

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Proses Emisi Elektron

Emisi elektron dapat didefinisikan sebagai suatu proses terlepasnya atau keluarnya satu atau lebih elektron dari ikatannya dalam suatu atom atau molekul bahan. Energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron dari orbitnya pada atom atau molekul ke keadaan bebas didefinisikan sebagai energi potensial dari atom atau molekul tersebut. Proses emisi elektron dapat disebabkan oleh bermacam-macam peristiwa antara lain oleh proses :

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

2.1.1. 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 partikel elementer yang terdiri dari proton, neutron yang membentuk inti dan dikelilingi oleh elektron-elektron. Elektron adalah zarah dasar yang paling ringan dan paling kecil yang bermuatan negatif dan bergerak dalam orbit masing-masing mengitari inti. Elektron yang bergerak pada edaran yang paling luar dapat terlepas dari tarikan inti

dan bergerak bebas diluar atom dan kemudian dinamakan sebagai elektron bebas. Dalam keadaan normal elektron tidak dapat berpindah orbit atau edaran. Apabila tenaga elektron makin besar, elektron akan beredar semakin jauh dari inti. Jadi diperlukan tambahan tenaga bagi elektron untuk dapat melompat ke keadaan yang lebih luar, sebab elektron harus dapat melawan gaya tarik inti. Kepada elektron dapat ditambahkan tenaga yaitu antara lain dengan dinaikkan suhunya, sehingga elektron diemisikan oleh bahan yang dipanasi bergantung pada temperatur dan luas permukaannya. Besar rapat arus elektron yang diemisikan secara termionik pada suhu T tiap satuan luas penampang [*Bakish R., 1962*] :

$$J_e = A_0 T^2 e^{-\psi/KT} \quad (2-1)$$

dengan,

J_e = rapat arus elektron (A/cm^2)

A_0 = tetapan karakteristik bahan ($A/cm^2 \cdot K^2$)

ψ = fungsi kerja bahan (eV)

T = temperatur (K)

k = tetapan Boltzman ($8,617 \cdot 10^{-5} eV/K$)

Sehingga arus elektron yang diemisikan total adalah :

$$I = J_e A$$

$$I = A A_0 T^2 e^{-\psi/KT} \quad (2-2)$$

dengan A adalah luas permukaan bahan.

2.1.2. Emisi Elektron oleh Proses Fotolistrik

Elektron dipancarkan dari permukaan logam jika cahaya yang frekwensinya cukup tinggi jatuh pada permukaan logam tersebut. Hal ini dikenal dengan gejala fotolistrik. Distribusi energi elektron yang dipancarkan (fotoelektron) tak bergantung dari intensitas cahaya. Berkas cahaya dengan intensitas yang kuat menghasilkan fotoelektron lebih banyak dari pada berkas cahaya yang intensitasnya rendah. Gelombang cahaya membawa energi, sebagian energi yang diserap oleh logam dapat terkonsentrasi pada elektron tertentu dan muncul kembali sebagai energi kinetik (E_k). Dalam proses fotolistrik ini diperlukan cahaya ultraungu untuk hampir semua logam, kecuali logam alkali.

Energi kinetik elektron dalam proses fotolistrik diberikan oleh persamaan [*Beiser A., 1991*] :

$$E_{k,max} = h \nu - h \nu_0 \quad (2-3)$$

dengan,

$$E_{k,max} = \text{energi fotoelektron maksimum (eV)}$$

$$h \nu = \text{energi foton (eV)}$$

$$h \nu_0 = \text{energi ambang bahan (eV)}$$

Maka arus elektron yang dihasilkan diberikan oleh persamaan :

$$I_e = J_e A n_a \delta_e \quad (2-4)$$

dengan,

$$J_e = \text{rapat arus elektron (A / cm}^2 \text{)}$$

$$A = \text{luas efektif emisi (cm}^2 \text{)}$$

n_e = rapat elektron per unit luas (elektron / cm^2)

δ_e = tampang lintang emisi diferensial (cm^2 / elektron)

2.1.3. Emisi Elektron oleh Medan Listrik yang Kuat

Elektron dapat diemisikan dari permukaan zat padat jika 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 tersebut.

Energi kinetik yang diberikan oleh elektron dalam proses ini adalah [*Sears dkk., 1962*] :

$$E_k = e U_1 - e U_2 \quad (2 - 5)$$

dengan,

E_k = tenaga kinetik elektron (eV)

$e U_1$ = tenaga potensial pemercepat elektron (eV)

$e U_2$ = tenaga potensial pelepasan elektron (eV)

Arus elektron yang dihasilkan diberikan oleh persamaan [*Sears dkk.,*]:

$$I = A n q v \quad (2 - 6)$$

dengan,

A = luas permukaan zat padat (cm^2)

n = banyaknya elektron per unit luas (elektron / cm^2)

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

v = kecepatan emisi (banyaknya elektron per detik) (elektron / dt)

2.1.4. Emisi Elektron oleh Adanya Radiasi Partikel Pengion

Elektron dapat diemisikan dari permukaan logam jika ada ion yang menumbuk permukaan logam tersebut. Elektron yang terikat lemah berada pada kulit terluar, akan menyerap sebagian tenaga ion datang sehingga ion akan terhambur dengan tenaga yang sudah berkurang dari tenaga mula-mulanya dan terbentuk elektron sekunder yang terlepas dari permukaan logam. Energi kinetik elektron yang dihasilkan sama dengan selisih tenaga ion mula-mula dan tenaga ion terhambur.

$$E_k = E_o - E_i \quad (2-7)$$

dengan,

E_k = energi kinetik elektron (eV)

E_o = energi ion mula-mula (eV)

E_i = energi ion terhambur (eV)

Rapat arus elektron yang dihasilkan diberikan oleh persamaan [*Valyi L., 1977*] :

$$J_e = J_i A n_e \delta_e \quad (2-8)$$

dengan,

J_i = rapat arus elektron (A / cm²)

A = luas efektif emisi (cm²)

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

δ_e = tampang lintang emisi diferensial (cm² / elektron)

2.2. Penguapan Bahan Padat

Uap adalah suatu gas yang berada pada temperatur kondensasi, sedangkan penguapan adalah perangsangan molekul secara thermal ke dalam fase uap. Cara penguapan yang lazim digunakan dalam sumber ion adalah dengan cara pemanasan cuplikan sampai berubah fase dari keadaan padat menjadi uap. Dalam kesetimbangan dinamis, jumlah molekul yang meninggalkan permukaan suatu padatan atau cairan sama dengan jumlah molekul yang datang pada permukaan. Tekanan uap pada kesetimbangan dinamis adalah tekanan uap pada temperatur yang sama. Bila penguapan dilakukan di ruang hampa, maka terjadi penurunan titik didih cuplikan karena jumlah molekul-molekul dalam tabung hampa sangat kecil sehingga gerak molekul-molekul cuplikan yang teruapkan tidak terhalangi molekul-molekul lain.

Jumlah maksimum penguapan bentuk padat tergantung pada parameter temperatur, tekanan uap, luas permukaan dan berat molekul yaitu : [*John F. O'Hanlon, 1989*] :

$$\Gamma \text{ (molekul / detik)} = 2.63 \times 10^{24} \frac{PA}{(MT)^{3/2}} \quad (2-9)$$

dengan,

Γ = jumlah maksimum penguapan zat padat (mol/detik)

P = tekanan uap (atmosfir)

A = Luas permukaan bahan (m^2)

M = berat molekul (kg/mol)

T = temperatur ($^{\circ}K$)

Tabel (2.1) Nilai temperatur penguapan bahan pada tekanan 1 atm dan tekanan 100 μ Hg. [A. Roth., 1976]

Bahan	Pada Tekanan 100 μ Hg	Pada Tekanan 760 mmHg
	Temperatur Penguapan ($^{\circ}$ C)	Temperatur Penguapan ($^{\circ}$ C)
Aluminium (Al)	1347	2467
Tembaga (Cu)	1427	2660
Besi (Fe)	1637	2750
Nickel (Ni)	1667	2730

2.3. Proses Ionisasi

Ionisasi adalah proses dimana atom atau molekul bahan ketambahan atau kekurangan elektron dari ikatannya. Atom atau molekul yang kehilangan elektron tersebut akan menjadi ion positif. Energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron dari orbitnya pada atom atau molekul ke keadaan bebas didefinisikan sebagai potensial ionisasi atau energi ionisasi (E_i). Energi ionisasi pertama adalah energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron dari orbit terluarnya, sedang energi potensial yang kedua, ketiga dan seterusnya adalah energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron dari orbit yang lebih dalam.

Besarnya energi ionisasi pertama dari suatu atom atau molekul adalah : [Valyi L., 1977]

$$E_{i,1} = C (E_k - E_0^i) \quad (2 - 10)$$

dengan,

$$E_{i,1} = \text{energi ionisasi pertama (eV)}$$

C = suatu konstanta ($1/d$ 1,126 untuk ionisasi atom-atom dan 1,056 untuk ion)

E_k = energi kinetik elektron (eV)

E_0^i = energi ambang ionisasi (eV)

Tabel (2.2). Energi ionisasi atom netral dan energi ionisasi pertama ($E_{i,1}$) [*Robert C. Weast., 1973*].

No	Bahan	E_i atom netral (eV)	$E_{i,1}$ (eV)
1	Aluminium (Al)	5,98577	18,82856
2	Tembaga (Cu)	7,72638	20,29240
3	Besi (Fe)	7,9024	16,48570
4	Nickel (Ni)	7,63980	18,16884

Proses ionisasi dapat ditimbulkan oleh tumbukan elektron, kuantum cahaya dan oleh tumbukan ion .

2.3.1. Ionisasi Atom atau Molekul oleh Tumbukan Elektron

Proses ionisasi jenis ini terjadi pada tumbukan tak elastis antara atom-atom atau molekul dengan elektron pengion. Energi yang diperlukan untuk melepaskan satu atau lebih elektron dari ikatannya di dalam atom atau molekul, diberikan oleh elektron penumbuk kepada elektron dari atom atau molekul. Besarnya energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron dari ikatannya tergantung pada energi atom atau molekul tertumbuk. Pada keadaan stabil, ionisasi dapat terjadi jika energi elektron yang

menumbuk lebih besar atau sama dengan energi ionisasi atom atau molekul tertumbuk, yang dapat ditulis :

$$\frac{1}{2} m_e v_e^2 \geq E_i \quad (2-11)$$

dengan,

m_e = massa elektron (kg)

v_e = kecepatan elektron (m . s⁻¹)

E_i = energi ionisasi (joule)

Ionisasi dapat juga terjadi pada energi elektron penumbuk di bawah energi ionisasi jika atom atau molekul tertumbuk pada keadaan tereksitasi. Jika atom-atom yang diionisasi dari keadaan tereksitasi, maka energi ambang ionisasi seharusnya terendah pada keadaan dasarnya, karena energi ikat elektron-elektronnya juga terendah. Arus ion yang dihasilkan dari proses ionisasi oleh elektron adalah [*Bakish R., 1962*] :

$$I^+ = J_e \quad V \quad n_a \quad \delta_i \quad (2-12)$$

dengan,

I^+ = arus ion keluaran (A)

J_e = rapat arus elektron pengion (A / m²)

V = volume efektif ionisasi (m³)

n_a = banyaknya atom atau molekul per unit volume (atom / m³)

δ_i = tampang lintang ionisasi diferensial (m² / atom)

2.3.2. Ionisasi oleh Kuantum Cahaya

Atom atau molekul dapat juga terionisasi akibat penyerapan foton-foton. Proses ini juga disebut fotoionisasi. Proses fotoionisasi dapat juga terjadi jika energi foton yang diserap atom atau molekul lebih besar dari energi ionisasinya.

$$h \nu > E_i$$

dengan,

$$h \nu = \text{energi foton yang diserap (eV)}$$

$$E_i = \text{energi ionisasi (eV)}$$

Ionisasi oleh foton-foton yang berbeda-beda energinya karena eksitasi kuantum cahaya, maka keadaan akhir tenaganya mempunyai spektrum energi yang kontinyu. Apabila energi foton lebih besar dari pada energi ionisasi atom atau molekul, maka kelebihan energi tersebut dapat diwujudkan sebagai energi kinetik elektron yang besarnya [*Valyi L., 1977*] :

$$E_k = h \nu - E_i \quad (2 - 13)$$

dengan,

$$E_k = \text{energi kinetik elektron (eV)}$$

$$h = \text{tetapan Planck (} 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s)}$$

$$\nu = \text{frekwensi foton (} \text{s}^{-1} \text{)}$$

$$E_i = \text{energi ionisasi atom atau molekul (eV)}$$

Proses ionisasi yang terjadi pada partikel netral dapat dituliskan :



dengan,

AB = molekul netral

$h\nu$ = energi foton / cahaya (eV)

AB^+ = ion positif

e = elektron

E_k = energi kinetik elektron (eV)

Arus ion yang dihasilkan dari proses ionisasi oleh kuantum cahaya adalah [*Baksh R., 1962*] :

$$\Gamma^+ = J_e \cdot V \cdot n_a \cdot \delta_i \quad (2-15)$$

dengan,

Γ^+ = arus ion keluaran (A)

J_e = rapat arus elektron (A / m²)

V = volume efektif ionisasi (m³)

n_a = banyaknya atom atau molekul per unit volume (atom / m³)

δ_i = tampang lintang ionisasi diferensial (m² / atom)

2.3.3. Ionisasi oleh Tumbukan Ion

Proses ionisasi jenis ini terjadi akibat tumbukan tak elastis antara atom atau molekul dengan partikel atomik. Tumbukan tak elastis antara atom atau molekul dengan partikel atomik dapat menimbulkan ionisasi jika energi partikel penumbuk lebih besar dari energi ambang ionisasinya. Besarnya energi ambang ionisasi dapat dituliskan sebagai berikut [*Valyi L., 1977*] :

$$E_o^i = E_o (m_1 + m_2) / m_2 \quad (2-16)$$

dengan,

$$E_o^i = \text{energi ambang ionisasi (eV)}$$

$$E_o = \text{energi dasar (eV)}$$

$$m_1, m_2 = \text{massa partikel yang bertumbukan (kg)}$$

Jika $m_1 = m_2$ maka akan diperoleh besar energi ambang ionisasi (E_o^i) adalah sama dengan dua kali besar energi dasar (E_o).

Ionisasi dengan energi partikel pemumbuk lebih rendah dapat terjadi jika kedua atom yang bertumbukan dalam keadaan tereksitasi.

Besarnya arus ion yang dihasilkan diberikan oleh persamaan [*Valyi L., 1977*] :

$$I^+ = J_i \quad V \quad n_a \quad \delta_i \quad (2-17)$$

dengan,

$$I^+ = \text{ arus ion keluaran (A)}$$

$$J_i = \text{ rapat arus ion pengion (A / m^2)}$$

$$V = \text{ volume efektif ionisasi (m^3)}$$

$$n_a = \text{ banyaknya atom atau molekul per unit volume (atom / m^3)}$$

$$\delta_i = \text{ tampang lintang ionisasi diferensial (m^2 / atom)}$$

2.4. Orbit Partikel Bermuatan dalam Medan Magnet

Partikel bermuatan yang bergerak dengan kecepatan (v) kemudian memasuki medan magnet (B) maka partikel tersebut akan terkena gaya Lorentz (F_L) yang arahnya

memenuhi kaidah berputarnya sekrup kanan. Kaidah berputarnya sekrup kanan ialah bahwa majunya sekrup yang diputar dari arah v ke arah B adalah arah gaya Lorentz (F_L). Dan besarnya gaya Lorentz (F_L) dituliskan sebagai berikut [*Sears dkk., 1962*] :

$$F_L = B q v \sin \phi \quad (2 - 18)$$

dengan,

F_L = gaya Lorentz (Newton)

B = kuat induksi magnet (Wb / m^2)

q = muatan partikel (coulomb)

v = kecepatan partikel (m / dt)

ϕ = besar sudut antara v dan arah medan B .

Partikel akan bergerak melingkar dalam medan magnet yang merata bila kecepatan awalnya mempunyai arah tegak lurus pada medan magnet tersebut. Karena partikel bergerak melingkar maka partikel terpengaruh oleh gaya sentripetal. Besar percepatan sentripetal yaitu v^2 / R , maka berdasarkan hukum Newton II diperoleh :

$$F_L = F_{sf}$$

$$B q v \sin \phi = m \frac{v^2}{R} \quad (2 - 19)$$

Maka besar radius lingkaran orbit partikel :

$$R = \frac{m v}{B q \sin \phi} \quad (2 - 20)$$

dengan,

R = radius lingkaran orbit (m)

m = massa partikel (kg)

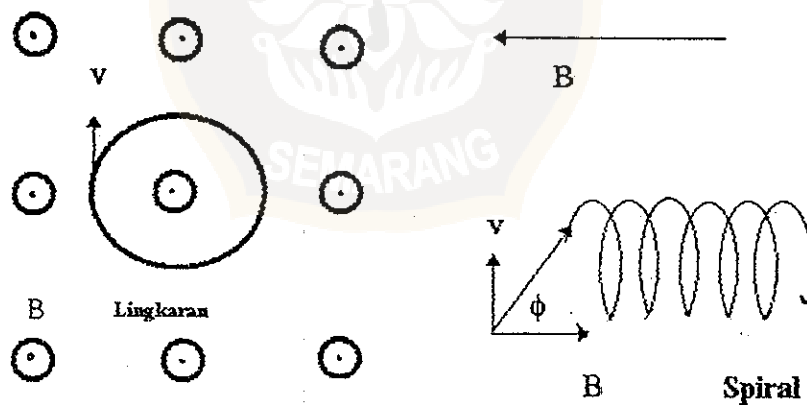
v = kecepatan partikel (m / dt)

B = kuat induksi magnet (Wb / m²)

q = muatan partikel (coulomb)

ϕ = besar sudut antara v dan arah medan B .

Usaha yang dilakukan gaya kemagnetan terhadap partikel bermuatan selalu nol, sebab gaya tersebut selalu tegak lurus pada arah gerak. Maka satu-satunya efek gaya kemagnetan ialah mengubah arah gerak dan bukan menambah atau mengurangi besar kecepatan [*Sears dkk., 1962*].



Gambar (2.1) Lintasan partikel dalam medan magnet.

Untuk medan magnet selenoida dibuat dengan melilitkan kawat di sekeliling permukaan silinder. Rapat fluksi resultan disembarang titik sama dengan hasil penjumlahan vektor B yang ditimbulkan satu demi satu lilitan. Besarnya kuat induksi magnet untuk sebuah magnet berbentuk selenoida adalah : [*Sutrisno dkk., 1983*]

$$B = \frac{\mu_0 IN}{L} \quad (2-21)$$

dengan,

B = kuat induksi magnet (Wb / m²)

μ_0 = permeabilitas ruang hampa ($4\pi \cdot 10^{-7}$ Wb / A. m)

I = besarnya arus yang mengalir (A)

N = banyaknya lilitan kawat

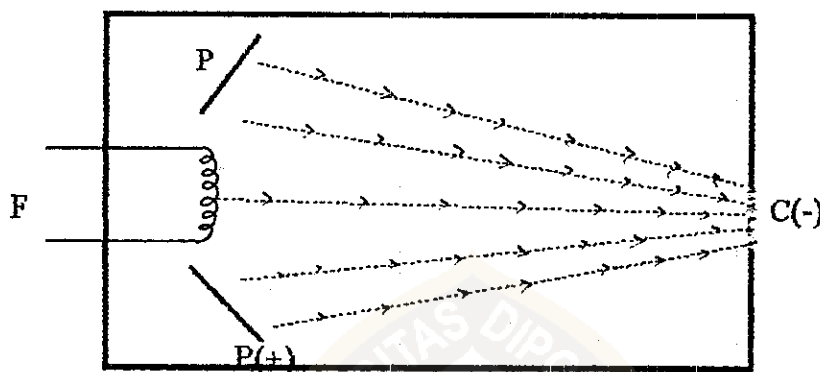
L = panjang selenoida (m)

Dalam sumber ion penggunaan medan magnet menyebabkan lintasan elektron pengion yang menuju ke anoda (+) akan diperpanjang, sehingga kebolehdian ionisasi semakin banyak dan arus ion yang ditangkap semakin besar.

2.5. Ekstraksi Ion

Berkas ion-ion hasil ionisasi dalam tabung pada sumber ion dapat didorong keluar dari ruang ionisasi dengan menggunakan suatu sistem ekstraksi. Kualitas ion yang didorong pada sumber ion tergantung pada jenis dan bentuk sistem ekstraksi. Untuk tipe "Celah berongga" dapat digunakan kanal keluaran berbentuk melingkar.

Beda tegangan antara elektroda pengestraksi yaitu antara elektroda pendorong dan celah sumber ion, akan menghasilkan medan listrik (E) dan menjadikan ion-ion bergerak searah dengan arah medan listrik (E). Akibatnya berkas ion akan menerobos keluar lewat celah sumber ion. Gambar (2.2) adalah ekstraksi ion dalam sumber ion.



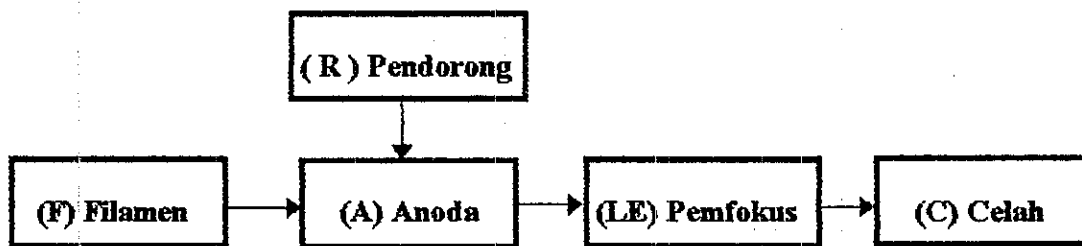
Gambar (2.2) Ekstraksi ion dalam sumber ion

(F) filamen; (P) elektroda pendorong; (C) elektroda celah.

2.6. Sumber Ion Tipe Tumbukan Elektron

Sumber ion berfungsi sebagai penghasil ion. Cuplikan ditempatkan ke dalam sumber ion kemudian diionisasi. Sumber ion tipe tumbukan elektron paling banyak dipergunakan karena kesederhanaan konstruksi, kestabilan dan kemudahan pengendaliannya. Dalam sumber ion tumbukan elektron, ionisasi dilakukan oleh elektron yang dihasilkan dari filamen yang dipanaskan kemudian diberi tenaga oleh anoda (+), untuk seterusnya akan terjadi ionisasi atau yang akan menghasilkan berkas

ion. Berkas ion kemudian akan didorong keluar dari ruang ionisasi oleh pendorong dan difokuskan tidak selalu ke arah celah sumber ion. Skema sumber ion tipe tumbukan elektron seperti terlihat pada gambar (2.3) dibawah ini.



Gambar (2.3) Skema sumber ion tipe tumbukan elektron

(F) filamen; (A) anoda; (R) elektroda pendorong; (LE) elektroda pemfokus; (C) elektroda celah.

Banyaknya atom atau molekul yang diionisasi dalam suatu sumber ion oleh tumbukan elektron bergantung pada parameter-parameter seperti : tampang lintang ionisasi differensial (δ_i), rapat arus berkas elektron penampang (J_e), banyaknya atom atau molekul yang diionisasi tiap satuan volume (n_a), dan volume efektif ionisasi (V_{ef}). Jika semua ion yang dihasilkan dalam volume efektif ionisasi dapat meninggalkan sumber, maka arus ion yang terpancar dari sumber diberikan oleh [*Valyi L., 1977*]:

$$I^+ = I_e V_{ef} n_a \delta_i \quad (2-22)$$

dengan,

$$I^+ = \text{ arus ion keluaran (A)}$$

$$J_e = \text{ rapat arus elektron pengion (A / m^2)}$$

V_{ef} = volume efektif ionisasi (m^3)

n_a = banyaknya atom atau molekul per unit volume (atom / m^3)

δ_i =ampang lintang ionisasi diferensial (m^2 / atom)

Sedang banyaknya atom atau molekul persatuan volume (n_a) dapat dihitung dari tekanan dan temperatur gas dalam volume ionisasi yang besarnya [*Valyi L., 1977*]:

$$n_a = \frac{P}{k T} \quad (2 - 23)$$

dengan,

P = tekanan (atm)

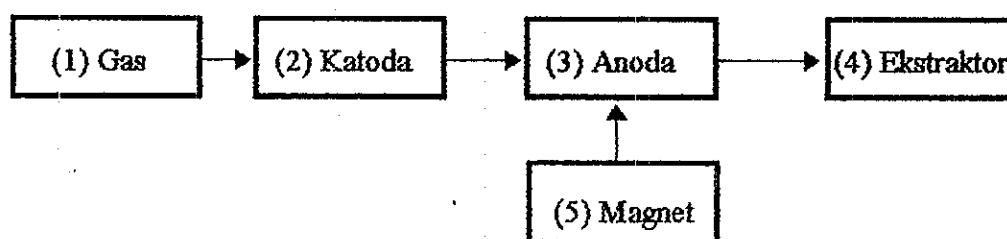
T = temperatur ($^{\circ}\text{K}$)

k = suatu tetapan gas (atm / $^{\circ}\text{K}$)

2.6.1. Sumber Ion Tipe Penning (katoda dingin)

Sumber ini bekerja pada pengionan gas, dimana gas ditembak dengan elektron dari sumber elektron sehingga timbul elektron sekunder yang akan mengionkan gas lebih lanjut. Gerakan elektron selain dipengaruhi oleh medan listrik juga dipengaruhi oleh medan magnet. Pada prinsipnya sumber ion tipe Penning terdiri atas suatu anoda yang berbentuk cincin dan keping-keping katoda yang terletak sebelah menyebelah. Keping-keping katoda tersebut dihubungkan satu dengan yang lain dan diberi suatu medan magnet tegak lurus. Karena pengaruh medan magnet tersebut, elektron-elektron yang bergerak lurus gerakannya akan berubah menjadi spiral dan

kebolehjadian ionisasi gas menjadi lebih besar, yang berarti terjadinya elektron sekunder besar. Ion yang dihasilkan tersebut akan dipercepat keluar dari ruang ionisasi dengan sistem ekstraktor yaitu memberi beda potensial antara pendorong dan celah. Gambar (2.4) dibawah ini adalah skema sumber ion tipe Penning.



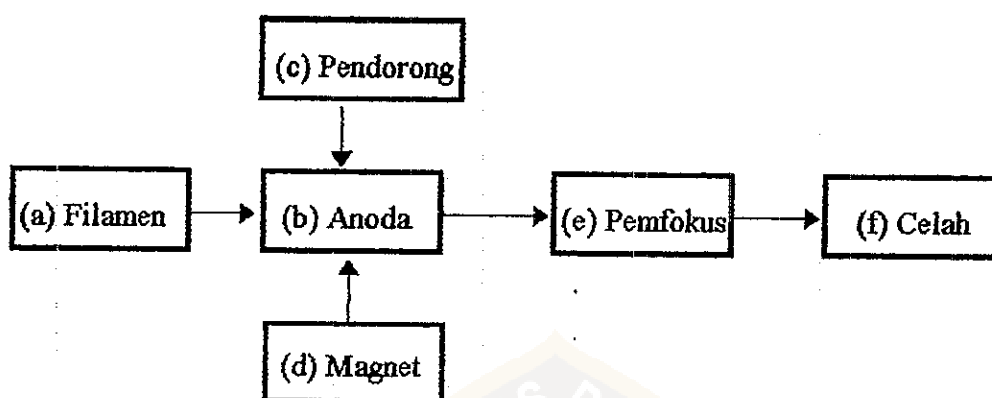
Gambar (2.4) Skema sumber ion tipe Penning

(1) gas masuk; (2) katoda; (3) anoda; (4) ekstraktor; (5) magnet;

2.6.2. Sumber Ion Tipe Katoda Panas

Pada sumber ion tipe katoda panas, gas-gas diionkan melalui tumbukan dengan elektron yang dihasilkan dari filamen. Filamen di sini berfungsi sebagai katoda adalah kawat yang dipanaskan dengan cara menghubungkannya pada sumber daya. Akibat pemanasan tersebut, elektron-elektron diemisikan dari katoda menjadi elektron bebas yang bergerak dalam tabung. Karena terjadi ionisasi di dalam ruang ionisasi maka partikel yang berada dalam ruang ionisasi akan bercampur antara partikel netral, elektron bebas dan ion. Ion-ion yang dihasilkan oleh proses ionisasi akan didorong keluar dari ruang ionisasi oleh elektroda pendorong yang diberi tegangan positif. Arus

berkas ion yang mempunyai kecenderungan menyebar akibat gaya tolak-menolak antara ion-ion di dalam ruang ionisasi difokuskan oleh lensa pemfokus. Berkas ion yang sudah terfokus akan dipercepat keluar melalui celah sumber ion.



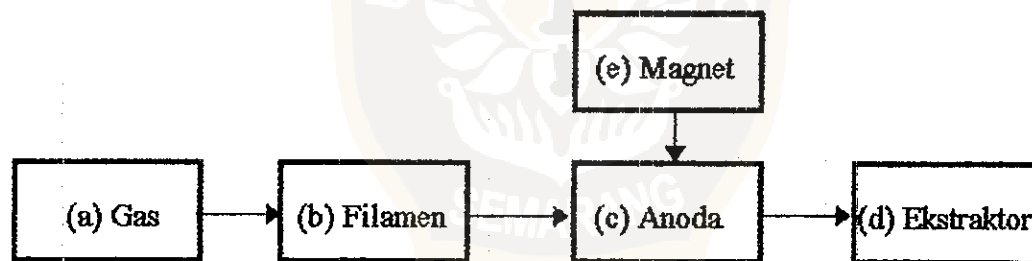
Gambar (2.5) Skema sumber ion tipe katoda panas untuk cuplikan padat

(a) Filamen; (b) anoda; (c) elektroda pendorong; (d) Magnet; (e) elektroda pemfokus; (f) celah sumber ion.

2.6.3. Sumber Ion Tipe Duoplasmatron

Sumber ion ini mempunyai konsentrasi ion yang sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena pada sumber ion duoplasmatron terjadi tumbukan beruntun, menyebabkan ionisasi yang terjadi sangat banyak. Konsentrasi ion yang tinggi terdapat pada daerah di sekitar celah ekstraksi mencapai $5 \cdot 10^{14}$ ion/cm³. Sumber ion duoplasmatron beroperasi pada tekanan 0,5 sampai $8 \cdot 10^{-2}$ mmHg. Sumber ion ini terdiri dari tiga elektroda yaitu pemanas (filamen) sebagai katoda, anoda yang berfungsi sebagai pemberi tenaga pada elektron yang diemisikan dari filamen dan

sistem ekstraksi yang akan mendorong ion keluar dari ruang ionisasi. Pada sumber ion duoplasmatron ada magnet yang berfungsi untuk memperpanjang lintasan elektron yang menuju ke anoda. Pada umumnya filamen dipanaskan terlebih dahulu dengan memberi daya sekitar 50 hingga 100 watt, sehingga akan menimbulkan elektron-elektron karena proses emisi, selanjutnya akan bertabrakan dengan atom atau molekul bahan yang menyebabkan terjadinya ionisasi. Ion yang dihasilkan akan dipercepat keluar dari ruang ionisasi oleh elektroda pengestraksi yang diberi potensial negatif. Sumber ion ini dapat membangkitkan arus ion keluaran hingga orde 1 A, dan jika memakai akselerator yang kecil arus ion yang dihasilkan sekitar 1 sampai 10 mA, dan kuat medan magnetnya berkisar 5000 sampai 16000 gauss. Skema sumber ion tipe duoplasmatron terlihat pada gambar (2.6) di bawah ini.



Gambar (2.6) Skema sumber ion duoplasmatron

(a) gas masuk; (b) filamen; (c) anoda; (d) elektroda pengestraksi;
(e) magnet.

2.7. Sistem Vakum

Vakum dapat didefinisikan sebagai suatu ruang yang kerapatan gas (banyaknya zarah per satuan volume) di dalamnya sangat rendah. Dalam mesin implantor ion diperlukan kehampaan yang sangat tinggi yang menyebabkan jarak molekul-molekul gas dalam tabung besar sehingga kemungkinan terjadi tumbukan kecil. Jarak yang ditempuh oleh molekul-molekul yang bertumbukan didefinisikan sebagai jarak bebas rata-rata.

Bagi udara pada suhu kamar berlaku persamaan [*Ro! P. K., 1977*] :

$$\lambda_{\text{udara}} = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ cm. Torr}}{P} \quad (2 - 24)$$

dengan,

λ = jarak bebas (cm)

P = tekanan vakum (Torr)

Pada mesin implantor ion diperlukan kehampaan sekitar 10^7 Torr, sehingga menurut persamaan (2 - 24) diperoleh jarak bebas rata-rata sekitar $5 \cdot 10^4$ cm. Untuk menghampakan suatu sistem atau bejana digunakan pompa yang berfungsi untuk mengambil udara dari dalam bejana ke luar atmosfer.

Tabel (2.3) Jarak bebas rata-rata molekul (λ) sebagai fungsi tekanan. [*Rol P. K., 1977*]

Tekanan dalam Torr	Jarak bebas rata-rata molekul (λ) dalam cm
760 - 1	$6,58 \cdot 10^{-6}$ - $5 \cdot 10^{-3}$
1 - 10^{-3}	$5 \cdot 10^{-3}$ - 5
10^{-3} - 10^{-7}	5 - $5 \cdot 10^4$
10^{-7} - 10^{-11}	$5 \cdot 10^4$ - $5 \cdot 10^8$

Keadaan vakum dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu

1. Vakum kasar 1 - 100 Torr
2. Vakum sedang 10^{-3} - 1 Torr
3. vakum tinggi 10^{-7} - 10^{-3} Torr
4. vakum ultra tinggi $< 10^{-7}$ Torr

Sistem vakum dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Sistem-sistem statis

Sistem-sistem ini dapat dipompa vakumkan dan disumbat, sehingga kemudian tinggalah dalam keadaan vakum. Jadi sistem-sistem demikian harus bebas dari kebocoran serta benar-benar terawagaskan (bebas dari pengotoran gas).

2. Sistem-sistem dinamis

Sistem-sistem dinamis adalah sistem dimana pemompaan dilakukan terus-menerus agar tekanan yang dikehendaki tetap dipertahankan.