

BAB II

LATAR BELAKANG TEORI

2.1. Proses Emisi Elektron

Emisi elektron dapat didefinisikan sebagai suatu proses terlepasnya satu atau lebih elektron dari ikatannya dalam suatu atom atau molekul. Energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron dari orbitnya pada atom atau molekul ke keadaan bebas didefinisikan sebagai energi potensial dari atom atau molekul tersebut. Energi potensial yang pertama adalah energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron dari orbit terluar, sedangkan energi potensial kedua, ketiga dan seterusnya adalah energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron dari orbit yang lebih dalam. Proses emisi elektron dapat disebabkan oleh bermacam-macam peristiwa, antara lain oleh proses :

- Fotolistrik
- Medan listrik yang kuat
- Termionik
- Radiasi partikel pengion.

2.1.1. Emisi elektron oleh proses fotolistrik

Elektron dipancarkan dari permukaan logam jika cahaya yang frekuensinya cukup tinggi jatuh pada permukaannya. Dalam proses ini diperlukan cahaya ultraungu untuk hampir semua logam, kecuali logam alkali.

Energi kinetik elektron yang dipancarkan dalam proses fotolistrik diberikan oleh persamaan [12] :

$$K_{\max} = h \nu - h \nu_0 \quad (2-1)$$

dimana :

K_{\max} = energi fotoelektron maksimum

$h \nu$ = energi foton.

$h \nu_0$ = energi ambang

Rapat arus elektron yang dihasilkan diberikan oleh persamaan [10] :

$$j_e = j_\gamma A n_a \sigma_e \quad (2-2)$$

dimana :

j_γ = rapat foton (foton/cm²)

A = luas efektif emisi (cm²)

n_a = rapat elektron per unit luas
(elektron/cm²)

σ_e = tampang lintang emisi diferensial
(elektron/elektron.foton)

2.1.2. Emisi elektron oleh medan listrik yang kuat.

Elektron dapat diemisikan dari permukaan zat padat jika suatu zat padat yang diberi potensial rendah ditempatkan dekat suatu benda luar yang diberi potensial tinggi positif, sehingga timbul medan listrik yang kuat antara zat padat dengan benda luar ini.

Energi kinetik yang diberikan oleh elektron dalam proses ini sebesar [8] :

$$E_k = e v_1 - e v_2 \quad (2-3)$$

dimana :

E_k = tenaga kinetik elektron

$e v_1$ = tenaga potensial pemercepat elektron

$e v_2$ = tenaga potensial pelepas elektron

Arus elektron yang dihasilkan diberikan persamaan [8] :

$$I = A n q v \quad (2-4)$$

dimana :

A = luas permukaan zat padat (cm^2)

n = rapat elektron per unit luas

($\text{elektron}/\text{cm}^2$)

q = muatan elektron ($e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

v = kecepatan emisi ($\text{elektron}/\text{dt}$)

2.1.3. Emisi elektron oleh proses termionik

Emisi dari permukaan zat padat dapat terjadi jika permukaan tersebut dipanaskan yang dikenal sebagai emisi termionik. Zat padat (materi) tersusun dari bahan dasar yang terdiri dari proton dan netron yang membentuk inti, dan elektron yang mengelilingi inti. Elektron adalah bahan dasar yang paling kecil dan paling ringan yang bergerak dalam edaran masing-masing mengintari inti. Elektron yang berada dalam edaran paling luar dapat terlepas dari tarikan inti dan bergerak bebas diluar atom, yang dinamakan elektron bebas. Dalam keadaan normal (tidak ada pengaruh dari luar) elektron tidak dapat berpindah edaran. Elektron beredar pada kulit atom yang memiliki tingkat tenaga tertentu mengintari inti, semakin besar tenaganya elektron beredar semakin jauh dari inti, sehingga diperlukan tambahan tenaga bagi elektron untuk dapat melompat ke edaran yang lebih luar, sebab elektron harus dapat mengalahkan daya tarik inti. Kepada elektron dapat ditambahkan tenaga dengan dinaikkan suhunya, sehingga akan ada elektron yang melompat keluar ke tingkat tenaga lebih besar dan elektron tereksitasi dari atomnya. Kalau kepada elektron diberi cukup tenaga maka tidak saja elektron dapat melompat keluar dari ikatan atomnya bahkan dapat keluar dari badan materinya, sehingga terjadi emisi elektron. Besar arus elektron yang

diemisikan oleh bahan yang dipanasi secara termionik bergantung pada temperatur dan luas permukaannya. Besar rapat arus elektron yang diemisikan secara termionik pada suhu T tiap satuan luas penampang [2] :

$$j = A_o T^2 e^{-\psi/kT} \quad (2-5)$$

dimana :

j = rapat arus elektron (amp/cm²)

A_o = tetapan karakteristik bahan (amp/cm².K)

ψ = fungsi kerja bahan (eV)

T = temperatur (°K)

k = tetapan Boltzman (eV/K)

Sehingga arus elektron yang diemisikan total adalah :

$$I = j A$$

$$I = A A_o T^2 e^{-\psi/kT} \quad (2-6)$$

dengan A adalah luas permukaan bahan.

Harga-harga A_o dan ψ untuk berbagai logam berbeda,

Energi kinetik elektron sebesar [2] :

$$E = q V \quad (2-7)$$

dimana : q = muatan elektron ($e = 1,6 \times 10^{-19}$ C),

V = potensial listrik, V.

2.1.4. Emisi elektron oleh proses adanya radiasi partikel pengion.

Elektron dapat diemisikan dari permukaan logam jika ada ion menumbuk permukaan logam tersebut. Elektron yang terikat lemah berada pada kulit terluar logam akan menyerap sebagian tenaga ion datang sehingga ion akan terhambur kearah lain dengan tenaga yang sudah berkurang dari tenaga semula dan terbentuk elektron sekunder terlepas dari permukaan logam. Energi elektron yang dilepaskan sama dengan selisih tenaga ion mula-mula E_o dan tenaga ion terhambur E_i [12] :

$$E_e = E_o - E_i \quad (2-8)$$

Rapat arus elektron yang dihasilkan diberikan oleh persamaan [10] :

$$j_e = j_i A n_a \sigma_e \quad (2-9)$$

dimana :

j_i = rapat ion datang (ion/cm²)

A = luas efektif emisi (cm²)

n_a = rapat elektron per unit luas
(elektron/cm²)

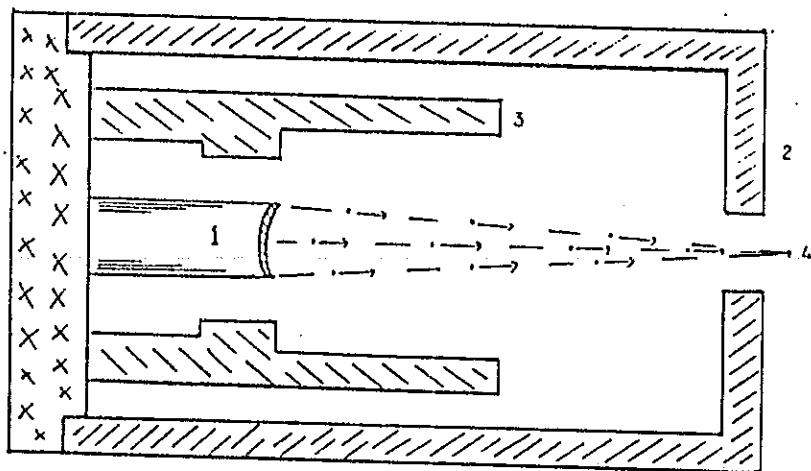
σ_e = tampang lintang emisi diferensial
(elektron/elektron/ion)

2.2. Sumber Elektron [2]

Sumber elektron yang biasa disebut senapan elektron (Elektron Gun) merupakan bagian terpenting dari sebuah mesin berkas elektron. Untuk kegunaan secara umum maupun khusus, ada beberapa macam, antara lain : Pierce Gun, Telefokus Gun, dan Gradient Gun.

2.2.1. Pierce Gun

Dalam sumber elektron tipe Pierce Gun ini katoda berupa filamen dari bahan tantalum atau tungsten berbentuk spiral, yang menghasilkan berkas elektron karena proses termionik. Saat sumber daya diberikan pada sistem, katoda akan terpanaskan dan terjadi emisi elektron dari katoda tersebut. Arah berkas elektron hasil emisi cenderung menyebar karena gaya tolak menolak antara elektron-elektron itu sendiri, sehingga diperlukan elektroda pemfokus agar arah berkas elektron terfokus dan diameter minimum dapat dipertahankan diluar sistem sumber elektron. Diagram Pierce Gun terlihat pada Gambar (2.1).

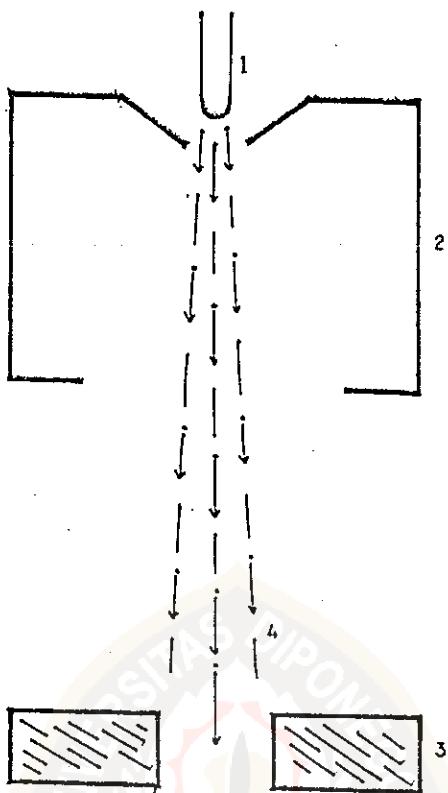


Gambar (2.1) Pierce Gun ;

- (1) Katoda, (2) Anoda, (3) Pemfokus,
- (4) Berkas elektron.

2.2.2. Telefokus Gun

Dalam sumber elektron tipe Telefokus Gun katoda berupa kawat tungsten yang berbentuk tusuk konde, yang menghasilkan berkas elektron yang mempunyai jarak fokus yang relatif jauh dari anoda. Emisi elektron terjadi saat katoda dipanaskan dengan sumber daya. Pemfokusan yang panjang dibentuk oleh model pengosongan dan bias negatif dari elektroda Wehnelt. Elektron terpancar dengan kecepatan radial antara elektroda Wehnelt dan anoda. Medan listrik yang terpancar dekat katoda, membuat berkas elektron menjadi datar lalu terfokus ke arah anoda. Diagram Telefokus Gun terlihat pada Gambar (2.2).



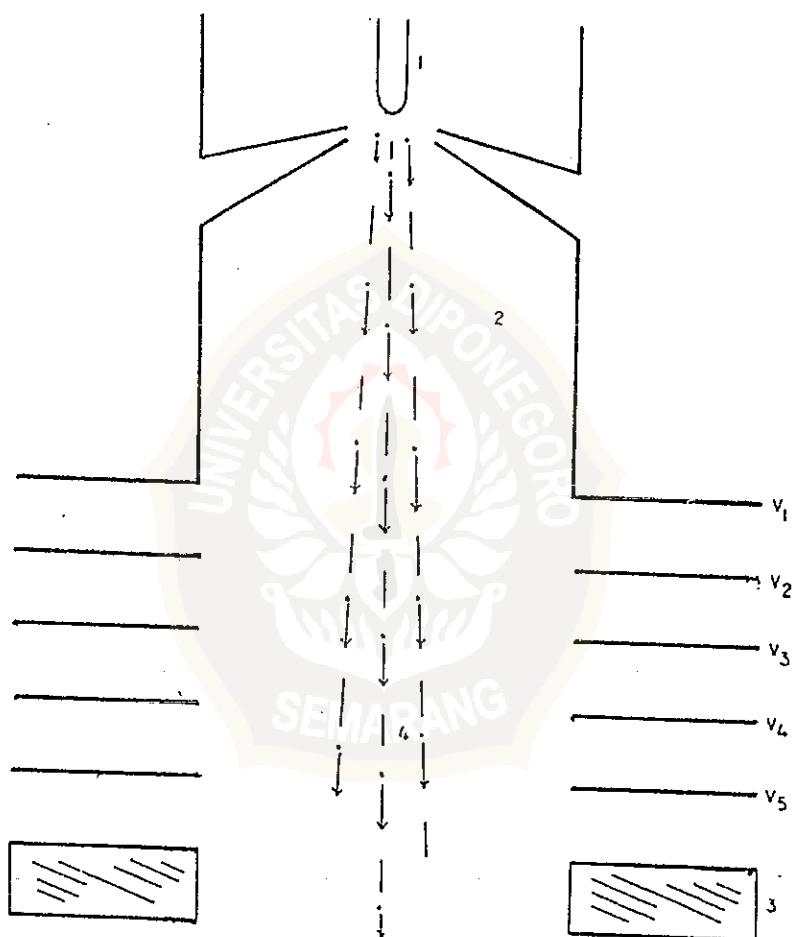
Gambar (2.2) Telefokus Gun ;

- (1) Katoda, (2) Elektroda Wehnelt, (3) Anoda,
(4) Berkas elektron.

2.2.3. Gradient Gun

Gradient Gun adalah sebuah Gun pemercepat. Dalam Gradient Gun katoda sebagai pemancar elektron berupa kawat tungsten berbentuk tusuk kondé. Tegangan yang ber variasi di sirip-sirip Gradient Gun yang berfungsi sebagai pemercepat. Emisi elektron terjadi saat katoda dipanaskan oleh sumber daya. Karena berkas elektron

melewati sistem trioda dan dikendalikan dengan tegangan sirip-1, maka besar arus berkas elektron bergantung pada tegangan total yang dikenakan. Saat berkas melewati kawasan potensial yang bervariasi, berkas akan dipercepat dan kemudian difokuskan dengan suatu magnet. Diagram Gradient Gun terlihat pada Gambar (2.3).

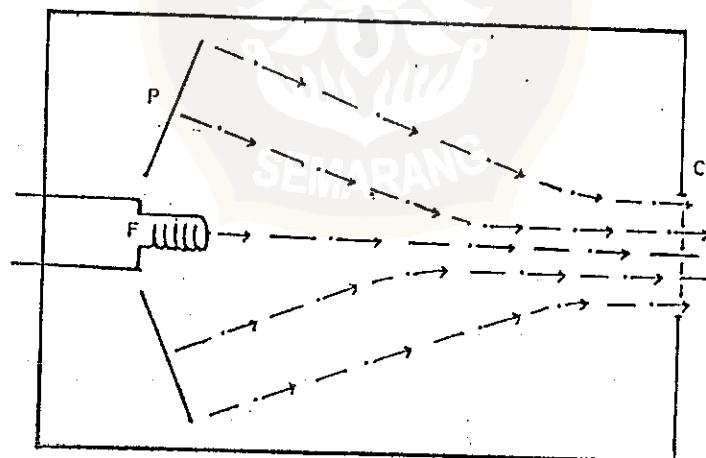


Gambar (2.3) Gradient Gun ;

- (1) Katoda, (2) Sistem trioda, (3) Magnet,
- (4) Berkas elektron.

2.3. Ekstraksi

Berkas elektron hasil emisi elektron dalam tabung lucutan dapat didorong keluar dari tabung dengan suatu sistem ekstraksi. Dalam penelitian ini digunakan sistem ekstraksi "celah berongga" di dalam tabung lucutan yang berbentuk melingkar. Dalam sistem ekstraksi ini medan listrik ditimbulkan oleh elektroda pendorong dan celah yang berbentuk lingkaran. Elektroda pendorong diberi potensial negatif dan celah diberi potensial positif yang relatif tinggi terhadap filamen sehingga timbul medan listrik dari celah ke elektroda pendorong. Medan listrik ini ada di antara kedua elektroda lingkaran sehingga semua berkas elektron bergerak dari elektroda pendorong ke celah dan keluar dari sistem sumber elektron. Gambar ekstraksi sumber elektron ditunjukkan pada Gambar (2.4).



Gambar (2.4) Ekstraksi Sumber Elektron.

(F) Filamen, (P) Elektroda pendorong, (C) Celah.

2.4. Pemfokusan [9]

Lensa pemfokus berfungsi memfokuskan berkas elektron yang keluar dari sistem sumber elektron. Berkas elektron yang dihasilkan oleh sumber elektron sebelum mencapai target mempunyai kecenderungan menyebar akibat gaya tolak-menolak antara elektron-elektron itu sendiri. Berkas tersebut dapat menjadikan penurunan arus berkas elektron di sasaran, sehingga perlu dibuat sistem lensa untuk memfokuskan berkas tersebut.

Diameter berkas elektron bergantung pada energi dan panjang lintasannya. Berkas elektron yang berenergi tinggi dengan kerapatan sedang lebih mudah dikendalikan dan difokuskan dengan baik.

Salah satu sistem lensa yang digunakan dalam pemfokusan berkas elektron ini adalah lensa elektrostatis. Berkas elektron dapat dibuat terkolini, terfokus terhomogen atau terdivergensi dengan cara mengubah-ubah tegangan yang diberikan pada elektroda pemfokus. Susunan elektroda nampak seperti gambar (2.5). Besar jarak fokus adalah [9] ;

$$f = \frac{4V}{(dV/dx)} \quad (2-10)$$

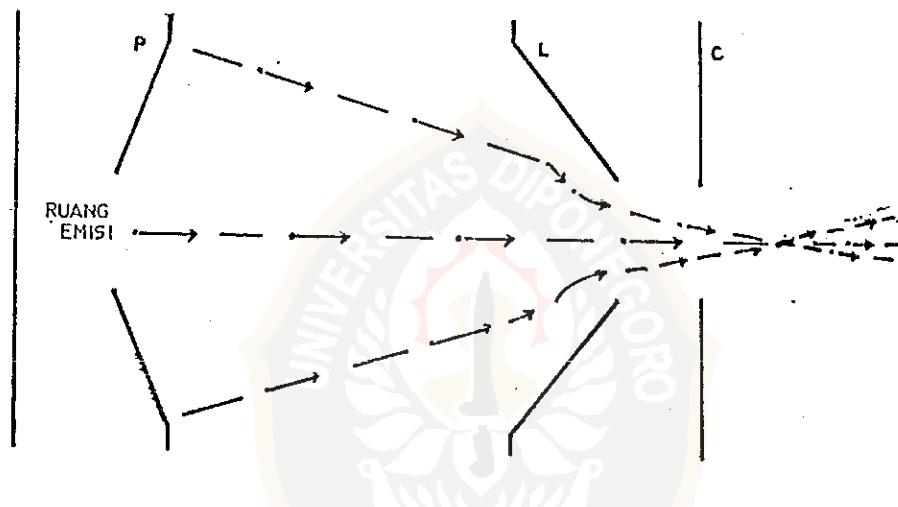
dimana :

f = jarak fokus, yaitu jarak titik berkas elektron terhadap ujung lensa pemfokus.

V = tegangan pemercepat.

dV / dx = gradien tegangan antar elektroda pemfokus.

Dengan meletakkan lensa pemfokus pada jarak yang memenuhi hubungan seperti pada persamaan (2.10), maka lintasan berkas elektron akan hampir seluruhnya terfokus keluar melalui lubang celah. Diagram Pemfokus Elektrostatis terlihat pada Gambar (2.5).



Gambar (2.5) Jalannya berkas elektron melalui lensa pemfokus.