

DETEKTOR RADIASI INTI

Sulistyani, M.Si.

Email: sulistyani@uny.ac.id

Konsep Dasar

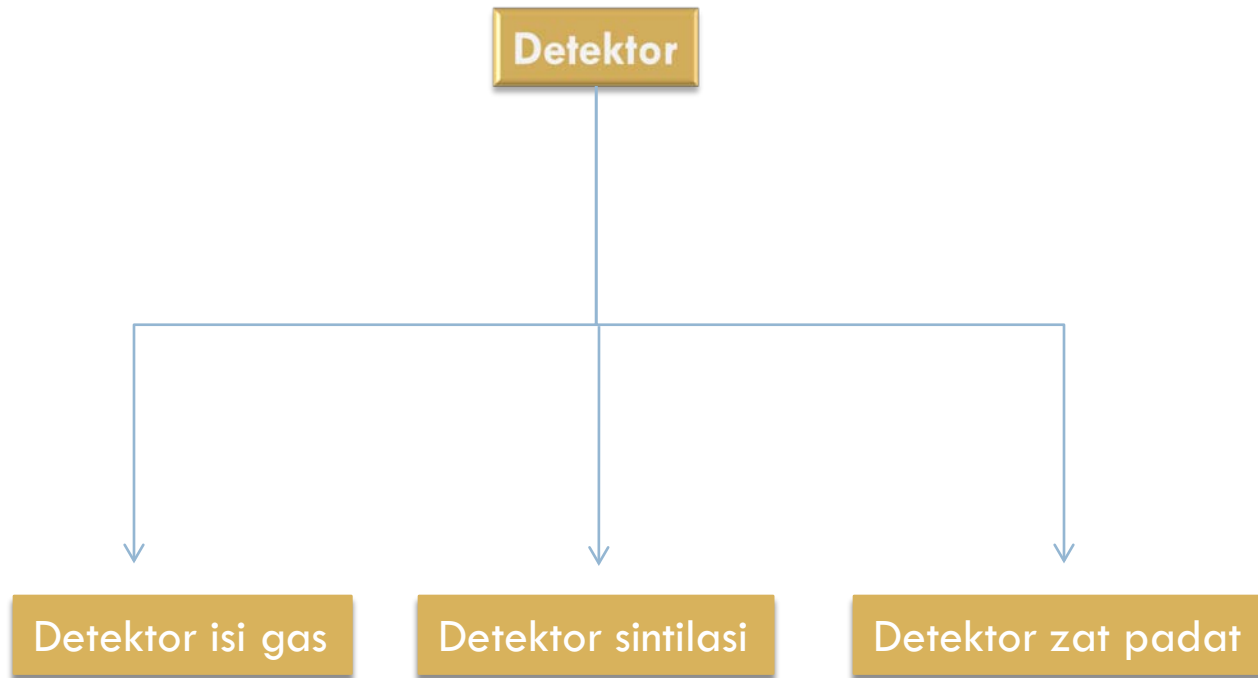
Alat deteksi sinar radioaktif atau sistem pencacah radiasi dinamakan detektor radiasi.

Prinsip: Mengubah radiasi menjadi pulsa listrik

Komponen-komponen dasar:

1. Sumber listrik, berasal dari baterai atau pemasok arus DC
2. Amplifier, penguat pulsa listrik
3. Pencatat Waktu, menunjukkan waktu yang diperlukan untuk mengumpulkan sejumlah pencacahan yang diinginkan.
4. Diskriminator, penyeleksi pulsa
5. Penganalisis salur tunggal (SCA), menerima pulsa-pulsa yang terletak pada suatu interval tertentu, kemudian interval divariasikan untuk mencacah jumlah tinggi pulsa yang berbeda.
6. Penganalisis salur ganda (MCA), sistem kerjanya sama dengan SCA namun waktu pencacahan lebih cepat dan dapat memunculkan pulsa-pulsa dalam bentuk puncak-puncak yang banyak.
7. Alat pencatat atau skaler, untuk menampilkan hasil pencacahan.

Jenis-Jenis Detektor

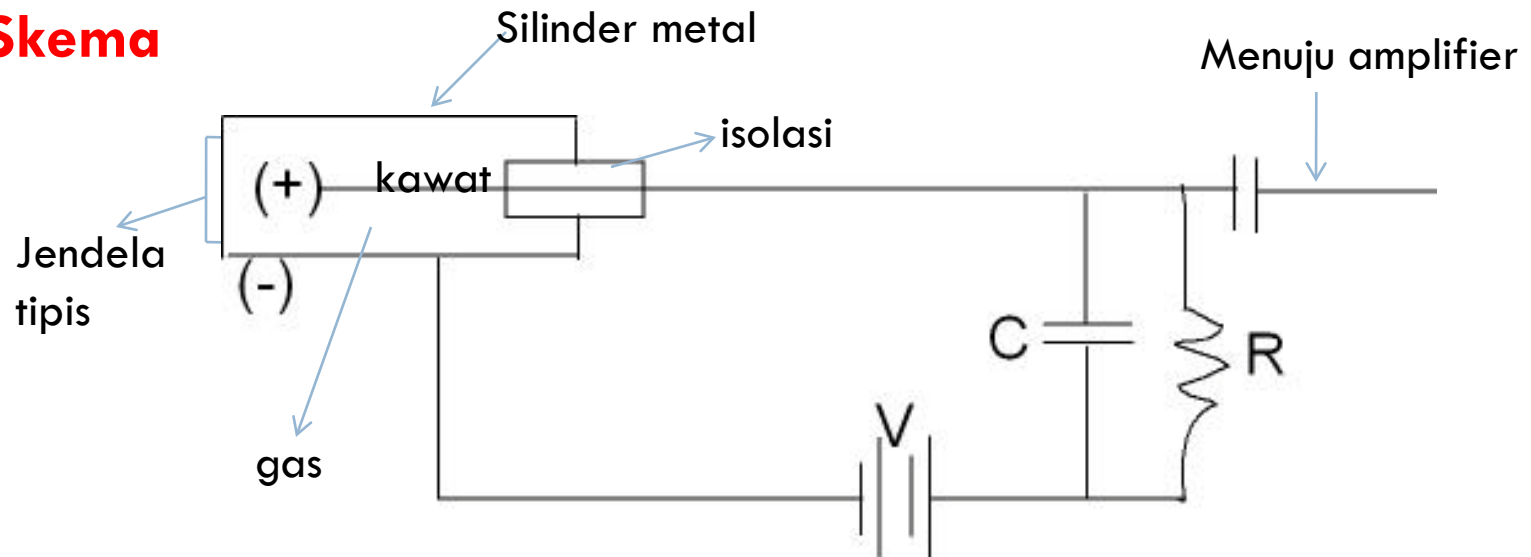


Detektor Isi Gas (Gas Filled Detector)

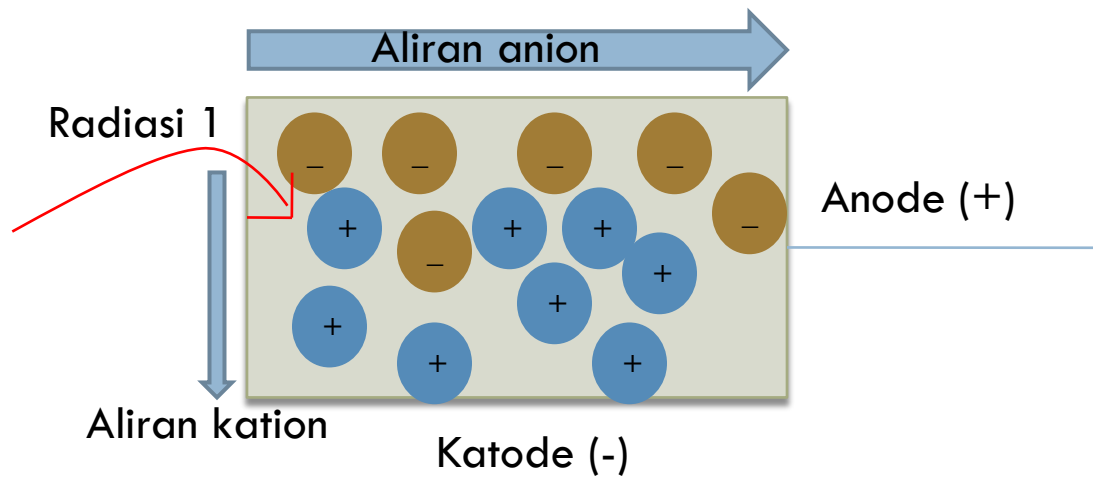
□ Konsep

Detektor terdiri dari sebuah tabung berdinding logam sebagai katode yang diisi gas dan mempunyai kawat di tengahnya sebagai anode.

Skema



Skema kerja detektor ionisasi gas

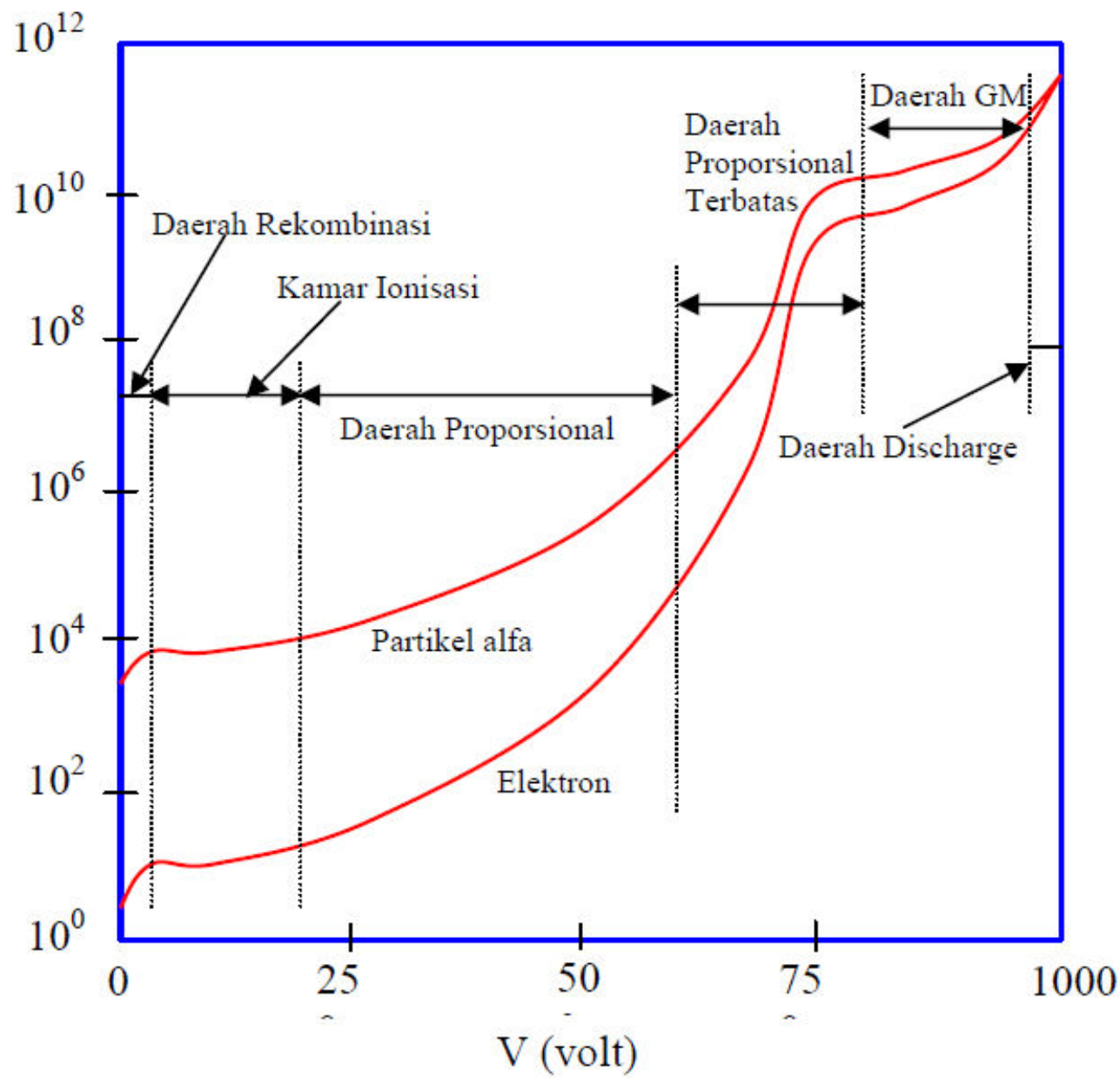


- Jumlah pasangan ion yang terbentuk bergantung pada jenis dan energi radiasinya.
- Radiasi alfa dengan energi 3 MeV misalnya, mempunyai jangkauan (pada tekanan dan suhu standar) sejauh 2,8 cm dapat menghasilkan 4.000 pasangan ion per mm lintasannya.
- Radiasi beta dengan energi kinetik 3 MeV mempunyai jangkauan dalam udara (pada tekanan dan suhu standar) sejauh 1.000 cm dan menghasilkan pasangan ion sebanyak 4 pasang tiap mm lintasannya.

Dengan memanfaatkan tingkah laku ion-ion gas dalam medan listrik, telah berhasil dikembangkan tiga jenis alat pantau radiasi yang menggunakan gas sebagai detektornya, yaitu:

- alat pantau kamar ionisasi,
- alat pantau proporsional, dan
- alat pantau Geiger-Muller (GM).

Ketiganya mempunyai bentuk dasar dan prinsip kerja yang sama. Perbedaanya terletak pada tegangan operasi masing-masing.



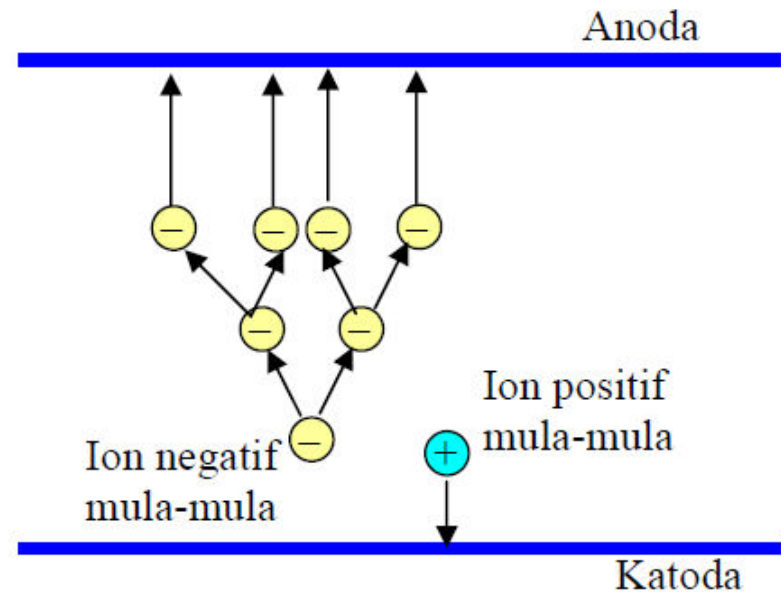
Gambar 8.3. Grafik Pembagian Daerah Kerja Detektor Isian Gas

Detektor Kamar Ionisasi

- Detektor kamar ionisasi beroperasi pada tegangan paling rendah.
- Jumlah elektron yang terkumpul di anoda sama dengan jumlah yang dihasilkan oleh ionisasi primer. Dalam kamar ionisasi ini tidak terjadi pelipat-gandaan (multiplikasi) jumlah ion oleh ionisasi sekunder.
- Dalam daerah ini dimungkinkan untuk membedakan antara radiasi yang berbeda ionisasi spesifikasinya, misalnya antara partikel alfa, beta dan gamma.
- Kelemahan:
 - Arus yang timbul sangat kecil, kira-kira 10^{-12} A sehingga memerlukan penguat arus sangat besar dan sensitivitas alat baca yang tinggi.

Detektor Proporsional

- Alat pantau proporsional beroperasi pada tegangan yang lebih tinggi daripada kamar ionisasi. Daerah ini ditandai dengan mulai terjadinya multiplikasi gas yang besarnya bergantung pada jumlah elektron mula-mula dan tegangan yang digunakan. Karena terjadi multiplikasi maka ukuran pulsa yang dihasilkan sangat besar.



Gambar 8.2. Proses Multiplikasi Ion

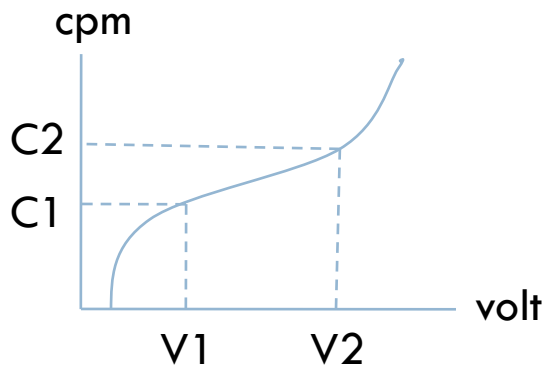
Multiplikasi terjadi karena elektron-elektron yang dihasilkan oleh ionisasi primer dipercepat oleh tegangan yang digunakan sehingga elektron tersebut memiliki energi yang cukup untuk melakukan ionisasi berikutnya (ionisasi sekunder).

- Keuntungan dari alat pantau proporsional adalah bahwa alat ini mampu mendeteksi radiasi dengan intensitas cukup rendah. Namun, memerlukan sumber tegangan yang super stabil, karena pengaruh tegangan pada daerah ini sangat besar terhadap tingkat multiplikasi gas dan juga terhadap tinggi pulsa *out put*.

Detektor Geiger-Muller

- tegangan akan mengakibatkan proses ionisasi yang terjadi dalam detektor menjadi jenuh. Pulsa yang dihasilkan tidak lagi bergantung pada ionisasi mula-mula maupun jenis radiasi. Jadi, radiasi jenis apapun akan menghasilkan keluaran sama.
- Detektor GM hanya dipakai untuk mengetahui ada tidaknya radiasi.
- Keuntungan dalam pengoprasian GM ini adalah denyut *output* sangat tinggi, sehingga tidak diperlukan penguat (*amplifier*) atau cukup digunakan penguat yang biasa saja.

- Potensial kerja pada G-M ditentukan dengan mencatat aktivitas (cpm) pada setiap perubahan tegangan. Kemudian dibuat grafik.

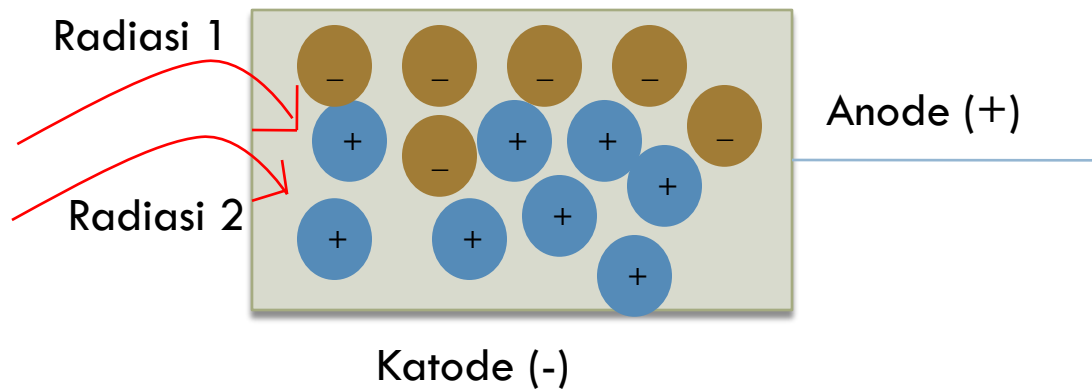


$$V_k = V_1 + ((V_2 - V_1) / 3)$$

Kemiringan plateau ditentukan dengan cara mengambil 50 volt ke kiri dan 50 volt ke kanan

$$\text{Kemiringan} = (cpm_1 - cpm_2) / cpm_1$$

Dead Time dan Resolving Time pada GM



Waktu mati (dead time) adalah waktu saat detektor tidak dapat mencatat karena radiasi terhambat oleh ion-ion + yang terbentuk pada radiasi pertama.

Waktu pemulihan (recovery time) adalah selang waktu antara waktu mati dan pulih kembali.

Waktu pisah (resolving time) adalah waktu minimum yang diperlukan agar partikel pengion berikutnya dapat dicatat setelah pencacahan atas partikel pengion sebelumnya

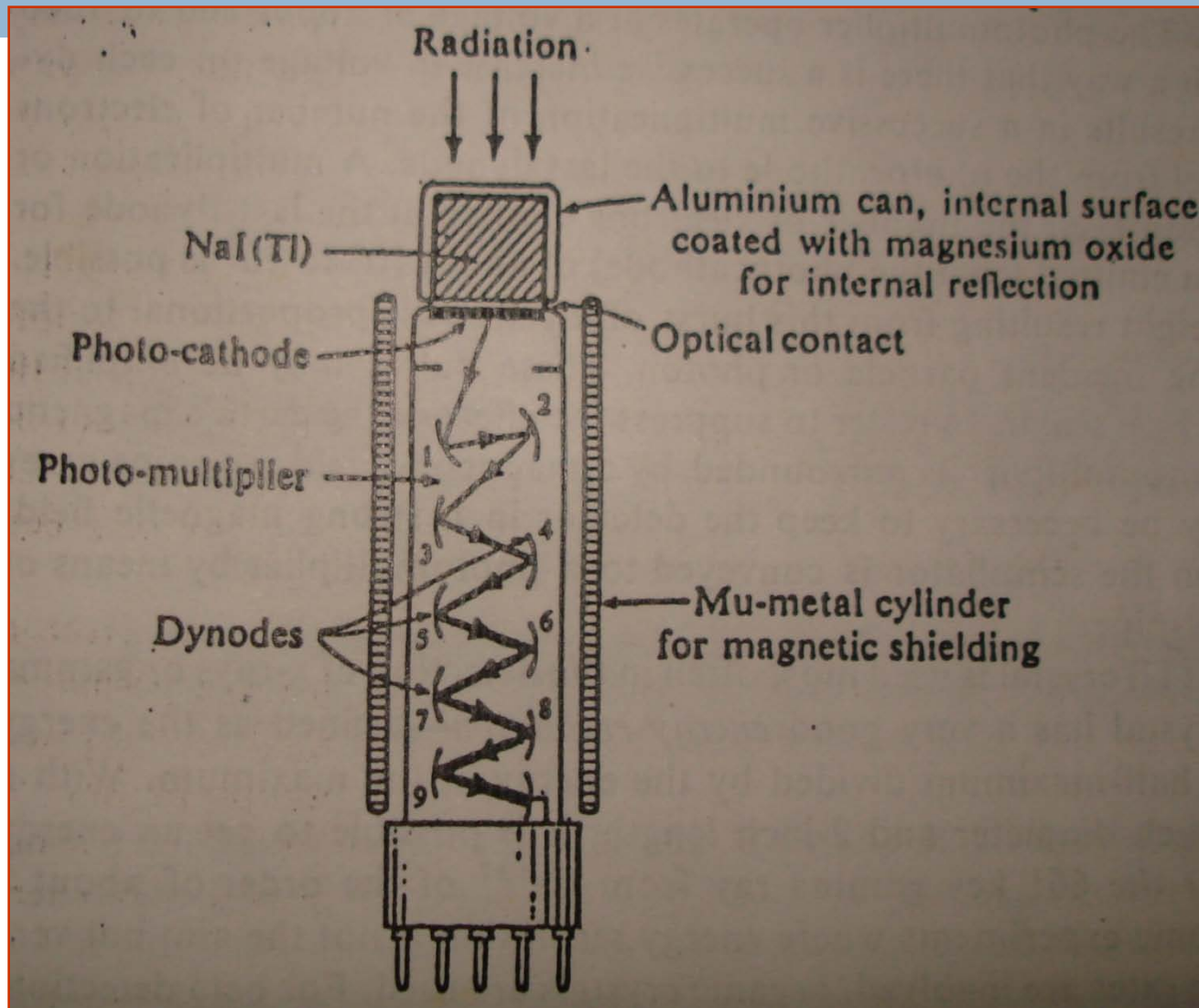
DETEKTOR SINTILASI

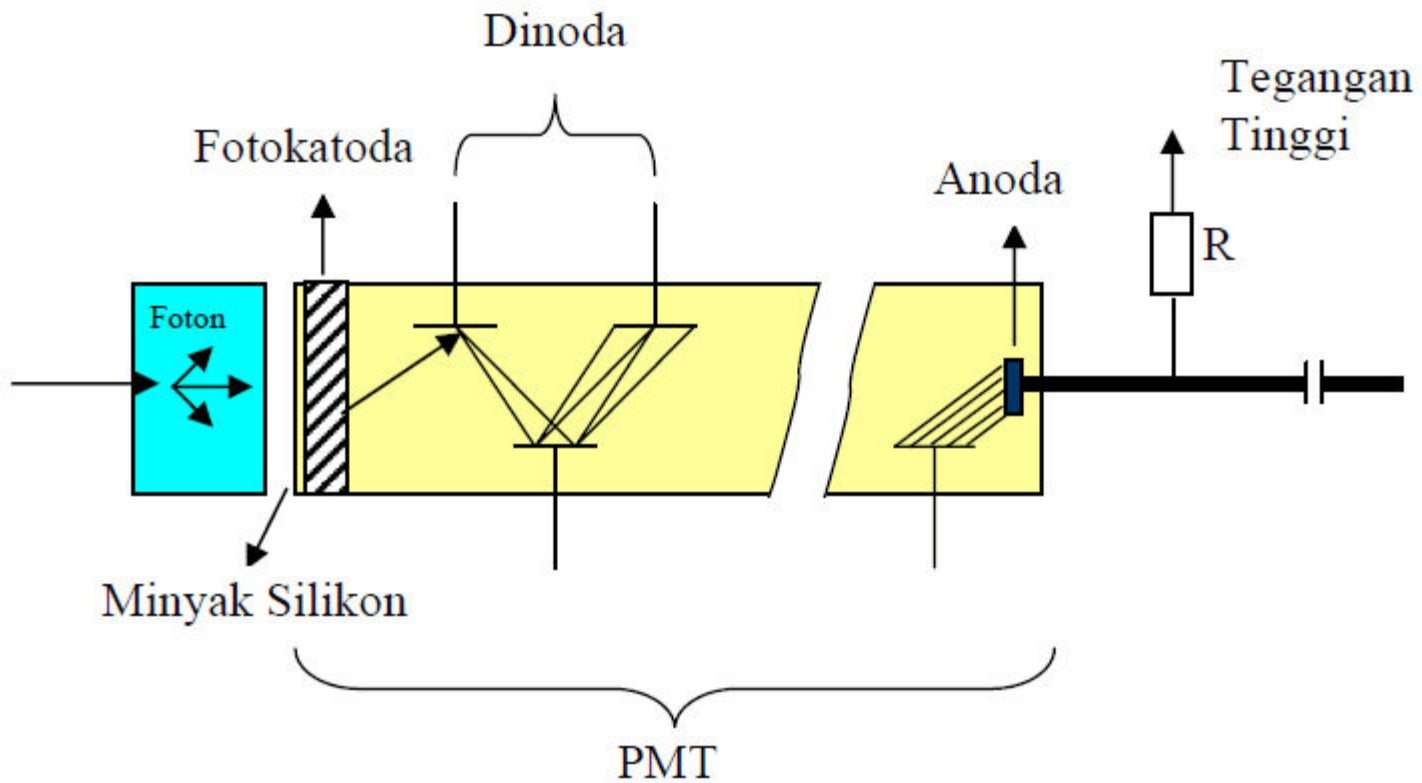
- Detektor jenis ini menggunakan dasar efek sintilasi (kelipan/intensitas sinar yang menumbuk fosfor) apabila bahan sintilator dikenai suatu radiasi nuklir. Proses ini terutama disebabkan oleh proses eksitasi yang diikuti oleh deeksitasi.
- Untuk radiasi α biasa dipakai bahan ZnS(Ag), CsI(Tr). Untuk radiasi β adalah jenis plastik, organik (antrasin). Sedang untuk γ sering dipakai NaI(Tl) juga plastik.

Detektor NaI(Tl)

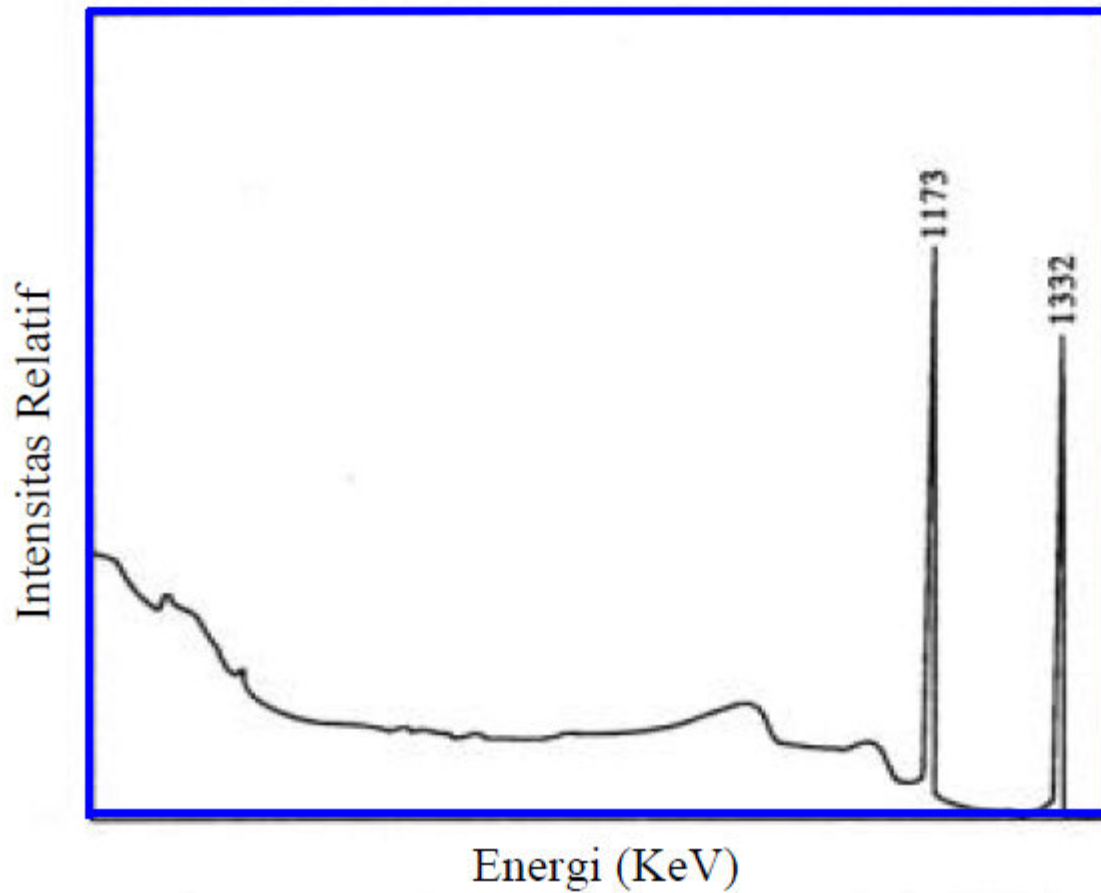
- Detektor NaI(Tl) merupakan detektor jenis sintilasi. Bahan sintilator berupa kristal tunggal Natrium Iodida yang didopping dengan sedikit Tallium.
- Sinar gamma yang terdeteksi berinteraksi dengan atom-atom bahan sintilator berupa interaksi efek fotolistrik, hamburan Compton, dan efek pembentukan pasangan.
- Elektron bebas hasil interaksi selanjutnya akan mengalami proses ionisasi dan penetralan (excitasi).

Detektor NaI(Tl)





Gambar 8.5. Skema Detektor Sintilasi



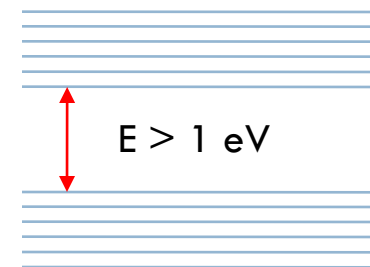
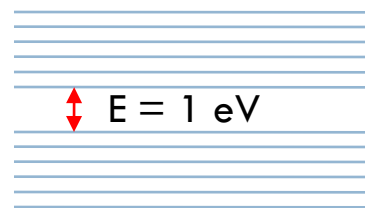
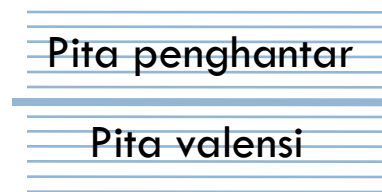
**Gambar 8.6 Spektrum Energi Sinar Gamma dari ^{60}Co ,
Didperoleh dengan Detektor Sintilasi**

Kelebihan Detektor Sintilasi

- Bekerja sangat cepat; yaitu dapat memberikan pulsa listrik dan kembali ke tahanan semula, kemudian siap digunakan lagi dalam waktu yang sangat pendek (10^{-8} s).
- Dapat dirancang untuk memberikan ukuran pulsa yang berbanding lurus dengan kehilangan energi radiasi di dalam sintilator.
- Mempunyai efisiensi pendeteksian terhadap sinar gamma lebih tinggi dibandingkan pencacah isi gas.

Detektor Zat Padat

- Berdasarkan daya hantarnya, bahan dibagi menjadi: konduktor, semikonduktor, dan isolator.
- Pada kristal, elektron berada pada tingkat-tingkat energi yang sangat berdekatan hingga menyerupai pita energi.



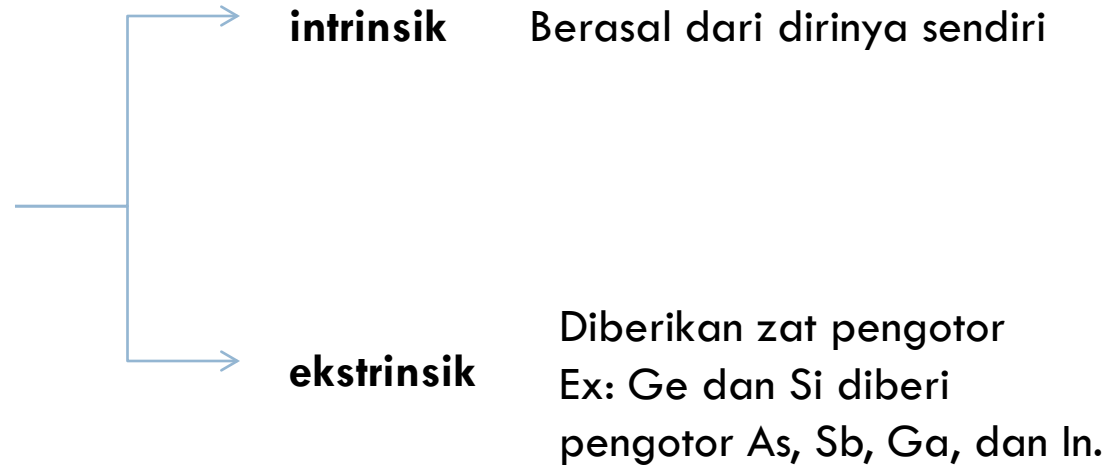
Pita tenaga: konduktor (a), semikonduktor (b), dan isolator (c)

Penjelasan

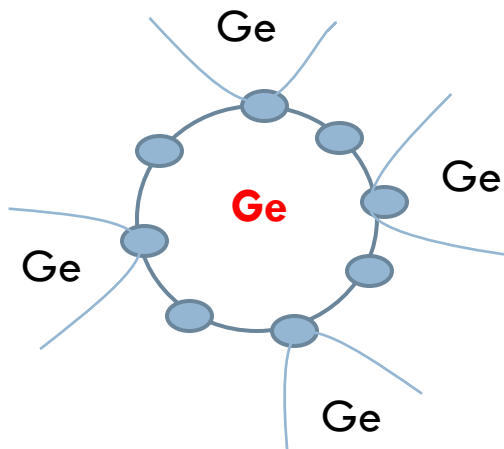
- Bahan semikonduktor murni ideal disebabkan oleh gerakan elektron dan lubang akibat pemutusan ikatan kovalen.
- Unsur-unsur semikonduktor umumnya dimiliki oleh unsur-unsur yang berada pada golongan IV pada tabel periodik unsur (C, S, Si, Ge, Sn, Po).
- Sifat konduktivitas unsur-unsur semikonduktor dapat ditingkatkan dengan menambahkan zat pengotor. Misalnya unsur semikonduktor Ge dan Si dapat ditambahkan unsur Sb, As, Ga, In.

Kehantaran lubang

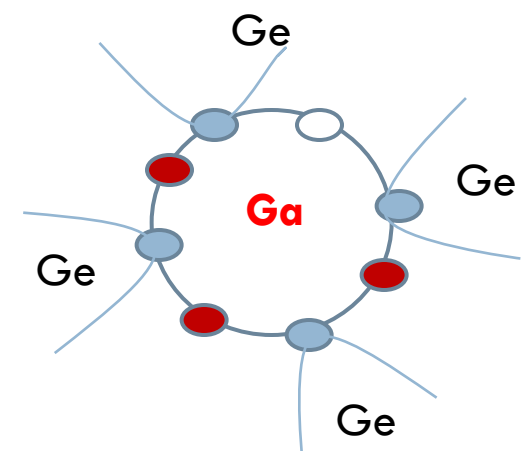
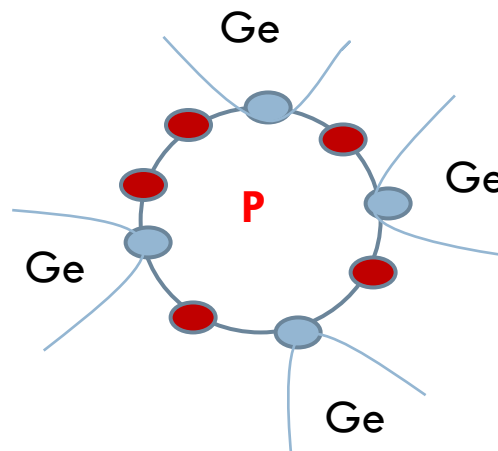
Daya hantar listrik yang disebabkan oleh gerakan lubang (kekosongan elektron)



Semikonduktor tipe-n



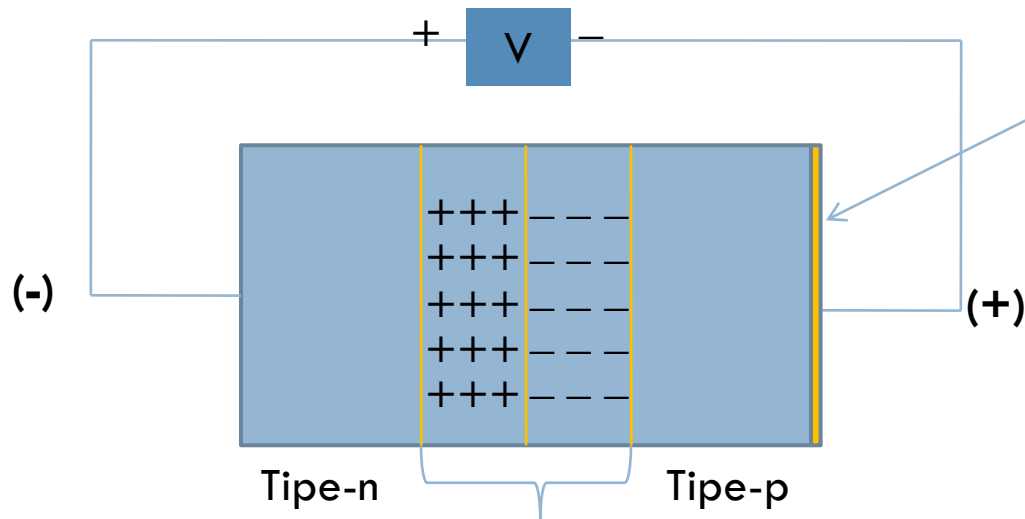
Semikonduktor tipe-p



Prinsip Kerja Detektor Zat Padat

- Pada detektor zat padat, satu pasang elektron dan lubang terbentuk oleh 3,5 eV energi yang terserap (10x dari pasangan ion pada detektor ionisasi gas)

Sambungan p-n pada detektor zat padat

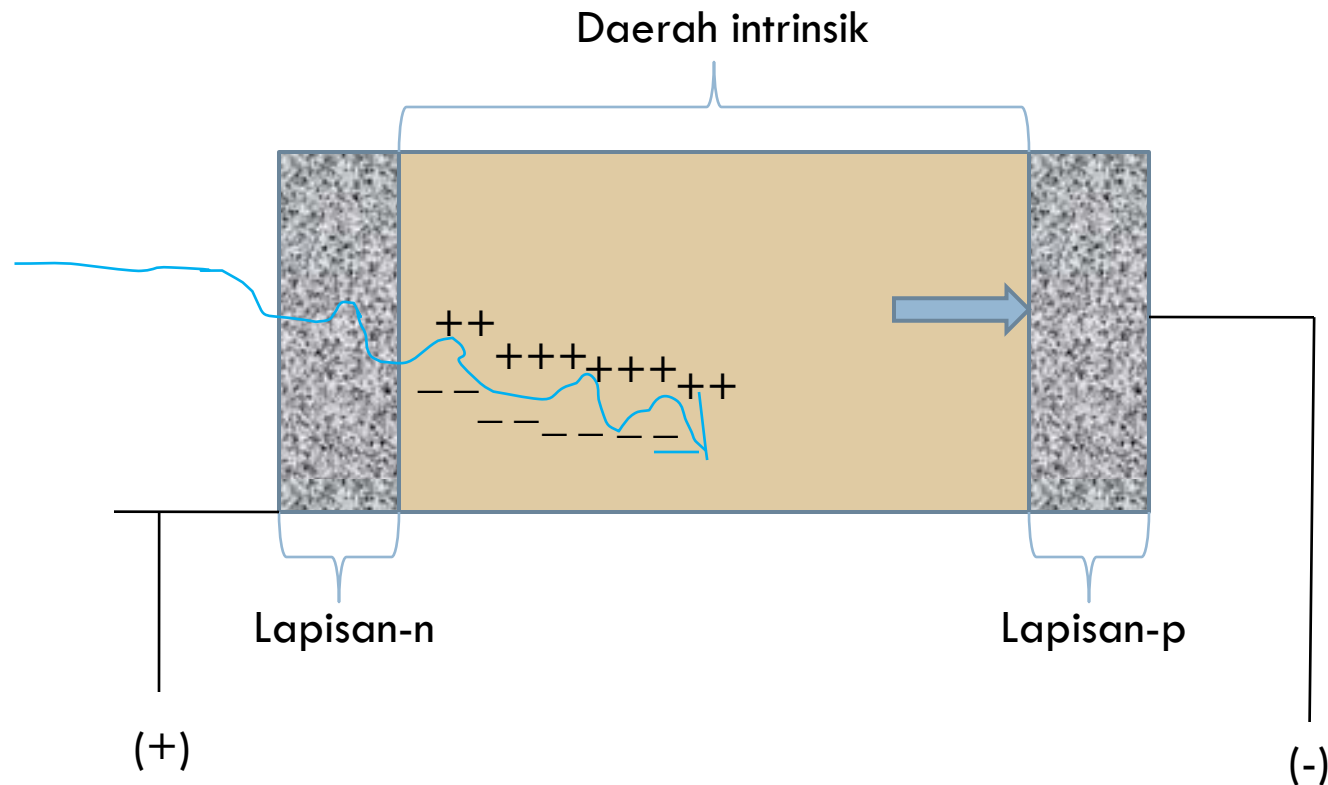


Lapisan tipis emas

Ge dan Si termasuk bahan semikonduktor tipe-p dan Li sering digunakan sebagai atom donor. Depletion region dapat dihilangkan dengan cara Reverse Bias Electric Field (RBEF).

Depletion region
Radiasi yang masuk tidak terdeteksi,

Skema detektor Ge-Li (p-i-n)



Resolusi Detektor

