

PENGUKURAN DAN PEMANTAUAN RADIASI



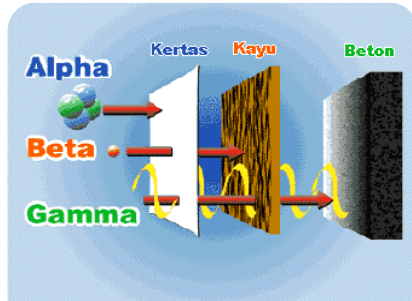
**Pelatihan Petugas
Irradiator**

Mahrus Salam

Pusat Sains dan Teknologi Akselerator

Email : mahrus.salam@batan.go.id





Daya tembus beberapa radiasi pengion

Sifat Radiasi tidak dapat dideteksi dengan panca indra, dapat menembus materi/bahan



Pengukuran Radiasi diperlukan, Pemantauan daerah kerja, & pemantauan dosis perorangan



Oleh karena itu alat ukur radiasi mutlak dibutuhkan dalam pemanfaatan teknologi nuklir



HASIL BELAJAR

Setelah mengikuti materi ini peserta akan mampu **menguraikan teknik deteksi dan penggunaan alat ukur radiasi**



Indikator Hasil Belajar (1)

Membedakan kuantitas, energi dan dosis radiasi.

Menyebutkan mekanisme deteksi radiasi

Menjelaskan prinsip kerja detektor isian gas, sintilasi dan semikonduktor

Menjelaskan karakteristik detektor isian gas, sintilasi dan semikonduktor

Membedakan kegunaan dosimeter perorangan, surveimeter, dan monitor kontaminasi



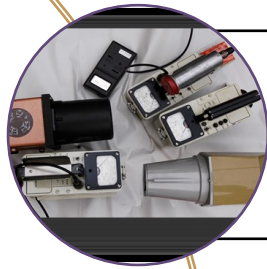
Indikator Hasil Belajar (2)

Menjelaskan konsep kalibrasi dan kegunaan faktor kalibrasi alat ukur radiasi

Menguraikan prinsip kerja dosimeter saku, film badge, TLD, dan RPLD;

Menyebutkan karakteristik dosimeter dosimeter saku, film badge, TLD, dan RPLD

Menguraikan 3 langkah yang harus dilakukan sebelum menggunakan surveimeter



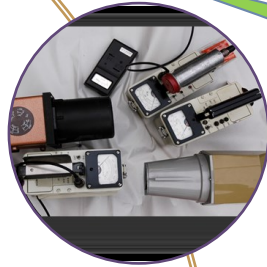
Mampu menggunakan Alat ukur radiasi secara benar



Mampu melakukan pemantauan paparan dan kontaminasi Radiasi daerah kerja



Pemanfaatan sumber radiasi secara selamat



Dasar & Prinsip Pengukuran Radiasi



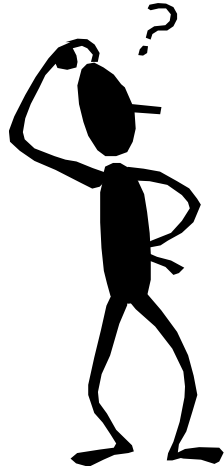
Jenis- Jenis Detektor Radiasi



Penggunaan Alat Ukur Radiasi



DASAR & PRINSIP PENGUKURAN RADIASI



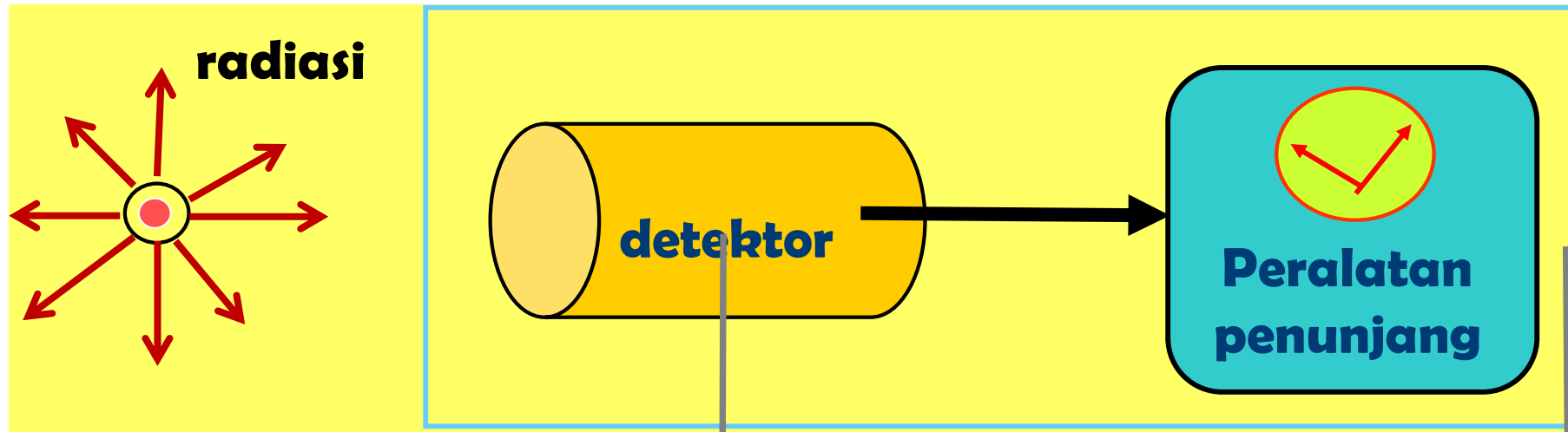
Susunan peralatan untuk mendeteksi dan mengukur radiasi

- **Besaran fisika apa yang diukur?**
- **Mekanisme Pengukuran Radiasi?**





Alat Ukur Radiasi



- Bahan yang **dapat berinteraksi** dengan radiasi,
- berfungsi **mengubah energi radiasi** menjadi bentuk energi lain yang **lebih mudah diamati**

- peralatan elektronik,
- berfungsi untuk **mengubah tanggapan detektor** tersebut menjadi suatu **informasi yang dapat diamati oleh indera manusia**
- diolah lebih lanjut menjadi informasi yang berarti.



Alat Ukur Radiasi

Alat yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur :

KUANTITAS,

ENERGI,

INTENSITAS

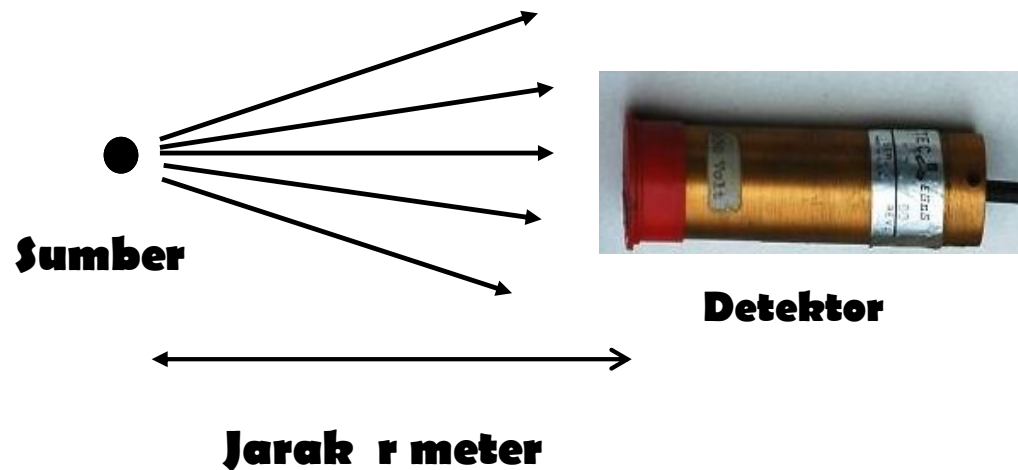
DOSIS RADIASI



Kuantitas Radiasi

banyaknya radiasi per satuan waktu per satuan luas, pada suatu titik pengukuran

merupakan sebagian dari radiasi yang dipancarkan oleh sumber



$$\Phi = \frac{A \cdot p}{4\pi \cdot r^2}$$



Energi

kekuatan dari setiap radiasi yang dipancarkan

Bergantung pada jenis radionuklida atau kV

1 eV: energi elektron yang bergerak melalui beda potensial 1 eV

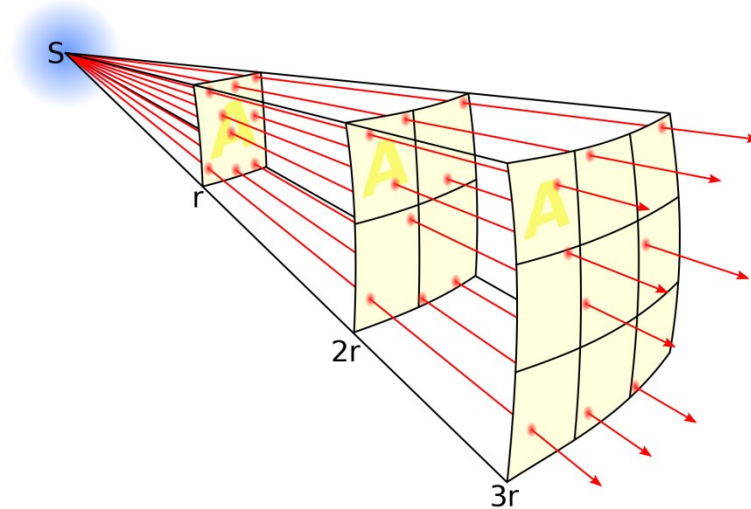
Jenis Radionuklida	Energi	Probabilitas
Cd-109	88 keV	3,70%
Cs-137	662 keV	85,1%
Co-60	1173 keV	100%
	1332 keV	100%



Intensitas

Energi atau jumlah radiasi per satuan waktu per satuan luas

Hasil perkalian kuantitas dengan energi



$$I = \Phi \cdot E$$



Dosis Radiasi

jumlah radiasi yang terdapat dalam medan radiasi

jumlah energi radiasi yang diserap atau diterima oleh materi

Satuan: Gy, Rem, Sievert



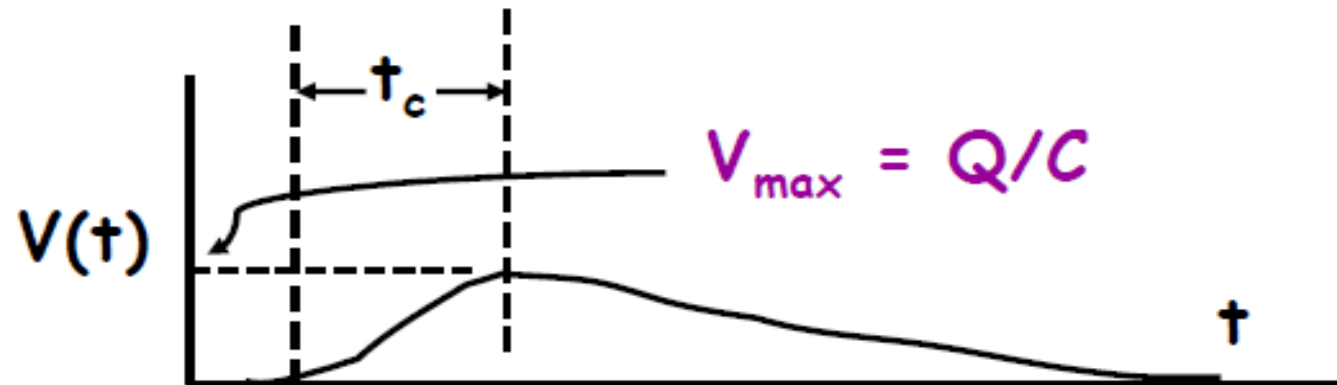
Mekanisme Deteksi

Mekanisme Deteksi	Contoh Detektor
Proses Ionisasi	Isian Gas
Proses Sintilasi	NaI(Tl), CsI(Tl), ZnS(Ag)
Proses Termoluminisensi	TLD
Efek Pemanasan	Kalorimeter
Reaksi Kimia	Film Badge
Perubahan Biologi	Dosimeter Biologi



Cara pulsa/Pulse mode

- Pulsa yg dihasilkan merupakan hasil interaksi setiap radiasi di dlm detektor
- Tinggi pulsa $\sim Q$, dan $Q \sim$ energi radiasi
(kapasitas detektor diasumsikan konstan)



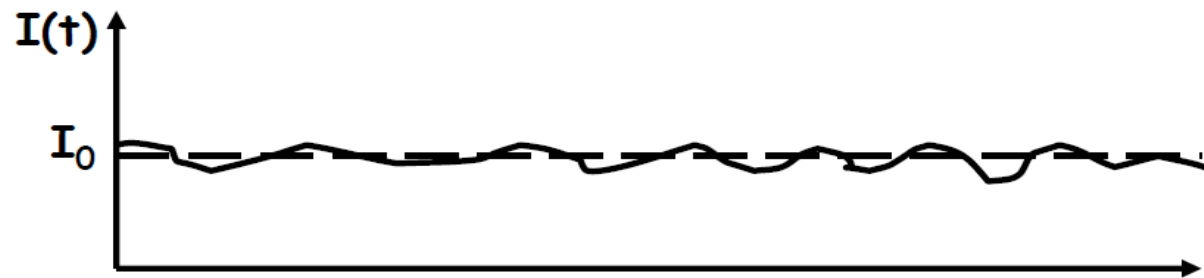


Cara arus/Current mode

- Arus listrik yg terbentuk merupakan perubahan muatan rata-rata terhadap waktu.
- Pemakaian:
 - Alat ukur proteksi radiasi

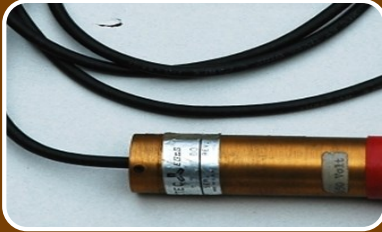
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Time average of current signal

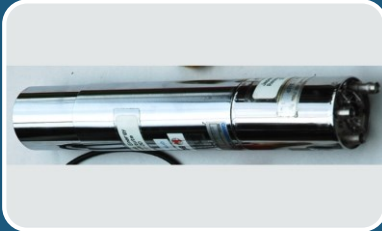




JENIS-JENIS DETEKTOR RADIASI



Detektor isian gas



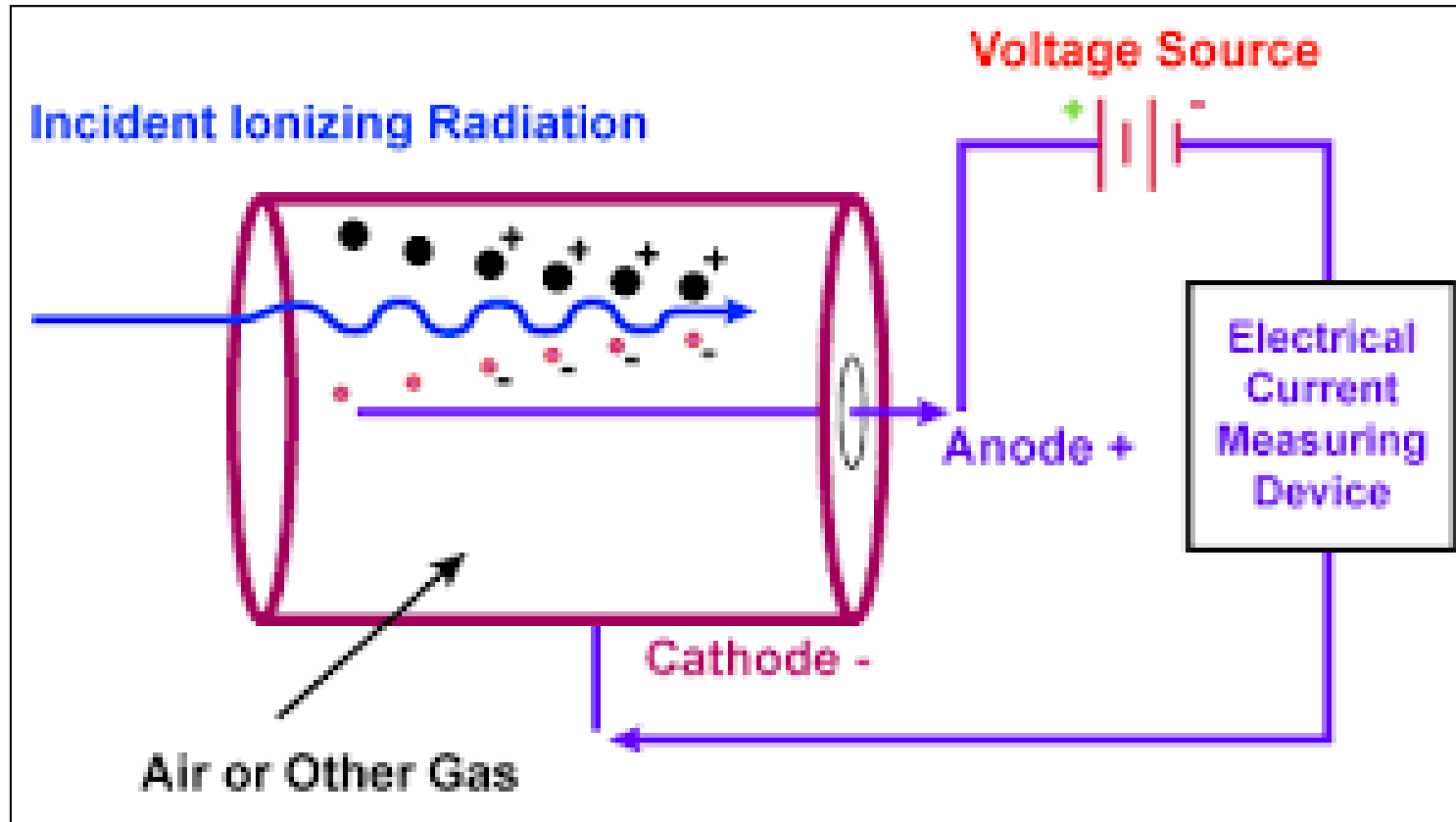
Detektor sintilasi



Detektor semikonduktor



Detektor Isian Gas



Proses ionisasi: terbentuknya ion positif dan negatif



Detektor Isian Gas

Jenis Detektor Isian Gas

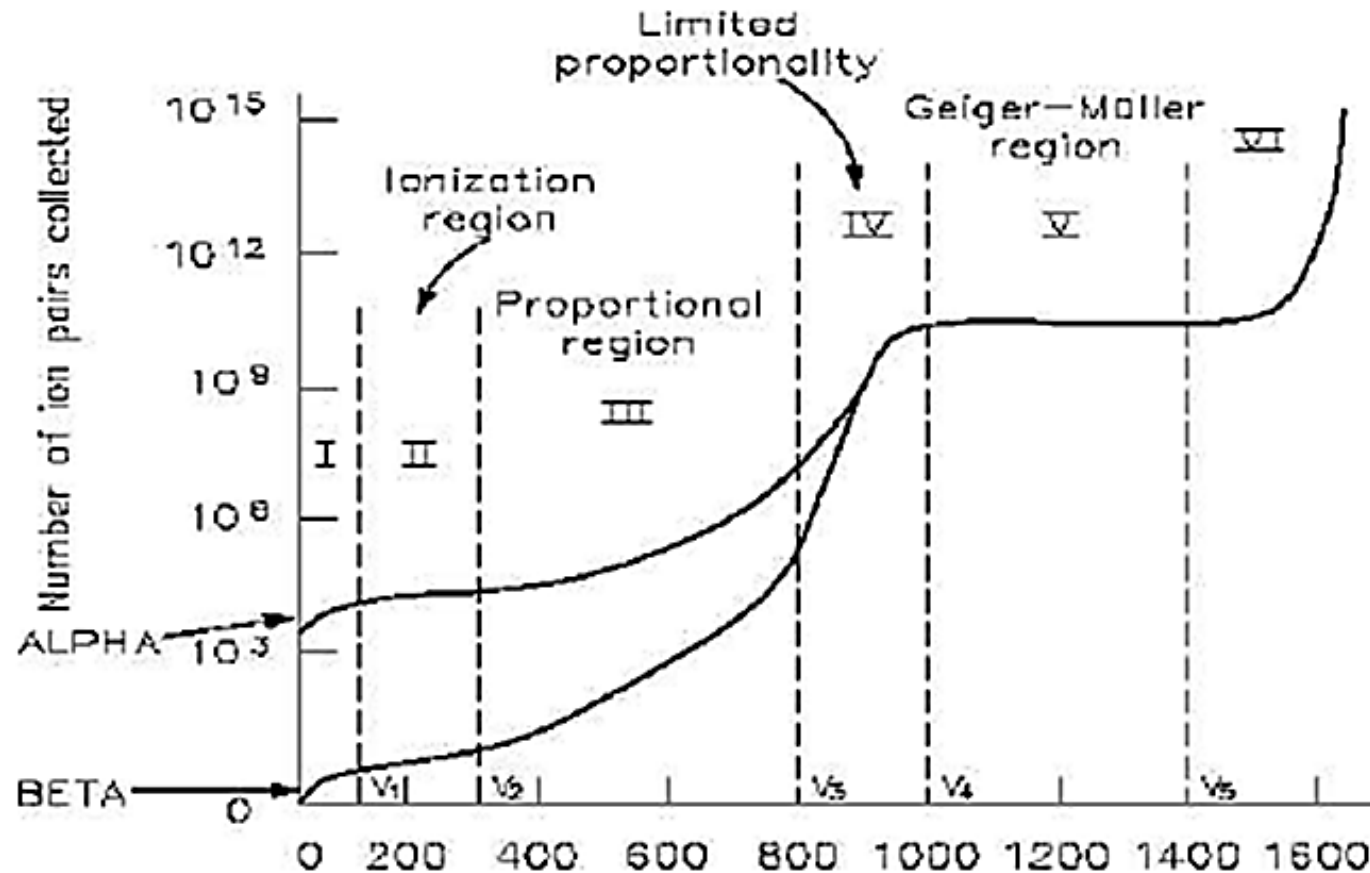
Detektor Kamar Ionisasi

Detektor Proporsional

Detektor Geiger Muller



Detektor Isian Gas



Karakteristik jumlah ion terhadap perubahan tegangan kerja detektor



Detektor Isian Gas





Detektor Isian Gas

Karakteristik

Konstruksi sangat sederhana

Effisiensi rendah

Jenis Radiasi yang dapat diukur

Alpha (window sangat tipis)

Beta

Gamma/Sinar-X

Neutron (BF₃ atau He)



Detektor Sintilasi

material sintilator

**berbentuk padat
maupun cair**

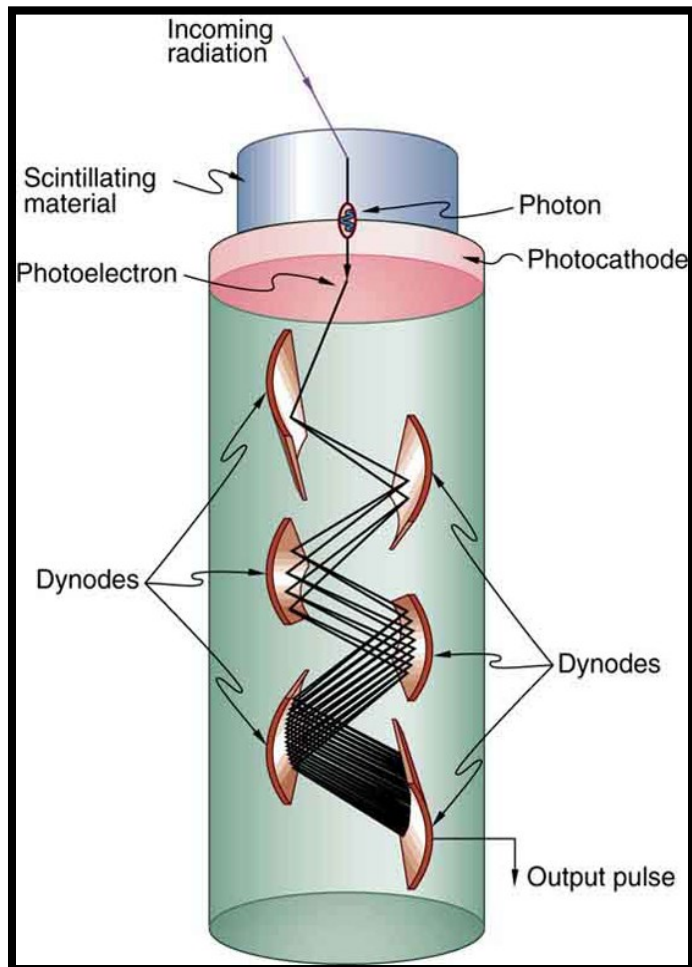
**akan menghasilkan
percikan cahaya bila
dikenai radiasi pengion.**

Photomultiplier

**mengubah percikan
cahaya yang
dihasilkan material
sintilator menjadi pulsa
listrik.**



Detektor Sintilasi



Radiasi mengenai bahan sintilator

Timbul percikan cahaya

Foton cahaya mengenai fotokatoda

Fotokatoda memancarkan elektron

Elektron difokuskan ke arah dynode

Elektron digandakan

Elektron mengenai anoda

Timbul arus/pulsa

Ditampilkan pada alat peraga



Proses Sintilasi

Electron pada pita valensi menyerap energi radiasi

Elektron pindah ke pita konduksi

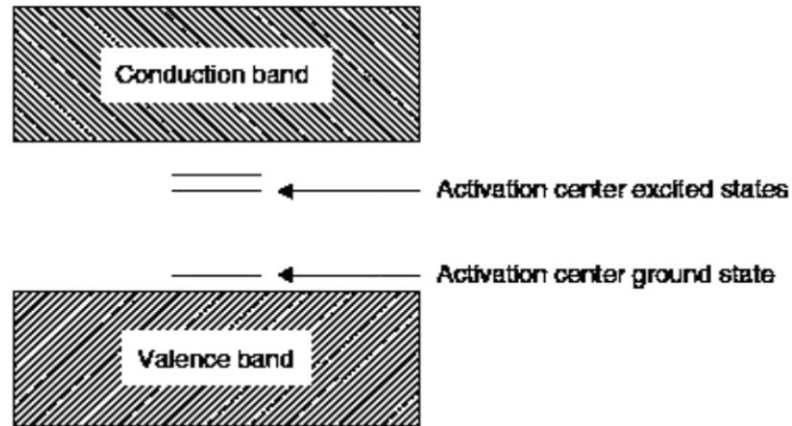
Elektron kembali ke pita valensi

Dipancarkan radiasi sinar-X,

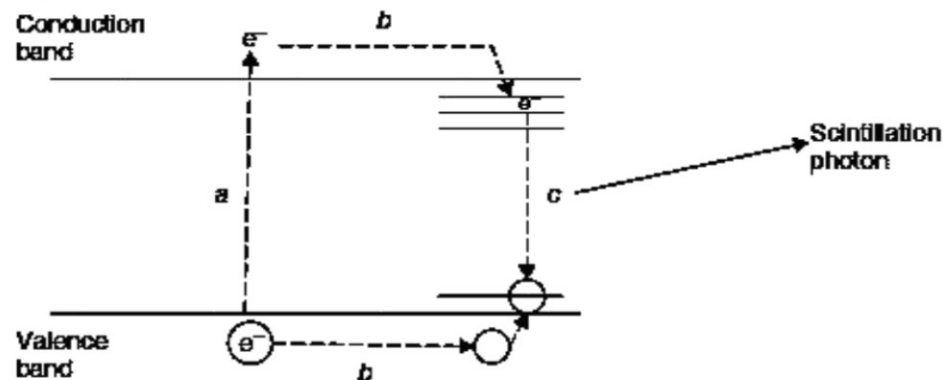
Unsur activator menggeser panjang gelombang sinar-X

radiasi yang dipancarkannya berupa sinar tampak

a) Delocalized bonding



b) Scintillation process





Detektor Sintilasi

Karakteristik

Effisiensi tinggi dan respon sangat cepat

Konstruksi rumit

Jenis Sintilator

Nal(Tl) untuk gamma dan sinar-X

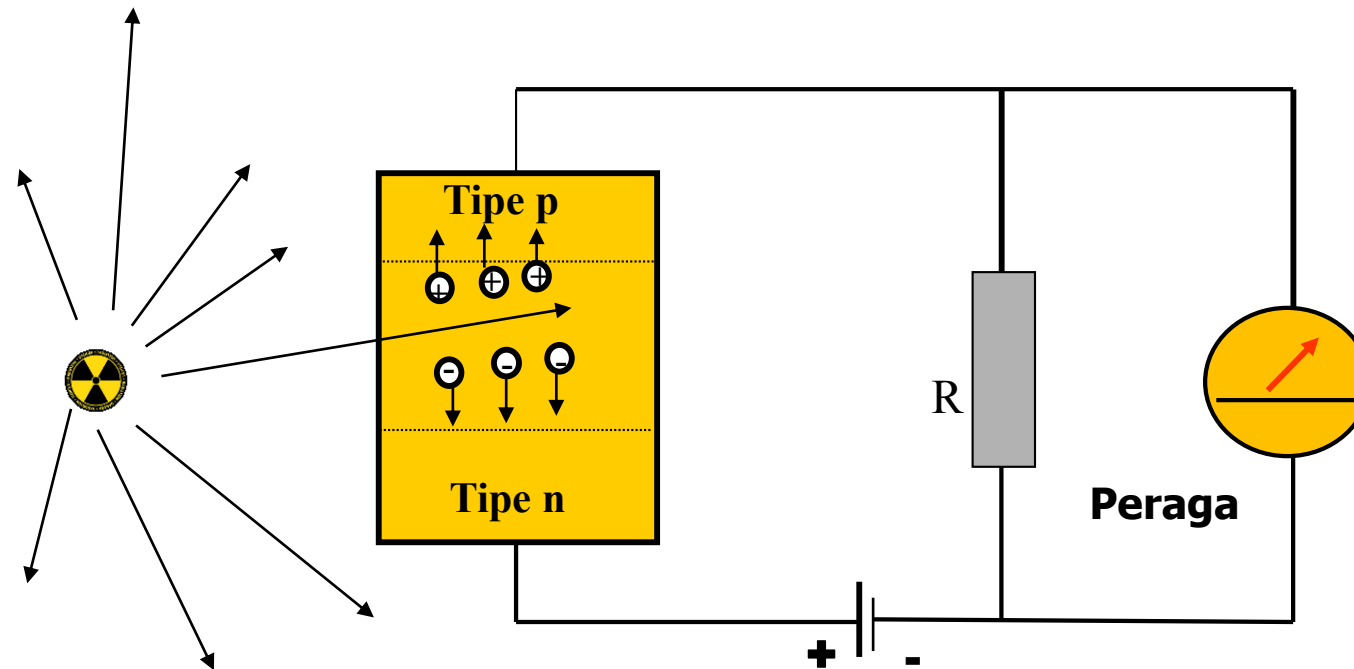
Zn S (Ag)) untuk alpha dan beta

Lil (Eu) untuk neutron

Sintilator cair unutk Beta aktivitas rendah



Detektor Semikonduktor



Skema Detektor Semikonduktor



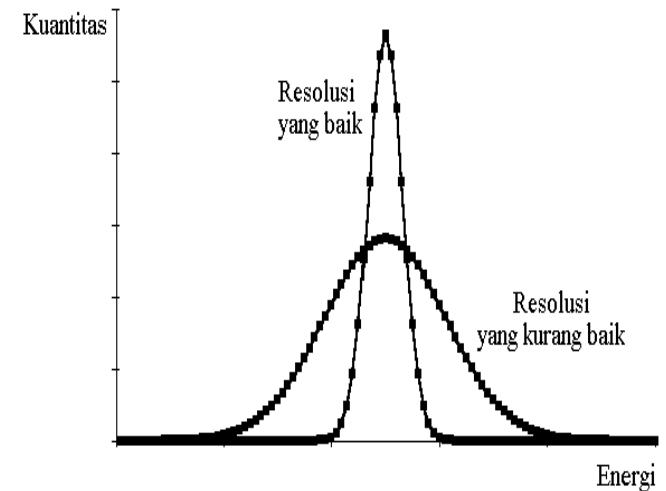
Detektor Semikonduktor

Karakteristik

- Resolusi tinggi
- Kontruksi rumit dan mudah rusak

Jenis Detektor Semikonduktor

- Jenis Detektor Semikonduktor :
- HPGe untuk radiasi gamma
- SiLi untuk radiasi Sinar-X
- Sawar muka (surface barrier) untuk alpha / beta

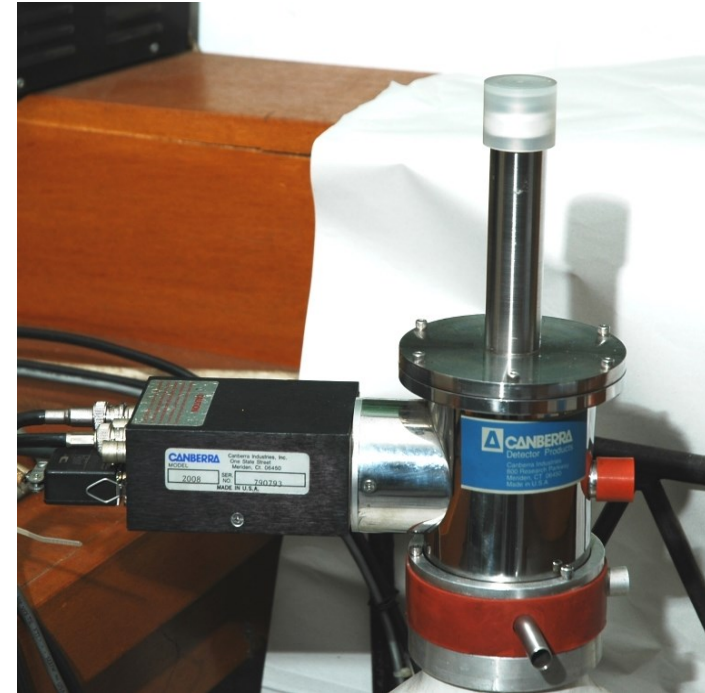




Detektor Semikonduktor



**detektor semikonduktor
(HPGe)**



**detektor
semikonduktor (Si Li)**



Karakteristik Detektor

Detektor	Proses Interaksi	Karakteristik
Isian Gas	Ionisasi	Konstruksi sederhana Efisiensi terendah dan Resolusi rendah
Sintilasi	Eksitasi – Sintilasi	Efisiensi tinggi Respons cepat Konstruksi rumit Resolusi terendah
Semikonduktor	Ionisasi	Resolusi tertinggi Konstruksi rumit Efisiensi lebih rendah dari sintilasi



PENGGUNAAN ALAT UKUR RADIASI



Alat ukur proteksi radiasi

- Mengukur intensitas atau dosis radiasi untuk keperluan keselamatan
- Dasar untuk melakukan tindakan tertentu



Sistem Pencacah

- mengukur kuantitas atau spektrum energi radiasi untuk keperluan aplikasi atau penelitian

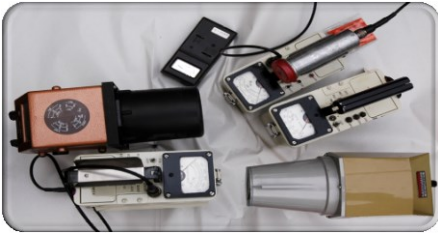


Klasifikasi Alat Ukur Proteksi Radiasi



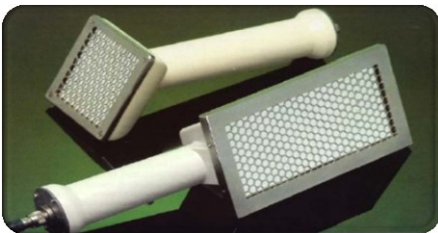
Dosimeter Perorangan

- Mengukur jumlah dosis yang diterima seseorang
- Dosimetersaku, Film Badge, TLD/RPLD



Monitor Area

- Mengukur laju dosis di suatu area
- Permanen (Fixed), Portable (Surveymeter)



Monitor Kontaminasi

- Mengukur tingkat kontaminasi Kontaminasi Udara, Permukaan dan Perorangan



Dosimeter Perorangan

untuk “mencatat” dosis radiasi yang telah mengenai seorang pekerja radiasi secara akumulasi

Dosimeter saku (Analog & Digital)

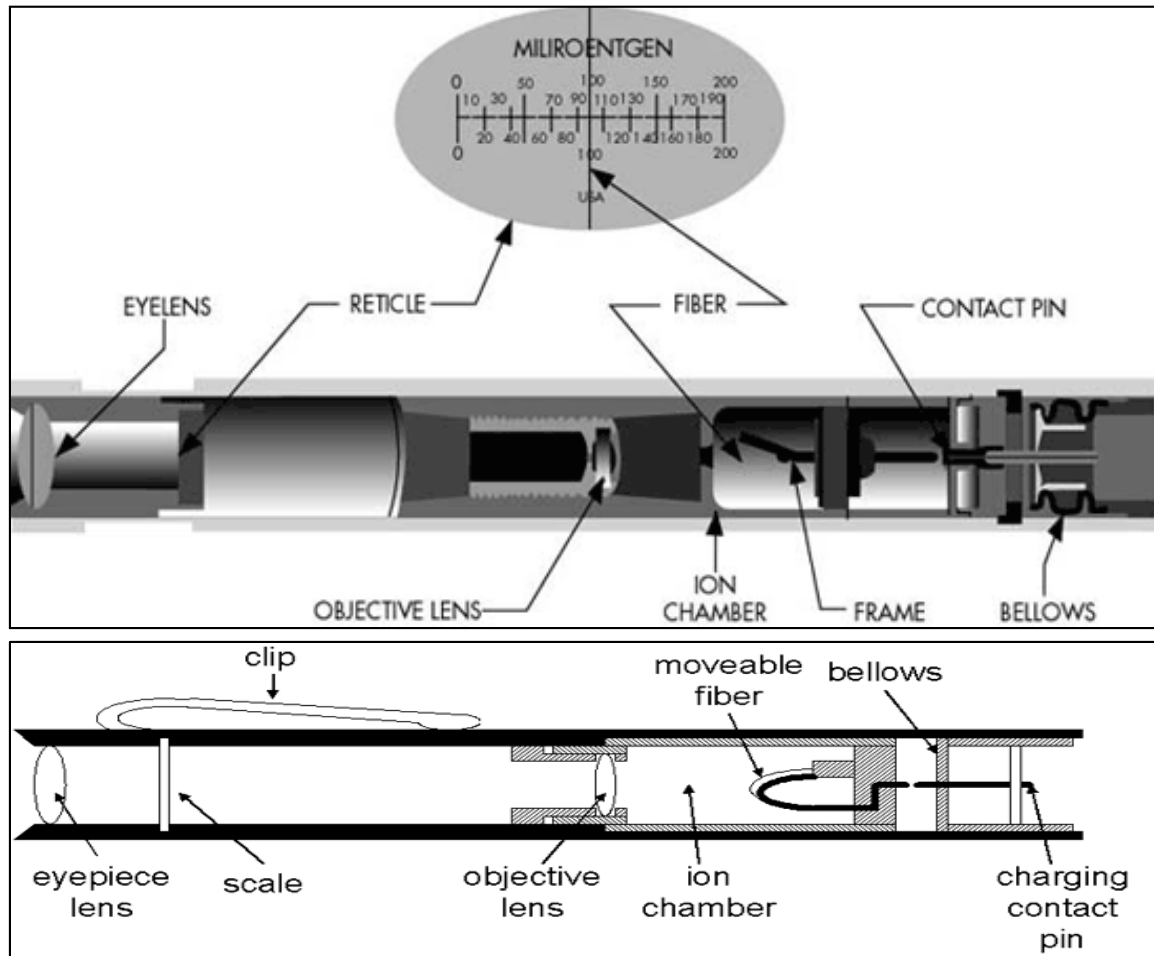
Film Badge

Thermoluminescence Dosimeter (TLD)





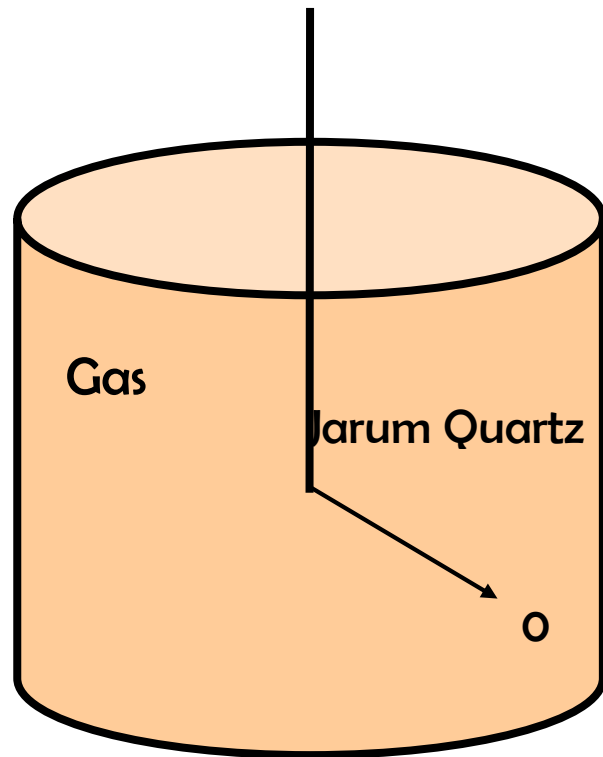
Dosimeter Saku Isian Gas



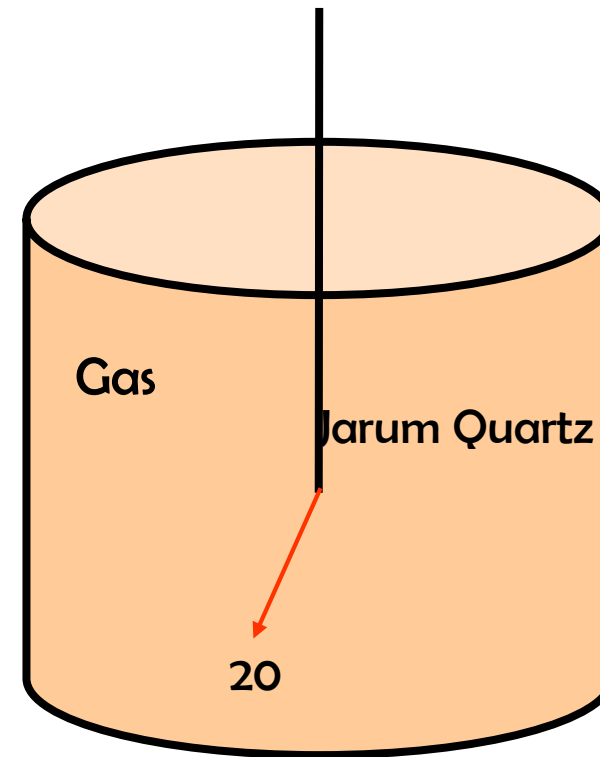
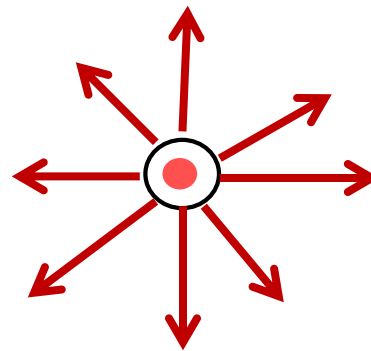
Dosimeter saku analog dan charger



Dosimeter Saku Isian Gas



Sebelum Interaksi dengan Radiasi



Setelah Interaksi dengan Radiasi



Dosimeter Saku Digital

Menggunakan
komponen elektronika
(detektor Si)

Mudah dalam
penggunaan



EPD-N₂TM
Electronic Personal Gamma-Neutron
Dosimeter



Model 6100
Personal Electronic Dosimeter



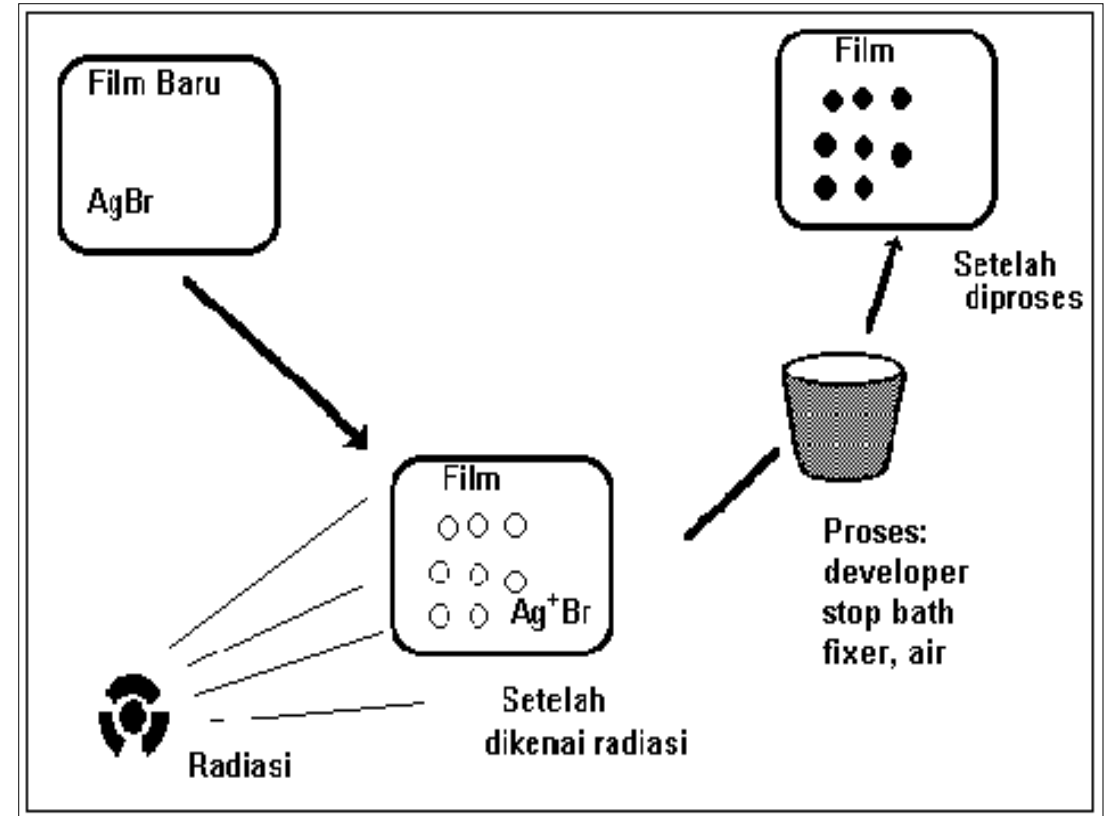
Film Badge

Material

Butiran perak halida 50% dan Gelatin 50%

Radiasi bereaksi dengan Ag Br membentuk bayangan Laten

Sebelum dibaca harus dilakukan pemrosesan kimia



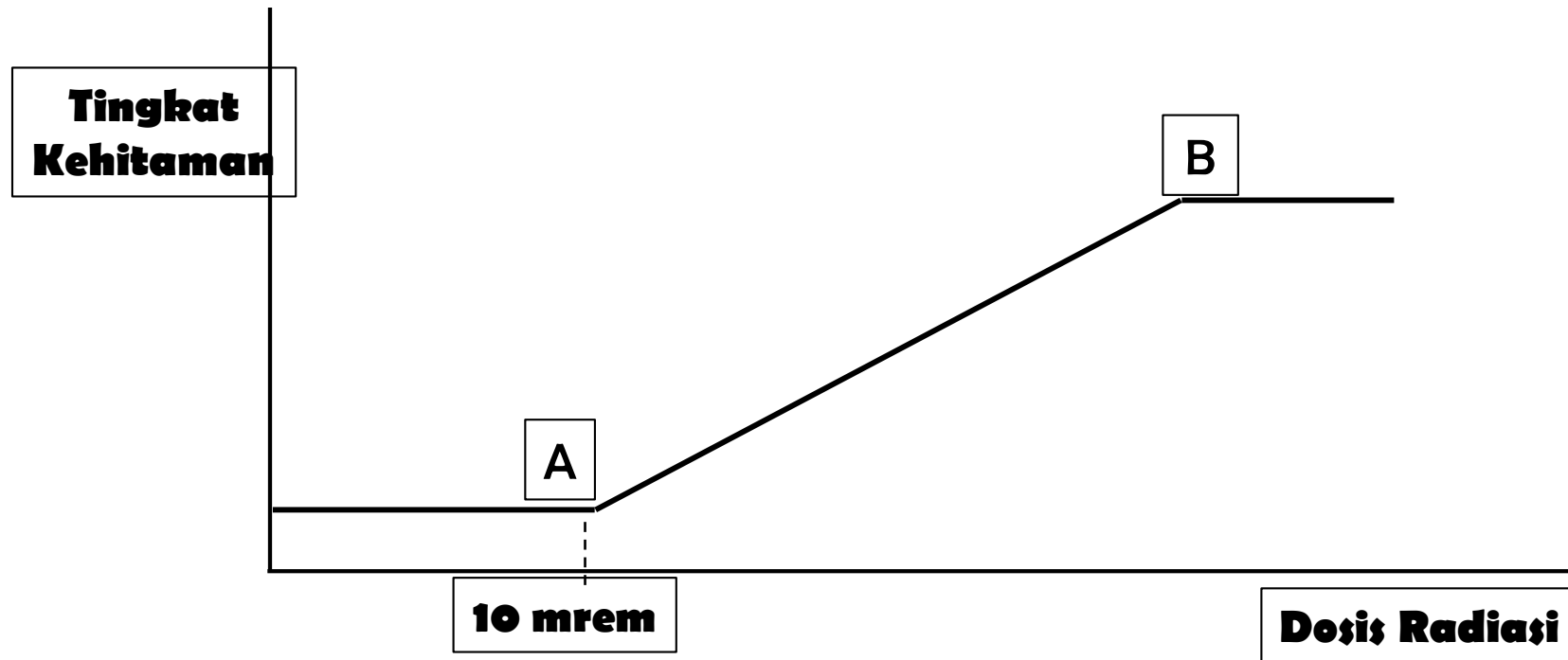


Film Badge

- **Kristal AgBr terionisasi oleh radiasi menyebabkan ion Br⁻ melepaskan electron;**
- **Elektron bebas yang dilepaskan bergerak bebas dan terperangkap pada suatu area sensitif, sehingga area tersebut bermuatan negative;**
- **Area sensitif yang bermuatan negatif, akan menarik ion Ag⁺ dan membuat ion Ag⁺ menjadi atom Ag;**
- **Area yang mengandung atom Ag ini disebut sebagai area gambar laten, dimana tidak terlihat mata, yang terbentuk akibat paparan cahaya atau sinar-X;**
- **Dilakukan pencucian dengan larutan developer, selanjutnya dibaca dengan densitometer.**



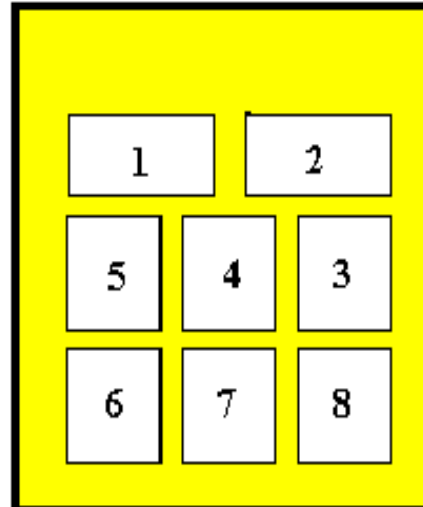
Kurva Tingkat Kehitaman Film



Tingkat kehitaman bayangan pada film setelah diproses akan sebanding dengan intensitas radiasi yang telah mengenainya



Filter Pada Holder Film Badge



Keterangan

- 1 : tanpa filter
- 2 : plastik (0,5 mm)
- 3 : plastik (1,5 mm)
- 4 : plastik (3,0 mm)
- 5 : Aluminium (0,6 mm)
- 6 : Tembaga (0,3 mm)
- 7 : Sn (0,8 mm) + Pb (0,4 mm)
- 8 : Cd (0,8 mm) + Pb (0,4 mm)

Mengurangi pengaruh energi pada tanggapan film

Menghitung kontribusi masing-masing bagian terhadap nilai dosis



Dosimeter Luminisensi

Prinsip kerja

material menyerap radiasi

energi radiasi dalam material pada kondisi metastabil.

Luminisensi

peristiwa terlepasnya energi tersebut dalam bentuk cahaya

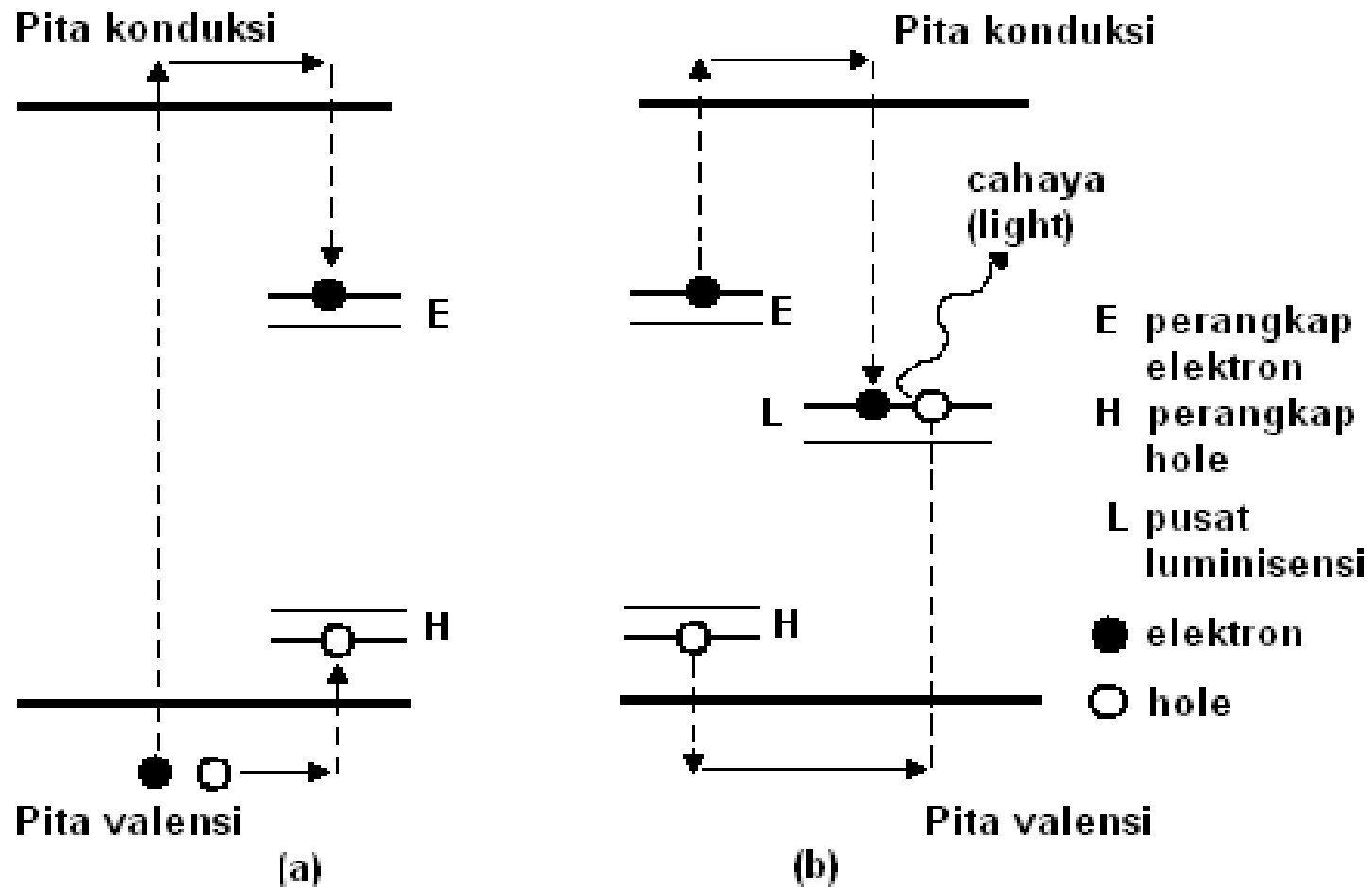
Jenis

**Thermoluminescence Dosimeter (TLD)
Pengeksitasi Panas**

**Radiophoto Luminisensi Dosimeter (RPLD)
Pengeksitasi *ultra violet***



Proses Termoluminisensi





Dosimeter Luminisensi

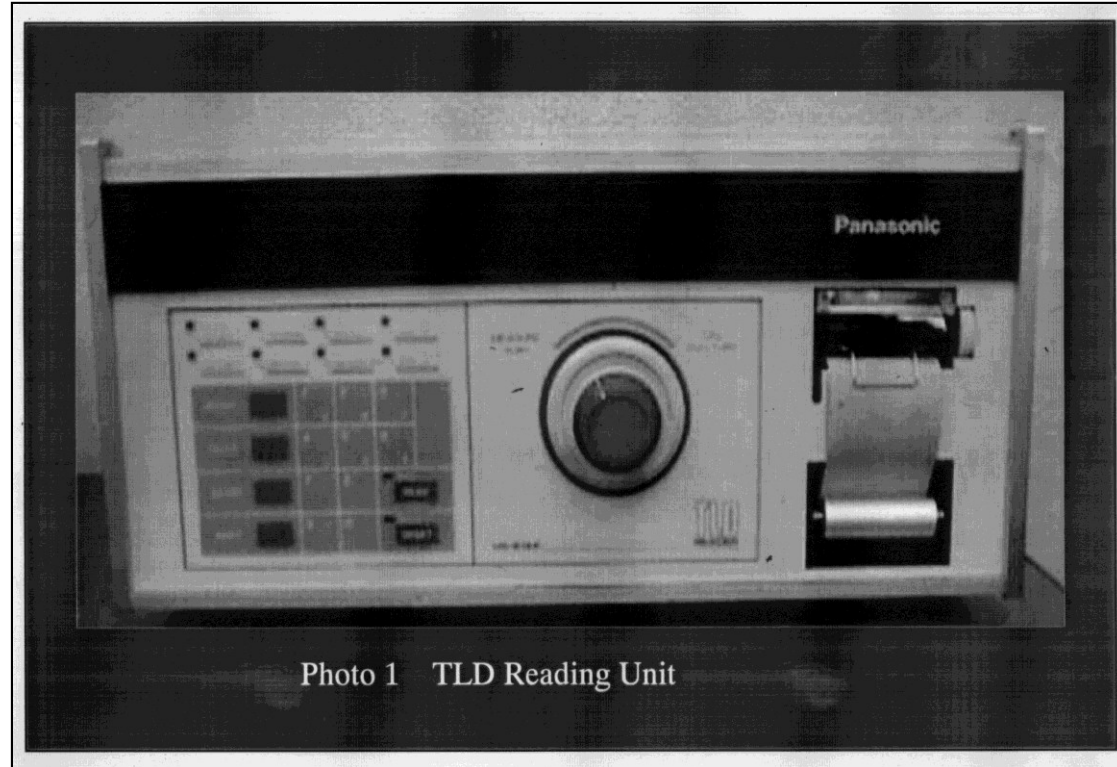
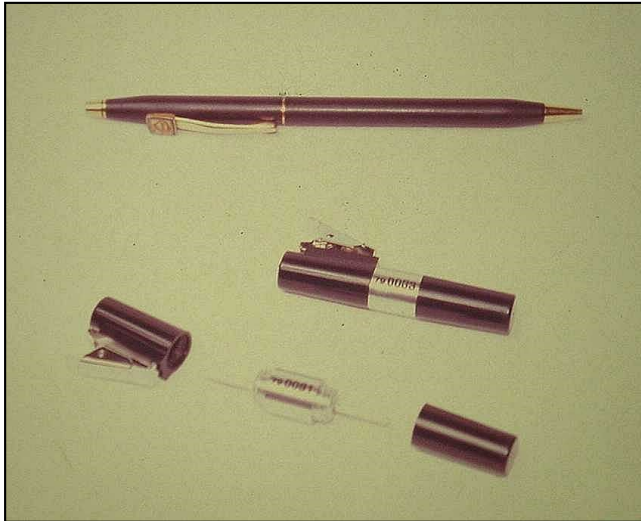


Photo 1 TLD Reading Unit

TLD Reader



Karakteristik Dosimeter Saku

Dapat langsung dibaca

tidak dapat menyimpan informasi dosis karena adanya arus bocor

Ketelitiannya rendah

rentang pengukuran energi yang relatif lebih sempit dibanding TLD dan Film Badge



Karakteristik Film Badge

Dosis dapat dibaca ulang

Dapat dijadikan dokumentasi

Terpengaruh oleh lingkungan (panas dan kelembaban)

Dapat mengukur dosis radiasi beta, sinar-x, gamma, dan neutron

**Pembacaan dosis memerlukan pemrosesan dan alat bantu
(*densitometer*)**



Karakteristik TLD

Dapat digunakan ulang

Ketelitiannya tinggi

Tidak Terpengaruh oleh lingkungan (panas dan kelembaban)

Dapat mengukur dosis radiasi sinar-x, gamma, dan neutron

Pembacaan dosis memerlukan alat bantu (*TLD Reader*)



Penggunaan Personal Dosimeter

Pekerja pada daerah radiasi tinggi menggunakan 2 jenis Personal dosimeter yaitu pocket dosimeter dan film badge atau TLD/RPLD

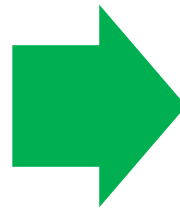
Dosimeter saku untuk mengetahui dosis yang diterima secara langsung

Film badge atau TLD untuk mencatat dosis yang telah diterima dalam selang waktu tertentu



Monitor Area

Mengukur laju paparan atau laju dosis radiasi di tempat kerja secara langsung



Memperkirakan dosis yang diterima bila bekerja di area tersebut



Monitor Area

Portable

Surveymeter

Mengukur tingkat dosis/paparan di tempat kerja yang bisa dibawa

Memperkirakan dosis yang diterima selama bekerja

Menetap/permanen

Monitor area

Mengukur tingkat dosis/paparan secara terus menerus

Sebagai informasi untuk keselamatan pekerja



FHT 6020

Display and alarm unit



Monitor Area
Permanen (FIX)

ADU₁TM

Area Display Unit





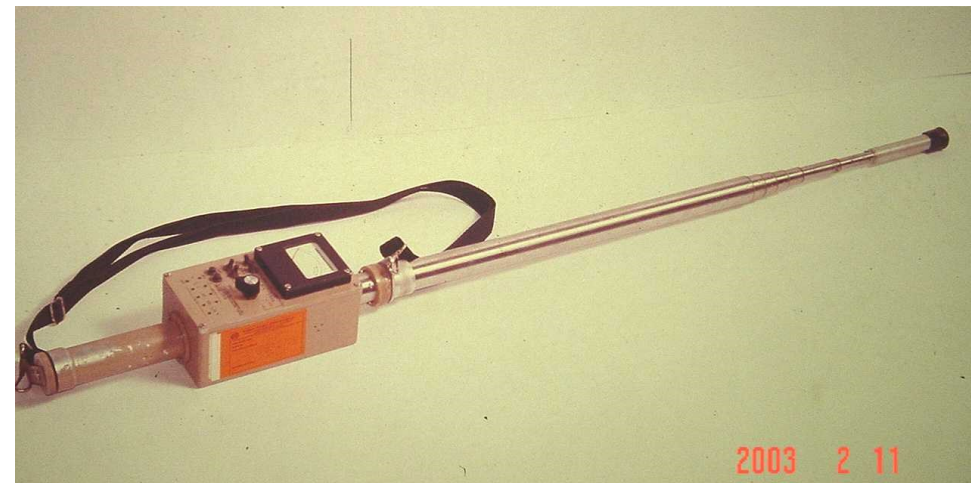
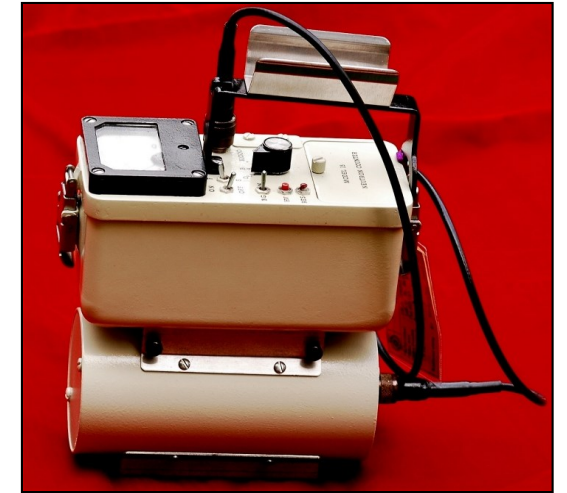
Monitor Portable

Survaimeter α atau β

Survaimeter β atau γ

Survaimeter sinar-X

Survaimeter neutron





Langkah Sebelum Memakai Surveimeter

Periksa sertifikat kalibrasi

- **Tanggal kalibrasi**
- **Faktor kalibrasi**

Periksa Baterai

Pelajari pengoperasian/ pembacaan skala



Monitor Kontaminasi

Mengukur tingkat kontaminasi baik yang berupa debu (padat), cairan maupun gas.



Monitor permukaan

● → meja kerja, lantai, alat ukur, baju kerja, dsb.



Monitor perorangan

● → bagian tubuh / seluruh tubuh



Monitor udara

● → tingkat radioaktif di udara



Kalibrasi Surveymeter

Pengertian

- **Menguji ketepatan nilai yang ditampilkan alat dengan nilai sebenarnya**

Waktu

- **Dilakukan setiap tahun**



Metode Kalibrasi Surveymeter

Sumber Radiasi Standar

- Membandingkan penunjukan Dosis terhadap hasil perhitungan

Alat Ukur Standar

- Membandingkan penunjukan pada surveymeter terkalibrasi dengan yang akan dikalibrasi

Lab. PSDL



Lab. SSDL



Faktor Kalibrasi

Pengertian

- Suatu nilai yang membandingkan antara laju dosis sebenarnya (D_s) dan laju dosis yang ditunjukkan oleh alat ukur (D_u).

Fungsi

- Mengoreksi hasil pengukuran

Nilai yang dapat diterima

- 0.8 – 1.2

$$F_k = \frac{D_s}{D_u}$$



Faktor Konversi

merupakan faktor pengali untuk mendapatkan satuan laju dosis ekuivalen atau satuan tingkat kontaminasi permukaan, untuk beberapa contoh :

satuan *faktor konversi* untuk surveimeter Neutron adalah $mSv/jam/cpm$

satuan *faktor konversi* untuk monitor kontaminasi Alpha, Beta dan Gamma adalah $Bq/cm^2/cpm$



Respon Energi

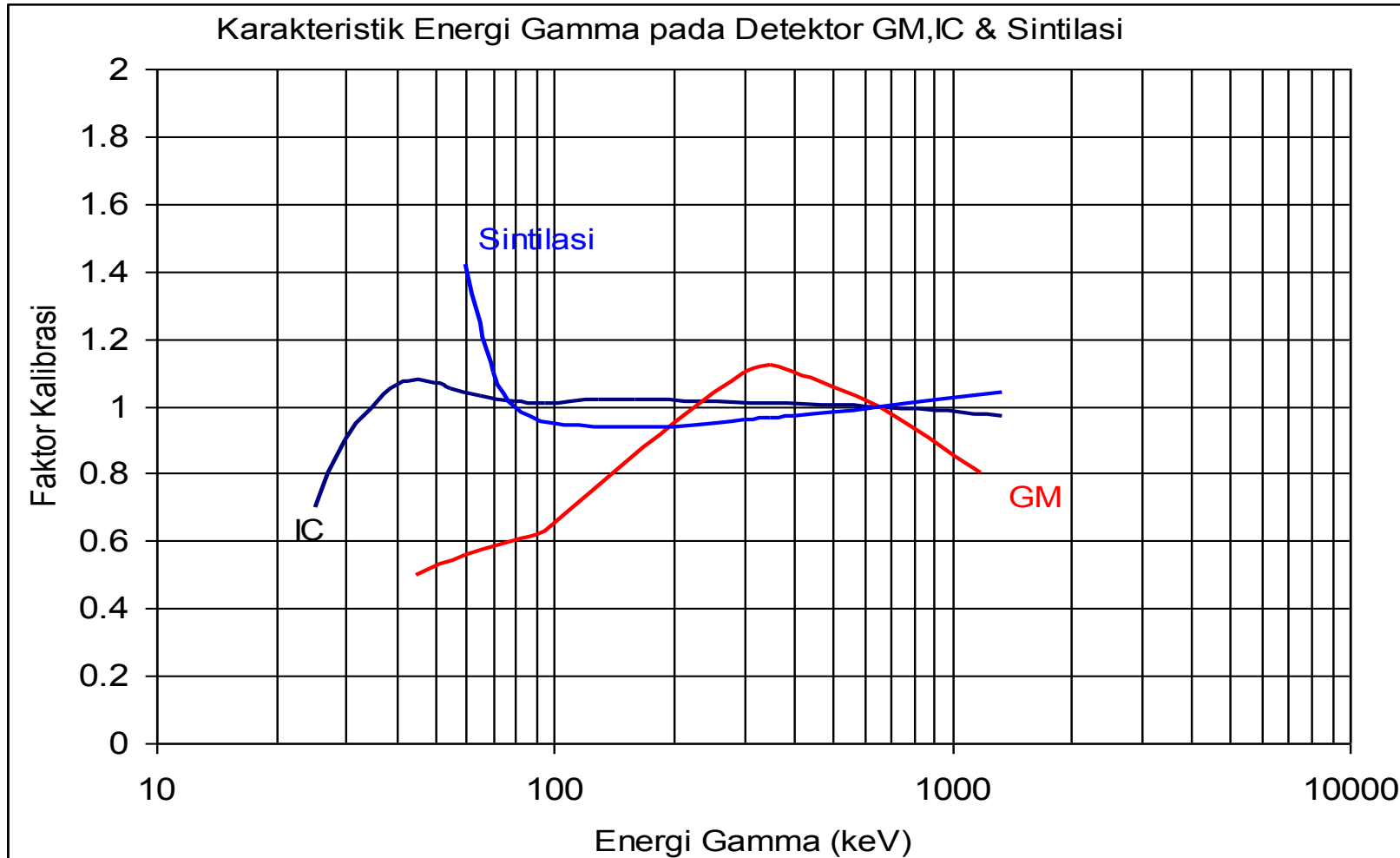
Tanggapan atau respon suatu alat ukur terhadap dosis radiasi berbeda untuk energi radiasi yang berbeda.

Perbedaan respon tersebut sangat berpengaruh pada rentang energi di bawah 200 keV

Setiap alat ukur seharusnya dikalibrasi dengan sumber yang mempunyai tingkat energi yang 'sama' dengan tingkat energi radiasi yang digunakan di lapangan.



Respon Energi





Kriteri Pemilihan Surveymeter

Jenis Radiasi

Respon Energi

Rentang Pengukuran



4 jenis detektor

- isian gas,
- sintilasi,
- semikonduktor

Alat ukur proteksi radiasi

- dosimeter perorangan,
- monitor area
- monitor kontaminasi

Alat ukur untuk aplikasi/ penelitian

- sistem pencacah radiasi yang digunakan untuk mengukur kuantitas atau energi radiasi



TERIMA KASIH