BAB II

DASAR TEORI

2.1. Karakteristik Sinar-X

Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh elektron yang mengalami perpindahan dari suatu tingkat energi ke tingkat energi yang lebih rendah (Susetyo, 1988). Menurut Kaplan (1964), sinar-X mempunyai jangkau (*range*) energi 40-100 keV. Sinar-X mempunyai daya tembus yang besar karena tidak bermassa dan tidak bermuatan.

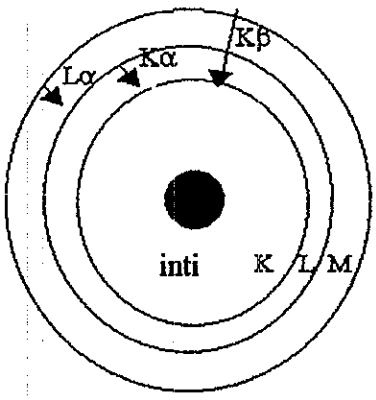
Sinar-X dapat dihasilkan dengan cara menembak target berupa logam dengan elektron cepat di dalam suatu tabung vakum sinar katoda. Spektrum sinar-X terdiri dari dua macam spektrum, yaitu sinar-X karakteristik dan sinar-X kontinyu.

2.1.1. Sinar-X karakteristik

Elektron cepat yang masuk ke dalam suatu orbital atom akan menumbuk elektron atom target di kulit bagian dalam, misalnya kulit K, sehingga elektron tersebut keluar dari sistem atom. Pada saat pengisian kekosongan elektron di kulit K akan disertai dengan pemancaran sinar-X karakteristik yang diskrit (Cullity, 1959).

Moseley (1913-1914) menemukan sinar-X karakteristik seri K yang terdiri dari garis $K\alpha$ dan $K\beta$ dari unsur. Sinar-X yang dihasilkan berasal dari transisi elektron dalam atom, secara skematis ditunjukkan pada gambar (2.1) berikut:

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.1. Skema Transisi Elektron Dalam Atom (Cullity, 1959)

Menurut Kaplan (1964), sinar-X karakteristik seri K dan L dinyatakan dalam persamaan:

$$Q_k = \left(\frac{\upsilon}{\frac{3}{4}\upsilon_0} \right)^{1/2} = z - 1 \qquad \text{... (2.1)}$$

$$Q_L = \left(\frac{\upsilon}{\frac{5}{35}\upsilon_0} \right)^{1/2} = z - 7{,}4 \qquad \text{... (2.2)}$$

Jika frekuensi diubah ke dalam bentuk bilangan gelombang $\bar{\upsilon}$, υ_0 diganti dengan R (tetapan Rydberg), jadi bilangan gelombang untuk masing-masing kulit adalah:

Kα adalah $\bar{\upsilon} = R(z-1)^2\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right)$ ... (2.3)

Lα adalah $\bar{\upsilon} = R(z-7{,}4)^2\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right)$ ... (2.4)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.1.2. Sinar-X kontinyu

Elektron cepat yang masuk ke dalam orbital atom akan mengalami perlambatan di medan inti. Efek dari perlambatan ini adalah adanya pancaran gelombang elektromagnetik yang dinamakan radiasi pengereman (=*bremstrahlung*) yang berupa sinar-X dengan energi yang kontinyu.

Menurut Jackson (1974), kebolehjadian sebuah elektron mengalami proses *bremstrahlung* dinyatakan dalam tampang lintang diferensial radiasi (*radiation cross section*) yang besarnya:

$$\frac{d\chi}{d\omega} = \frac{16}{3}\frac{z^2e^2}{c}\left(\frac{z^2e^2}{Mc^2}\right)^2 \frac{1}{\beta^2}\ln\left(\frac{Q_{maks}}{Q_{min}}\right) \qquad \text{... (2.5)}$$

Untuk partikel relativistik:

$$Q_{maks} \approx 2Mc \qquad \text{... (2.6)}$$

$$Q_{min} \approx \frac{M^2c^3\hbar\omega}{2EE^1} \qquad \text{... (2.7)}$$

Sehingga persamaan (2.5) menjadi

$$\frac{d\chi_R}{d\omega} \approx \frac{16}{3}\frac{z^2e^2}{c}\left(\frac{z^2e^2}{Mc^2}\right)^2 \ln\left(\frac{EE^1}{Mc^2\hbar\omega}\right) \qquad \text{... (2.8)}$$

dengan z : nomor atom target

e : muatan elektron

c : kecepatan cahaya

M : massa elektron

Q : perubahan momentum

$\hbar$: tetapan Planck

E : energi foton

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.2. Interaksi Sinar-X dengan Materi Detektor

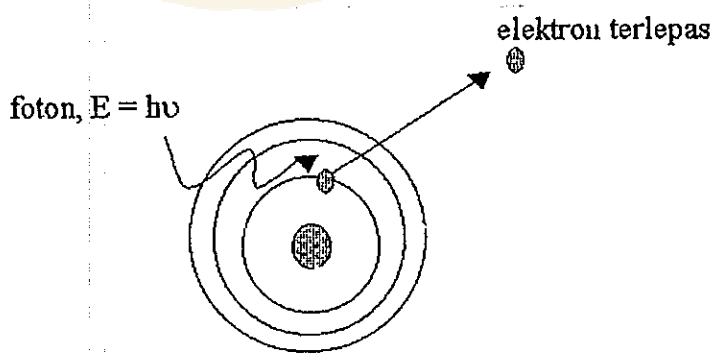
Radiasi sinar-X yang masuk ke dalam tabung detektor akan menumbuk jendela dari bahan berilium. Berilium merupakan unsur yang mudah melepaskan elektron, karena energi ikat elektron dari unsur ini relatif kecil dibandingkan dengan energi sinar-X yang masuk. Energi sinar-X tersebut akan diserap oleh material jendela dan akan menghasilkan elektron melalui proses fotolistrik (Cullity, 1959).

Tabel 2.1. Data Unsur Berilium (Kaplan, 1964)

Unsur	Simbol	Nomor atom	Berat atom	Energi ikat
Berilium	Be	4,000	9,013	9,320 eV

2.2.1. Efek fotolistrik

Efek fotolistrik adalah interaksi foton dengan elektron yang terikat kuat dalam atom (biasanya pada kulit K atau L) maka elektron akan menyerap seluruh energi foton tersebut, sehingga elektron keluar dari sistem atom. Proses efek fotolistrik secara skematis ditunjukkan pada gambar (2.2) berikut:



Gambar 2.2. Proses Efek fotolistrik (Susetyo, 1988)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Elektron yang dipancarkan keluar dari atom disebut fotoelektron. Adanya pancaran elektron ini menyebabkan atom terionisasi. Atom yang terionisasi akibat efek fotolistrik berada dalam keadaan tidak stabil. Kekosongan elektron tersebut dengan segera akan diisi oleh elektron dari kulit yang lebih luar disertai dengan pancaran sinar-X.

Kebolehjadian sebuah foton yang berenergi E berinteraksi melalui efek fotolistrik dinyatakan dalam tampang efek fotolistrik (τ), dan besarnya adalah :

$$\tau = C\frac{Z^5}{E^{7/2}} \qquad \text{... (2.9)}$$

dengan : C : tetapan

Z : nomor atom materi sasaran

E : energi foton

Dari persamaan (2.9) dapat diketahui bahwa kebolehjadian terjadinya efek fotolistrik naik pesat dengan kenaikan nomor atom sasaran dan turun dengan cepat oleh kenaikan energi foton, sehingga efek fotolistrik hanya dominan pada daerah energi ± 100 keV(Susetyo, 1988).

2.2.2. Interaksi elektron dengan argon dan metana

Elektron yang masuk ke dalam elektroda aktif akan menyebabkan gas argon terionisasi sehingga timbul pasangan elektron-ion primer. Karena pengaruh medan listrik antara anoda dan katoda, maka elektron yang dihasilkan dalam proses ionisasi primer tersebut akan bergerak menuju anoda, sedangkan ion positif akan bergerak menuju ke katoda. Selama geraknya menuju anoda, elektron-elektron tersebut akan bertumbukan dengan atom-atom gas argon lainnya sehingga terjadi ionisasi sekunder yang akan menghasilkan pasangan elektron-ion yang baru (Price, 1964).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Ion argon positif yang terjadi akan bergerak menuju ke katoda. Ion argon bergerak lebih lambat bila dibandingkan dengan elektron karena massa ion lebih besar. Karena pergerakan elektron lebih cepat maka elektron akan lebih dulu sampai di anoda sebelum ion sampai pada katoda. Hal ini menyebabkan terjadinya beda potensial dalam tabung detektor, sehingga terjadi pulsa listrik. Karena tegangan operasional detektor yang tinggi maka akan terjadi kuat medan listrik yang tinggi pada tabung detektor. Kuat medan listrik yang tinggi menyebabkan ionisasi gas-gas isian (argon dan metana) yang menghasilkan pasangan elektron-ion. Kuat medan listrik yang tinggi juga menyebabkan elektron mempunyai energi yang cukup untuk bertumbukan dengan molekul gas isian yang lain sehingga terjadi ionisasi sekunder.

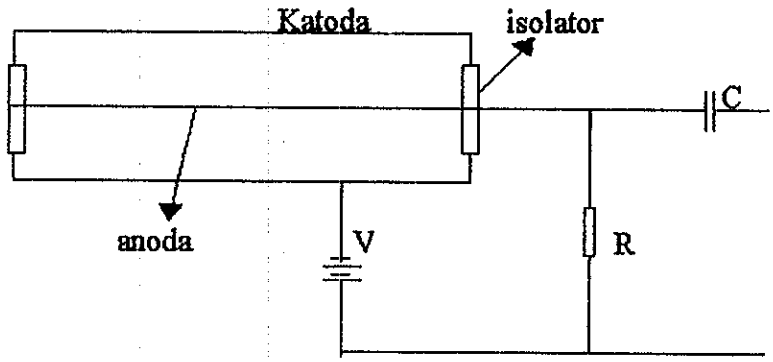
Adanya tumbukan antara elektron dengan molekul gas argon dan metana akan menyebabkan pemancaran foton-foton yang tidak diinginkan. Foton-foton ini jika tidak diserap akan menyebabkan lucutan di sepanjang anoda. Penyerapan foton-foton ini dilakukan oleh molekul gas metana sebagai gas pemudur (Tsoulfanidis, 1983).

2.3. Detektor Isian Gas

Interaksi zarah radiasi akan menyebabkan terjadinya proses ionisasi dengan materi yang dilaluinya. Prinsip kerja detektor isian gas memanfaatkan efek interaksi radiasi dengan materi. Detektor terdiri dari dua elektroda yaitu anoda dan katoda dengan diisi gas isian. Radiasi datang akan mengionisasi molekul gas sehingga menghasilkan pasangan ion positif dan elektron (Tsoulfanidis, 1983).

Secara sederhana skema detektor isian gas ditunjukkan pada gambar (2.3) berikut:

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.3. Skema Detektor Isian Gas (Tsoulfanidis, 1983)

Keterangan gambar : R : resistor (hambatan), C : kapasitor, dan V : sumber tegangan.

Menurut Knoll (1979) pada umumnya detektor isian gas terdiri dari katoda yang berbentuk tabung silinder dengan kawat pada porosnya sebagai anoda. Dalam medan listrik diantara kedua elektroda, ion positif akan tertarik ke katoda dan elektron akan tertarik ke arah anoda sehingga menghasilkan pulsa listrik.

Kuat medan listrik yang terjadi tergantung pada tegangan yang diberikan, jari-jari anoda dan katoda serta jarak antara anoda dan katoda (Tsoulfanidis, 1983), yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$E = \frac{V}{r \ln(b/a)} \qquad \text{... (2.10)}$$

dengan : V : beda tegangan antara anoda dan katoda

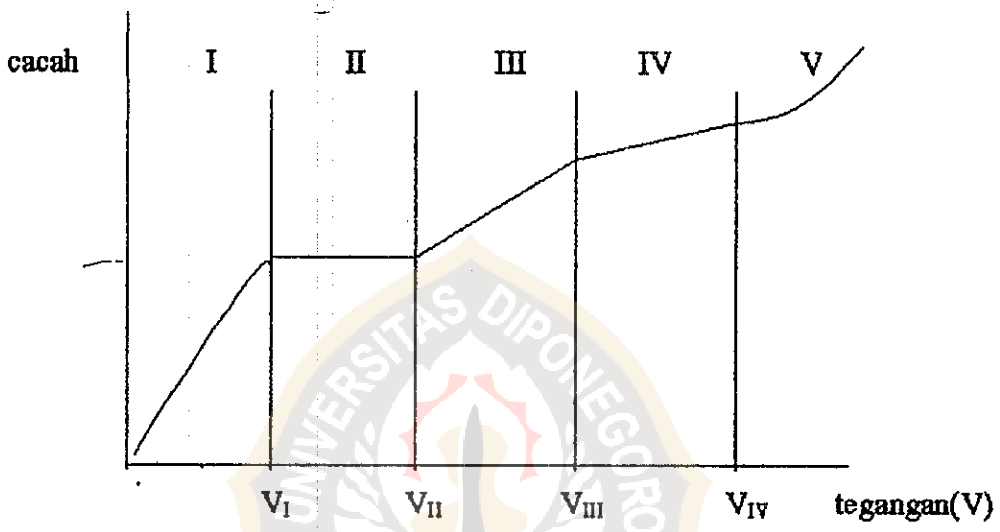
a : jari-jari anoda

b : jari-jari katoda

r : jarak antara anoda dan katoda

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Apabila zarah zarah radiasi masuk ke dalam detektor maka akan berinteraksi dengan elektroda aktif detektor dengan mengionisasi gas isian sehingga timbul pasangan ion positif-elektron. Jumlah pasangan ion-elektron yang terbentuk bergantung pada besar energi yang datang pada detektor tersebut. Sedangkan hubungan antara jumlah pasangan ion-elektron yang terjadi terhadap tegangan ditunjukkan pada gambar (2.4) berikut:



Gambar 2.4. Kurva hubungan antara tegangan dengan cacah yang terkumpul (Tsoulfanidis, 1983)

Pada daerah I tegangan sangat rendah, sehingga medan listrik yang terjadi juga kecil. Menurut Tsoulfanidis (1983) pada daerah ini elektron dan ion bergerak relatif lambat kemudian akan bertumbukan dan bergabung kembali (rekombinasi). Dengan meningkatnya tegangan V, maka medan listrik menjadi kuat dan gerak muatan menjadi lebih cepat sehingga proses rekombinasi akan menurun sampai mendekati nol ($V=V_1$). Daerah tegangan ini disebut daerah rekombinasi.

Pada daerah II, menurut Knoll (1979) bila tegangan dinaikkan maka elektron akan bergerak lebih cepat. Elektron dan ion positif akan menuju ke arah elektroda yang

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

berlawanan muatannya sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya penggabungan kembali, dengan demikian maka lebih banyak ion dan elektron yang mencapai elektroda. Kalau tegangan terus dinaikkan, maka kemungkinan terjadinya penggabungan kembali elektron dan ion positif dapat diabaikan. Ion-ion yang sampai pada elektroda akan menghasilkan suatu pulsa (Tsoulfanidis, 1983). Daerah tegangan ini dinamakan daerah ionisasi.

Pada daerah III, kuat medan listrik lebih besar lagi sehingga elektron hasil ionisasi primer mempunyai energi yang cukup untuk menghasilkan pasangan ion-elektron baru sebelum sampai ke elektroda. Elektron yang dihasilkan dari peristiwa ini disebut elektron sekunder. Terjadinya elektron sekunder dapat berulang kali sehingga terkumpul muatan yang banyak. Peristiwa ini dinamakan gugur runtun (*avalanche*) elektron sekunder. Adanya peristiwa gugur runtun menyebabkan terjadinya faktor pelipatan muatan dalam tabung. Faktor ini sangat dipengaruhi kuat medan listrik yang ada. Dalam daerah ini pulsa keluaran masih sebanding dengan energi zarah radiasi yang masuk. Daerah tegangan ini dinamakan daerah proporsional (Tsoulfanidis, 1983).

Pada daerah IV, menurut Price (1964) kuat medan listrik sangat besar sehingga elektron primer memiliki energi yang sangat besar sehingga mampu menghasilkan proses gugur runtun (*avalanche*). Pulsa keluaran yang dihasilkan sudah tidak sebanding lagi dengan energi zarah yang masuk. Daerah ini dinamakan daerah Geiger Muller.

Pada daerah V, jika tegangan terus dinaikkan maka akan terjadi ionisasi terus menerus meskipun tanpa partikel radiasi yang masuk. Jika tegangan dinaikkan terus ($V>V_{IV}$) maka kemungkinan besar akan terjadi kerusakan pada detektor (Tsoulfanidis, 1983).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.4. Detektor Isian Gas Jenis Proporsional

2.4.1. Jenis gas

Detektor proporsional adalah salah satu jenis detektor isian gas. Gas isian yang digunakan dapat tetap berada dalam detektor atau dialirkan dengan lambat melalui suatu volume ruang yang dibuat sedemikian rupa dalam bentuk kontinyu (Knoll, 1979).

Gas isian yang digunakan adalah gas mulia seperti xenon, krypton dan argon. Tetapi karena faktor penguatan gas yang besar untuk daerah proporsional, maka diperlukan gas polyatomik sebagai tambahan. Gas ini berfungsi untuk mengendalikan lucutan yang terjadi di dalam tabung detektor. Untuk detektor proporsional campuran gas yang sering digunakan adalah argon dan metana (Tsoulfanidis, 1983).

2.4.2. Faktor penguatan gas, M, (*amplification factor*)

Pada daerah proporsional diberikan tegangan potensial yang cukup tinggi agar terjadi proses gugur runtun (*avalanche*) sehingga terjadi penguatan muatan, yang selanjutnya disebut faktor penguatan gas. Pada umumnya elektron yang dihasilkan oleh foton sinar-X berasal dari suatu proses gugur runtun dan setiap proses gugur runtun bisa melakukan beberapa interaksi. Jumlah proses gugur runtun harus sama dengan jumlah ionisasi primer agar seluruh elektron yang terkumpul sebanding dengan energi foton sinar-X yang datang. Bila tegangan potensial dinaikkan proses gugur runtun per satuan volume bertambah dan berkembang ke arah luar kawat anoda. Untuk daerah proporsional proses ini dibatasi agar penguatan gas merupakan fungsi dari energi foton yang datang. Fenomena ini dinamakan penguatan gas (*gas amplification*) (Knoll, 1979).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Faktor penguatan gas dapat dinyatakan oleh persamaan :

$$M = f + \in f^2 + \in^2 f^3 + \ldots + \in^n f^{n+1} = \frac{f}{1 - \in f} \qquad \ldots(2.11)$$

dengan $\in$ merupakan kemungkinan sebuah elektron sekunder akan menghasilkan sebuah elektron tersier oleh peristiwa efek fotolistrik dan f adalah perbandingan penguatan ion-ion gas per generasi. Pada detektor proporsional nilai $\in f < 1$, yang berarti nilai faktor penguatan gas terbatas. Pembatasan faktor penguatan gas ini dilakukan oleh gas pemudur (*quenching gas*) (Price, 1964).

2.5. Karakteristik Detektor

2.5.1. Plato dan *slope*

Detektor proporsional untuk sinar-X bekerja pada daerah tegangan tinggi. Tegangan tersebut diperlukan untuk mendapatkan cacah pulsa yang besar yang dinamakan tegangan ambang (*threshold voltage*). Tegangan ambang bisa diperoleh dengan menaikkan tegangan yang diberikan pada detektor sedikit demi sedikit sehingga didapat pencacahan yang konstan. Pada tegangan yang lebih tinggi gas dalam detektor mengalami pelepasan muatan (*discharge*) (Tait, 1980).

Kemiringan lereng plato disebut *slope*. *Slope* dinyatakan dalam % per 100 volt sebagai berikut (Santoso, 1992) :

$$\text{Slope} = \frac{(N_2 - N_1)/N_1}{V_2 - V_1} \times 100\% \qquad \ldots(2.12)$$

dengan : N_1 : jumlah cacah per satuan waktu pada tegangan V_1

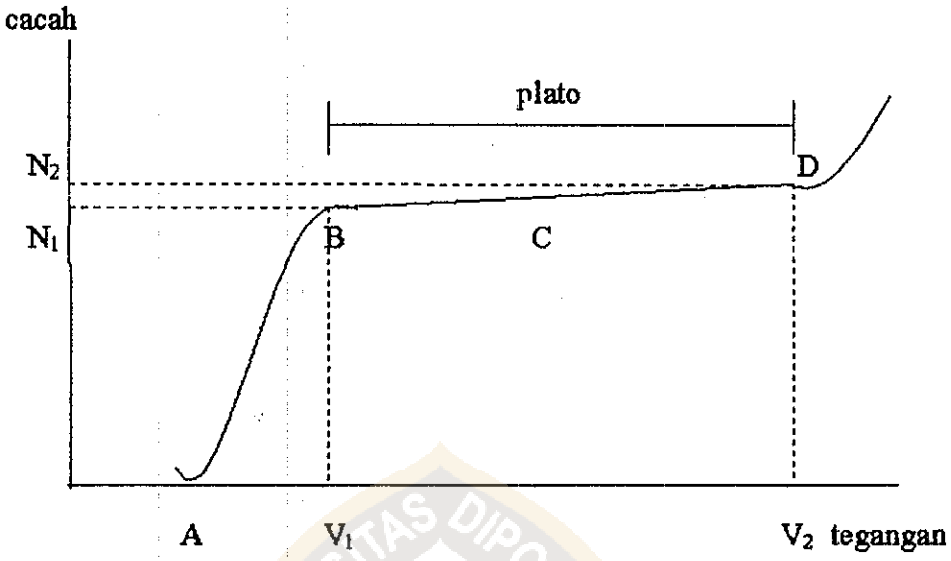
N_2 : jumlah cacah per satuan waktu pada tegangan V_2

V_1 : besar tegangan awal terjadinya plato

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

V_2 : besar tegangan akhir terjadinya plato

Daerah plato ini dapat diketahui dengan membuat grafik hubungan cacah per satuan waktu versus tegangan seperti gambar (2.5) berikut :



Gambar 2.5. Kurva karakteristik detektor (Cullity, 1959)

Keterangan gambar :

A : tegangan awal mulai terjadinya pencacahan pulsa (*starting voltage*)

B : tegangan ambang (*threshold voltage*)

C : tegangan kerja (*operating voltage*)

B-D : daerah plato detektor proporsional

D : tegangan batas plato / mulai pelucutan muatan (*discharge*)

Detektor proporsional yang baik mempunyai plato yang panjang dan *slope* yang kecil. Daerah plato dibutuhkan karena pada daerah plato ini merupakan daerah tegangan yang menghasilkan pencacahan yang stabil. Pencacahan yang stabil pada daerah

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

tegangan yang bervariasi menunjukkan bahwa sumbangan tegangan yang diberikan sudah tidak mempengaruhi pencacahan. Artinya pencacahan yang dihasilkan betul-betul merupakan sumbangan zarah radiasi yang masuk ke dalam daerah aktif detektor. Sedangkan nilai *slope* yang baik berkisar antara (0,1 - 1) % / 100 volt (Cullity, 1959).

2.5.2. Efisiensi

Efisiensi detektor adalah perbandingan antara banyaknya cacah yang dihasilkan detektor dengan banyaknya zarah radiasi yang dipancarkan sumber radiasi (Santoso, 1992). Efisiensi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$\text{Efisiensi} = \frac{N_{\text{sebenarnya}}}{N_{\text{sumber}}} x100\% \qquad ...(2.13)$$

Dalam penelitian ini hanya dihitung efisiensi mutlak dari detektor yang dibuat, karena tidak ada detektor perbandingannya (Sharpe, 1964), sehingga (2.13) menjadi:

$$\eta = \frac{N}{A.\Omega.F.Y} x100\% \qquad ... (2.14)$$

dengan: N : cacah yang terdeteksi detektor

A : aktivitas sumber pada saat dipakai

F : faktor koreksi dari sumber

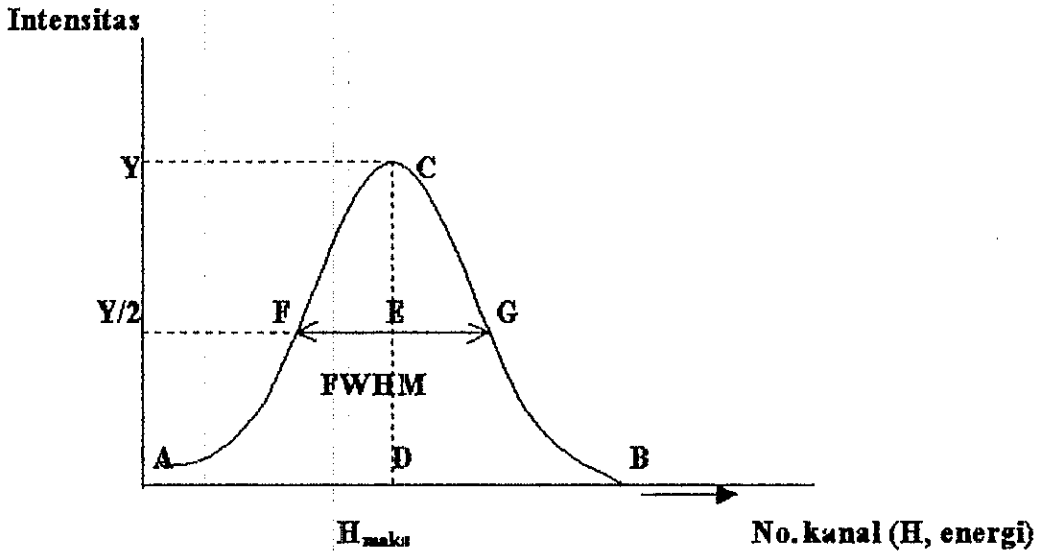
Ω : faktor geometri

Y : prosentase radiasi yang dipancarkan sumber (yield)

2.5.3. Resolusi energi

Resolusi energi dari detektor proporsional merupakan suatu ukuran kemampuan detektor untuk memisahkan dua puncak energi yang berdekatan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.6. Resolusi energi (Price, 1964)

Apabila dalam sebuah puncak energi seperti gambar 2.6. ditarik garis vertikal pada ujung puncak (C) memotong garis yang menghubungkan kedua kakinya (AB) di D, maka CD adalah fungsi maksimum. Jika E adalah titik pertengahan CD dab garis FG adalah garis horisontal yang melalui titik tengah E, maka panjang garis FG dinamakan FWHM. Makin lebar FWHM, makin rendah daya pisah detektor tersebut (Susetyo, 1988).

Besarnya resolusi diukur dari tinggi pulsa yang diakibatkan oleh radiasi berenergi tunggal. Ini ditunjukkan oleh lebar penuh dari puncak pada ketinggian setengah dari amplitudo maksimum (FWHM, *The Full Width of the peak at Half Maximum amplitudo*) sebagai berikut (Price, 1964) :

$$R = \frac{FWHM}{H_{maks}} x100\% \qquad ...(2.15)$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

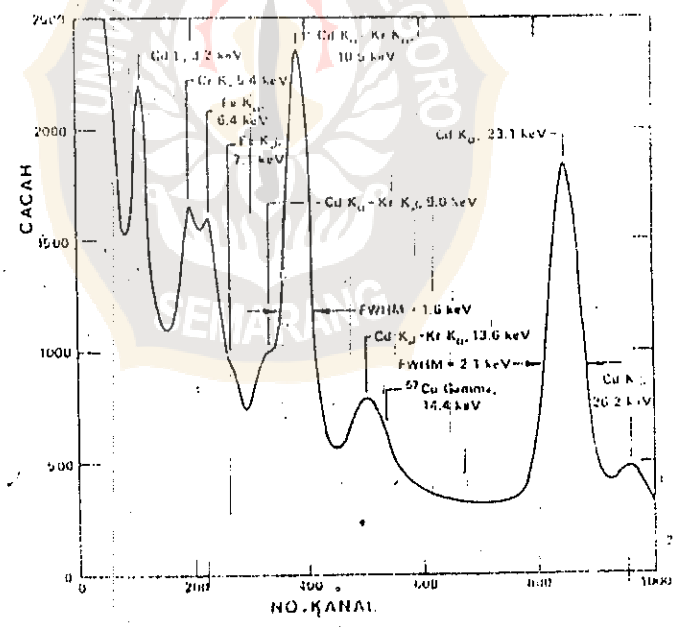
dengan : FWHM : lebar kurva pada setengah tinggi

H_{maks} : nomor kanal dari puncak maksimum

Semakin kecil FWHM, maka semakin kecil niiai R yang berarti semakin bagus daya pisah detektor tersebut. Semakin kecil FWHM, maka semakin runcing spektrum yang dihasilkan. Bentuk spektrum yang ideal adalah berupa garis lurus.

2.5.3. Spektrum energi sinar-X

Spektrum energi dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik detektor. Spektrum energi dari beberapa sumber pemancar sinar-X dapat dilihat dalam gambar (2.7) berikut :

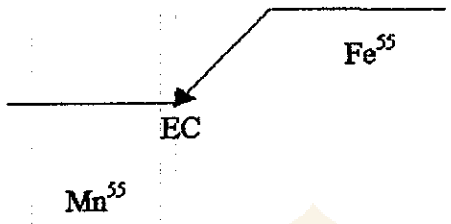


Gambar 2.7. Spektrum energi (Ortec, 1991)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Pada gambar (2.7) menunjukkan spektrum energi dari berbagai sumber pemancar sinar-X. Salah satu sumber pemancar sinar-X diatas adalah Fe^{55} yang mempunyai dua puncak energi tak terpisahkan pada energi 6,4 keV dan 7,1 keV.

Pada penelitian ini Fe^{55} digunakan sebagai sumber standar. Fe^{55} meluruh dengan tangkapan elektron (EC=*electron capture*) dan tidak memancarkan sinar gamma (Canberra). Skema peluruhan dari Fe^{55} ditunjukkan pada gambar (2.8) berikut:



Gambar 2.8. Skema Peluruhan Fe^{55} (Canberra, 1991)

Beberapa hal mengenai sumber radiasi Fe^{55} disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.2. Data Sumber Fe^{55} (Eibson, 1980)

Sumber	Parameter	Data
Fe^{55}	Nomor atom, Z	26,0
	Waktu paruh, $t_{1/2}$	2,7 tahun
	Bentuk ionik	Fe^{3+}
	Kelimpahan untuk memancarkan sinar-X	0,282

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)