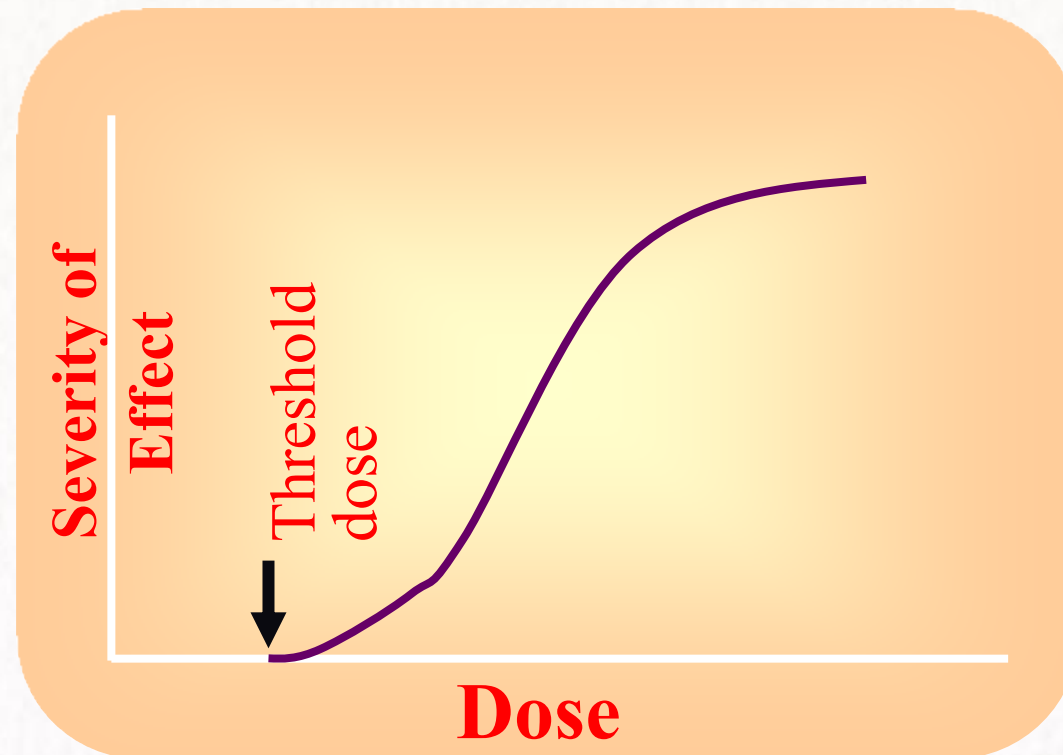
True or False?

Efek stokastik adalah efek radiasi yang tidak memerlukan batas ambang dosis



True or False?

Efek deterministik adalah efek radiasi yang tingkat keparahannya tergantung dosis



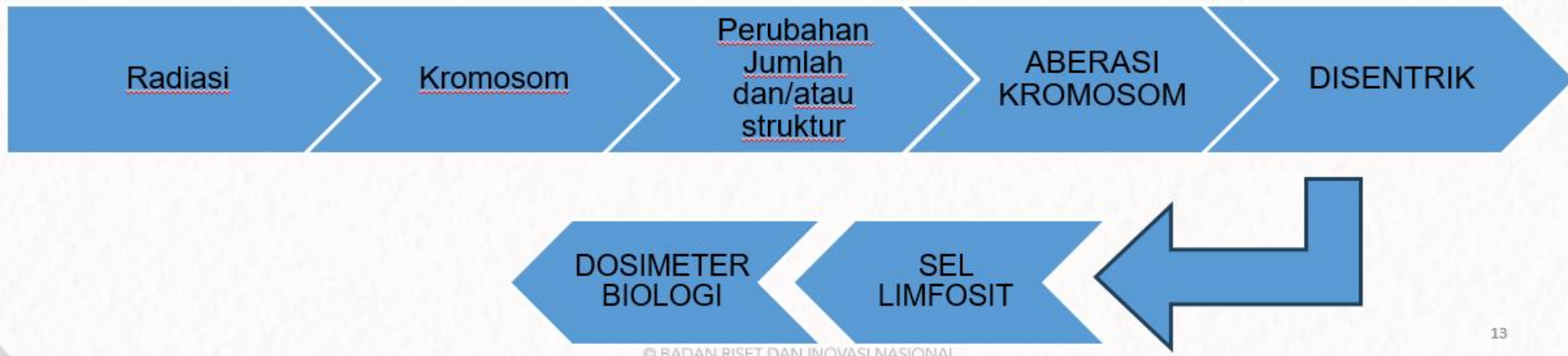
True or False?

Sel sperma adalah sel yang paling sensitif terhadap radiasi pengion

Level Radiosensitivitas	Contoh Sel
Sangat Tinggi	Sel spermatogonia
Tinggi	Sel Hematopoetik
Sedang	Sel endotel
Relatif Rendah	Sel Hepar dan ginjal
Rendah	Sel saraf, sel otot, sel eritrosit

True or False?

Disentrik adalah kelainan kromosom yang digunakan sebagai dosimeter biologi



© BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL