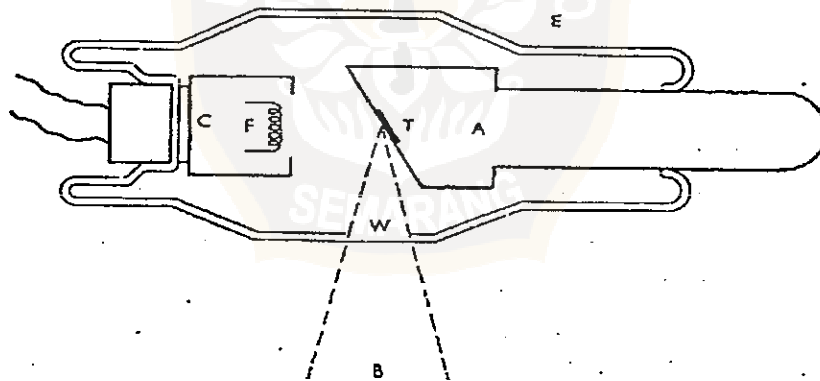


BAB II

DASAR TEORI

Sinar-X adalah pancaran gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, cahaya, dan sinar ultraviolet, tetapi dengan panjang gelombang yang sangat pendek. Sinar-X bersifat heterogen, panjang gelombangnya bervariasi dan tidak terlihat. Perbedaan antara sinar-X dengan sinar elektromagnetik yang lainnya juga terletak pada panjang gelombangnya. Panjang gelombang sinar-X adalah $1/10000$ dari panjang gelombang cahaya tampak. Karena mempunyai panjang gelombang yang pendek sinar-X dapat menembus banyak benda.

2.1. Tabung Sinar-X.



Gambar 2.1. Diagram tabung sinar-X (Meredith, 1997)

Keterangan Gambar:

- A. Anoda
- B. Berkas sinar-X
- C. Katoda
- E. Kaca tabung sinar-X
- F. Filamen
- T. Tungsten target
- W. Jendela sinar-X

Bagian-bagian tabung sinar-X adalah:

1. Sumber Elektron

Sumber elektron berupa kawat pijar atau filamen di dalam tabung sinar-X. Filamen tabung sinar-X tak bervariasi dan biasanya terbuat dari kawat tungsten yang ketebalannya sedang, berkisar antara 0,5 mm, diameter 0,5 – 1 mm dengan panjang 0,5 – 1 cm. Tungsten disukai dari bahan lain karena dapat menghasilkan emisi *thermionic* yang banyak dan mempunyai temperatur titik lebur tinggi 3380°C tanpa kerusakan. Selain itu penguapan tungsten pada temperatur tinggi tidak berlebihan (Meredith, 1977).

2. Pemercepat elektron

Pemercepatan gerakan elektron-elektron tergantung pada tegangan yang dipasang pada tabung sinar-X, biasanya untuk diagnostik konvensional berkisar antara 30 – 100 kV. Untuk teknik sinar keras berkisar 100 – 150 kV dan dalam hal-hal khusus sampai 200 kV (Hoxter, 1973).

3. Alat pemusat berkas elektron

Merupakan suatu alat yang menyebabkan elektron-elektron tidak bergerak terpecah, tetapi diarahkan semua kebidang focus.

4. Benda Penghenti gerakan elektron

Penghenti gerakan elektron atau anoda merupakan bagian positif dari tabung sinar-X. Dalam menjalankan fungsinya anoda merupakan tempat menerima tumbukan elektron dari filamen dan tempat pancaran

sinar-X dari tabung diperlukan bahan target yang tahan panas. Dalam pemilihan bahan target biasanya dipilih tungsten dengan alasan:

1. Tungsten mempunyai nomor atom yang tinggi (79), sehingga menghasilkan intensitas radiasi yang tinggi pula, karena intensitas radiasi sebanding dengan nomor atom dan energi pancaran elektron (Wilks, 1987).
2. Tungsten memiliki konduktivitas panas yang baik sehingga sangat efisien untuk menghamburkan panas yang ditimbulkan saat tertembak elektron.
3. Tungsten mempunyai titik lebur yang tinggi (3380°C) sehingga pada saat tumbukan antara elektron dengan target yang disertai panas yang tinggi anoda tidak mudah mengembang dan tidak mudah rusak.

2.2. Produksi Sinar-X

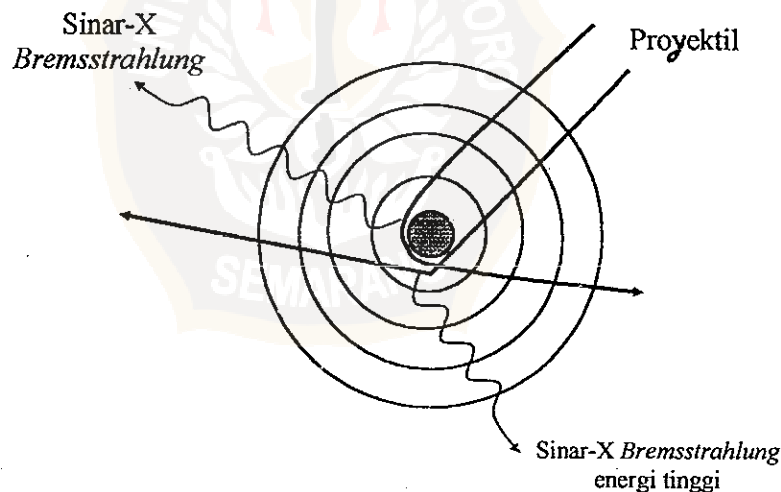
Sinar-X diproduksi dalam tabung hampa udara dengan jalan menembak target metal dengan elektron cepat. Elektron diperoleh dari filamen yang dipanaskan dengan memberi arus dan biasanya diletakkan dalam mangkok fokus (*focusing cup*). Apabila antara katoda dan anoda diberi tegangan elektron bergerak menuju anoda yang digunakan sebagai target.

Secara garis besar interaksi elektron dengan atom target dapat terjadi hal-hal sebagai berikut:

1. Bila elektron berinteraksi dengan elektron atom pada *optical orbit*, elektron atom akan menyerap energi. Bila energi yang diserap melebihi tenaga ikat elektron atom maka akan terjadi ionisasi. Sedangkan bila energi yang diserap lebih kecil dari tenaga ikatnya, elektron akan meloncat ke level energi yang lebih tinggi. Secepatnya elektron yang tereksitasi akan kembali ke keadaan dasar dengan disertai pancaran gelombang elektromagnetik. Umumnya foton yang dipancarkan dalam proses ini adalah radiasi panas.
2. Bila elektron menumbuk elektron atom target pada kulit dalam (misalnya kulit K, L). Elektron atom menyerap energi sehingga keluar dari atom dan menimbulkan kekosongan pada kulit atom. Kekosongan elektron pada kulit tersebut secepatnya diisi oleh elektron dari kulit lain yang energi levelnya lebih tinggi ataupun oleh elektron dari luar atom. Pengisian elektron ini akan disertai oleh terpancarnya foton yang disebut sinar-X karakteristik. Jadi Sinar-X karakteristik timbul karena adanya transisi elektron dari tingkat energi lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah.
3. Bila elektron cepat sampai medan inti. Elektron yang bermuatan negatif akan menerima gaya tarik inti yang bermuatan positif, sehingga elektron mengalami pembelokan dan perlambatan (Akhadi, 1997). Sehingga

timbul radiasi sinar-X yang mempunyai spektrum kontinu. Radiasi sinar-X ini disebut proses *Bremsstrahlung*.

Bremsstrahlung adalah proses terpancarnya sinar-X bilamana partikel-partikel dengan laju tinggi mengalami suatu percepatan yang cepat. Bilamana suatu partikel melintas dekat suatu inti atom maka gaya tarik coulomb yang kuat menyebabkan partikel menyimpang secara tajam dari lintasan awalnya. Perubahan arah yang disebabkan oleh percepatan radial dan partikel, sesuai dengan teori klasik, energi yang hilang oleh radiasi elektromagnetik pada laju yang sebanding dengan kuadrat percepatan. Hal ini berarti bahwa foton-foton *bremsstrahlung* memiliki suatu distribusi energi yang kontinu (Cember, 1983). Berikut ilustrasi peristiwa terjadinya proses sinar-X *Bremsstrahlung* :



Gambar 2.2. Spektrum sinar-X *Bremsstrahlung* (Bushong, 1988)

Dengan demikian sinar-X yang dihasilkan oleh tabung sinar-X terdiri atas dua macam yaitu:

1. Sinar-X karakteristik yang spektrumnya berbentuk garis dengan panjang gelombang tertentu.
2. Sinar-X *Bremsstrahlung* yang spektrumnya kontinu.

2.3. Keluaran sinar-X

Keluaran sinar-X dipengaruhi oleh arus listrik, waktu penyinaran, besarnya beda potensial dan jarak target. Secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan(Wilks,1987) :

$$P = k \frac{V^2 \cdot i}{d^2} \cdot t = I \cdot t \quad (1)$$

Dengan,

k : konstanta penyinaran

i : arus tabung dalam milli Ampere (mA)

t : waktu penyinaran dalam detik (s)

V: tegangan tabung sinar-X dalam kilo Volt (kV)

d : jarak fokus terhadap obyek dalam meter (m)

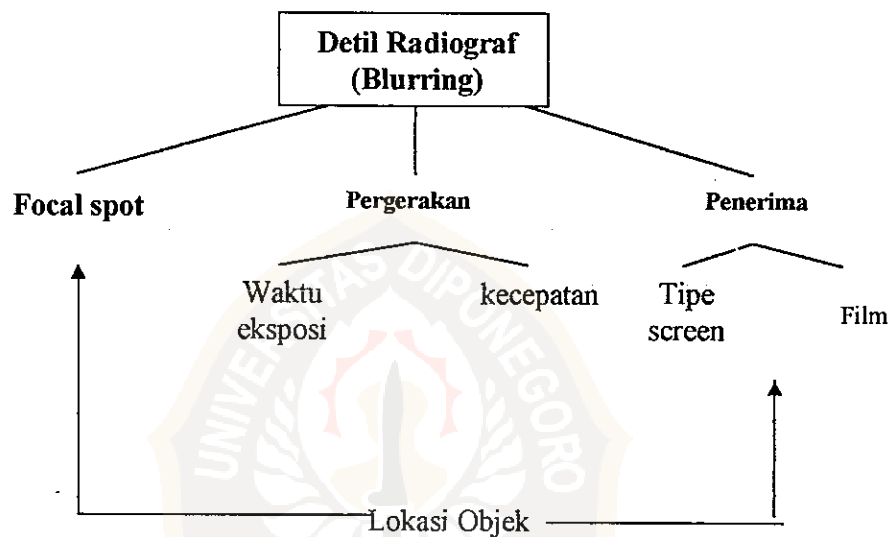
P : Keluaran radiasi dalam Rontgen (R)

I : intensitas dalam rontgen/detik (R/s)

2.4. Detil

Detil radiograf menggambarkan ketajaman struktur kecil pada radiograf. Dengan detil yang cukup bagian yang kecil dari anatomi akan tampak jelas (Bushong, 1998).

Detil radiograf dipengaruhi oleh hal-hal seperti pada bagan dibawah ini (Sprawls, 1987).



Gambar 2.3. Skema faktor-faktor yang mempengaruhi detil radiograf

Detil juga mempunyai kualitas yang dipengaruhi fakto-faktor sebagai berikut (Platts, 1969) :

1. Ukuran dari detil

Detil yang kecil tidak mudah untuk dilihat. Tidak ada ukuran yang absolut dari suatu detil yang digunakan, sesuai dengan ukuran obyek yang diperiksa.

2. Derajat dari kontras detil

Detil akan nampak jelas ketika kontras dibandingkan dengan latar belakang dengan memilih nilai yang pasti. Apabila kontras diperbesar maka detil yang dilihat akan nampak lebih kecil begitu juga sebaliknya apabila kontras diperkecil detil yang dilihat akan nampak lebih besar.

3. Derajat dari ketidaktajaman detil

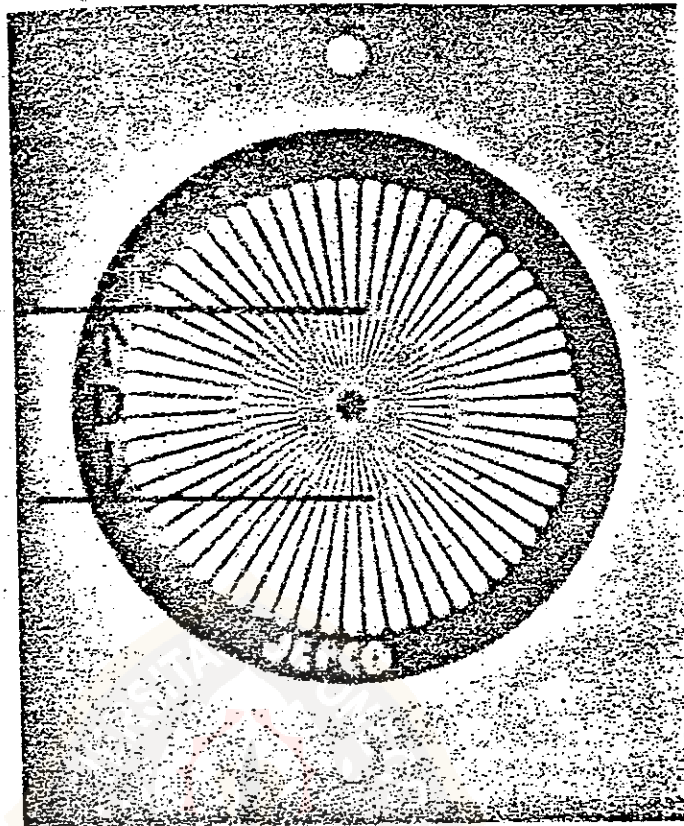
Gradien kontras adalah ukuran dari tahapan suatu garis yang menghubungkan dua tingkat densitas (suatu detil dan latar belakangnya) dalam gambaran detil. Ketidaktajaman adalah detil yang kabur. Ketidaktajaman detil dapat diperlihatkan antara 0,1 mm sampai 1 mm.

4. Ketajaman suatu detil

Tingkat ketajaman suatu detil dapat kita lihat dari kontras detil dengan melihat berbagai macam ukuran millimeter dari ukuran obyek. Dengan menaikkan arus tabung detil akan dapat mudah dilihat dengan batas yang pasti.

Untuk menguji suatu detil diadakan suatu percobaan pola tes bintang (*Star test pattern*). Obyek yang digunakan biasanya mempunyai garis-garis kemungkinan dan jarak yang diatur /dirangkai dalam pola bintang. Dalam menguji detil radiograf alat ini diletakkan pada tengah-tengah *focal spot* kemudian dilakukan eksposi. Hasilnya diamati dengan jalan melihat lingkaran hitam pada radiograf. Apabila lingkaran hitam kecil detil yang diperlihatkan baik.

Alat yang digunakan terlihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.4. Star Test Patterns (Sprawls,1969)

