

DETEKSI DAN PENGUKURAN RADIASI

Afida Ikawati

Pelatihan Petugas Keahlian Pada Fasilitas Produksi Radioisotop dan Radiofarmaka
dari Siklotron untuk Area Produksi dan Area Sarana Penunjang Kritis
bagi Pegawai PT Global Onkolab Farma
30 Juni – 11 Juli 2025

Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN

BIODATA

Haloo....
Saya AFI



Teknik Lingkungan

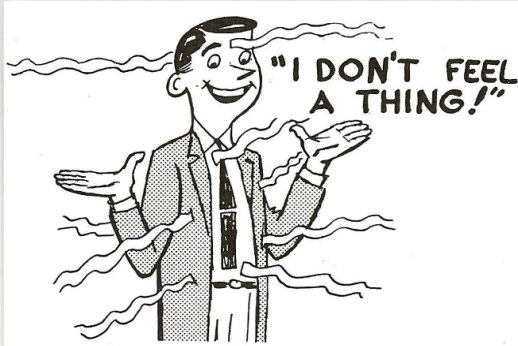
**Kawasan Nuklir Bandung (KNB)
Direktorat Pengelolaan Fasilitas
Ketenaganukliran (DPFK)
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)**



Pelatihan Penyegaran Petugas Proteksi Radiasi Instalasi Nuklir (2023)

ITC on Nuclear / Radiological Emergency Preparedness – IAEA (2023)

LATAR BELAKANG



Sifat Radiasi tidak dapat dideteksi dengan panca indra



Pengukuran Radiasi diperlukan:

- Pemantauan daerah kerja
- pemantauan dosis perorangan



Perlu memahami prinsip pengukuran radiasi

MANFAAT



Mampu menggunakan alat ukur radiasi secara benar

Mampu melakukan pemantauan paparan dan dosis radiasi

Pemanfaatan sumber radiasi secara selamat

TUJUAN PEMBELAJARAN

Kompetensi Dasar:

Mampu menjelaskan deteksi dan pengukuran radiasi dengan benar

Indikator Keberhasilan

Menjelaskan prinsip kerja & langkah penggunaan surveimeter

Menjelaskan prinsip kerja & langkah penggunaan monitor perorangan

Menjelaskan prinsip kerja & langkah penggunaan dosimeter perorangan

POKOK BAHASAN

Prinsip Pengukuran Radiasi

Jenis Detektor Radiasi

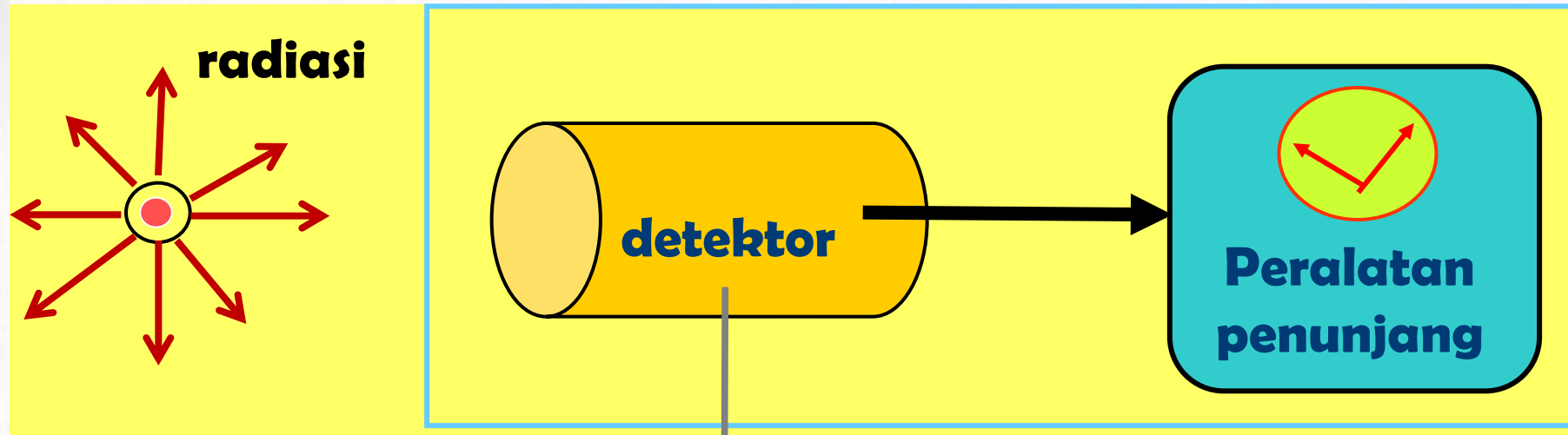
Alat Ukur Radiasi (surveimeter, monitor kontaminasi, dosimeter perorangan)

1

PRINSIP PENGUKURAN RADIASI

Prinsip 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.

Prinsip Pengukuran Radiasi

Alat Ukur Radiasi

Alat yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur :

KUANTITAS,

ENERGI,

INTENSITAS

DOSIS RADIASI

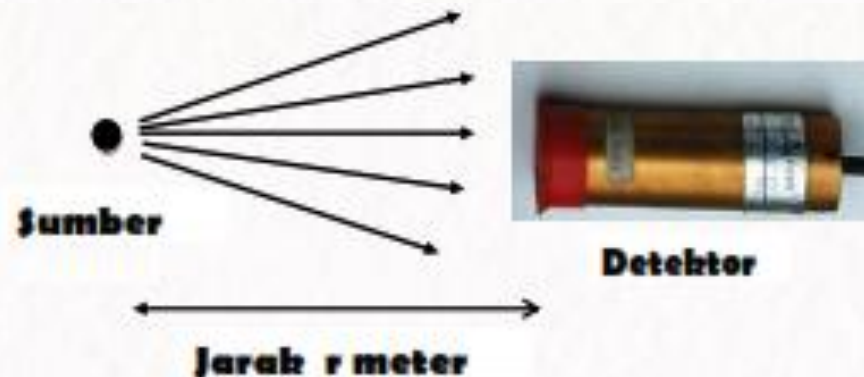
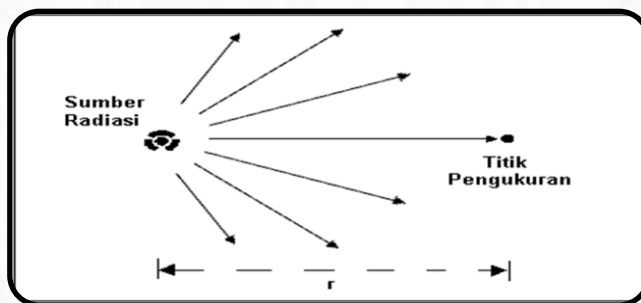
Prinsip Pengukuran Radiasi

Alat Ukur Radiasi

Kuantitas Radiasi

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

merupakan sebagian dari radiasi yang dipancarkan oleh
sumber



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

Prinsip Pengukuran Radiasi

Alat Ukur Radiasi

Energi

Kekuatan dari setiap radiasi yang dipancarkan

bergantung pada jenis radionuklida

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

Jenis Radionuklida	Energi (keV)
Am-241	59,5
F-18	511
Cs-137	662
Co-60	1173 1332

Prinsip Pengukuran Radiasi

Alat Ukur Radiasi

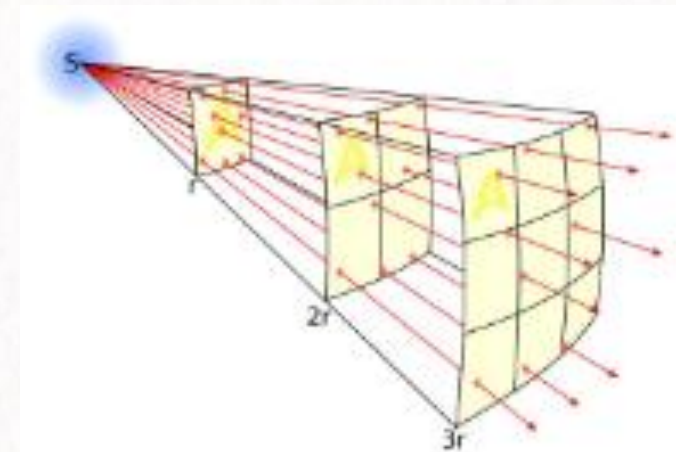
Intensitas

jumlah energi radiasi per satuan luas per satuan waktu

hasil perkalian kuantitas dengan energi

$$I = \Phi \cdot E$$

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



Prinsip Pengukuran Radiasi

Alat Ukur Radiasi

Dosis Radiasi

jumlah energi radiasi yang diserap atau diterima oleh materi

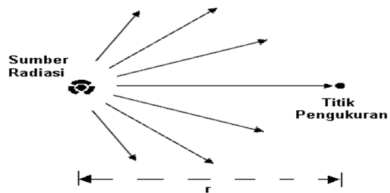
Satuan: rad, Gray (Gy), rem, Sievert (Sv)

Prinsip Pengukuran Radiasi

Besaran yang diukur

Kuantitas (Fluks)

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



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

Energi

Kekuatan radiasi yang dipancarkan

Kemampuan radiasi melakukan usaha

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

Intensitas

energi radiasi per satuan waktu per satuan luas

perkalian antara kuantitas dan energi

$$I = \Phi \times E$$

Dosis radiasi

jumlah energi radiasi yang diserap atau diterima oleh materi

Laju dosis radiasi: jumlah energi radiasi yang diserap atau diterima per satuan massa bahan per satuan waktu

Alat Ukur Proteksi Radiasi

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

Prinsip Pengukuran Radiasi

Mekanisme Deteksi

Mekanisme Deteksi	Contoh Detektor
Proses Ionisasi	GM
Proses Sintilasi	NaI(Tl)
Proses Luminisensi	TLD, RPLD, OSL
Reaksi Kimia	Film <i>Badge</i>
Perubahan Biologi	Dosimeter Biologi

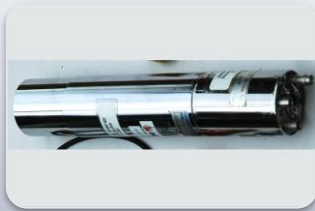
2

JENIS DETEKTOR RADIASI

Jenis Detektor Radiasi



Detektor isian gas



Detektor sintilasi

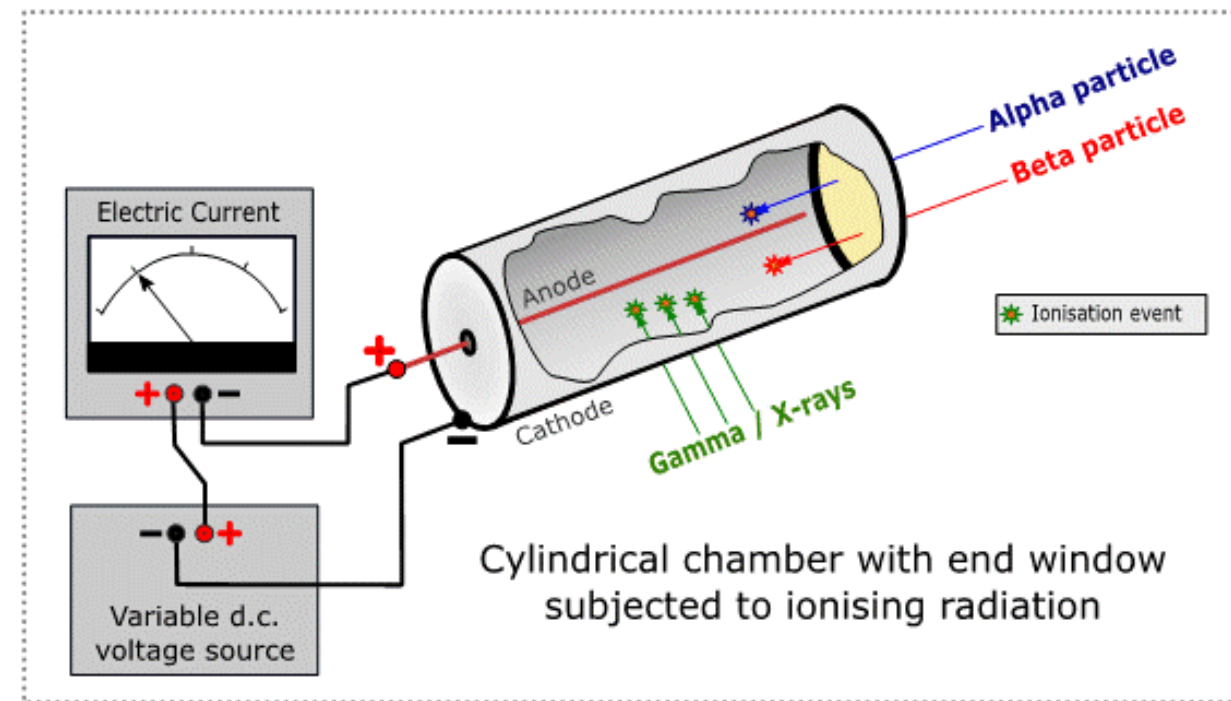


Detektor semikonduktor

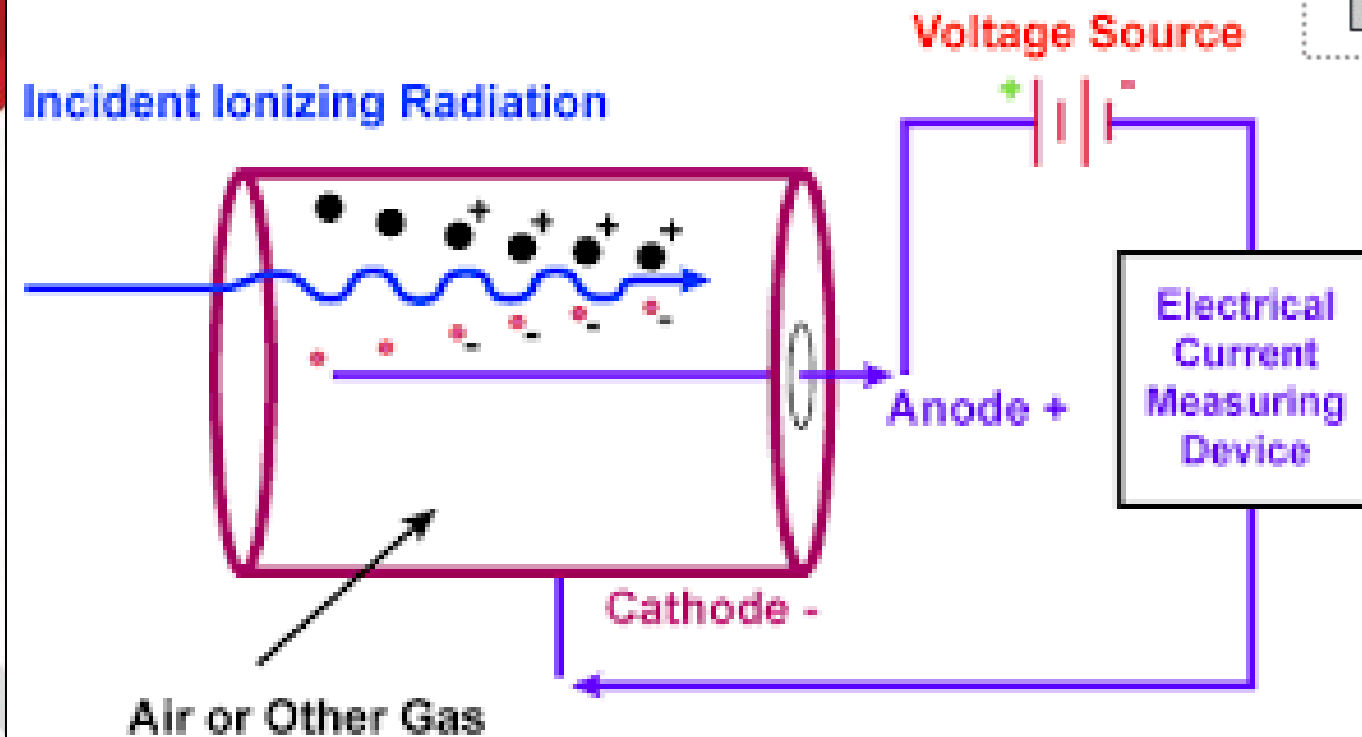
**Detektor berinteraksi dengan radiasi mengubah energi radiasi menjadi bentuk lain
Tanggapan detektor diubah menjadi suatu informasi yang dapat diamati oleh indera
manusia**

Jenis Detektor Radiasi

Detektor Isian Gas



Incident Ionizing Radiation



Proses ionisasi: terbentuknya ion positif dan negatif

Jenis Detektor Radiasi

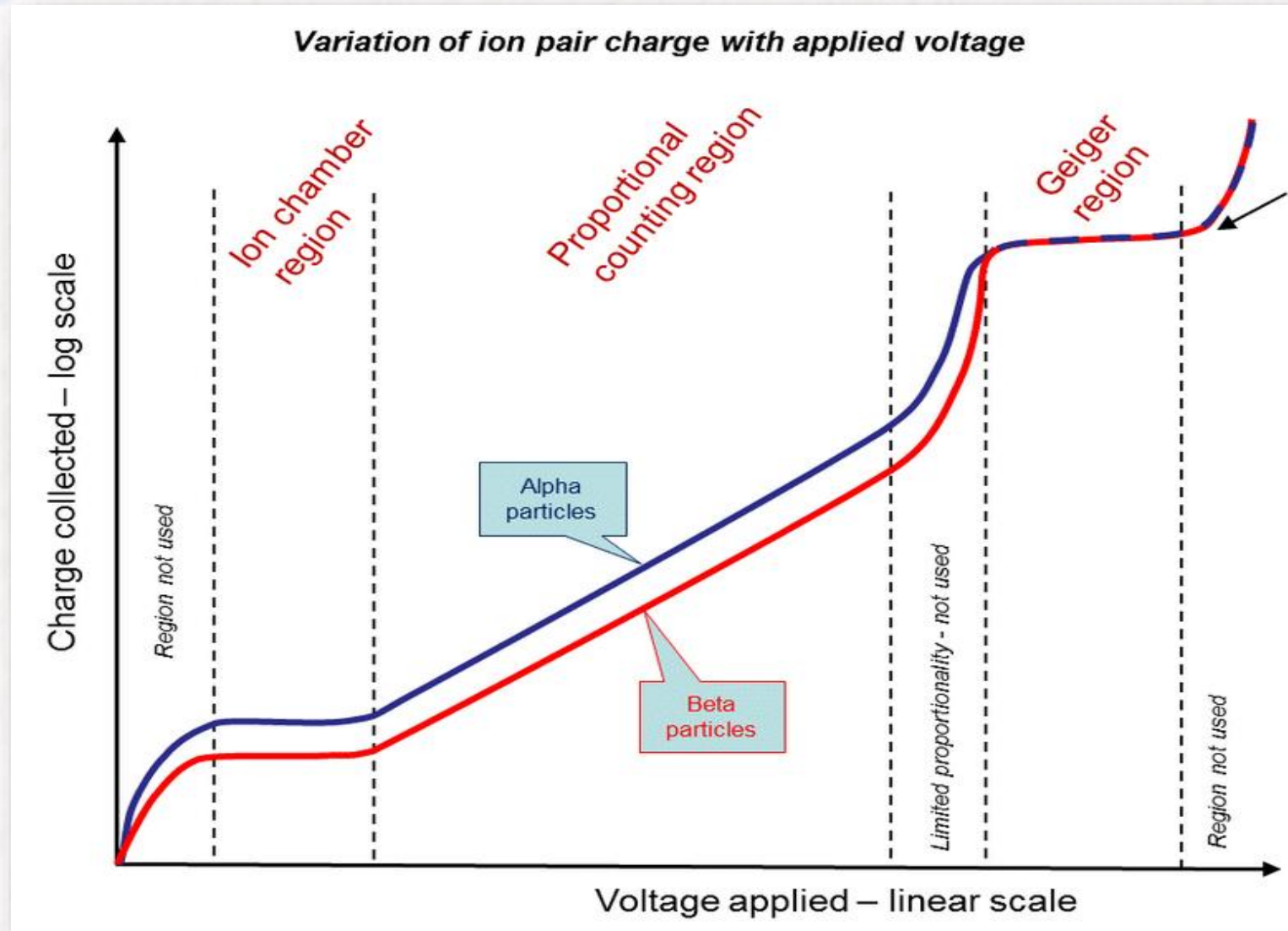
Detektor Isian Gas



Jenis Detektor Radiasi

Jenis Detektor Isian Gas

1. Kamar Ionisasi
2. Proporsional
3. Geiger Mueller, GM
(tidak dapat membedakan energi)



Karakteristik jumlah ion terhadap perubahan tegangan kerja detektor

Jenis Detektor Radiasi

Detektor Isian Gas

Karakteristik

Konstruksi sangat sederhana

Effisiensi rendah

Jenis Radiasi yang dapat diukur

Alpha (window sangat tipis)

Beta

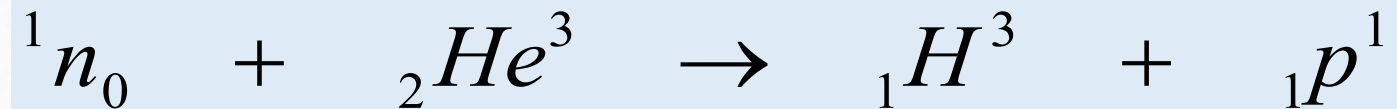
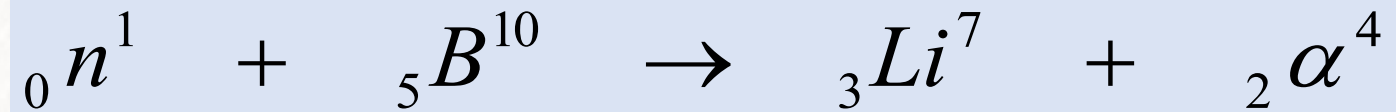
Gamma/Sinar-X

Neutron (BF₃ atau He)

Jenis Detektor Radiasi

Detektor Neutron

Detektor isian gas dengan gas BF_3 atau He-3.



Jenis Detektor Radiasi

Material sintilator

berbentuk padat maupun cair

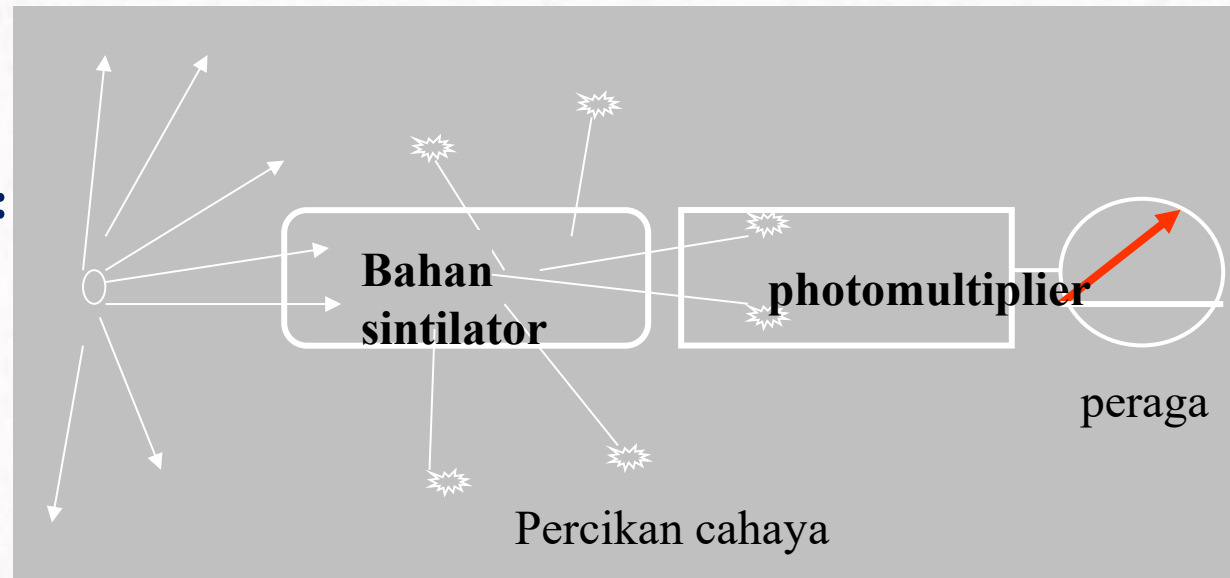
akan menghasilkan percikan cahaya bila dikenai radiasi pengion.

Detektor Sintilasi

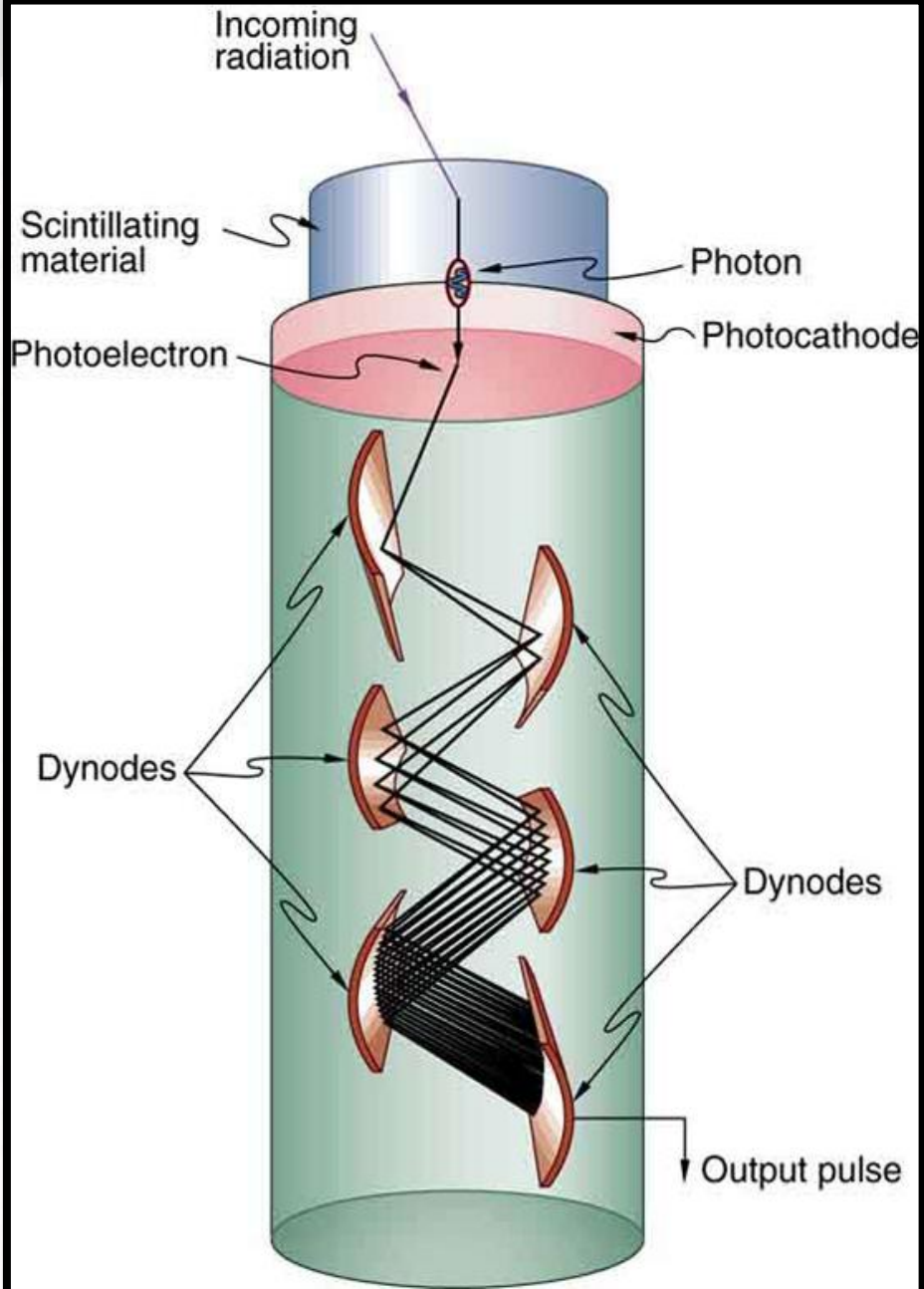
Photomultiplier

mengubah percikan cahaya yang dihasilkan material sintilator menjadi pulsa listrik.

Skema Detektor Sintilasi:
Ketika ada radiasi



Jenis Detektor Radiasi



Detektor Sintilasi

Radiasi mengenai bahan sintilator

Timbul percikan cahaya

Foton cahaya mengenai fotokatoda

Fotokatoda memancarkan elektron

Elektron difokuskan ke arah dynode

Elektron digandakan

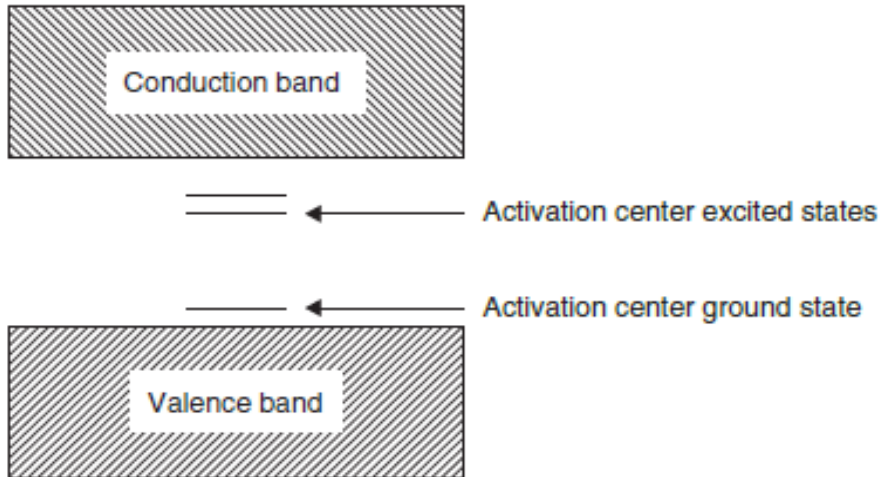
Elektron mengenai anoda

Timbul arus/pulsa

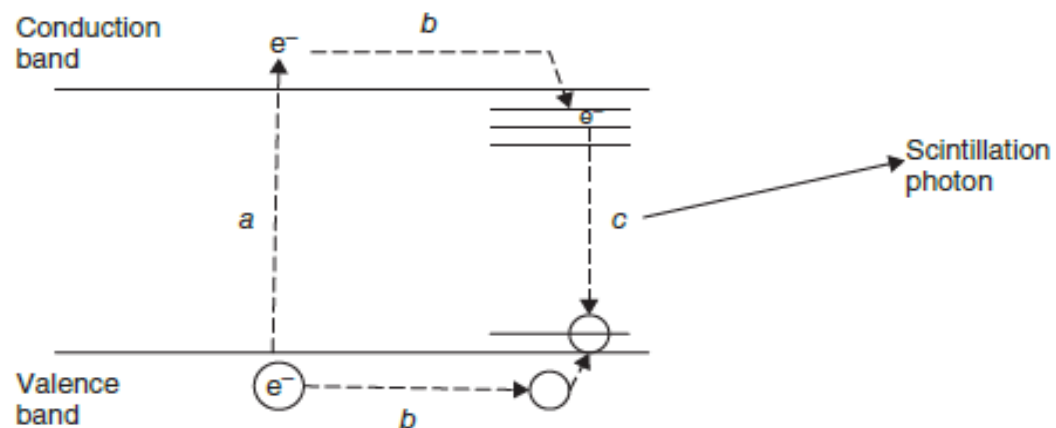
Ditampilkan pada alat peraga

Jenis Detektor Radiasi

a) Delocalized bonding



b) Scintillation process



Proses Sintilasi

Elektron pada pita valensi menyerap energi radiasi

Elektron pindah ke pita konduksi

Elektron kembali ke pita valensi melalui pita energi aktivator

Dipancarkan radiasi sinar-X,

Unsur activator menggeser panjang gelombang sinar-X

Radiasi yang dipancarkannya berupa sinar tampak

Jenis Detektor Radiasi

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

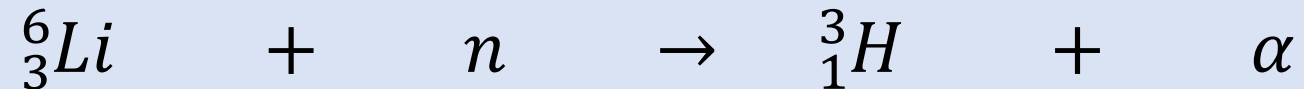
Lil (Eu) untuk neutron

Sintilator cair untuk Beta aktivitas rendah

Jenis Detektor Radiasi

Detektor Neutron

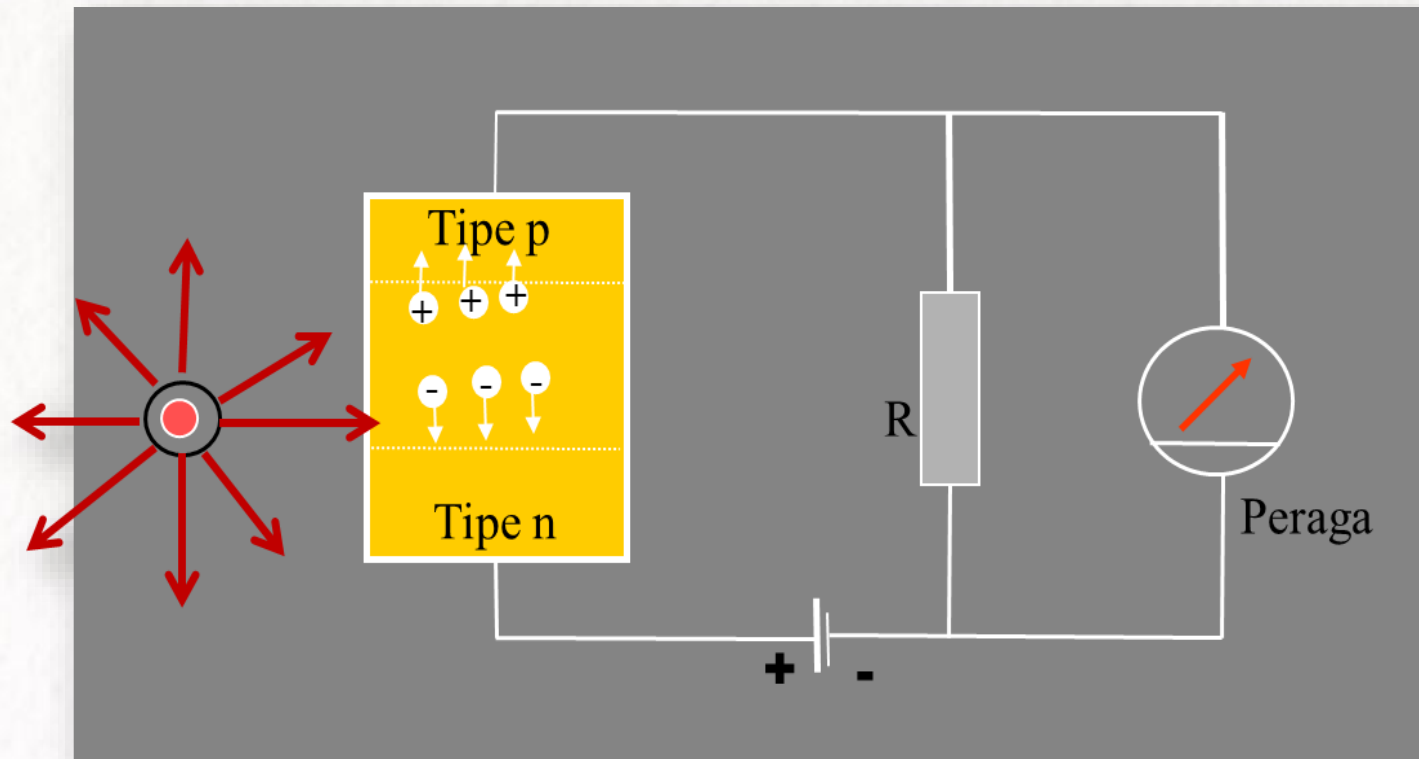
Kristal Li(Eu) digunakan untuk mengukur radiasi neutron lambat karena unsur Li akan bereaksi dengan neutron menghasilkan partikel alpha



Partikel alpha yang dihasilkannya akan mengeksitasi bahan sintilator sehingga menghasilkan percikan cahaya. Jadi proses sintilasi di sini terjadi secara tidak langsung

Jenis Detektor Radiasi

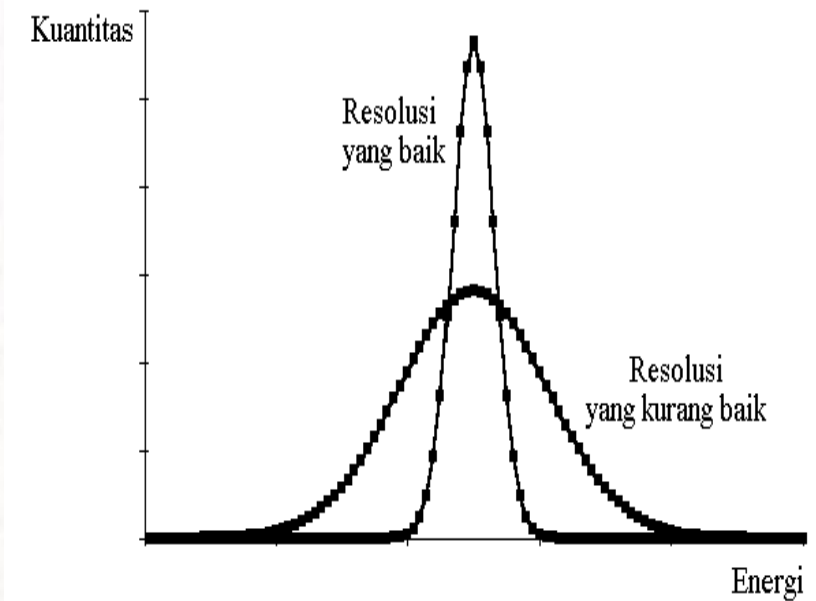
Detektor Semikonduktor



Skema Detektor Semikonduktor

Jenis Detektor Radiasi

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
 - LGe untuk sinar-x / gamma
 - Sawar muka (*surface barrier*) untuk alpha / beta

Jenis Detektor Radiasi

Detektor Semikonduktor



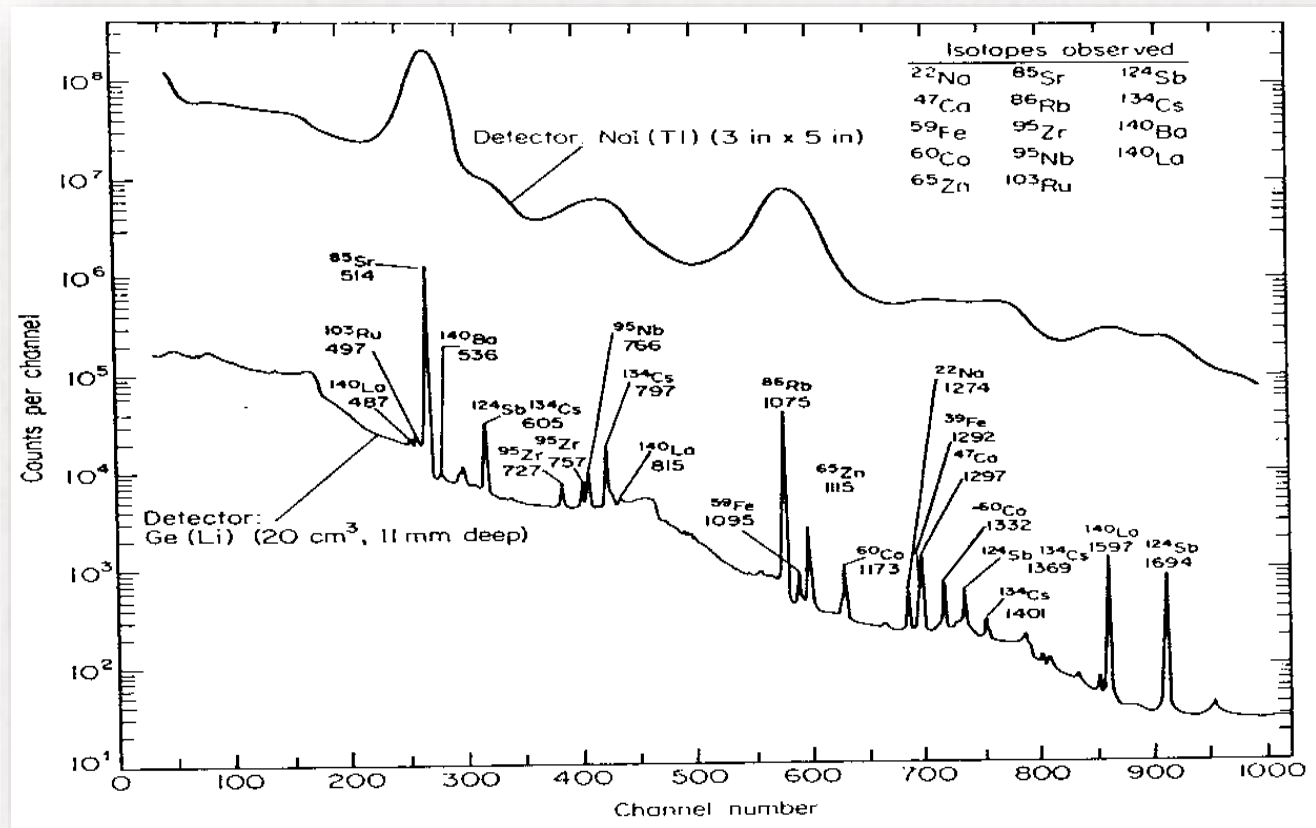
detektor semikonduktor
(HPGe)



detektor
semikonduktor (Si Li)

Jenis Detektor Radiasi

Resolusi Detektor Semikonduktor



spektrum energi radiasi gamma pada detektor semikonduktor dan sintilasi

Jenis Detektor Radiasi

Karakteristik Detektor

Detektor	Proses Interaksi	Karakteristik
Isian Gas: - Kamar ionisasi - Proporsional - Geiger mueller (GM)	Ionisasi	Konstruksi sederhana Efisiensi terendah dan Resolusi rendah GM tidak dapat membedakan energi
Sintilasi	Eksitasi – Sintilasi	Efisiensi tinggi Respons cepat Kontruksi rumit Resolusi terendah
Semikonduktor	Ionisasi	Resolusi tertinggi Konstruksi rumit Efisiensi lebih rendah dari sintilasi

3

ALAT UKUR PROTEKSI RADIASI

Alat Ukur Proteksi Radiasi

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

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Klasifikasi Alat Ukur Proteksi Radiasi



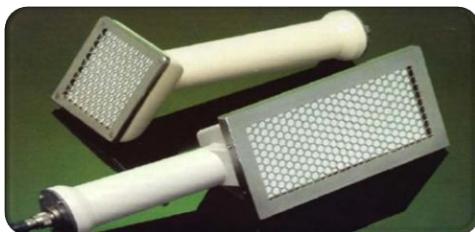
Dosimeter Perorangan

- Mengukur jumlah dosis yang diterima seseorang
- Dosimeter aktif (dosimeter saku), dosimeter pasif (TLD/RPLD/OSL)



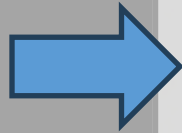
Monitor Area

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



Monitor Kontaminasi

- Mengukur tingkat kontaminasi kontaminasi udara, permukaan dan perorangan



Monitor Area

Monitor Kontaminasi

Dosimeter Perorangan

Alat Ukur Proteksi Radiasi

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



Memperkirakan dosis yang
diterima bila bekerja di
area tersebut

Tujuan Monitor Area

Jenis Monitor Area

Portable

Surveimeter

Mengukur tingkat dosis/paparan
di tempat kerja yang bisa dibawa

Memperkirakan dosis yang
diterima selama bekerja

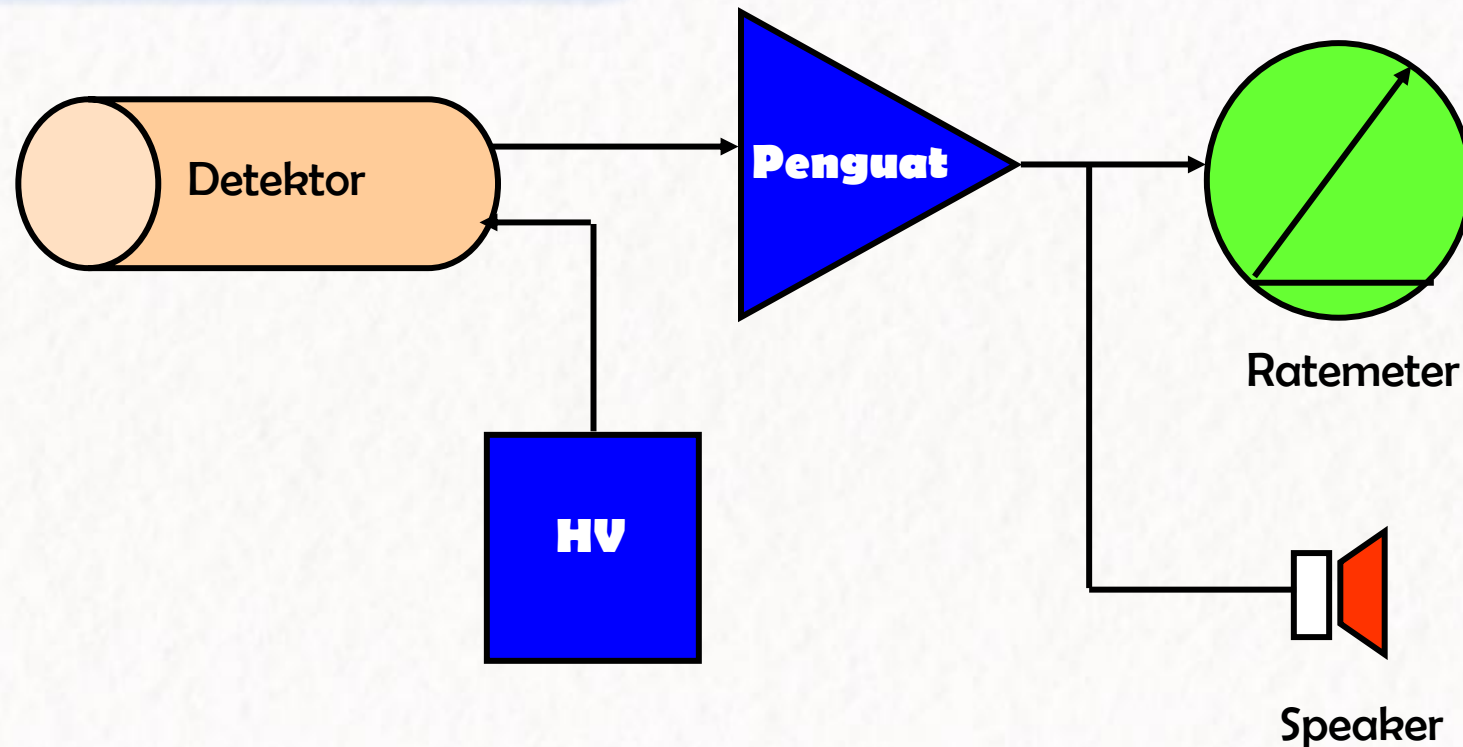
Menetap / permanen / *fix*

Monitor area

Mengukur tingkat dosis/paparan
secara terus menerus

Sebagai informasi untuk
keselamatan pekerja

Alat Ukur Proteksi Radiasi



**Prinsip kerja monitor
area / monitor
kontaminasi**

- Detektor berinteraksi dengan radiasi mengubah energi radiasi menjadi bentuk lain
- Tanggapan detektor diubah menjadi suatu informasi yang dapat diamati oleh indera manusia

Alat Ukur Proteksi Radiasi

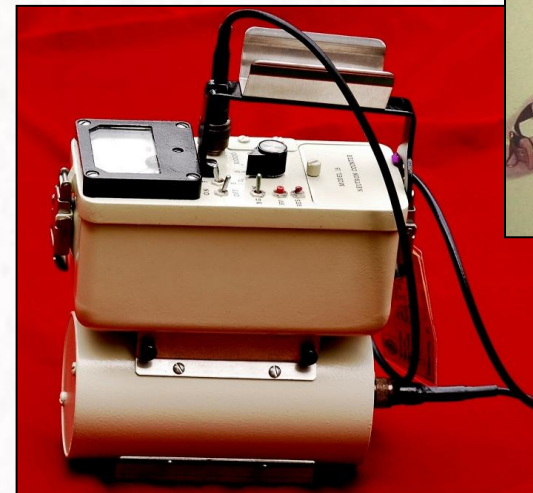
Monitor area (*fix* / surveymeter)

α atau β

β atau γ

γ atau sinar-X

neutron



Alat Ukur Proteksi Radiasi

Monitor area (*fix* / surveymeter)

Surveymeter Neutron



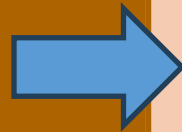
Surveymeter Gamma



Long Surveymeter



Monitor Area



Monitor Kontaminasi

Dosimeter Perorangan

Alat Ukur Proteksi Radiasi

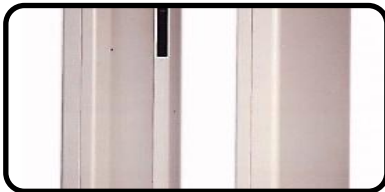
Monitor Kontaminasi

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

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Monitor Kontaminasi



Kontaminasi pemancar α atau β

- Kebanyakan detektor isian gas proporsional



Kontaminasi pemancar gamma

- Detektor sintilasi NaI(Tl)



Monitor kontaminasi udara

- dilengkapi dengan suatu penyaring (filter) dan pompa penghisap udara untuk “menangkap” partikulat zat radioaktif yang bercampur dengan molekul-molekul udara

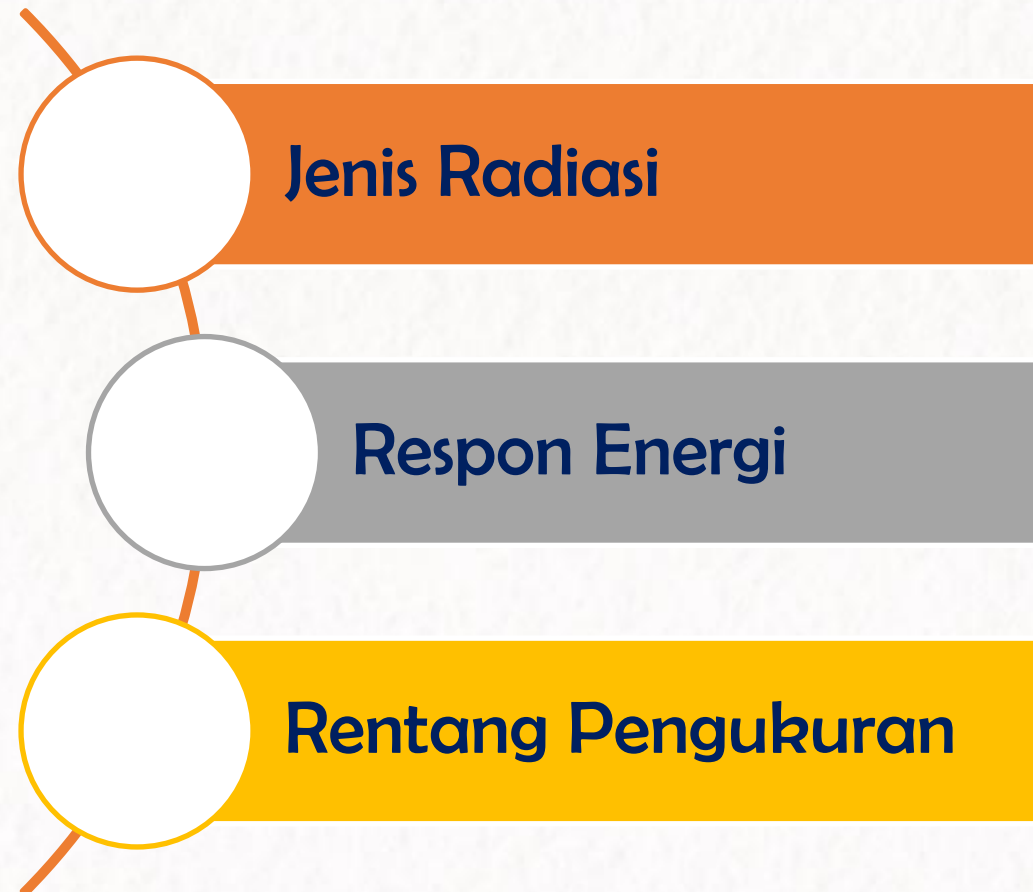
Alat Ukur Proteksi Radiasi

Monitor Kontaminasi



Alat Ukur Proteksi Radiasi

Kriteri Pemilihan Surveimeter



Alat Ukur Proteksi Radiasi

Langkah Sebelum Memakai Surveimeter / Monitor Kontaminasi

Periksa sertifikat kalibrasi

- Tanggal kalibrasi
- Faktor kalibrasi / konversi

Periksa Baterai

Pelajari pengoperasian/ pembacaan



Alat Ukur Proteksi Radiasi

Kalibrasi Monitor Area / Monitor Kontaminasi

Pengertian

- Menguji ketepatan nilai yang ditampilkan alat dengan nilai sebenarnya

Waktu

- Alat baru
- Dilakukan setiap tahun
- Alat rusak dan diperbaiki

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Metode Kalibrasi Monitor Area

Sumber Radiasi Standar

- Membandingkan penunjukan Dosis terhadap hasil perhitungan

Alat Ukur Standar

- Membandingkan penunjukan pada peralatan terkalibrasi dengan yang akan dikalibrasi

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Faktor Kalibrasi

Pengertian

- Perbandingan nilai dosis/laju dosis sebenarnya (D_s) dan dosisi/laju dosis yang ditunjukkan oleh alat ukur (D_u).

Fungsi

- Mengoreksi hasil pengukuran
- Mendapatkan nilai yang akurat

Nilai yang dapat diterima

- 0.8 – 1.2

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

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Faktor Konversi

digunakan pada surveimeter Neutron, Alpha, atau Beta

Faktor pengali untuk mengubah nilai hasil pengukuran (cps atau cpm) menjadi nilai dosis/laju dosis/ tingkat kontaminasi

satuan *faktor konversi* untuk surveimeter Neutron adalah mSv/jam/cps atau μ Sv/jam/cps atau mSv/jam/cpm atau μ Sv/jam/cpm

satuan *faktor konversi* untuk monitor kontaminasi Alpha, Beta dan Gamma adalah Bq/cm²/cps atau Bq/cm²/cpm

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Periksa Sertifikat Kalibrasi

 BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI	
No. Sertifikat	1668 / KN 03 02 / KMR 5.1 / 2016
Nama Alat	ND 2200 Sn. 86059
Nama Pemilik	PUSDIKLAT BATAN
Rentang / Skala	¹³⁷ Cs Faktor Kalibrasi
X100	0,981
X10	0,973
X1	0,966
Tanggal Kalibrasi Ulang	02 Mei 2017

 BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI	
166447-20 / LT / RP / 06 / 2024	
DPFK BRIN	
Inspector	Sn. 31259
Sr-30	
Rentang/Skala	µSv
Faktor Kalibrasi	0,10 (Bq/cm ² /µrps)
Tanggal Kalibrasi Ulang	01 Agustus 2025

 BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI	
166447-20 / LT / RP / 06 / 2024	
DPFK BRIN	
Inspector	Sn. 31259
Sr-30	
Rentang/Skala	mR
Faktor Kalibrasi	0,95
Tanggal Kalibrasi Ulang	30 Juli 2025

 BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI	
173633-9 / LT / RP / 09 / 2024	
DPFK BRIN	
AT 3509	Sn. 37556
Cs-137	
Rentang/Skala	µSv
Faktor Kalibrasi	0,95
Tanggal Kalibrasi Ulang : 06 September 2025	

 BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL PUSAT TEKNOLOGI KESELAMATAN DAN METROLOGI RADIASI	
No. Sertifikat	3536 / KN 04 02 / KMR 5.1 / 08 / 2017
Nama Alat	Ludlum 15 Sn. 318584
Nama Pemilik	Pusdiklat BATAN
Rentang / Skala	Am-Be Faktor Kalibrasi
	(µSv/h) cpm
X10	0,146
Tanggal Kalibrasi Ulang	: 14 Agustus 2018

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Periksa Baterai



Alat Ukur Proteksi Radiasi

Pelajari pengoperasian / skala pembacaan



Alat Ukur Proteksi Radiasi

Respon Energi

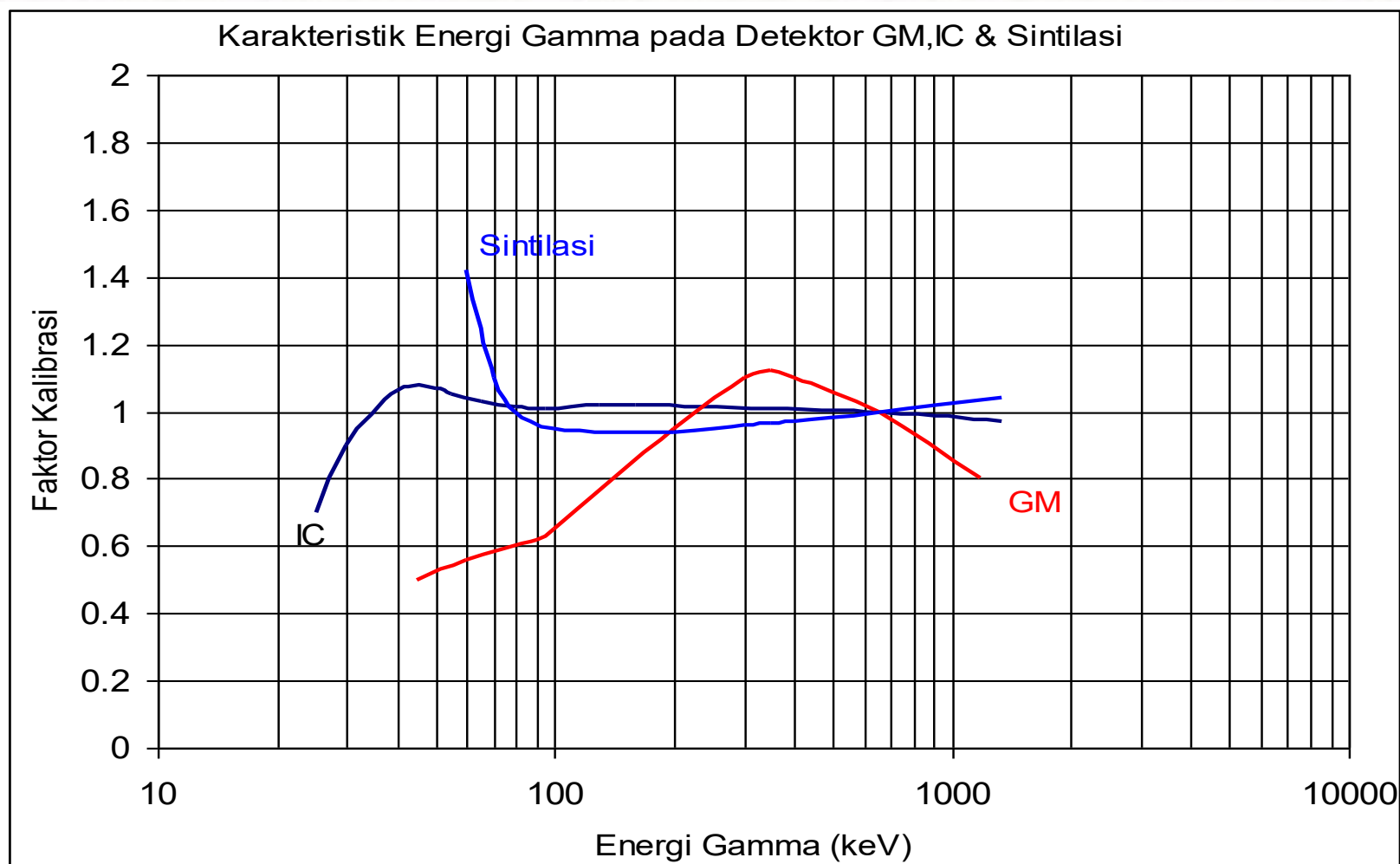
Tanggapan atau respon suatu alat ukur terhadap dosis radiasi berbeda untuk energi radiasi yang berbeda.

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.

Alat Ukur Proteksi Radiasi

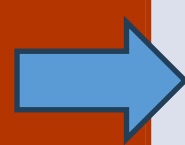
Respon Energi





Monitor Area

Monitor Kontaminasi



Dosimeter Perorangan

Alat Ukur Proteksi Radiasi

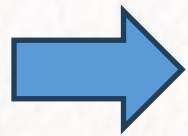
Dosimeter Perorangan

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

Dosimeter aktif (dosimeter saku)

Dosimeter pasif (TLD / RPL / OSL)



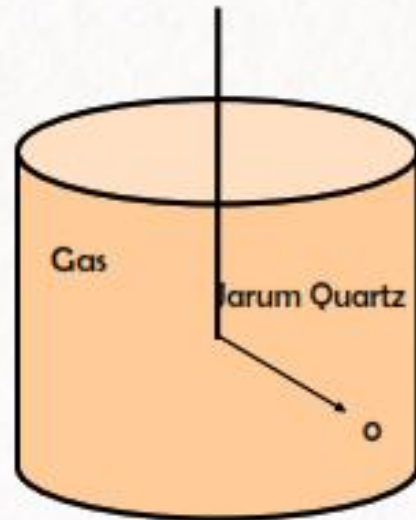


Dosimeter aktif (dosimeter saku)

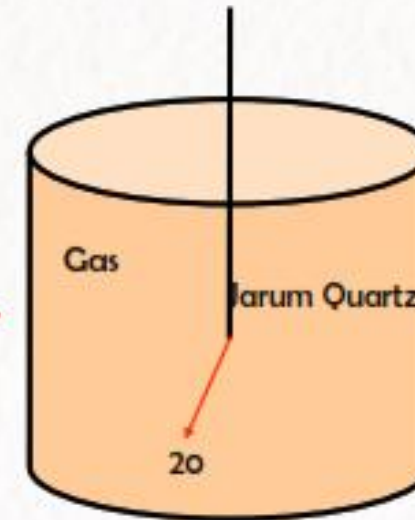
Dosimeter pasif (TLD / RPL / OSL)

Alat Ukur Proteksi Radiasi

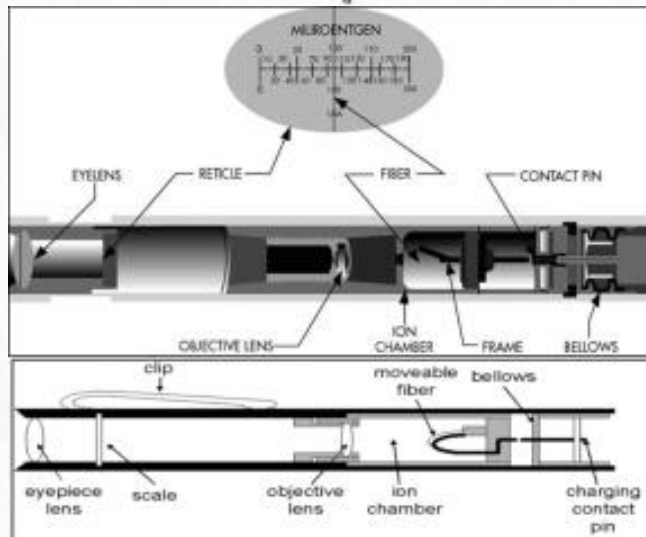
Dosimeter Saku Isian Gas



(sebelum dikenai radiasi)



(setelah dikenai radiasi)



Alat Ukur Proteksi Radiasi

Dosimeter Saku Digital

Karakteristik

Menggunakan komponen elektronika

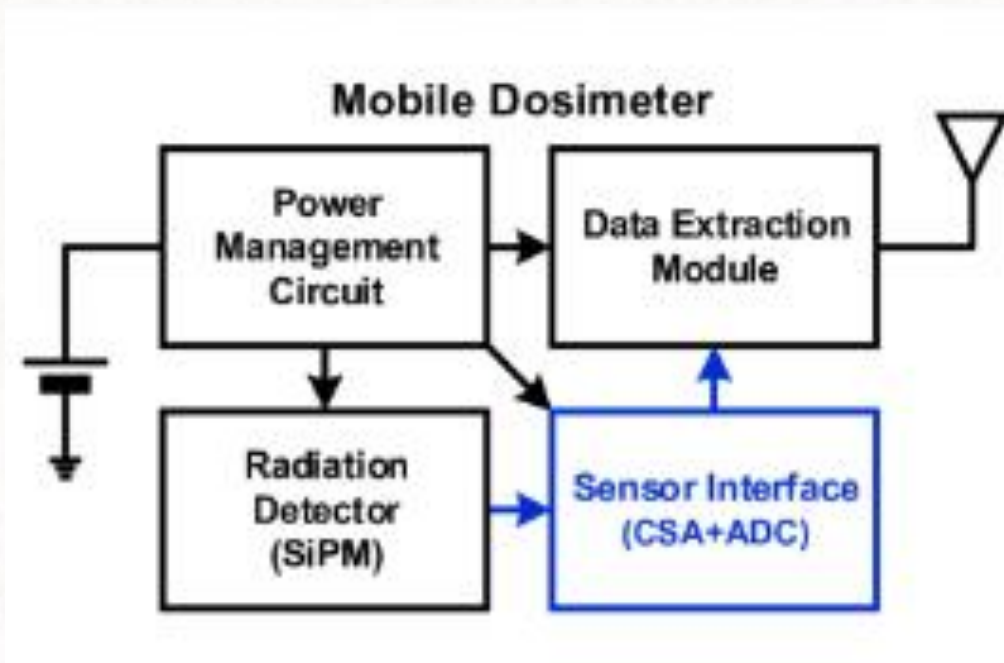
Detektor umumnya semikonduktor (silicon / Si)

Mudah dalam penggunaan



Alat Ukur Proteksi Radiasi

Dosimeter Saku Digital



Alat Ukur Proteksi Radiasi

Karakteristik Dosimeter Aktif (dosimeter saku)

Dapat dibaca langsung (sebelum dan sesudah bekerja)

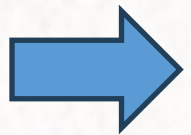
Ketelitiannya rendah

Akumulasi kurang baik karena adanya arus bocor

Dapat mengukur dosis radiasi sinar-x dan gamma

Rentang pengukuran energi yang relative lebih sempit dibanding TLD

Dosimeter aktif (dosimeter saku)



Dosimeter pasif (TLD / RPL / OSL)

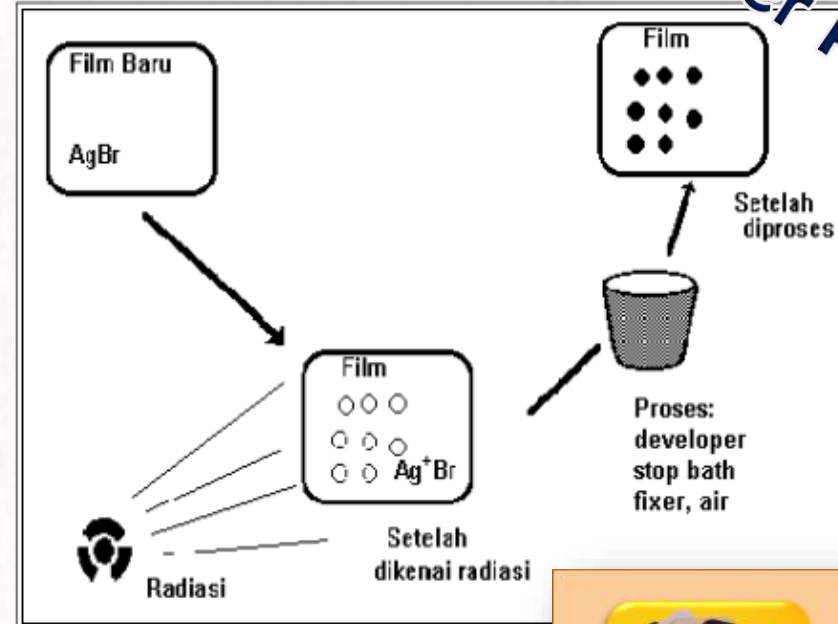
Alat Ukur Proteksi Radiasi

Material

Butiran perak halide 50% dan gelatin 50%

Radiasi bereaksi dengan AgBr membentuk bayangan laten

Sebelum dibaca harus dilakukan pemrosesan kimia



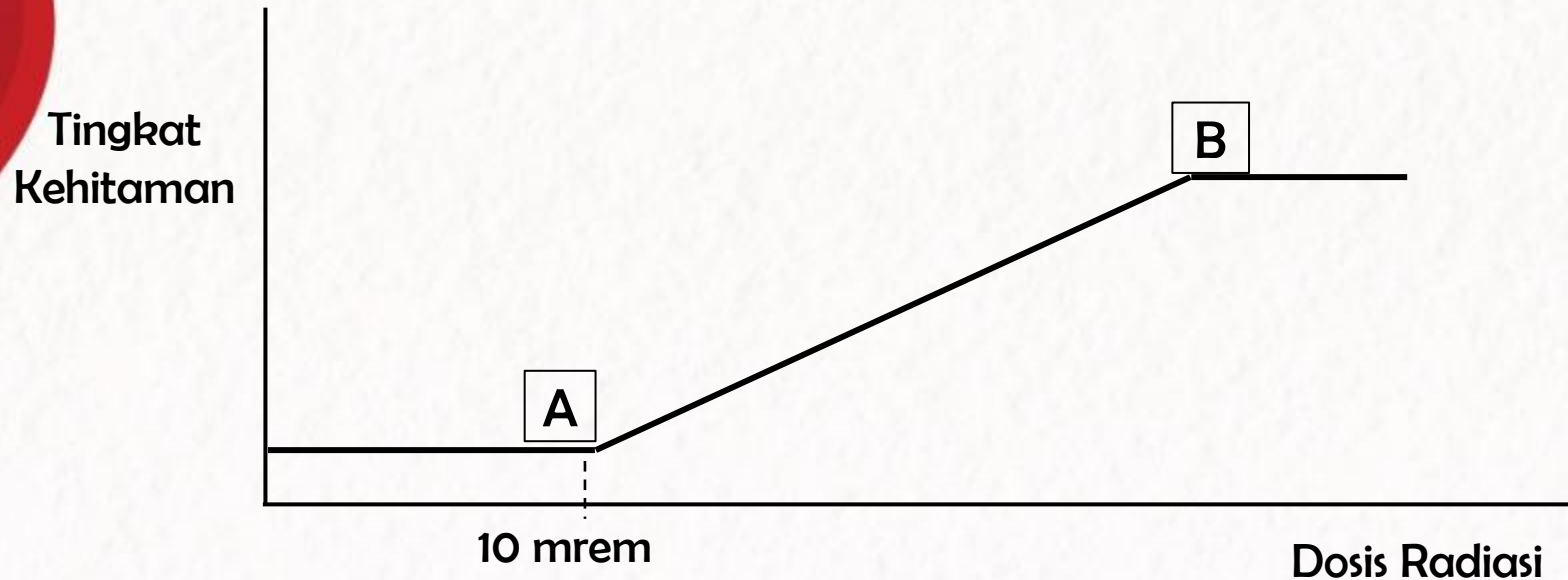
Dosimeter Pasif (Film Badge)



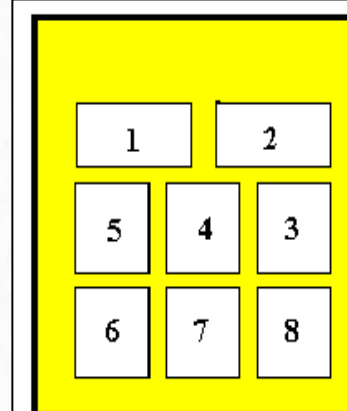
Alat Ukur Proteksi Radiasi

Dosimeter Pasif (*Film Badge*)

Kurva Tingkat Kehitaman Film



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



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)

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Karakteristik Dosimeter Pasif (*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*)

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Dosimeter Pasif (TLD / RPLD / OSL)

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 Lumisensi (RPL) Dosimeter
Pngeeksitasi *ultra violet*

Optical Stimulated Luminisensi (OSL)
Pengeksitasi cahaya tampak

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Dosimeter Pasif (TLD / RPL / OSL)

Prinsip kerja

material menyerap radiasi

energi radiasi dalam material pada kondisi metastabil.

Luminisensi

peristiwa terlepasnya energi tersebut dalam bentuk cahaya

Jenis

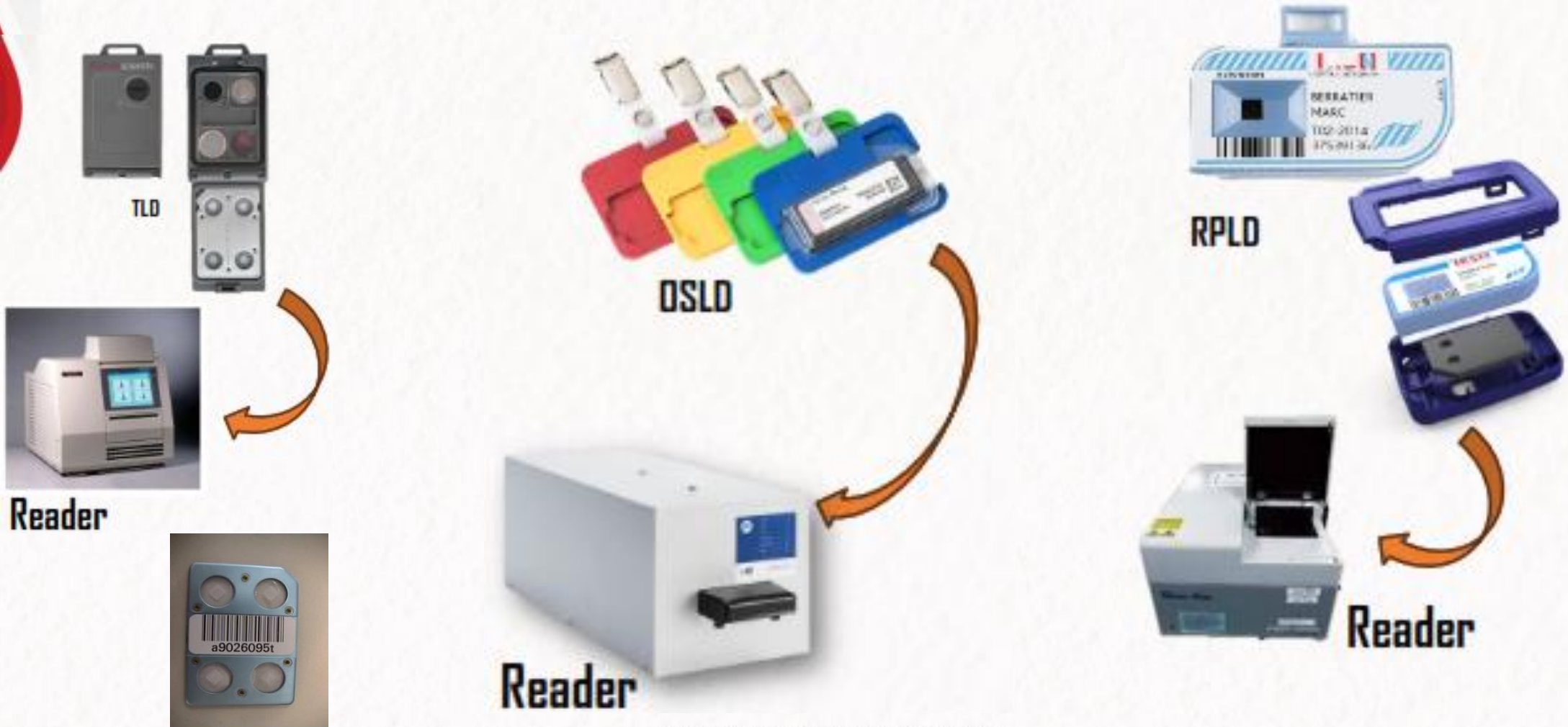
Thermoluminescence Dosimeter (TLD)
Pengeksitasi Panas

Radiophotoluminescence (RPL)
Dosimeter
Pengeksitasi *ultra violet*

Optical Stimulated Luminisensi (OSL)
Pengeksitasi cahaya tampak

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Dosimeter Pasif (TLD / RPLD / OSL)



Alat Ukur Proteksi Radiasi

Dosimeter Pasif

Technology	OSL	TLD
Component	Aluminum Oxide (Al ₂ O ₃ :C)	LiF or CaD ₂ Crystal
Lower Limit of Detection	Down to 1 mrem	Typically down to 10 mrem
Typical Maximum Wear Period	Up to 1 year	3 months
Re-Readable	Yes	No
Read Method	Light (non-destructive)	Heat (destructive)
Motion Detection	Yes	No
Immediate (Emergency) Readout	Yes	No
Reporting Details	Cumulative	Cumulative
Durability	Rugged; able to withstand drops, temperature extremes, and moisture/humidity	Easily damaged if dropped or exposed to high/low temps or moisture

- TLD-100 materials consist of Lithium Fluoride (Li natural) LiF:Mg, Ti; suitable for health and medical physics dosimetry applications
- TLD-200 materials consist of Calcium Fluoride Dyprosium CaF₂:Dy; suitable for environmental dosimetry applications
- TLD-600 materials consist of Lithium Fluoride (Lithium isotope) Li:Mg, Ti; suitable for neutron dosimetry applications
- TLD-700 materials consist of Lithium Fluoride (Lithium isotope) Li:Mg, Ti; suitable for gamma and beta dosimetry applications

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Prinsip kerja dosimeter perorangan

- Dosimeter aktif: detektor berinteraksi dengan radiasi mengubah energi radiasi menjadi bentuk lain. Tanggapan detektor diubah menjadi suatu informasi yang dapat diamati oleh indera manusia



Dosimeter Pasif
(TLD / RPLD / OSL)

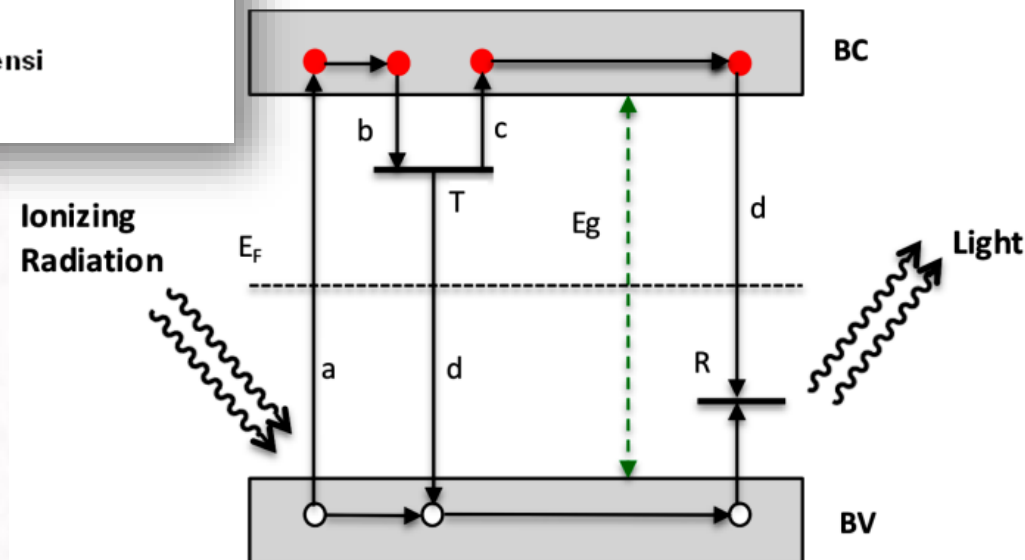
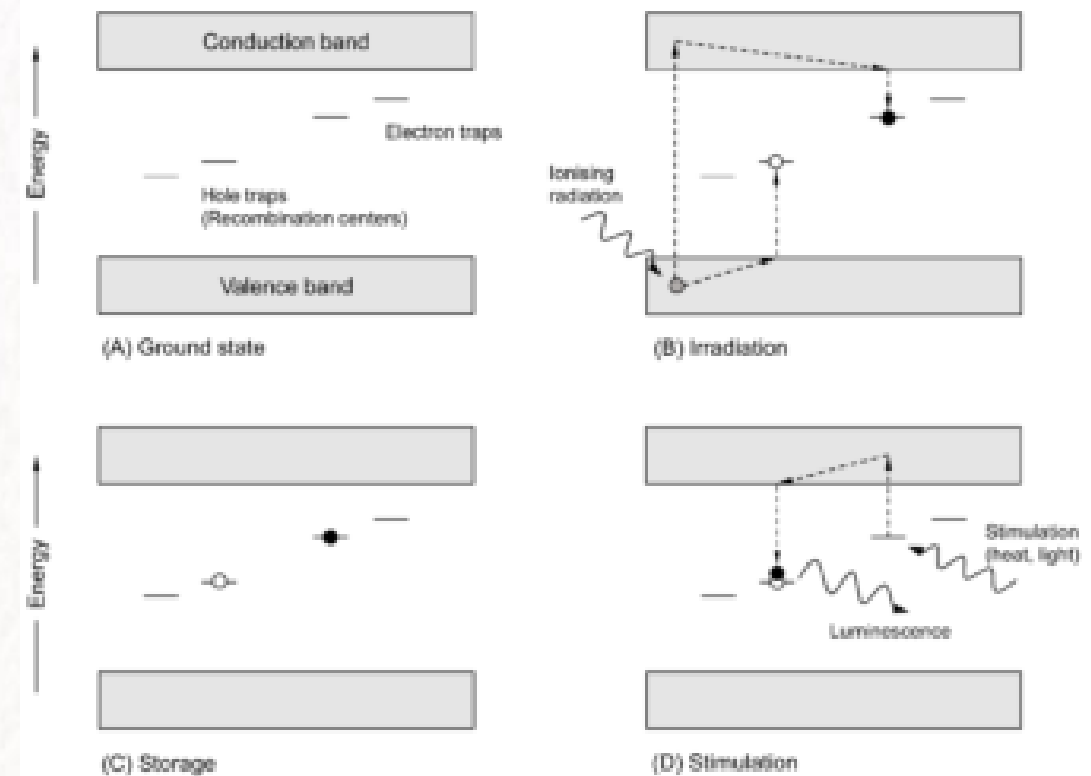
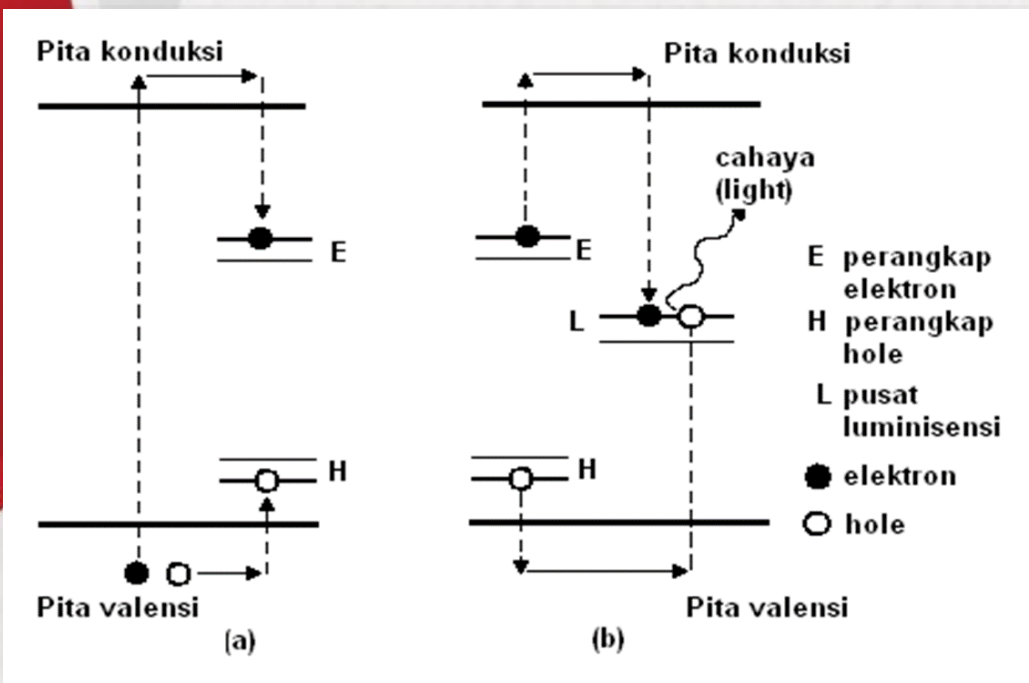
Prinsip kerja dosimeter perorangan

- Dosimeter pasif:
 - Material kristal anorganik akan mendeformasi kristal sehingga tercipta “electron trap”.
 - Bila material tersebut dikenai radiasi, maka energi radiasi akan diserahkan kepada elektron yang berada di pita valensi dan membuatnya bergerak ke pita konduksi.
 - Pada saat elektron akan kembali ke keadaan dasarnya, elektron tersebut terjebak. Semakin besar dosis, semakin banyak electron yang terjebak, dan informasi tersebut akan tetap tersimpan sampai dosimeter dibaca.
 - Dalam proses pembacaannya, elektron diberi energi supaya lepas dari jebakannya dan kembali ke keadaan dasar dengan melepas percikan cahaya atau luminisensi



Alat Ukur Proteksi Radiasi

Proses Luminisensi



- (a) Eksitasi, pembentukan electron-hole,
- (b) trapping,
- (c) de-trapping oleh pemanasan
- (d) rekombinasi.

T pusat "trap" atom activator
R pusat rekombinasi E_g energi "bandgap"

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Penggunaan Personal Dosimeter

Pekerja pada daerah radiasi tinggi menggunakan 2 jenis personal dosimeter yaitu dosimeter saku dan TLD / RPL / OSL

Dosimeter saku untuk mengetahui dosis yang diterima secara langsung

TLD / RPL / OSL untuk mencatat dosis yang telah diterima dalam selang waktu tertentu

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Karakteristik Dosimeter Pasif (TLD / RPL / OSL)

Dapat digunakan ulang

Sifat akumulasi dan ketelitiannya tinggi

Tidak Terpengaruh oleh lingkungan (panas dan kelembaban)

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

Pembacaan dosis memerlukan alat bantu (*Reader*)

Periode pemakaian 3 bulan

SISTEM PENCACAH

Sistem Pencacah

Kegunaan

Proteksi Radiasi

Mengukur sampel dari dalam tubuh

Mendeteksi ada tidaknya zat radioaktif

Mendeteksi posisi, jenis dan aktivitas radionuklida

Aplikasi dan Penelitian

Mengukur kuantitas

Spektrum energi

Sistem Pencacah

Jenis Pencacah Radiasi

Sistem Pencacah Integral

- Mengukur kuantitas radiasi tanpa memperhatikan energi radiasinya

Sistem Pencacah Diferensial

- Mengukur kuantitas radiasi dalam selang radiasi tertentu

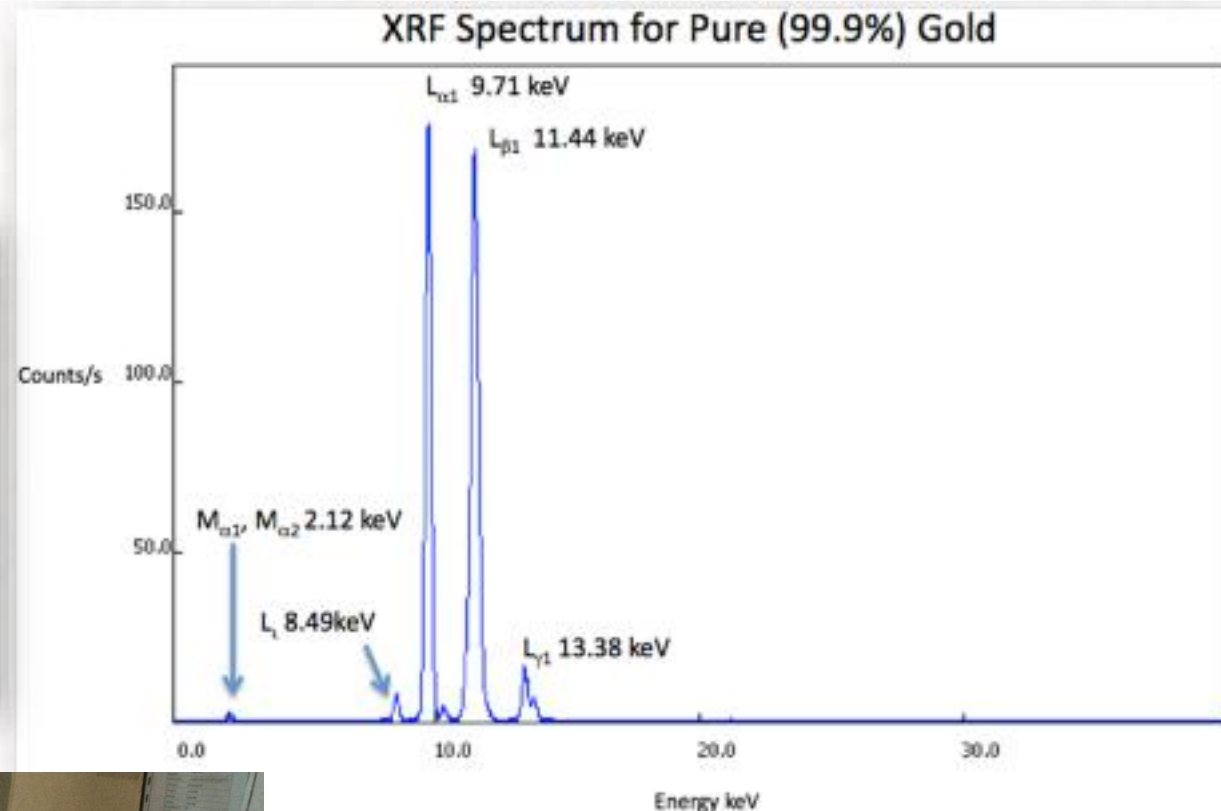
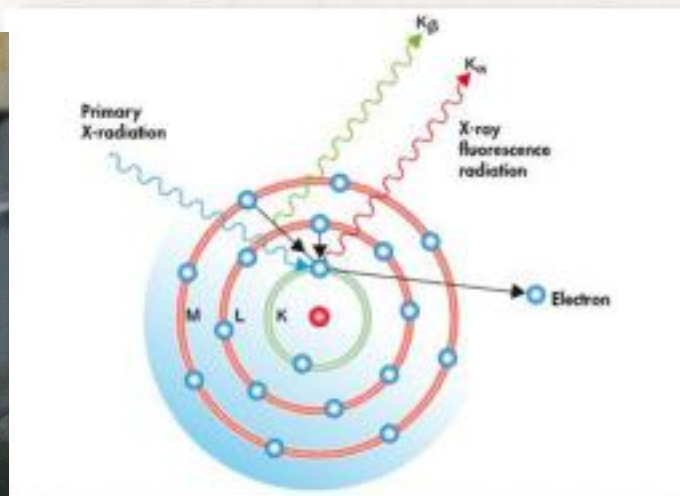
Sistem Spektroskopi

- Mengukur distribusi energi radiasi yang dipancarkan oleh suatu energi

Sistem Pencacah

 BADAN TENAGA ATOM NASIONAL Pusat Teknologi Keselamatan Dan Metrologi Radiasi		
No. Sertifikat	: 079/S/KN 0401/KMR 5.2/10/2021 080/S/KN 0401/KMR 5.2/10/2021 081/S/KN 0401/KMR 5.2/10/2021 082/S/KN 0401/KMR 5.2/10/2021 083/S/KN 0401/KMR 5.2/10/2021	
Nama Alat	: AtomLab 100 BIODEX	
Tipe/No.Seri Alat	: 086-300/1643014	
Nama Pemilik	: PRTRR-OR TN-BRIN	
Tombol Yang Dikalibrasi	Faktor Kalibrasi	Ketidak Pastian Bentangan (%)
¹³² I	1,00	5,00
^{99m} Tc	1,01	5,00
¹⁵³ Gd	1,00	5,00
¹⁷⁷ Lu	1,00	5,00
³² P	0,99	5,00
Tanggal Kalibrasi	:29 September 2021	

Data Dial Setting	
Radioisotop	Setting Dial
I-131	27,0
Lu-177	111
P-32	913
Sm-153	20,2
Tc-99m	43,9



Sistem Pencacah

Aspek Pencacahan Radiasi

Laju Cacah (R_u)

Jumlah cacah persatuan waktu

$$R = \frac{C}{\Delta t}$$

Laju Cacah Latar Belakang (R_{bg})

Nilai laju cacah yang ditampilkan oleh sistem pencacah walaupun tidak ada sumber radiasi

Berasal dari radiasi alam di sekeliling detektor

Laju Cacah Sumber (R_s)

$$R_s = R_u - R_{bg}$$

Efisiensi

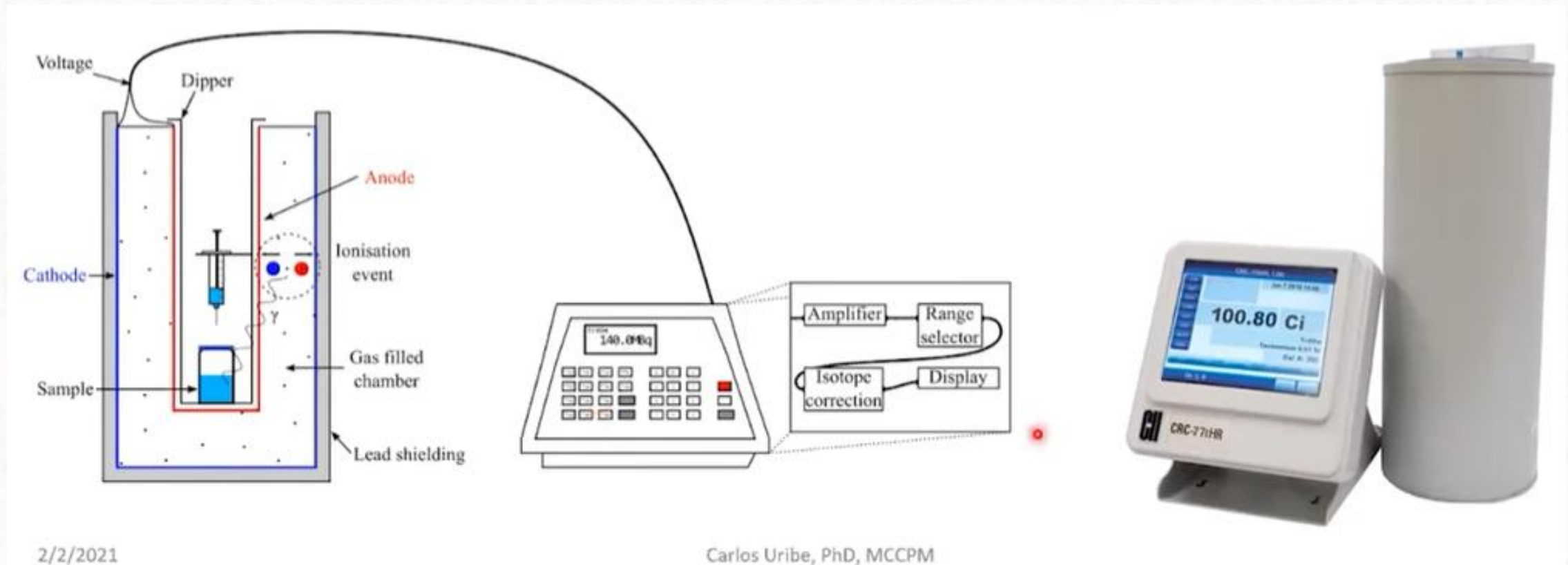
Nilai yang menunjukkan korelasi antara laju cacah sumber (R_s) dan aktivitas sumber radiasi (A)

$$\eta = \frac{R}{A \cdot p}$$

A = aktivitas (Bq)
 p = probabilitas pemancar radiasi
 R = laju cacah

Sistem Pencacah

Dose Calibrator



Source: Radiation Detectors, Education & Research from the Quantitative Radiomolecular Imaging & Therapy (Qurit) Team at BC Cancer / UBC

4

KESIMPULAN

Kesimpulan

Jenis Detektor

- Isian gas
- Sintilasi
- Semikondusktor

Alat ukur radiasi

- Monitor area (fix / surveymeter)
- Monitor kontaminasi
- Dosimeter perorangan

Prinsip kerja monitor area / monitor kontaminasi

- Detektor berinteraksi dengan radiasi mengubah energi radiasi menjadi bentuk lain
- Tanggapan detektor diubah menjadi suatu informasi yang dapat diamati oleh indera manusia

Kesimpulan

Prinsip kerja dosimeter perorangan

- Dosimeter aktif: detektor berinteraksi dengan radiasi mengubah energi radiasi menjadi bentuk lain. Tanggapan detektor diubah menjadi suatu informasi yang dapat diamati oleh indera manusia
- Dosimeter pasif:
 - material menyerap radiasi dan disimpan pada kondisi metastabil.
 - Informasi tersebut akan tetap tersimpan sampai dosimeter dibaca.
 - Dalam proses pembacaannya, elektron diberi energi supaya lepas dari jebakannya dan kembali ke keadaan dasar dengan melepas percikan cahaya atau luminisensi

Kesimpulan

Karakteristik Dosimeter Perorangan

Dosimeter aktif

dapat dibaca langsung

ketelitian rendah

ada arus bocor

sinar-x dan gamma

Pemakaian harian

Dosimeter pasif

dapat digunakan ulang

Ketelitian tinggi

Tidak terpengaruh oleh lingkungan

sinar-x, gamma, neutron

memerlukan alat bantu baca dosis (*reader*)

periode pemakaian 3 bulan

Kesimpulan

Langkah Penggunaan Surveimeter / Monitor Kontaminasi

Pemilihan

- 3 parameter
 - Jenis radiasi
 - Respon energi
 - Rentang pengukuran

Langkah

- Sebelum pengoperasian
 - Periksa sertifikat kalibrasi
 - Periksa baterai
 - Pelajari pembacaan dan skala

Pengoperasian

- Secara benar
 - Posisi alat
 - Pengaturan skala
 - Pembacaan nilai

Kesimpulan

Faktor Konversi

Faktor pengali untuk
mengubah satuan

Satuan: cacah per menit (cpm)
/ cacah per second (cps)

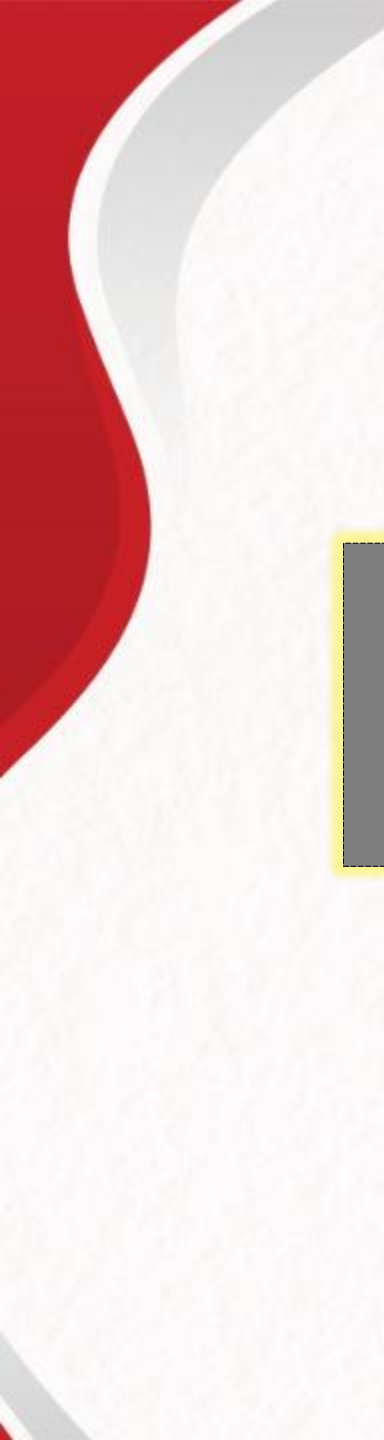
Bq/cm²/cps, Bq/cm²/cpm,
μSv/jam/cps, μSv/jam/cpm

Faktor Kalibrasi

Perbandingan antara nilai dosis/laju dosis
sebenarnya (D_s) dan nilai dosis/laju dosis
yang ditunjukkan oleh alat ukur (D_u)

Rentang: 0,8 – 1,2

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



5

LATIHAN SOAL

Soal Latihan

1. Pernyataan yang benar untuk surveimeter yang digunakan untuk pemantauan daerah kerja adalah:
 - A. Dapat memantau segala jenis radiasi yang datang secara akurat
 - B. Respon energi harus sesuai dengan energi peralatan sumber radiasi yang digunakan
 - C. Tidak perlu dikalibrasi apabila peralatan tidak menunjukkan kerusakan / masih baru
 - D. Tidak diperlukan, apabila pekerja radiasi sudah menggunakan pemantauan dosis perorangan

Soal Latihan

2. Memilih alat pemantau dosis perorangan tidak mudah Persyaratan yang harus dipenuhi agar alat tersebut dapat berfungsi optimal adalah:
- A. Respon dosis tergantung pada energi radiasi
 - B. Harus mampu mengukur dosis dari 10 mSv hingga 5 Sv
 - C. Respon dosis tidak tergantung pada energi radiasi
 - D. Responnya dapat dipengaruhi oleh bahan kimia, temperatur, kelembaban dan lain-lain

Soal Latihan

3. Langkah yang harus dilakukan sebelum menggunakan surveimeter, KECUALI:

- A. Memeriksa sertifikat kalibrasi**
- B. Memeriksa baterai dan cek respon**
- C. Memeriksa merk surveimeter**
- D. Mempelajari pengoperasian dan pembacaannya**

Soal Latihan

4. Pengukuran intensitas percikan cahaya untuk mengukur dosis radiasi yang diterima oleh seorang pekerja radiasi, dilakukan pada dosimeter perorangan jenis
- A. TLD
 - B. Film *badge*
 - C. Dosimeter saku
 - D. Jawaban a, b dan c benar

Soal Latihan

5. Detektor isian gas bekerja atas dasar
- A. efek kimia yang timbul dalam medium tertentu
 - B. pengukuran panas yang timbul akibat ionisasi
 - C. pengumpulan ion yang terbentuk oleh radiasi di dalam medium gas
 - D. radiasi pengion dalam bahan fosforesensi tertentu dan menghasilkan pulsa listrik

Soal Latihan

6. Jenis detektor yang tidak dapat membedakan jenis dan energi radiasi adalah
- A. Detektor bilik ionisasi
 - B. Detektor proporsional
 - C. Detektor Geiger Muller
 - D. Detektor sintilasi

Soal Latihan

7. Pernyataan yang benar untuk surveimeter yang digunakan untuk pemantauan daerah kerja adalah
- A. Dapat memantau segala jenis radiasi yang datang secara akurat
 - B. Respon energi harus sesuai dengan energi peralatan sumber radiasi yang digunakan
 - C. Tidak perlu dikalibrasi apabila peralatan tidak menunjukkan kerusakan/ masih baru
 - D. Jawaban A, B, dan C benar

Soal Latihan

8. Memilih alat pemantau dosis perorangan tidak mudah.

Persyaratan yang harus dipenuhi agar alat tersebut dapat berfungsi optimal adalah

- A. Respon dosis tergantung pada energi radiasi
- B. Harus mampu mengukur dosis dari 10 mSv hingga 5 Sv
- C. Respon dosis tidak tergantung pada energi radiasi
- D. Responnya dapat dipengaruhi oleh bahan kimia, temperatur, kelembaban dan lain-lain

Soal Latihan

9. Tiga langkah sebelum mengoperasikan surveimeter adalah :
- A. periksa baterai, periksa sertifikat kalibrasi, dan periksa detektor
 - B. periksa baterai, periksa sertifikat kalibrasi, dan pelajari pengoperasian dan pembacaan
 - C. periksa sertifikat kalibrasi, periksa baterai, dan pelajari pengoperasian dan pembacaan
 - D. periksa sertifikat kalibrasi, pelajari pengoperasian dan pembacaan, periksa detektor

Soal Latihan

10. Yang merupakan karakteristik TLD / RPLD / OSL adalah
- A. Dapat digunakan ulang
 - B. Memerlukan koreksi pemucatan
 - C. Dapat dibaca ulang tanpa merusak informasi yang sudah ada
 - D. Jawaban A, B dan C benar

Soal Latihan

11. Pernyataan yang benar untuk Faktor Kalibrasi (F_k) adalah
- A. Nilai yang sebenarnya dibandingkan dengan nilai yang terbaca oleh alat
 - B. Hanya berlaku untuk kisaran energi tertentu
 - C. Nilai sebenarnya diperoleh dari nilai pengukuran dibagi F_k
 - D. Jawaban a,b dan c benar

Terima Kasih

Atas Perhatian Anda



B.J. Habibie Building
Jl. M.H. Thamrin 8, Jakarta 10340, Indonesia



www.brin.go.id



Brin Indonesia



@brin_indonesia



@brin.indonesia



Bridging Sciences
Empowering Talents

@dpk brin