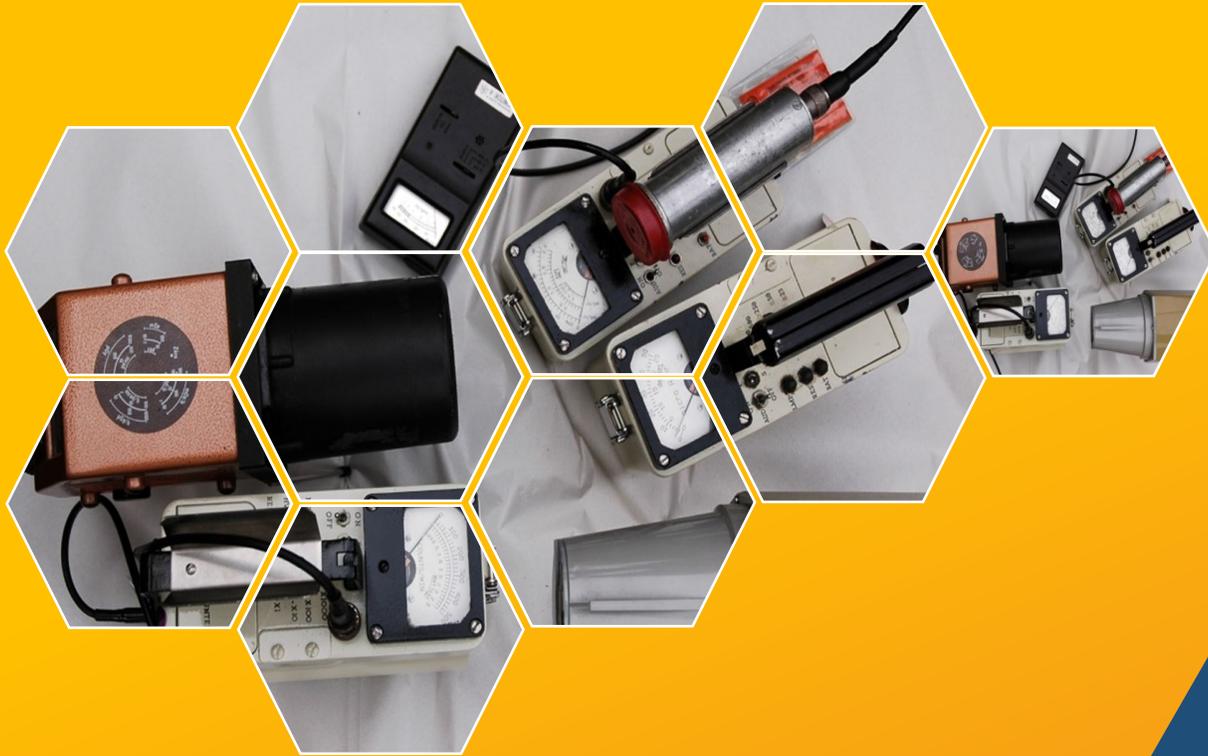


# PENGUKURAN DAN PEMANTAUAN RADIASI



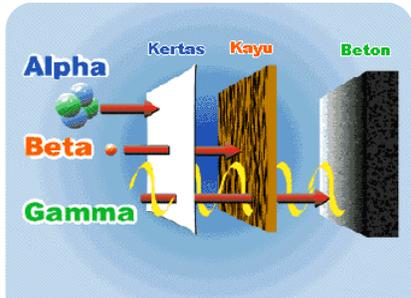
**Pelatihan Petugas  
Irradiator**

**Mahrus Salam**

**Pusat Sains dan Teknologi Akselerator**

**Email : [mahrus.salam@batan.go.id](mailto: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**



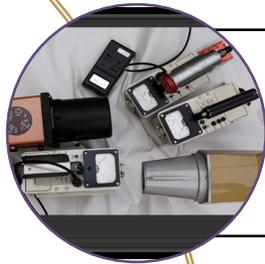
## Indikator Hasil Belajar (2)

**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**



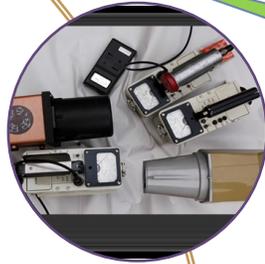
**Mampu menggunakan Alat ukur radiasi secara benar**



**Mampu melakukan pemantauan paparan dan kontaminasi Radiasi daerah kerja**



**Pemanfaatan sumber radiasi secara selamat**



**Dasar & Prinsip Pengukuran Radiasi**



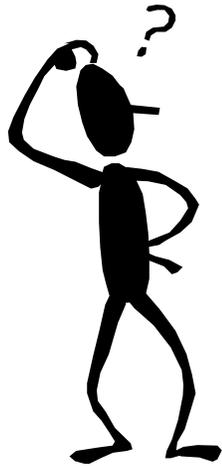
**Jenis- Jenis Detektor Radiasi**



**Penggunaan Alat Ukur Radiasi**



# **DASAR & PRINSIP PENGUKURAN RADIASI**



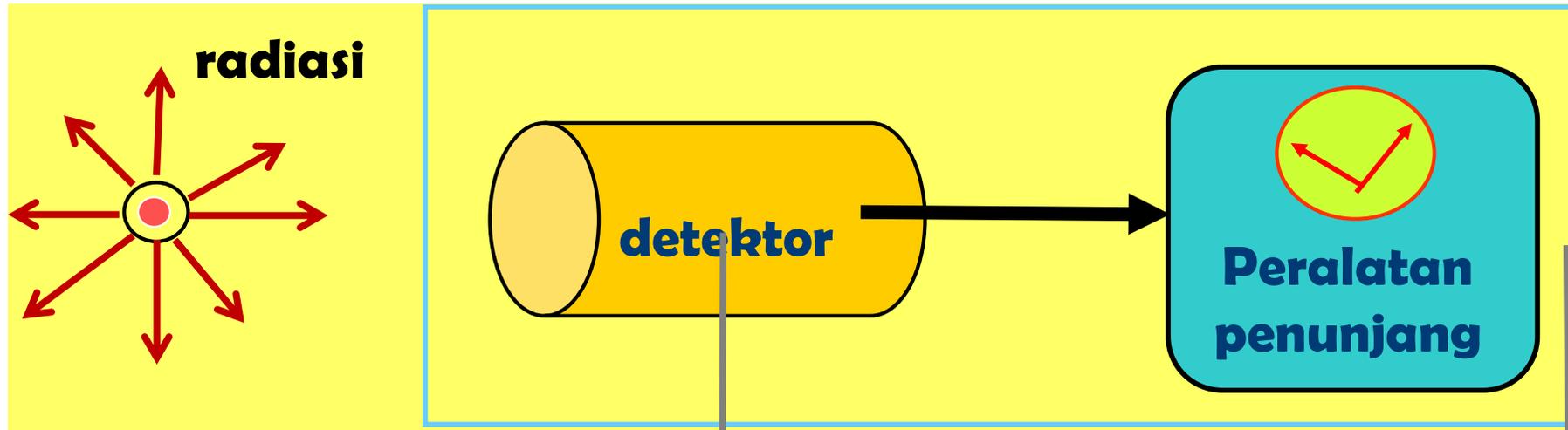
## Susunan peralatan untuk mendeteksi dan mengukur radiasi

- **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**

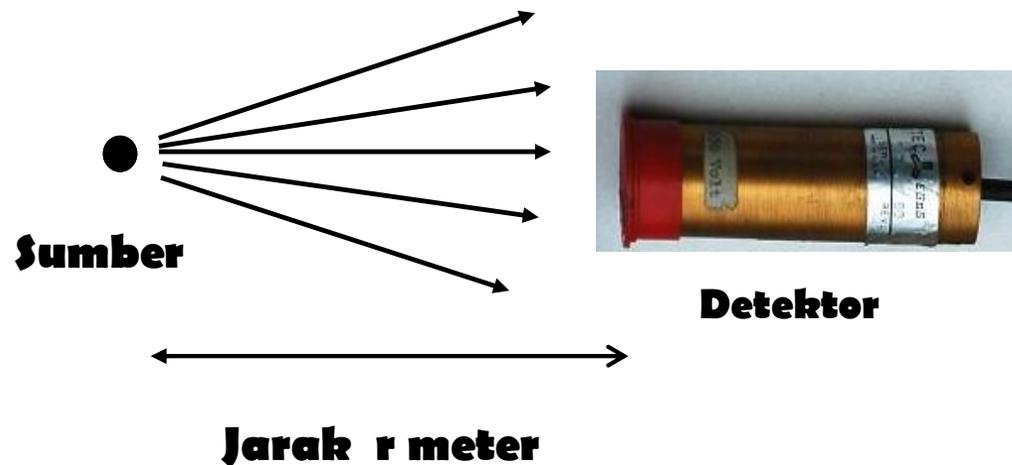
**DOSIS RADIASI**



## 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

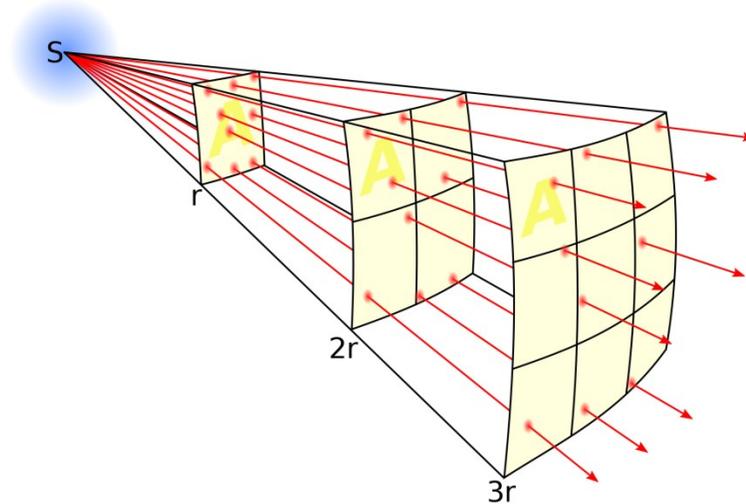
Jenis Radionuklida	Energi	Probabilitas
<b>Cd-109</b>	<b>88 keV</b>	<b>3,70%</b>
<b>Cs-137</b>	<b>662 keV</b>	<b>85,1%</b>
<b>Co-60</b>	<b>1173 keV</b> <b>1332 keV</b>	<b>100%</b> <b>100%</b>



## 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**



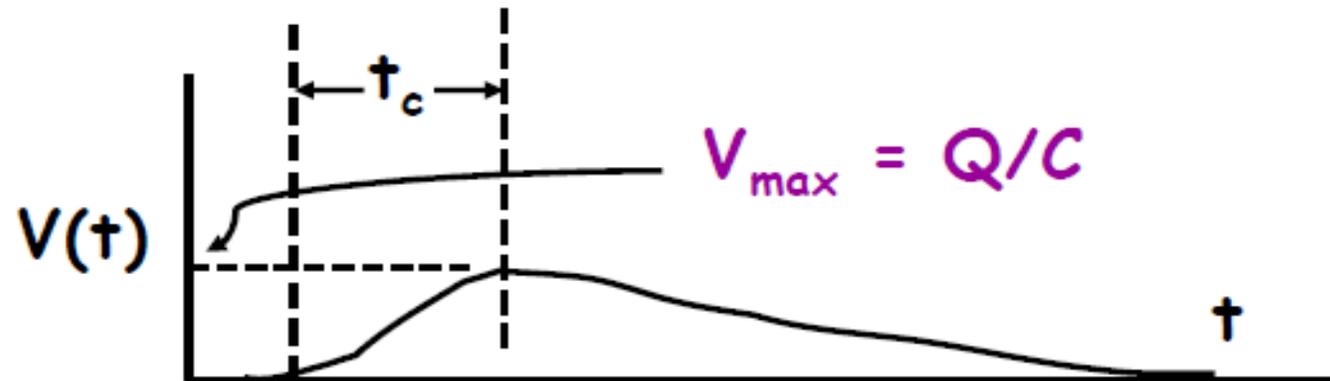
## Mekanisme Deteksi

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



## 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)



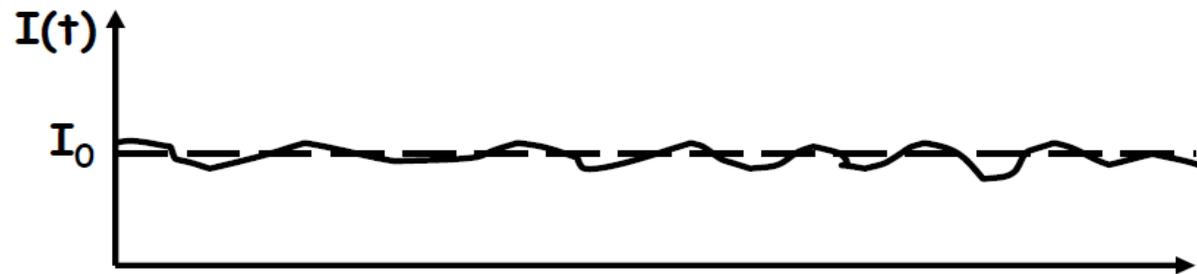


## Cara arus/Current mode

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

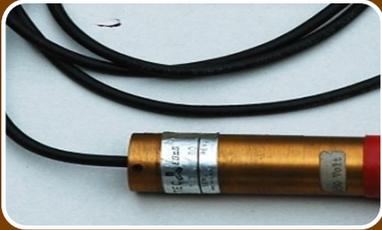
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Time average of current signal

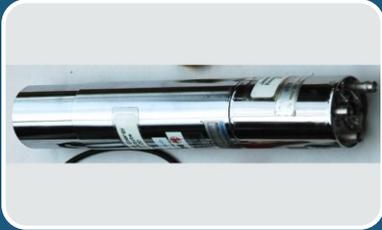




# **JENIS-JENIS DETEKTOR RADIASI**



**Detektor isian gas**



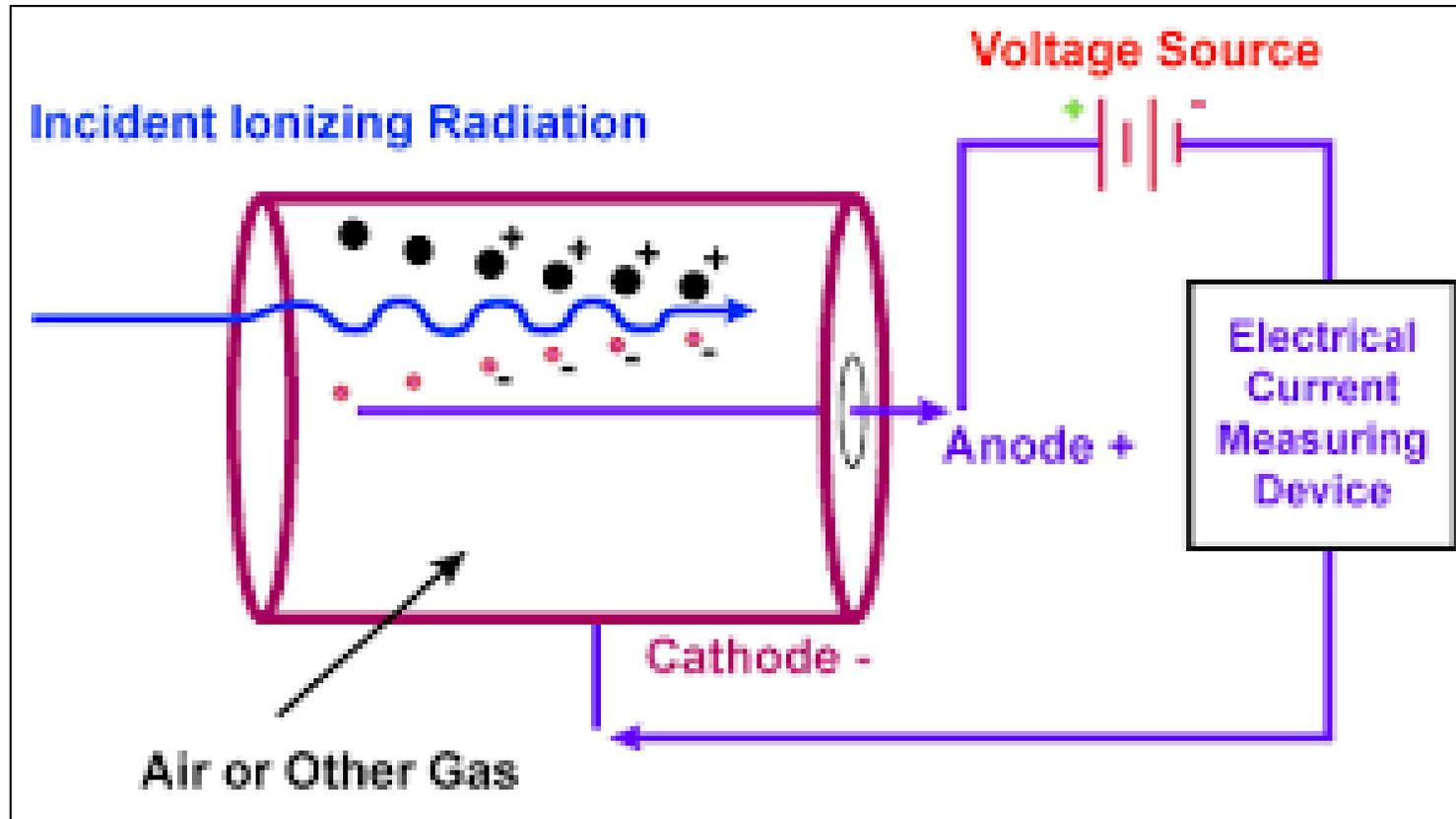
**Detektor sintilasi**



**Detektor semikonduktor**



## Detektor Isian Gas



**Proses ionisasi: terbentuknya ion positif dan negatif**



## Detektor Isian Gas

### Jenis Detektor Isian Gas

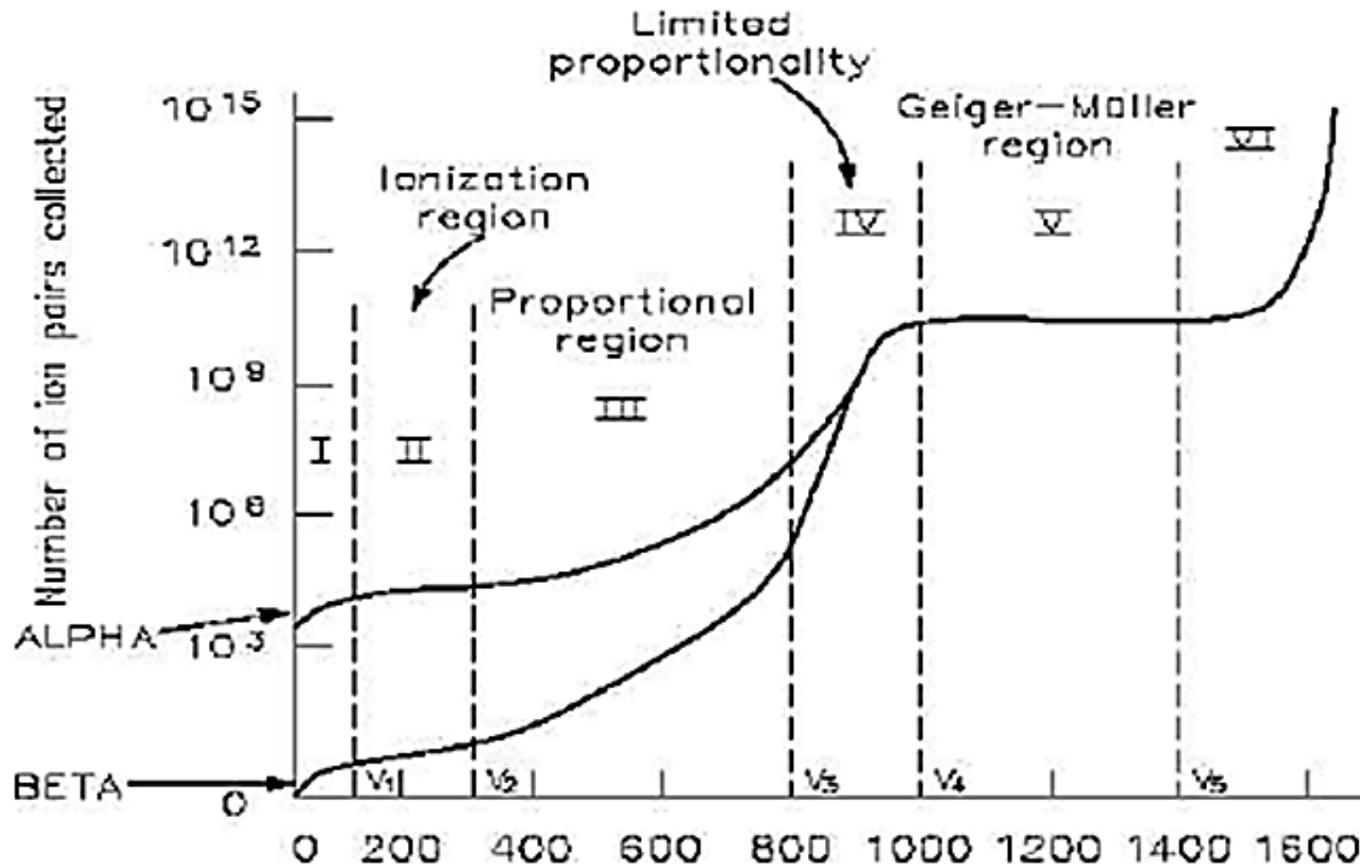
**Detektor Kamar Ionisasi**

**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 (BF<sub>3</sub> atau He)**



## Detektor Sintilasi

### **material sintilator**

**berbentuk padat  
maupun cair**

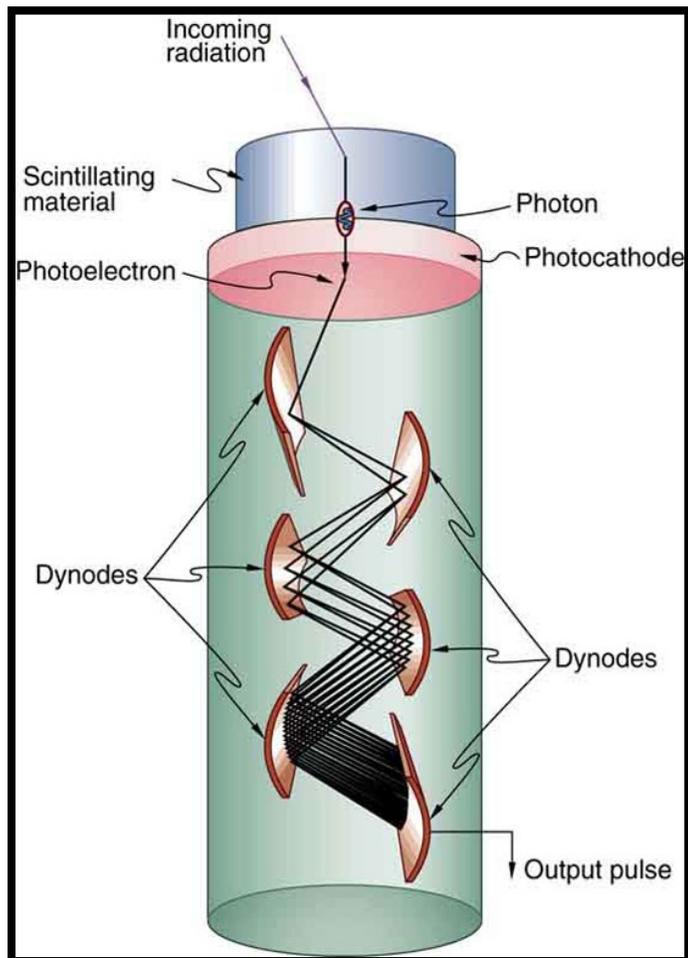
**akan menghasilkan  
percikan cahaya bila  
dikenai radiasi pengion.**

### **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**

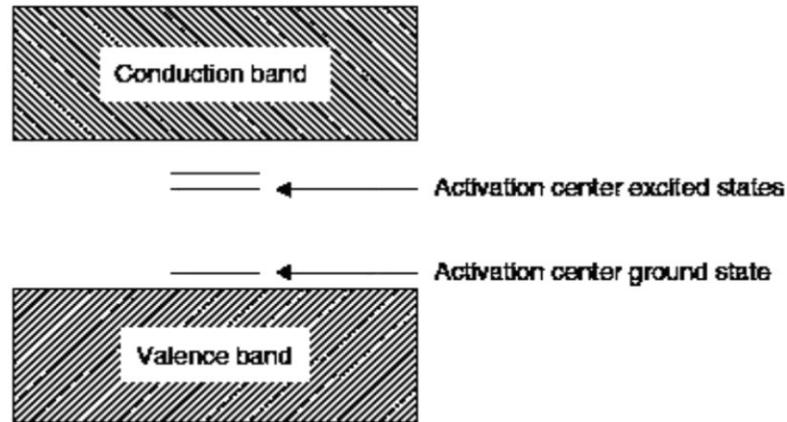
**Elektron kembali ke pita valensi**

**Dipancarkan radiasi sinar-X,**

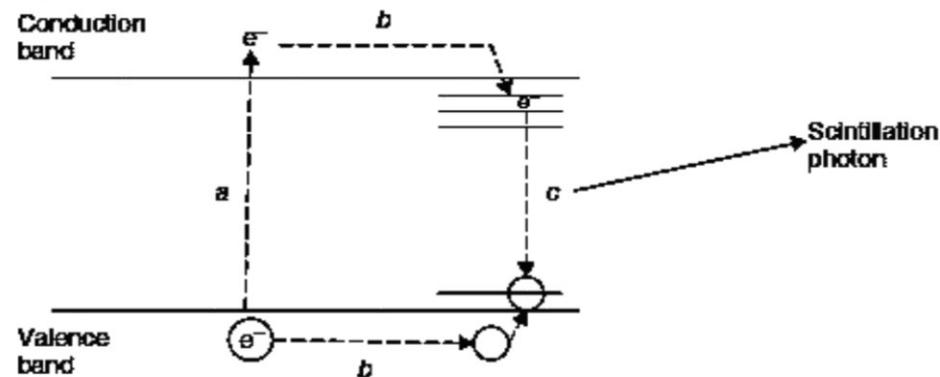
**Unsur activator menggeser panjang gelombang sinar-X**

**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**

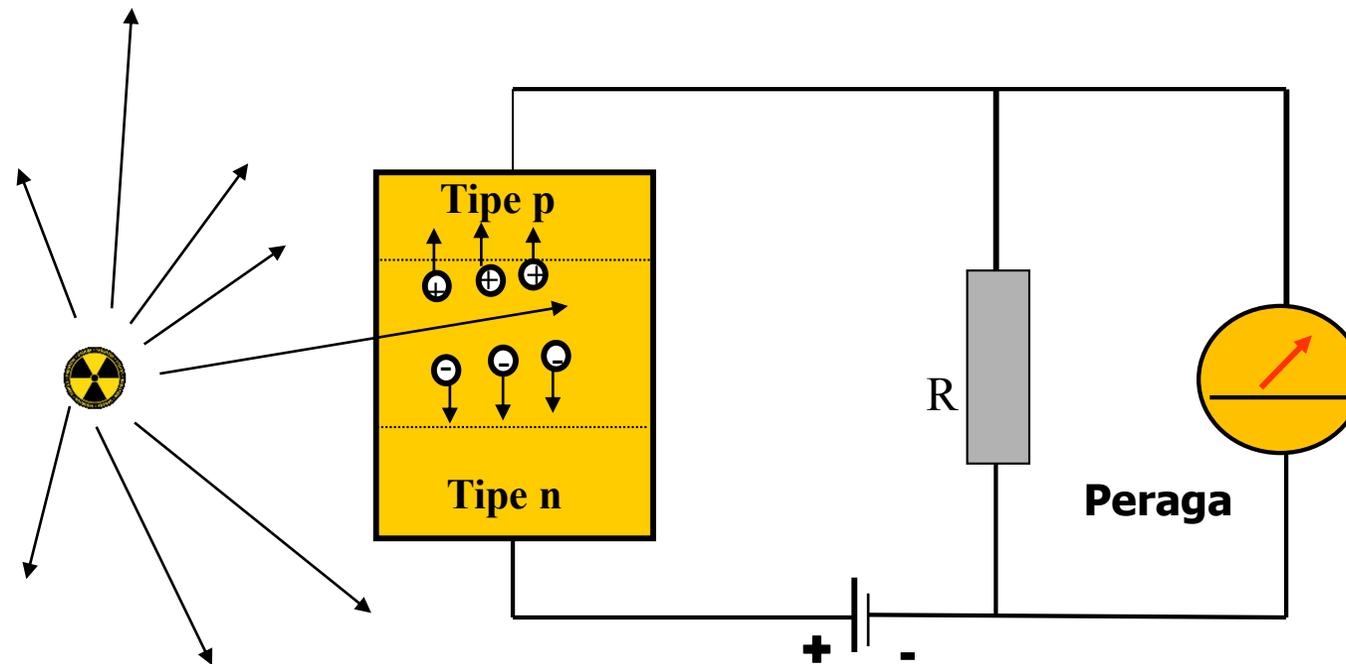
**Zn S (Ag)) untuk alpha dan beta**

**Lil (Eu) untuk neutron**

**Sintilator cair unutk Beta aktivitas rendah**



## Detektor Semikonduktor



## Skema Detektor Semikonduktor



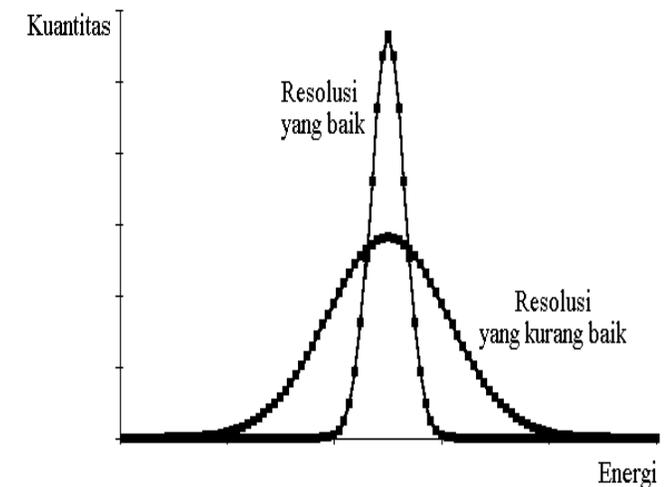
## Detektor Semikonduktor

### 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

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



# **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



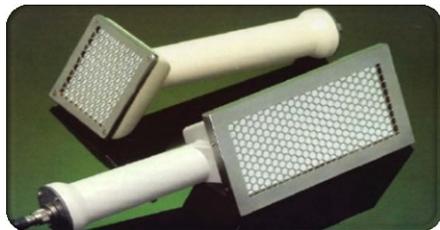
### **Dosimeter Perorangan**

- 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)**

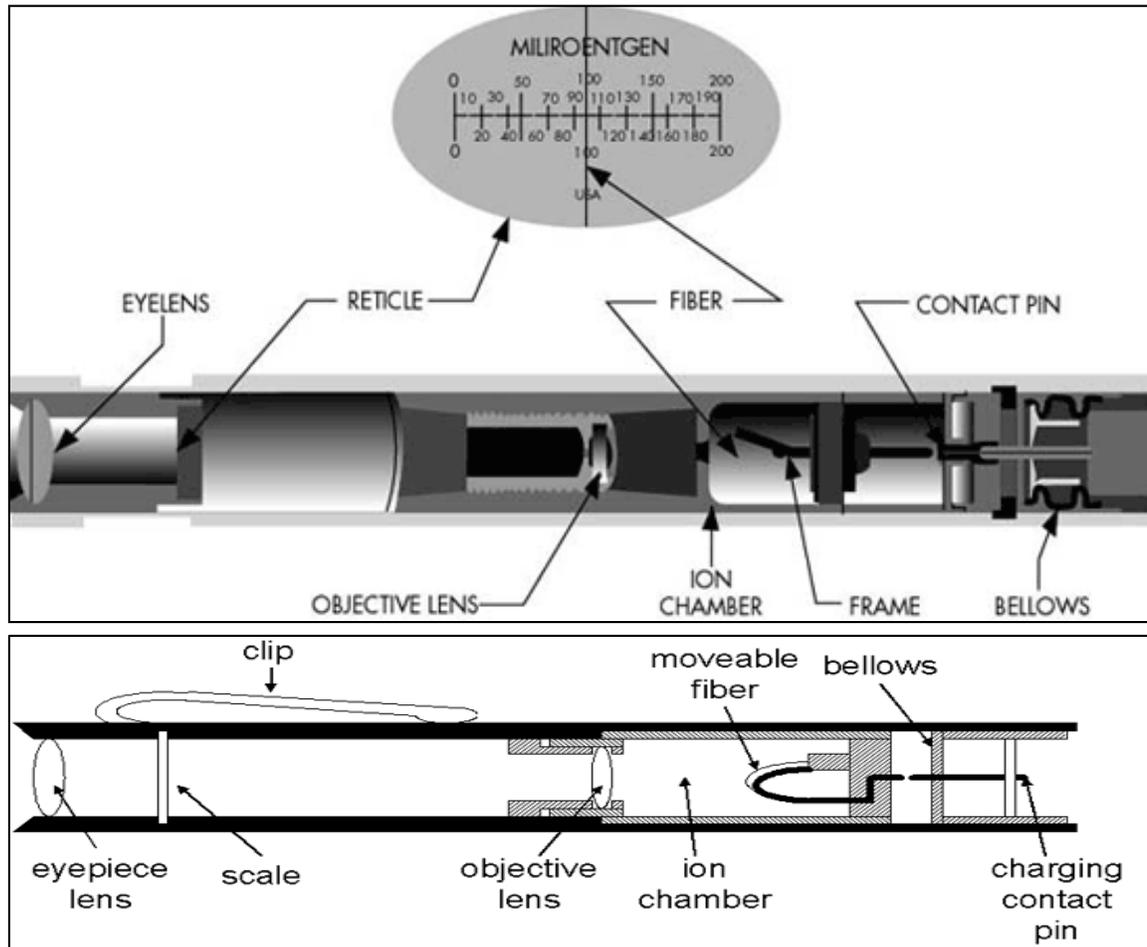
**Film Badge**

**Thermoluminescence Dosimeter (TLD)**





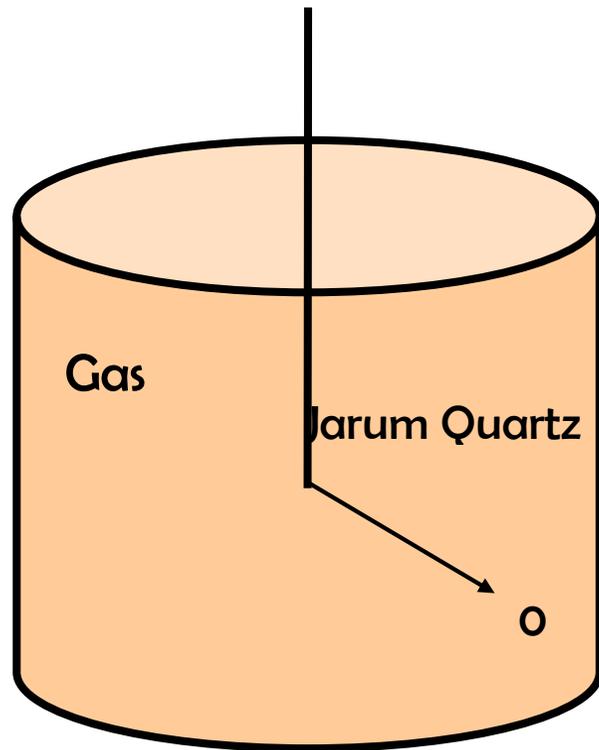
## Dosimeter Saku Isian Gas



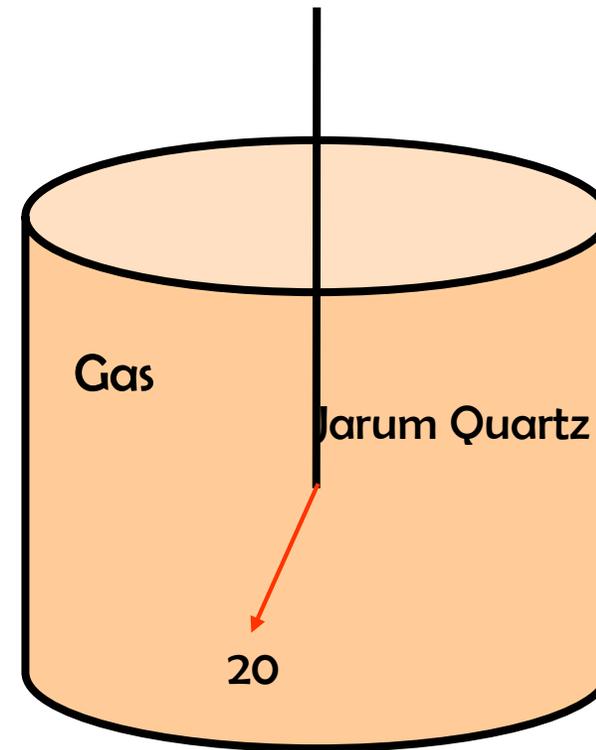
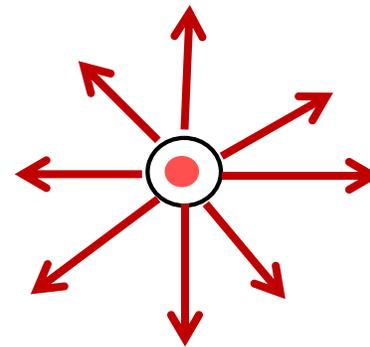
**Dosimeter saku analog dan charger**



## Dosimeter Saku Isian Gas



Sebelum Interaksi dengan Radiasi



Setelah Interaksi dengan Radiasi



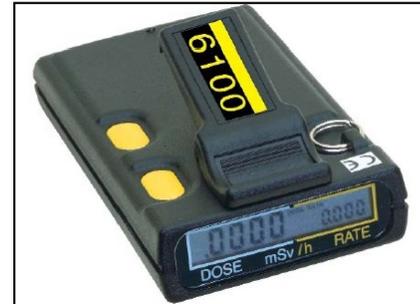
## Dosimeter Saku Digital

Menggunakan  
komponen elektronika  
(detektor Si)

Mudah dalam  
penggunaan



**EPD-N<sub>2</sub><sup>TM</sup>**  
Electronic Personal Gamma-Neutron  
Dosimeter



**Model 6100**  
Personal Electronic Dosimeter

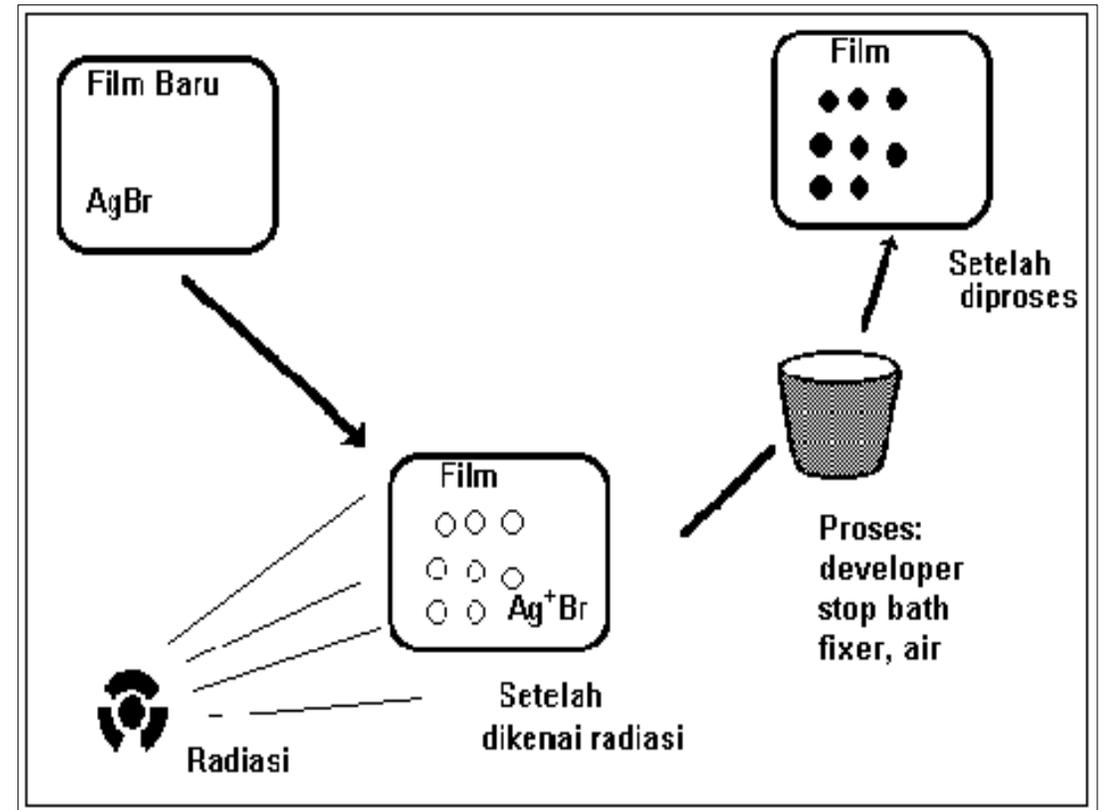
## Film Badge

### Material

**Butiran perak halida 50% dan Gelatin 50%**

**Radiasi bereaksi dengan Ag Br membentuk bayangan Laten**

**Sebelum dibaca harus dilakukan pemrosesan kimia**



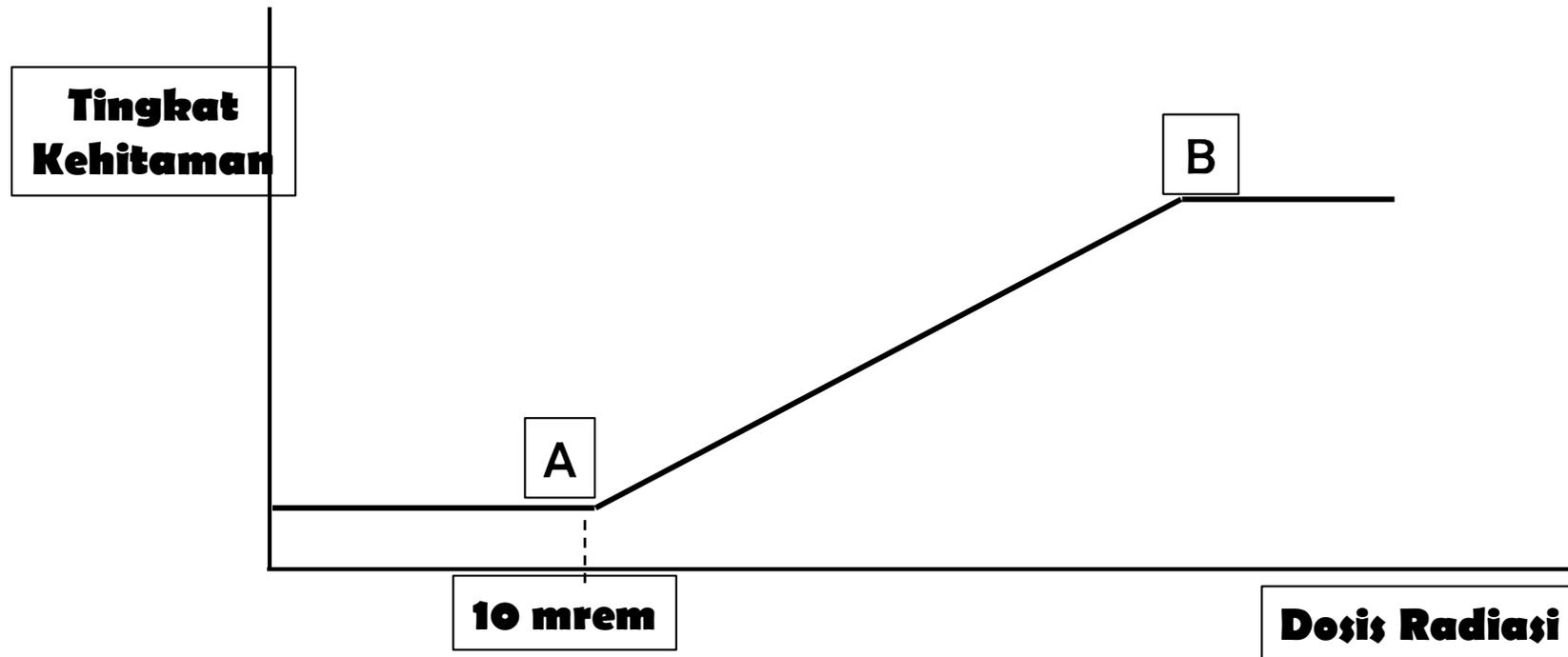


## Film Badge

- **Kristal AgBr terionisasi oleh radiasi menyebabkan ion Br<sup>-</sup> 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<sup>+</sup> dan membuat ion Ag<sup>+</sup> 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.**

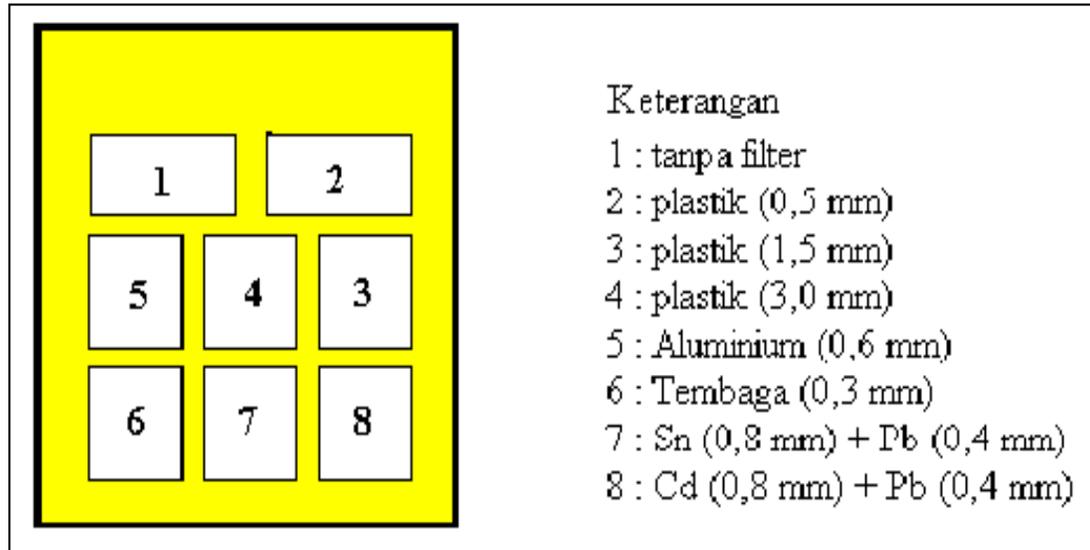


## Kurva Tingkat Kehitaman Film



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

## Filter Pada Holder Film Badge



**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**

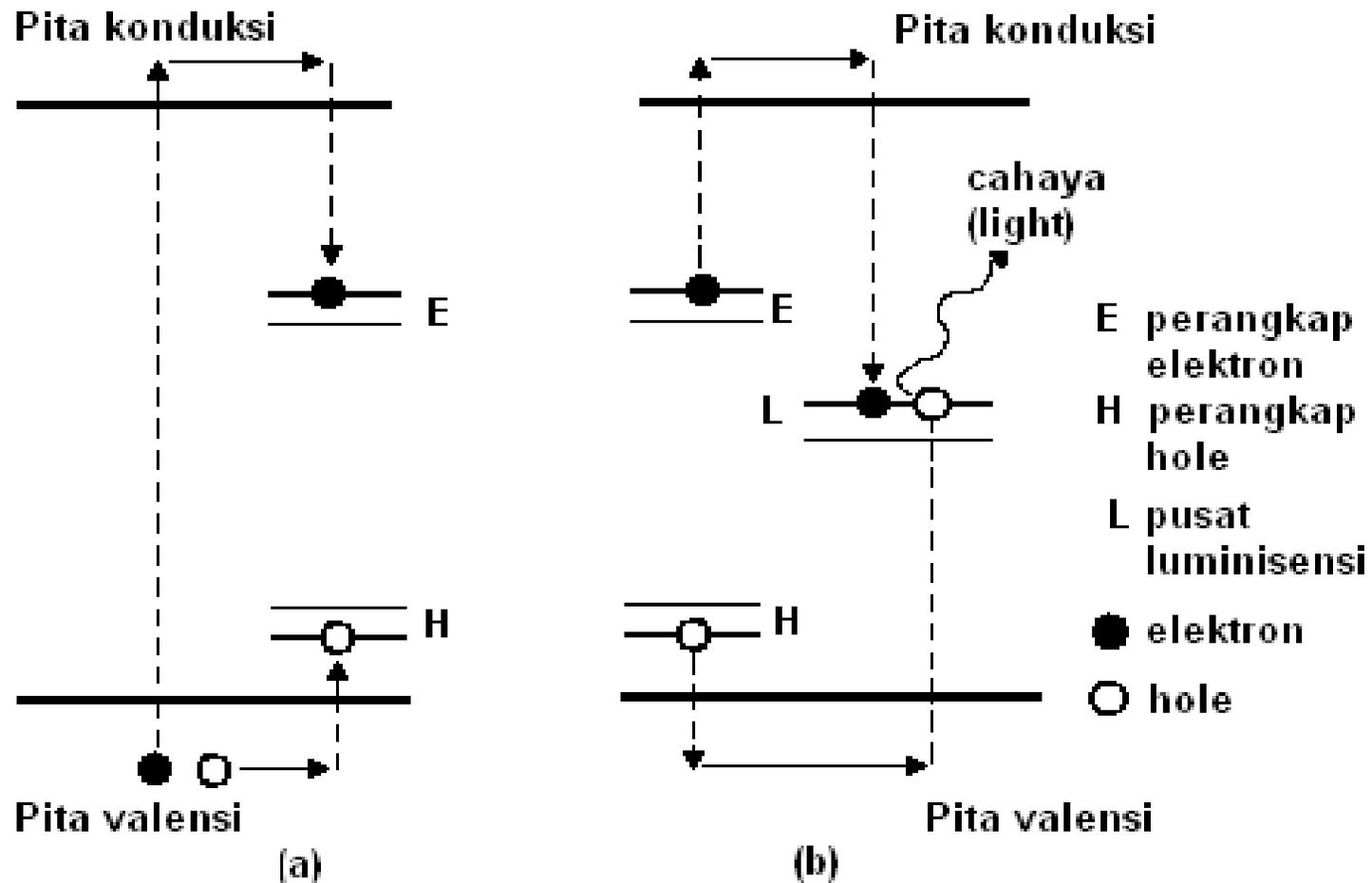
### Jenis

**Thermoluminescence Dosimeter (TLD)  
Pengeksitasi Panas**

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



## Proses Termoluminisensi





## Dosimeter Luminisensi

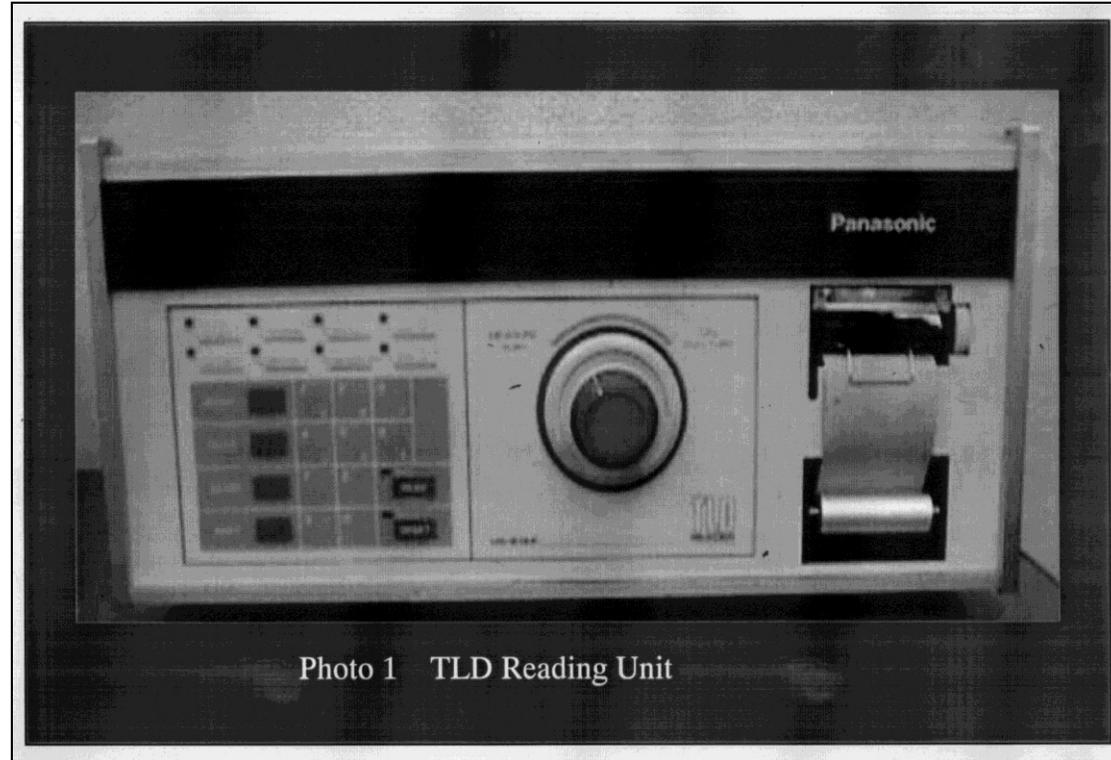
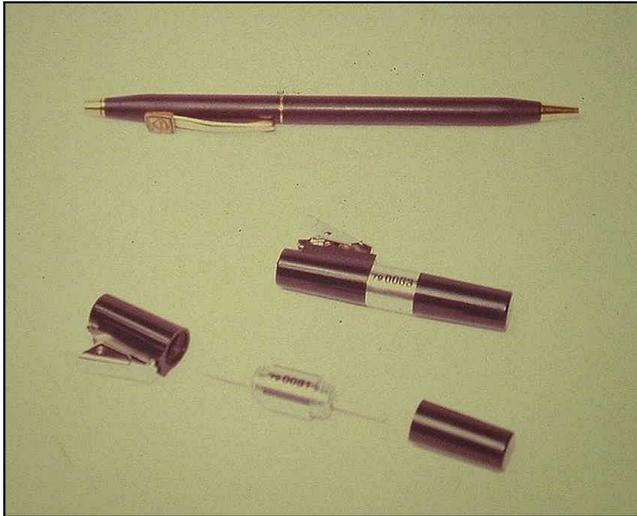


Photo 1 TLD Reading Unit

## 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**

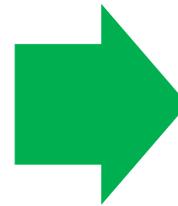
**Dosimeter saku untuk mengetahui dosis yang diterima secara langsung**

**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)

**ADU<sub>1</sub><sup>TM</sup>**

Area Display Unit





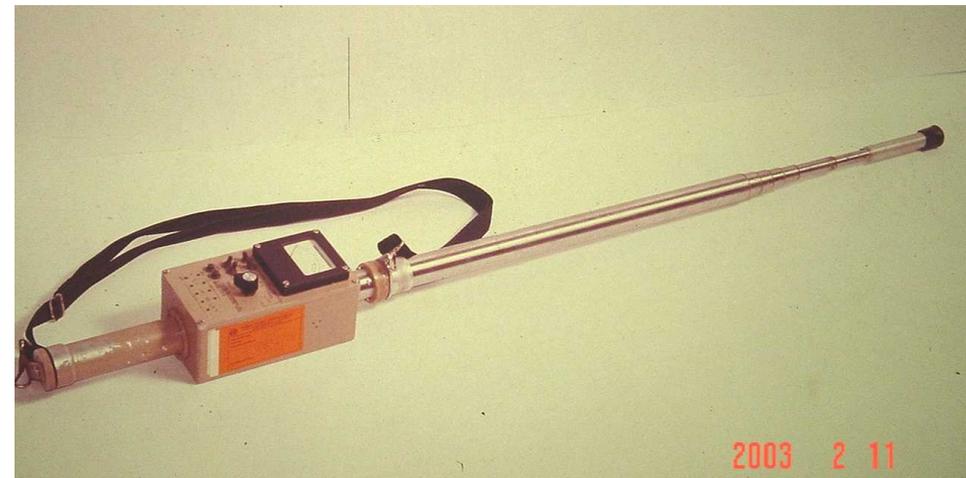
## Monitor Portable

**Survaimeter  $\alpha$  atau  $\beta$**

**Survaimeter  $\beta$  atau  $\gamma$**

**Survaimeter sinar-X**

**Survaimeter neutron**





## Langkah Sebelum Memakai Surveimeter

### **Periksa sertifikat kalibrasi**

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

### **Periksa Baterai**

### **Pelajari pengoperasian/ pembacaan skala**



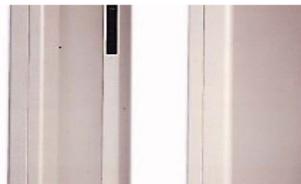
## Monitor Kontaminasi

**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  $\text{mSv/jam/cpm}$**

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



## Respon Energi

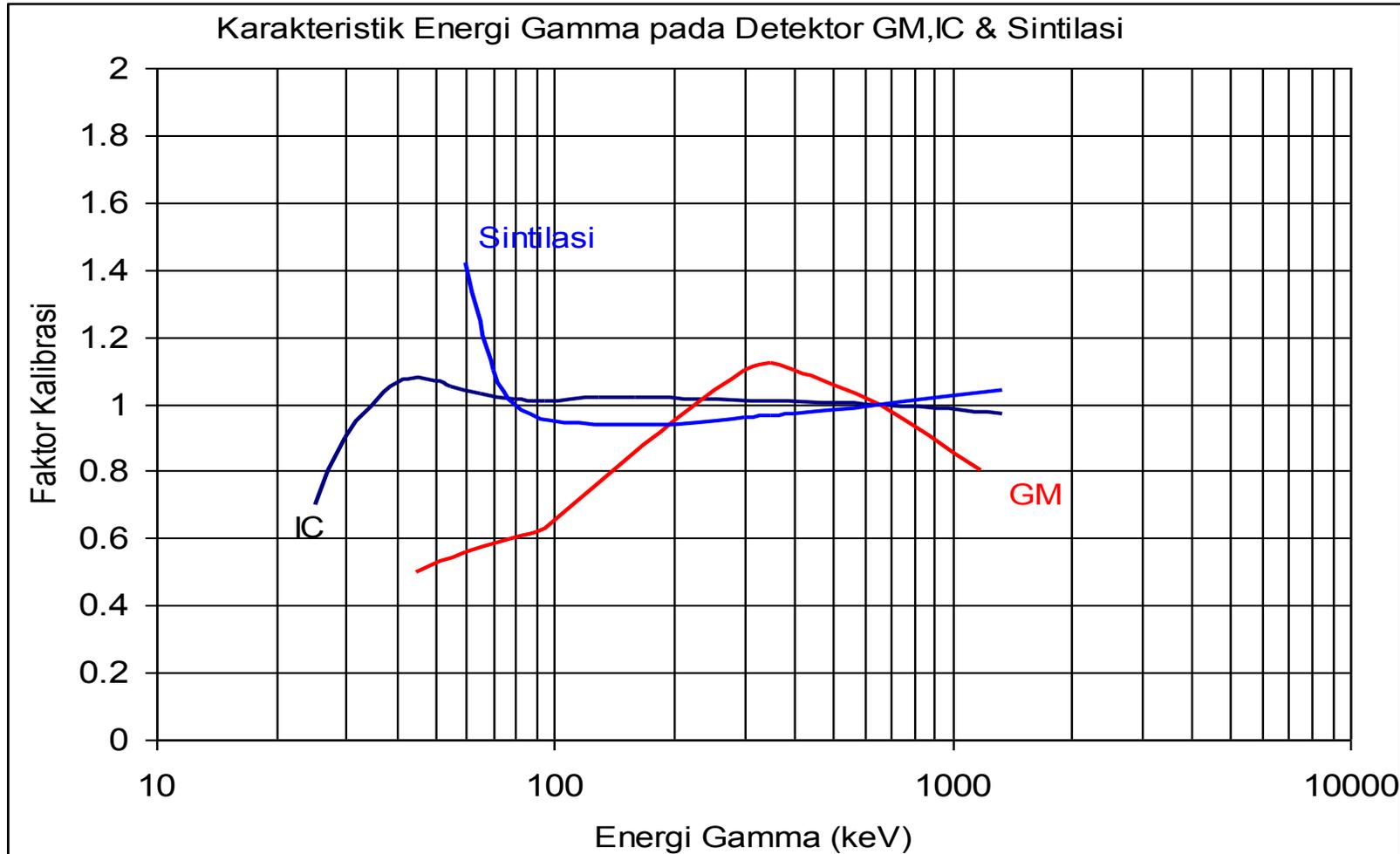
**Tanggapan atau respon suatu alat ukur terhadap dosis radiasi berbeda untuk energi radiasi yang berbeda.**

**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**