

PENGUKURAN DAN PEMANTAUAN RADIASI

Afida Ikawati

Pelatihan Petugas Iradiator

Direktorat Pengembangan Kompetensi BRIN - 2024

BIODATA

Haloo....
Saya AFI



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

Teknik Lingkungan



Pelatihan Penyegaran Petugas Proteksi Radiasi Instalasi Nuklir (2023)

ITC on Nuclear / Radiological Emergency Preparedness – JAEA (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

TUJUAN PEMBELAJARAN

Kompetensi Dasar:

Mampu menjelaskan kegunaan alat ukur radiasi

Indikator Keberhasilan

Menjelaskan prinsip kerja surveimeter dan monitor kontaminasi

Menjelaskan prinsip kerja personal dosimeter / dosimeter perorangan

Membedakan kegunaan dosimeter perorangan, surveimeter dan monitor kontaminasi

POKOK BAHASAN

Prinsip Pengukuran Radiasi

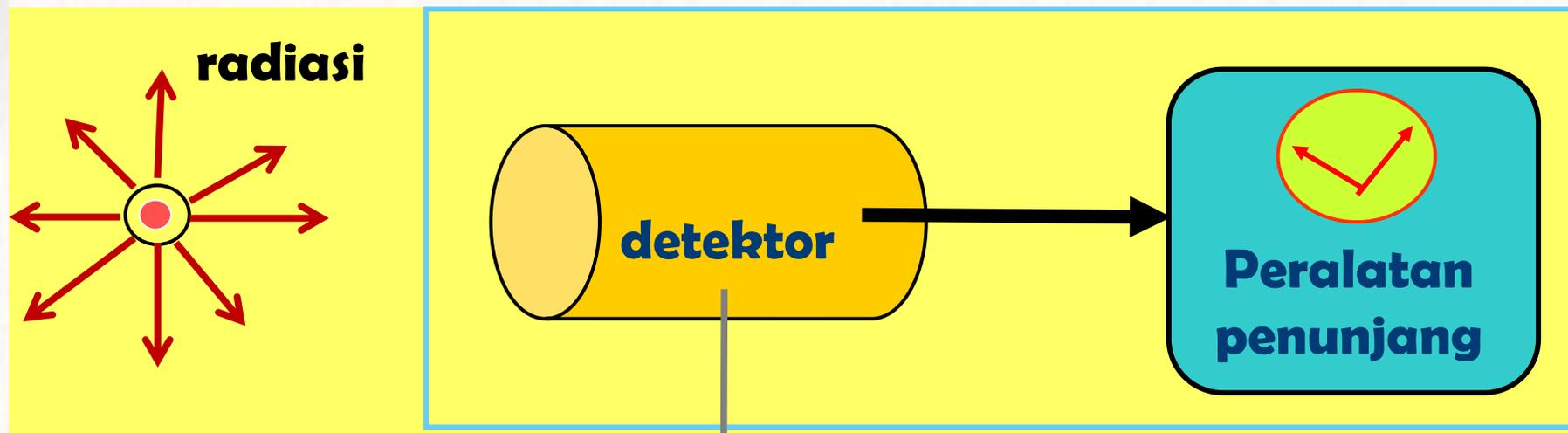
Jenis Detektor Radiasi

Alat Ukur Radiasi

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

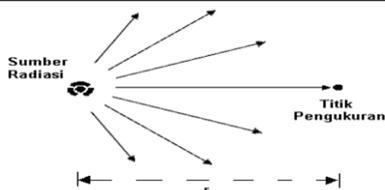
DOSIS RADIASI

Prinsip Pengukuran Radiasi

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

Prinsip Pengukuran Radiasi

Mekanisme Deteksi

Mekanisme Deteksi	Contoh Detektor
Proses Ionisasi	GM
Proses Sintilasi	NaI(Tl)
Proses Termoluminisensi	TLD

2

JENIS DETEKTOR RADIASI

Jenis Detektor Radiasi



Detektor isian gas



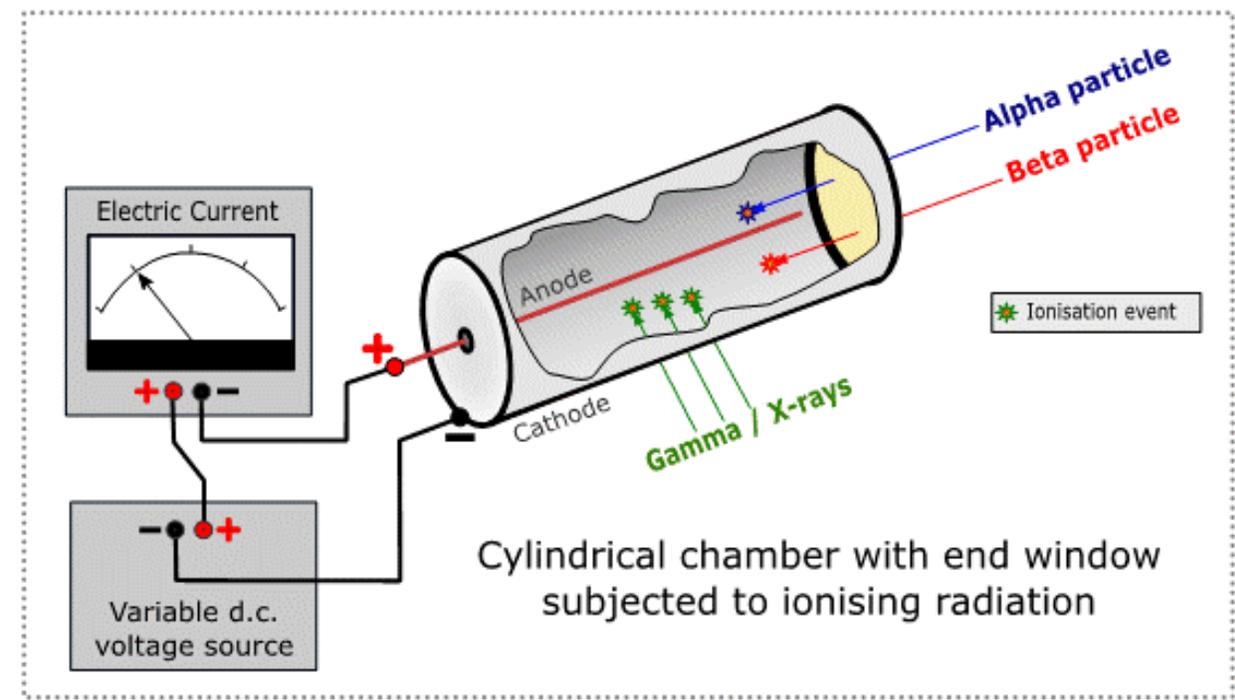
Detektor sintilasi



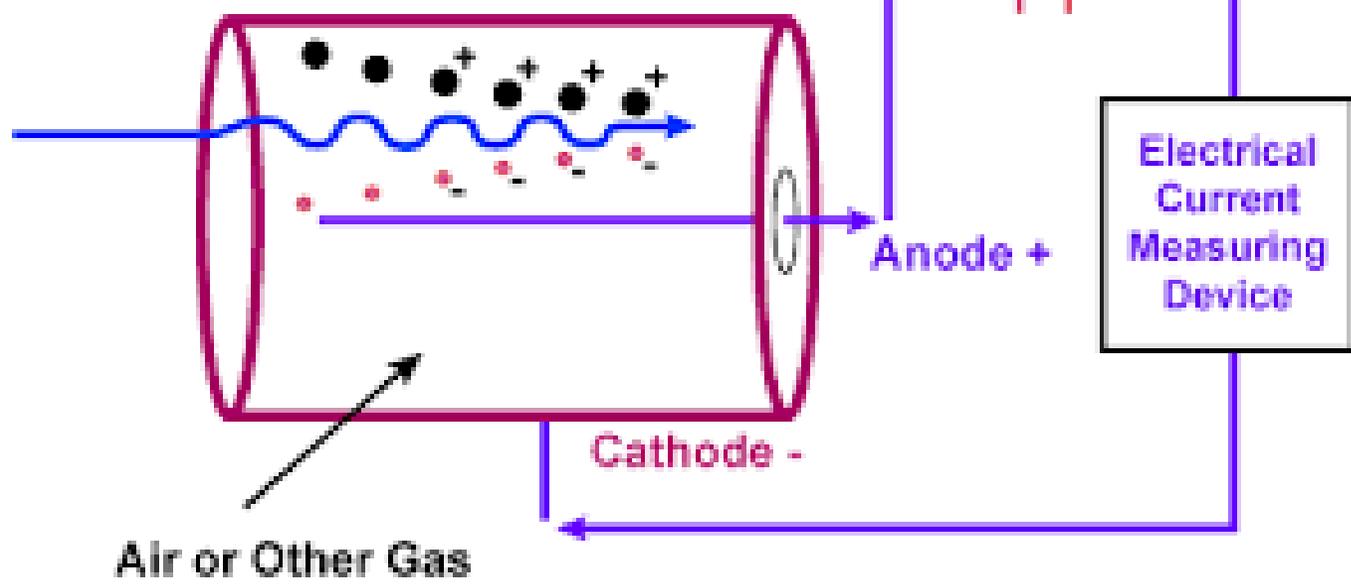
Detektor semikonduktor

Jenis Detektor Radiasi

Detektor Isian Gas



Incident Ionizing Radiation



Proses ionisasi: terbentuknya ion positif dan negatif

Jenis Detektor Radiasi

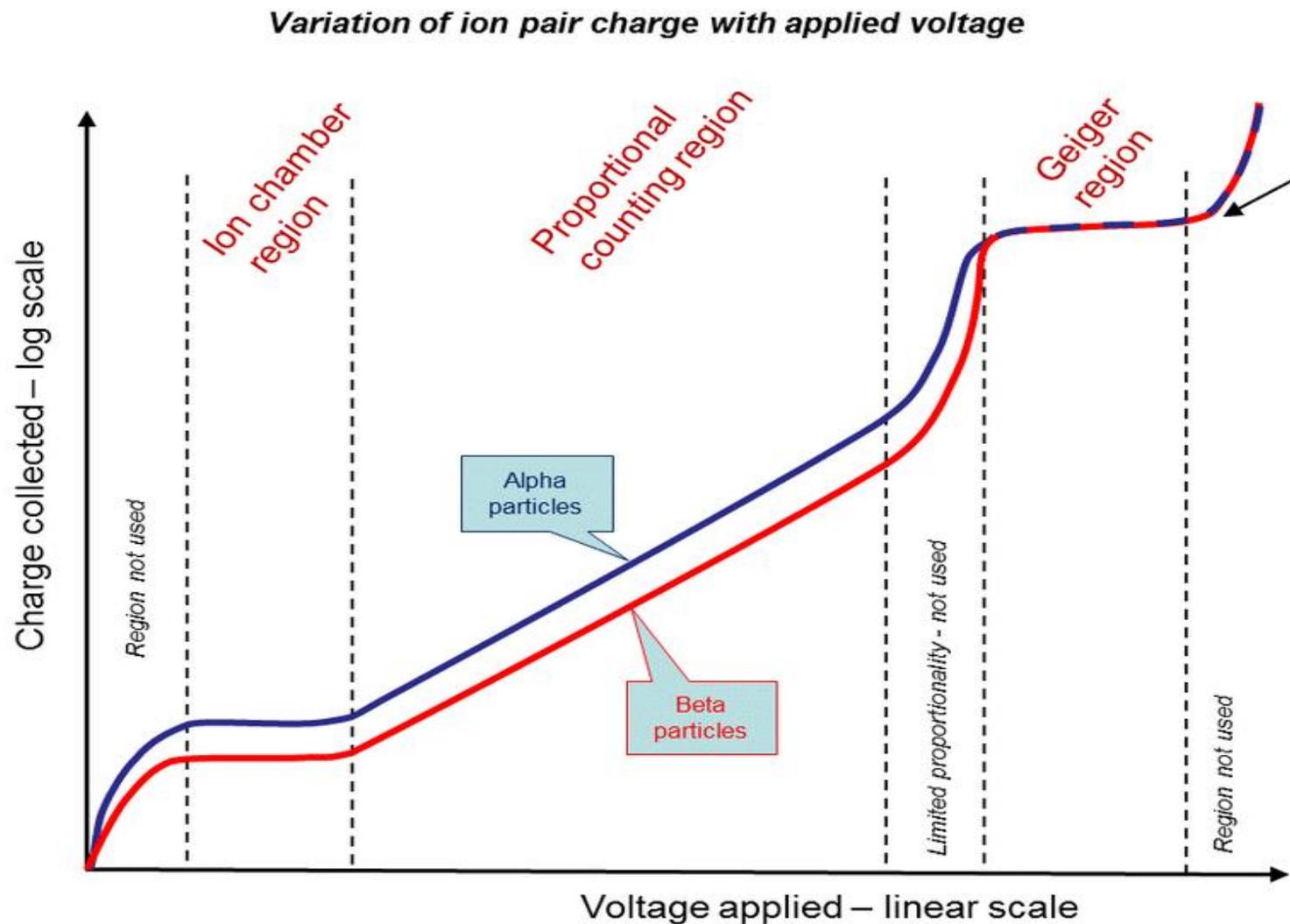
Detektor Isian Gas



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

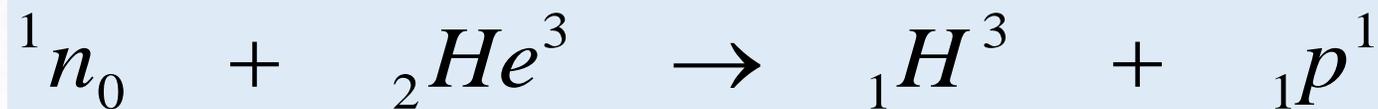
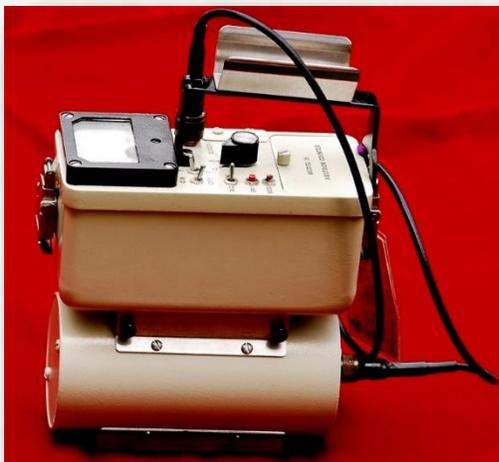
Gamma/Sinar-X

Neutron (BF₃ atau He)

Jenis Detektor Radiasi

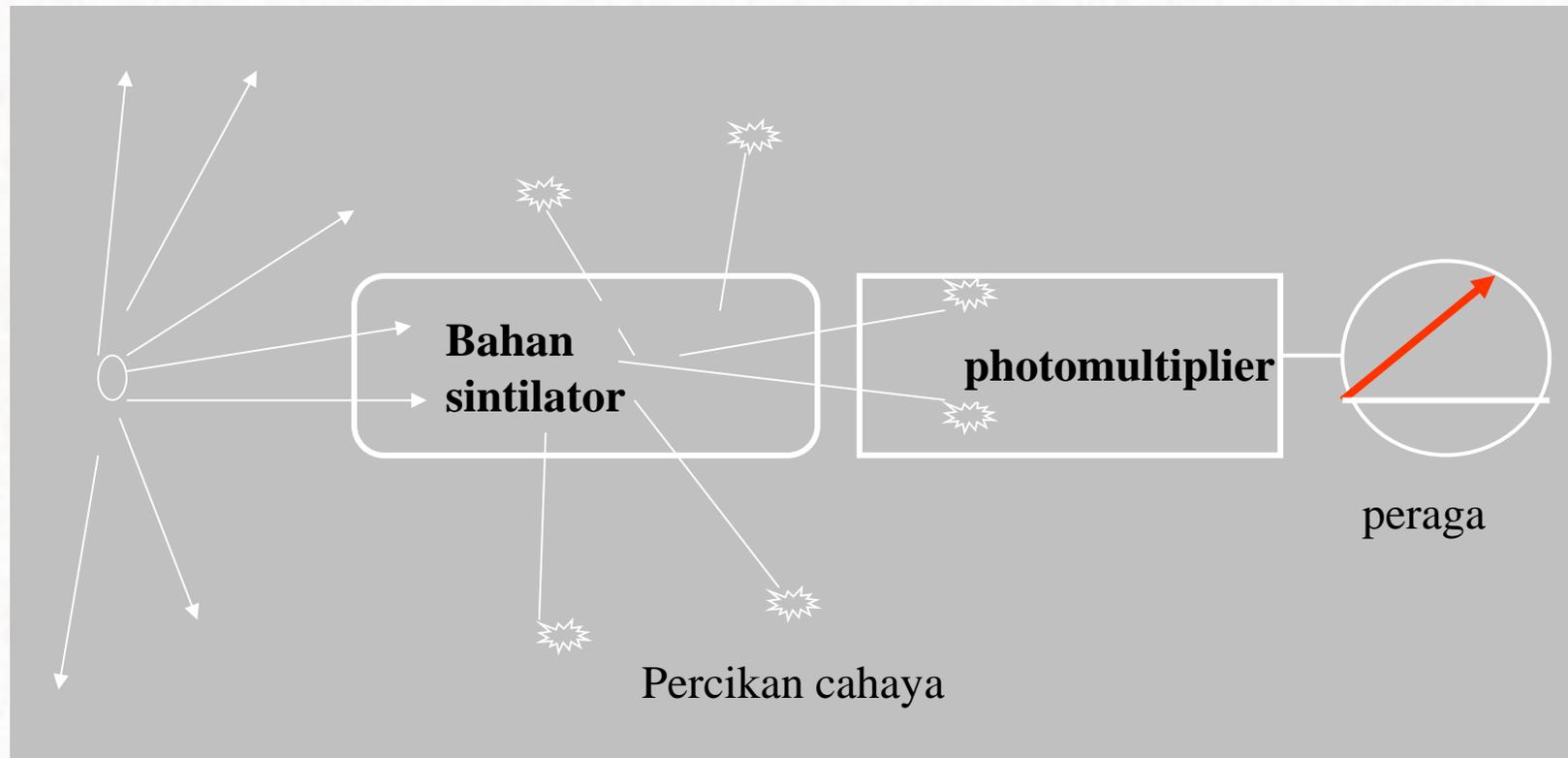
Detektor Neutron

Detektor isian gas dengan gas BF_3 atau He-3.



Jenis Detektor Radiasi

Detektor Sintilasi



Skema Detektor Sintilasi: Ketika ada radiasi

Jenis Detektor Radiasi

Detektor Sintilasi

Material sintilator

berbentuk padat
maupun cair

akan menghasilkan
percikan cahaya bila
dikenai radiasi pengion.

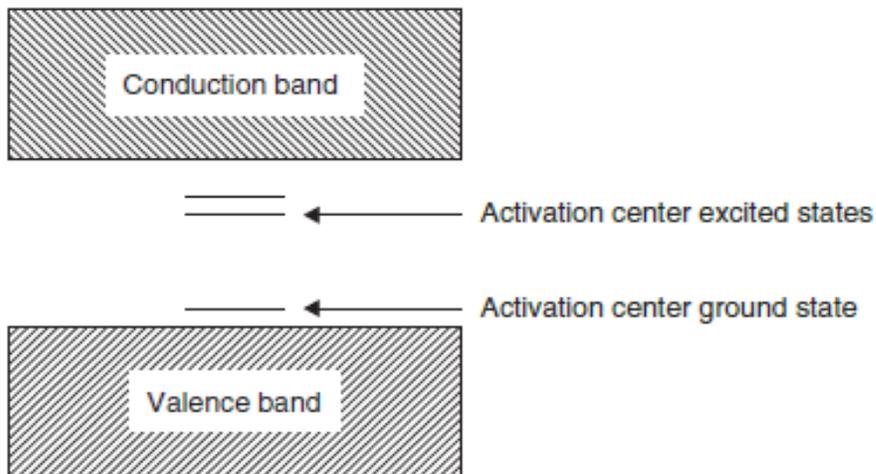
Photomultiplier

mengubah percikan
cahaya yang
dihasilkan material
sintilator menjadi pulsa
listrik.

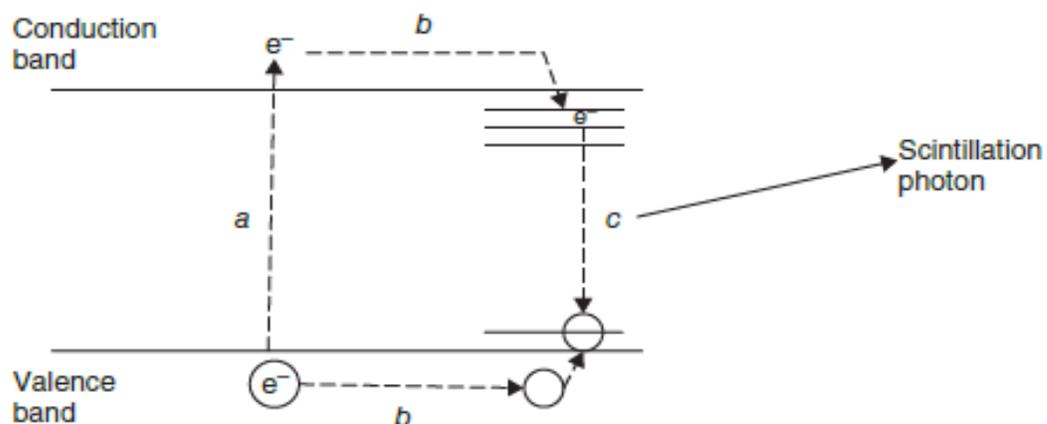
Jenis Detektor Radiasi

Proses Sintilasi

a) Delocalized bonding



b) Scintillation process



Electron pada pita valensi menyerap energi radiasi

Elektron pindah ke pita konduksi

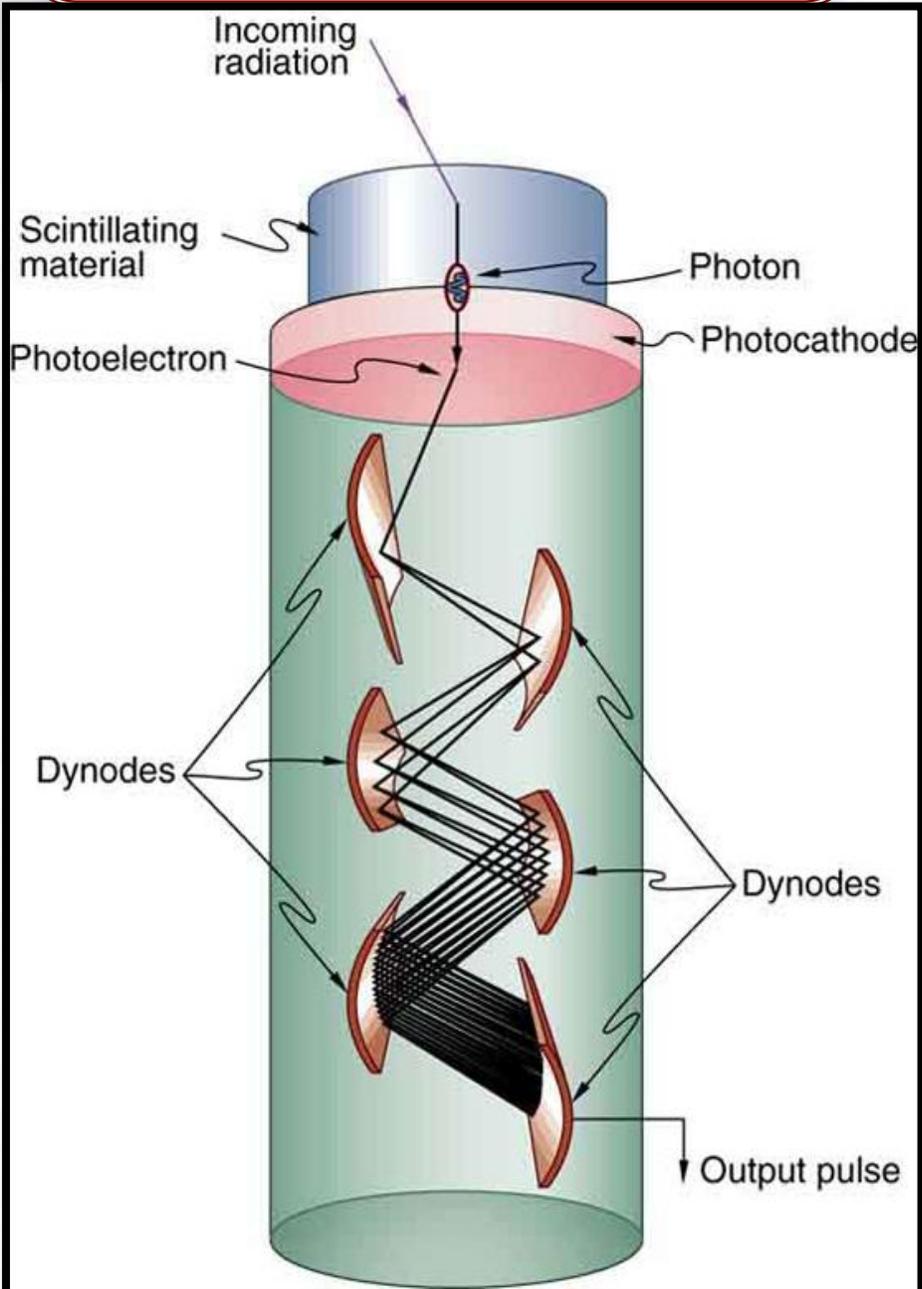
Elektron kembali ke pita valensi

Dipancarkan radiasi sinar-X,

Unsur activator menggeser panjang gelombang sinar-X

radiasi yang dipancarkannya berupa sinar tampak

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

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

Jenis Detektor Radiasi

Detektor Neutron

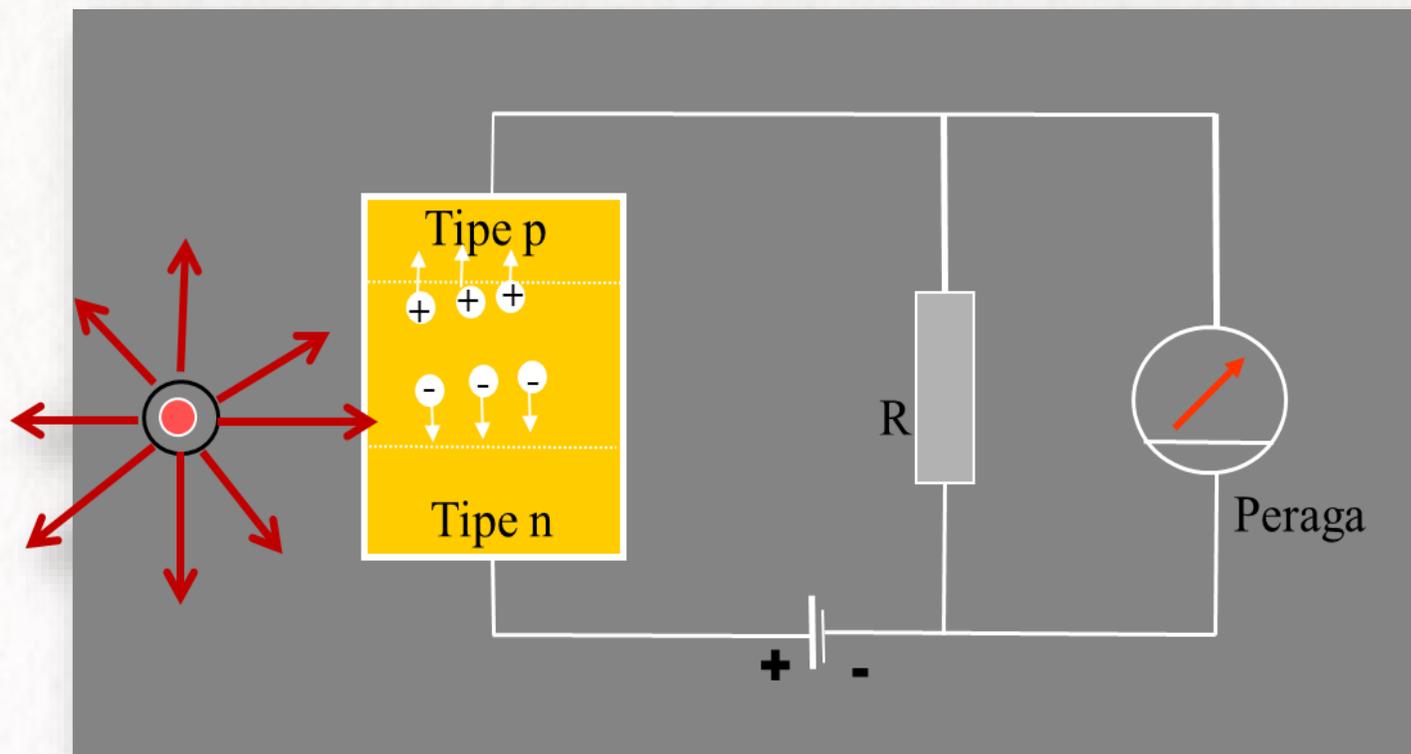
Kristal Li(Eu) digunakan untuk mengukur radiasi neutron lambat karena unsur Li akan bereaksi dengan neutron menghasilkan partikel alpha



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

Jenis Detektor Radiasi

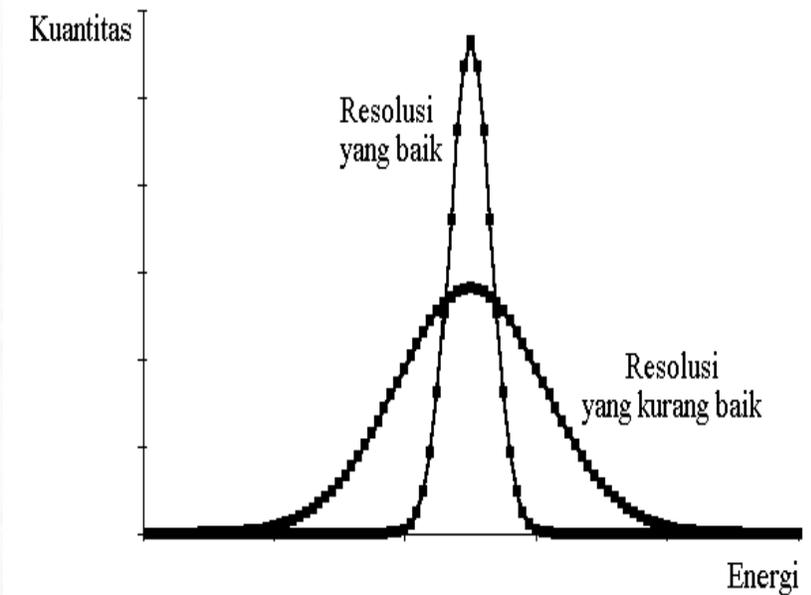
Detektor Semikonduktor



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



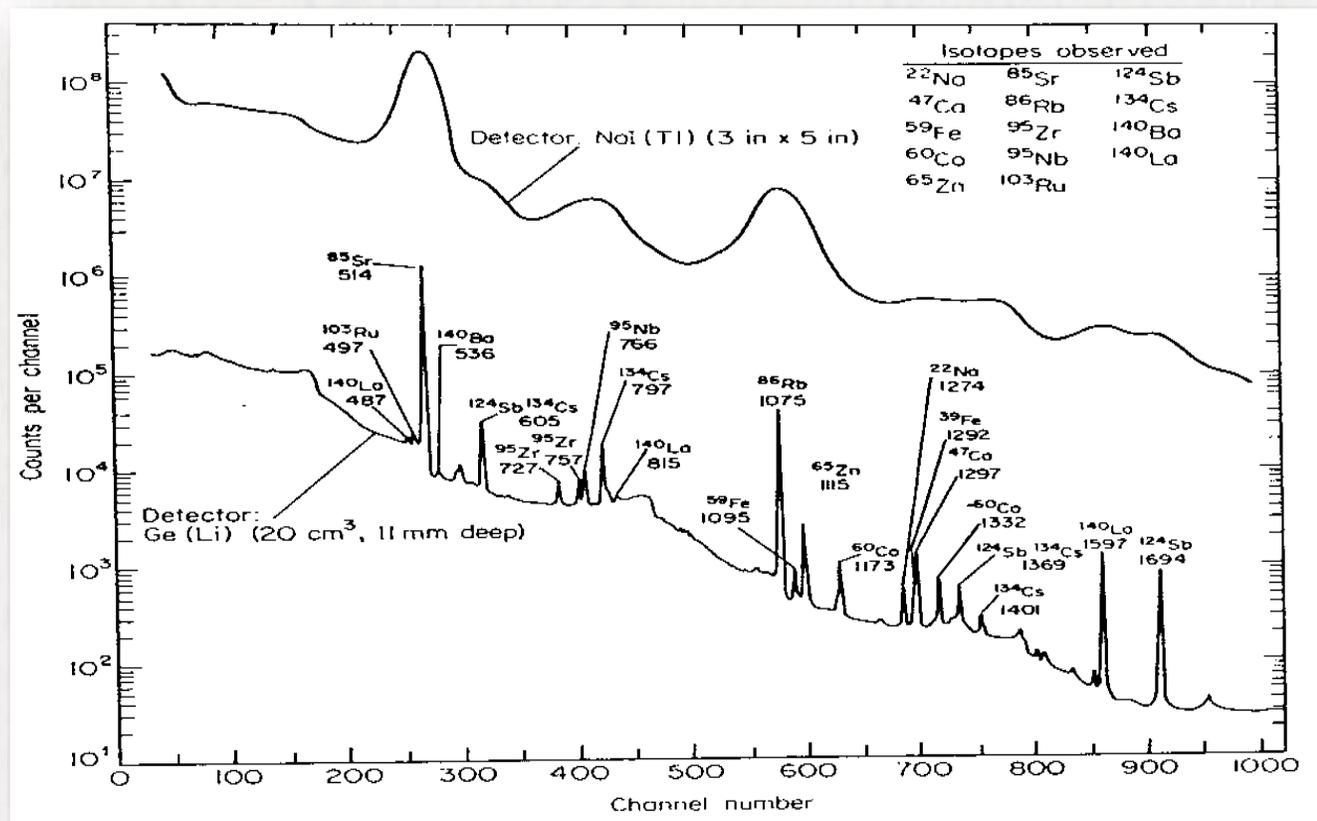
detektor semikonduktor
(HPGe)



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: <ul style="list-style-type: none"> - 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



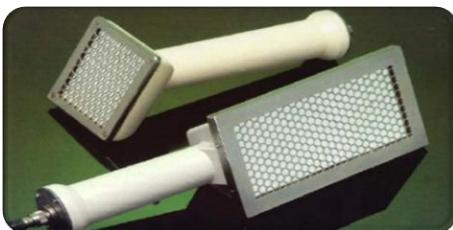
Dosimeter Perorangan

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



Monitor Area

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



Monitor Kontaminasi

- Mengukur tingkat kontaminasi kontaminasi udara, permukaan dan 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

Surveymeter

Mengukur tingkat dosis/paparan di tempat kerja yang bisa dibawa

Memperkirakan dosis yang diterima selama bekerja

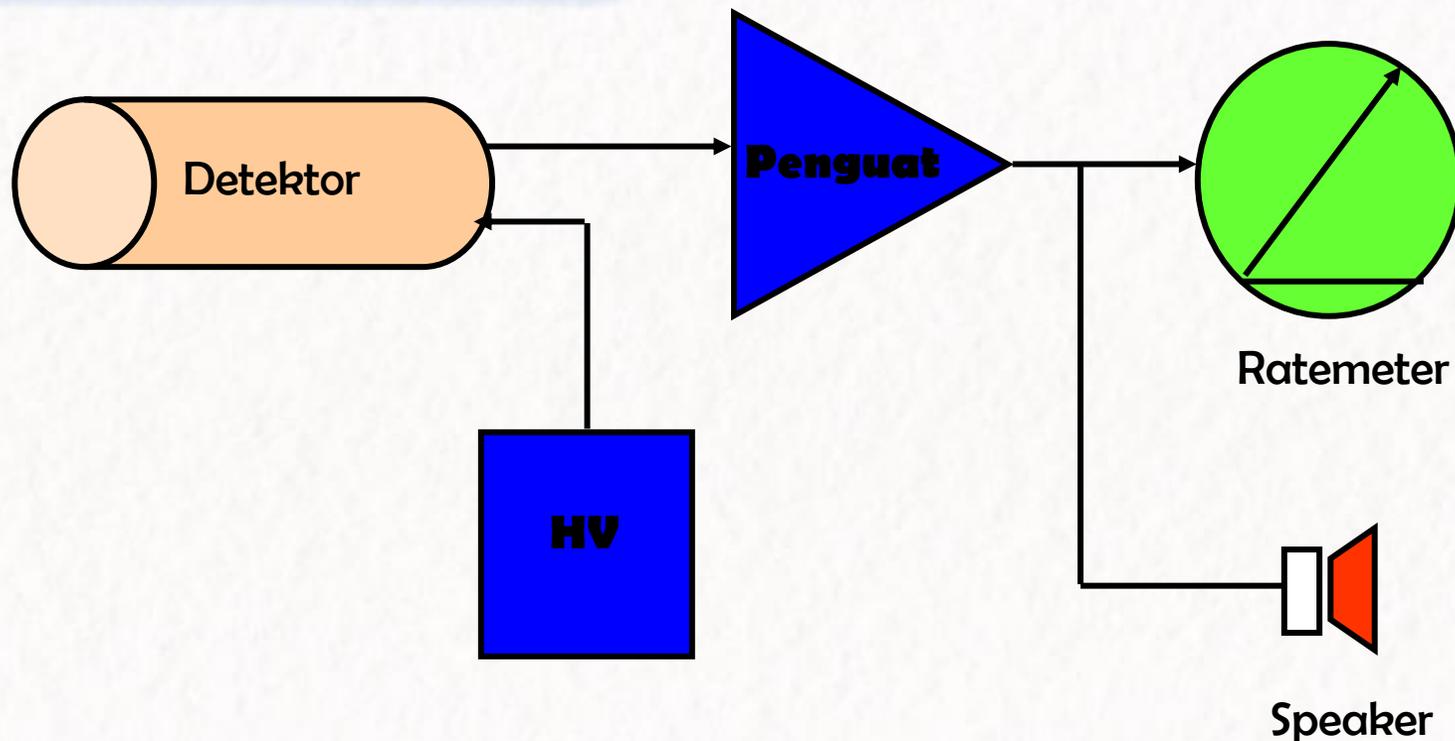
Menetap / permanen / *fix*

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**

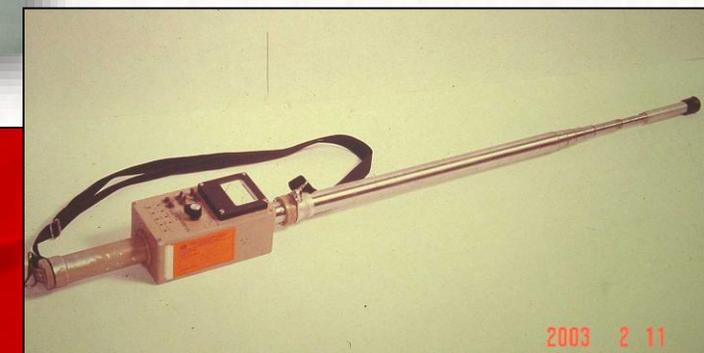
Alat Ukur Proteksi Radiasi

Monitor area (*fix / surveymeter*)

β atau γ

γ atau sinar-X

neutron



Alat Ukur Proteksi Radiasi

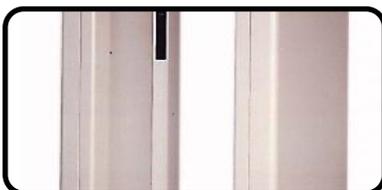
Monitor Kontaminasi

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

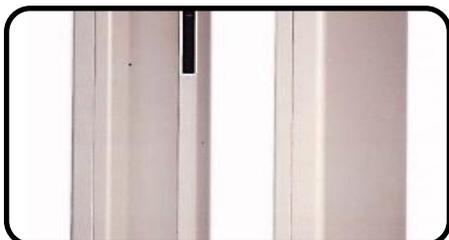
Alat Ukur Proteksi Radiasi

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

Kalibrasi Monitor Area / Monitor Kontaminasi

Pengertian

- Menguji ketepatan nilai yang ditampilkan alat dengan nilai sebenarnya

Waktu

- Dilakukan setiap tahun

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 dosis/laju dosis yang ditunjukkan oleh alat ukur (D_u).

Fungsi

- Mengoreksi hasil pengukuran

Nilai yang dapat diterima

- 0.8 – 1.2

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

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Faktor Konversi

digunakan pada surveimeter Neutron, Alpha, atau Beta

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

satuan *faktor konversi* untuk surveimeter Neutron adalah mSv/jam/cps

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

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Respon Energi

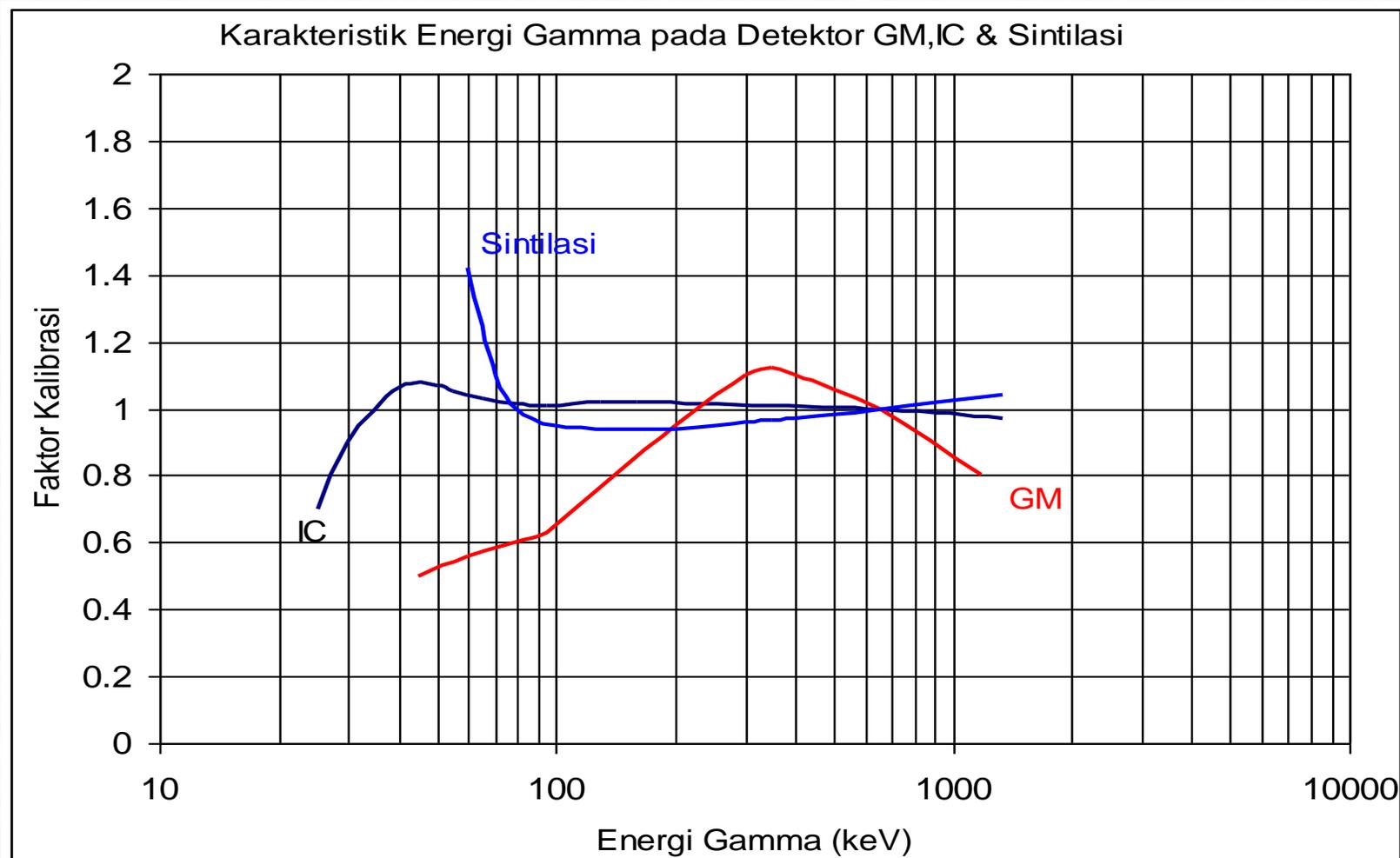
Tanggapan atau respon suatu alat ukur terhadap dosis radiasi berbeda untuk energi radiasi yang berbeda.

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.

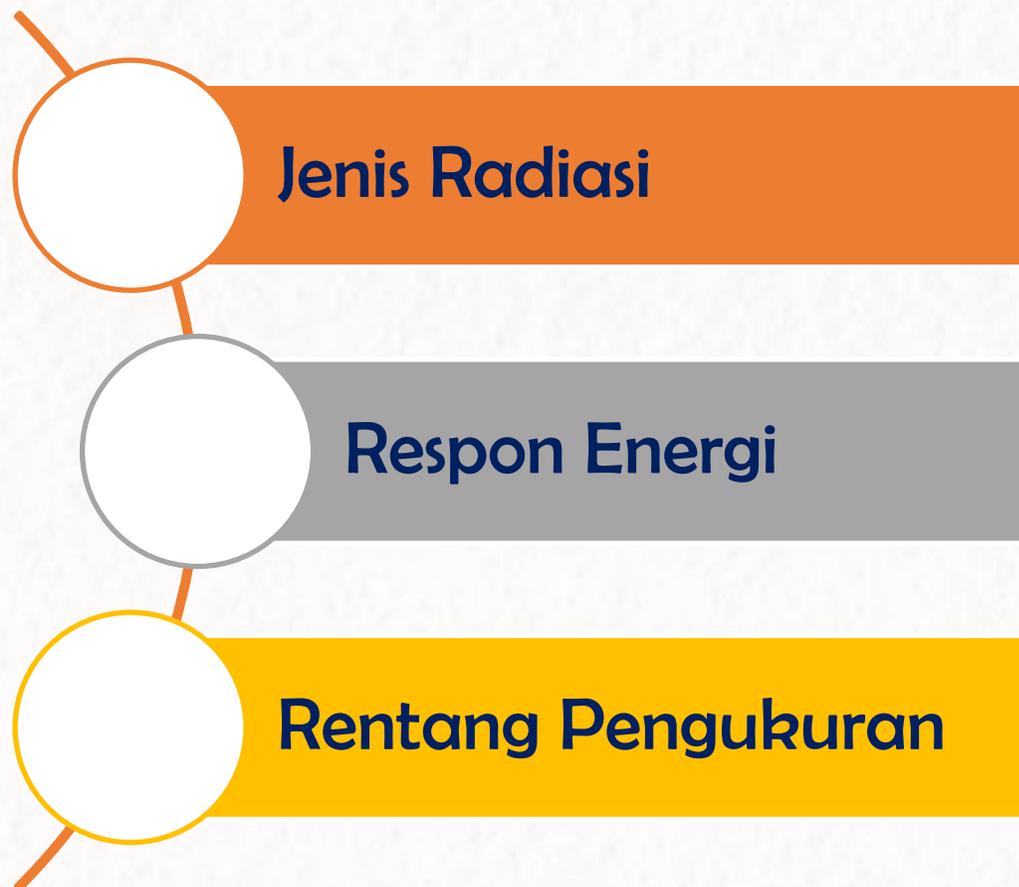
Alat Ukur Proteksi Radiasi

Respon Energi



Alat Ukur Proteksi Radiasi

Kriteri Pemilihan Surveymeter



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

Dosimeter Perorangan

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

Dosimeter aktif (dosimeter saku)

Dosimeter pasif
(*Thermoluminescence / Optical Dosimeter*)



Alat Ukur Proteksi Radiasi

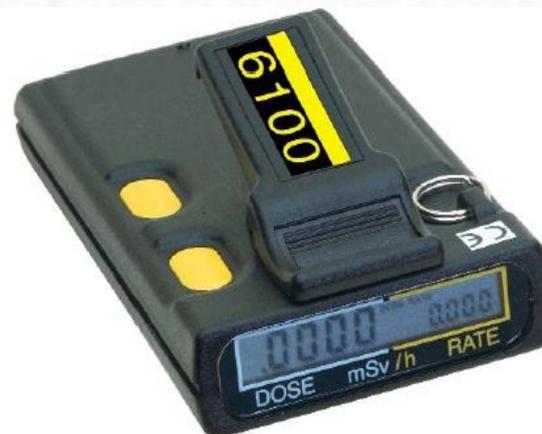
Dosimeter Saku Digital

Karakteristik

Menggunakan komponen elektronika

Detektor umumnya semikonduktor (silicon / Si)

Mudah dalam penggunaan



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

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Dosimeter Pasif (TLD / 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

Optical Stimulated Luminisensi (OSL)
Pengeksitasi cahaya tampak

Dosimeter Pasif (TLD / OSL)

Prinsip kerja dosimeter perorangan

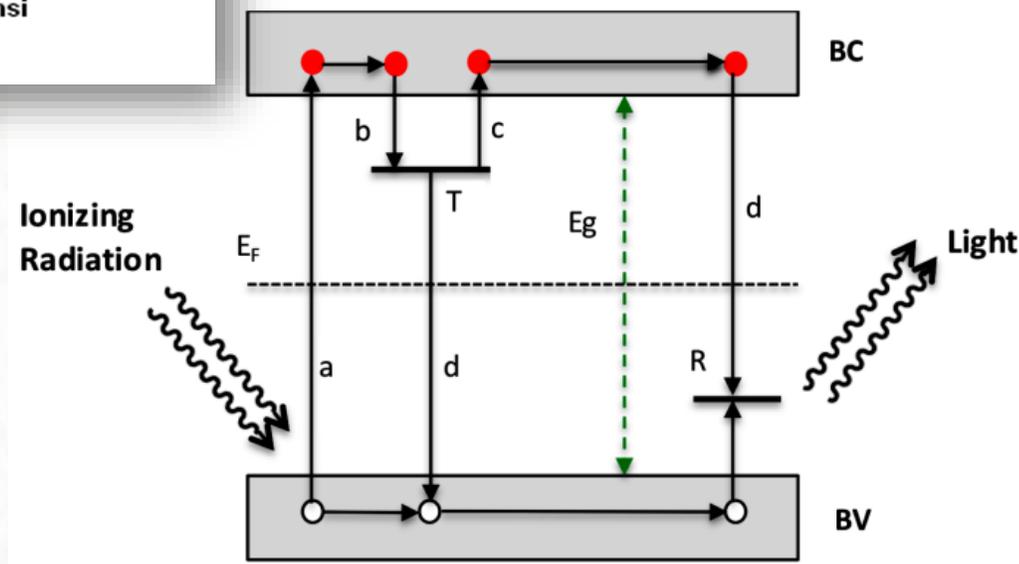
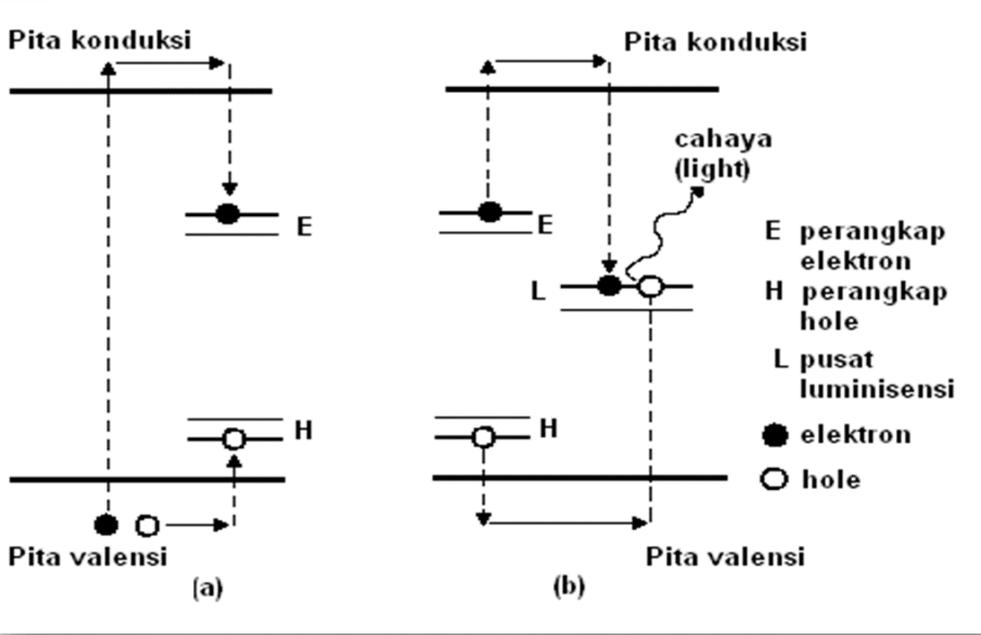
- Dosimeter aktif: detektor berinteraksi dengan radiasi mengubah energi radiasi menjadi bentuk lain. Tanggapan detektor diubah menjadi suatu informasi yang dapat diamati oleh indera manusia
- Dosimeter pasif:
 - Material kristal anorganik akan mendeformasi kristal sehingga tercipta “electron trap”.
 - 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 Termoluminisensi

- (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/OSL

Dosimeter saku untuk mengetahui dosis yang diterima secara langsung

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

Alat Ukur Proteksi Radiasi

Karakteristik Dosimeter Pasif (TLD / OSL)

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*)

Periode pemakaian 3 bulan

4

KESIMPULAN

Kesimpulan

Jenis Detektor

- Isian gas
- Sintilasi
- Semikonduktor

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 saku

dapat dibaca langsung

ketelitian rendah

ada arus bocor

sinar-x dan gamma

Pemakaian harian

TLD

dapat digunakan ulang

Ketelitian tinggi

Tidak terpengaruh oleh lingkungan

sinar-x, gamma, neutron

memerlukan alat bantu baca dosis (*TLD reader*)

periode pemakaian 3 bulan

Kesimpulan

Langkah Penggunaan Surveimeter / Monitor Kontaminasi

Surveymeter / Monitor Kontaminasi

Periksa sertifikat kalibrasi

Periksa baterai

Pelajari skala dan pembacaan

Faktor Kalibrasi

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

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

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 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 terbaca oleh alat dibagi dengan nilai yang sebenarnya
 - 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