BAB II

LATAR BELAKANG TEORI

2.1. PROSES IONISASI

Ionisasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses terlepasnya satu atau lebih elektron dari ikatannya dalam suatu atom atau molekul. Atom atau molekul yang kehilangan elektron pada proses ionisasi tersebut akan bermuatan positif yang disebut ion positif. Energi yang dibutuhkan untuk melepaskan satu atau lebih elektron dari orbitnya pada atom atau molekul ke keadaan bebas didefinisikan sebagai potensial ionisasi E_i (Energi Ionisasi) dari atom atau molekul tersebut. Besarnya potensial ionisasi tersebut dinyatakan dalam satuan elektron volt (eV). Potensial ionisasi yang pertama adalah energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron dari orbit terluar suatu atom atau molekul, sedangkan potensial ionisasi kedua, ketiga dan seterusnya adalah energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron dari orbit yang lebih dalam didalam suatu atom atau molekul [15]. Proses ionisasi dapat ditimbulkan oleh tumbukan elektron, ion dan oleh kuanta cahaya.

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)

2.1.1. Ionisasi oleh tumbukan elektron [15]

Pada proses ionisasi jenis ini terjadi tumbukan tak elastis antara atom atau molekul dengan elektron pengion. Energi yang diperlukan untuk melepaskan satu atau lebih elektron dari ikantannya didalam atom atau molekul diberikan didalam tumbukan oleh elektron penumbuk kepada elektron dari atom atau molekul. Besarnya energi yang dibutuhkan untuk melepaskan elektron dari ikatannya tersebut (energi ioinisasi), tergantung pada keadaan energi atom atau molekul tertumbuk. Dalam keadaan stabil ionisasi dapat terjadi jika energi elektron yang menumbuk lebih besar atau sama dengan energi ionisasi atom atau molekul tertumbuk yang dapat ditulis sebagai :

$$1/2\ m_e\ v_e^2 \geq e\ V' \qquad (2\text{-}1).$$

dimana :

m_e = massa elektron

v_e = kecepatan elektron

e = muatan elektron

V' = potensial ionisasi atom atau molekul

Ionisasi dapat juga terjadi pada energi elektron penumbuk dibawah energi ionisasi jika atom atau molekul tertumbuk pada keadaan tereksitasi.

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. Ionisasi oleh tumbukan ion [15]

Proses ionisasi ini terjadi akibat tumbukan tak elastis antara atom atau molekul dengan partikel atomik. Ionisasi tersebut bergantung pada keadaan partikel yang bertumbukan dengan energi tumbukan. Tumbukan tak elastis antara atom atau molekul dengan partikel atomik tersebut dapat menimbulkan ionisasi jika energi partikel penumbuk memenuhi syarat sebagai berikut [13] :

$$E > E_u \qquad (2\text{-}2)$$

dimana E : Energi partikel penumbuk

E_u: Energi ambang ionisasi, yang diberikan oleh persamaan [12]

$$E_u = \frac{E_o^i (m_1 + m_2)}{m_2} \qquad (2\text{-}3)$$

dimana E_o^i : Energi dasar, Joule.

m_1, m_2 : Massa partikel yang bertumbukan .

Ionisasi dengan energi tumbukan lebih rendah dapat terjadi jika kedua atom yang bertumbukan dalam keadaan tereksitasi. Kemudian selama tumbukan tak elastis, energi eksitasi salah satu partikel diberikan kepada partikel lainnya.

Arus ion yang dihasilkan diberikan oleh persamaan [15] :

$$I_i^+ = I_i V n_a \sigma_i \qquad (2\text{-}4)$$

dimana I_i^+ = Arus ion yang dihasilkan, amper.

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)

I_i = Arus ion, amper.

V = Volume efektif ionisasi, m^3.

n_a = Banyaknya atom per unit volume, atom / m^3.

σ_i = Tampang lintang ionisasi diferensial, ion / atom .ion

2.1.3. Ionisasi oleh kuanta cahaya [15]

Ionisasi juga dapat terjadi akibat adanya interaksi foton dengan atom atau molekul, atau dapat juga dikatakan bahwa atom atau molekul dapat terionisasi karena penyerapan cahaya. Proses ini juga disebut fotoionisasi yang dapat terjadi jika energi foton yang diserap atom atau molekul lebih besar atau sama dengan potensial ionisasi [13]. Apabila energi foton lebih besar daripada energi potensial ionisasi atom atau molekul, maka kelebihan energi tersebut dapat diwujudkan sebagai energi kinetik elektron.

Energi kinetik elektron yang dilepaskan dalam proses fotoionisasi diberikan dalam persamaan [15] :

$$E_c^k = h\nu - E_{nl}^i \qquad (2\text{-}5)$$

dimana E_c^k = Energi kinetik elektron

h = Tetapan Planck ($6{,}626 \times 10^{-34}$ J / dt)

ν = Frekuensi foton

E_{nl}^i = Potensial ionisasi atom atau molekul, dimana n dan l (bilangan kuantum utama dan orbital)

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)

Proses fotoionisasi yang terjadi pada molekul netral dapat dilukiskan sebagai berikut :

$$AB + h\nu \longrightarrow AB^{+} + e + E_{i}^{k} \qquad (2\text{-}6)$$

dimana AB = molekul netral

AB^{+} = ion positif

$h\nu$ = Energi foton / cahaya

E_{i}^{k} = Energi kinetik elektron

e = Elektron

Arus ion yang dihasilkan oleh proses ionisasi ini diberikan oleh persamaan dibawah ini [15] :

$$I_{i}^{+} = I_{\varphi}\ V\ n_{a}\ \sigma_{i} \qquad (2\text{-}7)$$

dimana I_{i}^{+} = Arus ion yang dihasilkan, amper.

I_{φ} = Intensitas arus foton

V = Volume efektif ionisasi, m^{3}.

n_{a} = Banyaknya atom/molekul per unit volume, atom / m^{3}.

σ_{i} = Tampang lintang ionisasi diferensial, ion / atom . foton

2.1.4. Produksi ion oleh tumbukan elektron

Banyaknya atom atau molekul yang diionisasi dalam suatu sumber ion oleh tumbukan elektron bergantung pada parameter-parameter seperti : tampang lintang ionisasi diferensial (σ), rapat arus berkas elektron penampang (Ie), banyaknya atom atau molekul ion yang diionisasi tiap

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)

satuan volume (n_a) dan volume efektif V_{ef} dari ionisasi. Jika semua ion yang dihasilkan dalam volume efektif ionisasi dapat meninggalkan sumber, arus ion yang terpancar dari sumber diberikan oleh :

$$I_i^+ = I_e \quad V_{ef} \quad n_a \quad \sigma \qquad (2\text{-}8)$$

dimana :

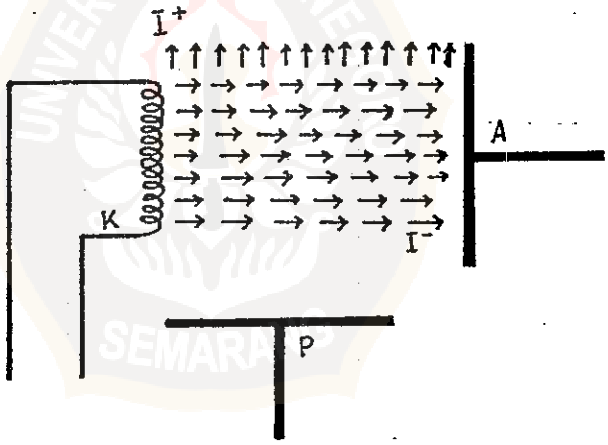
I_i^+ = Arus ion keluaran, amper.

I_e = Arus elektron, amper.

V_{ef} = Volume efektif ionisasi, m^3.

n_a = Banyaknya atom / molekul persatuan volume, atom / m^3.

σ = Tampang lintang ionisasi diferensial, ion / atom.elektron



Gambar (2.1) Produksi ion oleh tumbukan elektron.

(K) Katoda, (A) Anoda, (P) Elektroda Pendorong, (I^+) Arus ion, (I^-) Arus elektron.

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)

Tenaga elektron dapat dipilih sama dengan tenaga tumbukan yang berhubungan dengan nilai maksimum tampang lintang ionisasi atom atau molekul yang diionisasi. Banyaknya atom atau molekul tiap satuan volume dapat dihitung dari tekanan dan temperatur gas dalam volume ionisasi, menggunakan rumus :

$$n_a = P / k T \qquad (2\text{-}9)$$

dimana P = Tekanan , atm.

T = Temperatur, ^{o}K.

2.2. Sumber ion

Sumber ion dipergunakan sebagai penghasil ion. Cuplikan ditempatkan dalam sumber dan kemudian diionisasi. Berkas ion yang dihasilkan ditarik oleh ekstraktor untuk kemudian diarahkan pada sistem lensa agar terfokus sehingga berkas tersebut sampai pada penganalisa. Peralatan ini juga berfungsi untuk membentuk dan memancarkan berkas ion sehingga berkas tersebut memungkinkan untuk masuk pada penganalisa massa. Dengan fungsi yang demikian itu diharapkan akan dihasilkan suatu komposisi berkas ion dimana komposisi tersebut secara akurat mewakili komposisi cuplikan.

Berbagai sumber ion telah banyak dikembangkan dan beberapa sumber ion yang telah dibuat di PPNY BATAN adalah :

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)

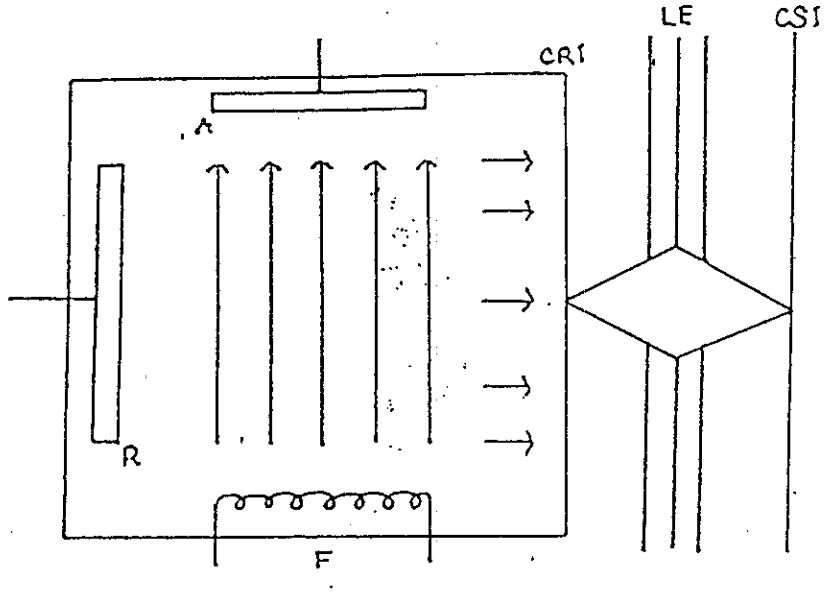
1. Sumber ion tumbukan elektron
2. Sumber ion tipe lucutan.
3. Sumber ion tipe laser .
4. Sumber ion tipe thermal .

2.2.1. Sumber ion tipe tumbukan elektron

Sumber ion yang banyak dipergunakan adalah tipe tumbukan elektron karena kesederhanaan konstruksinya, kestabilannya dan arus keluarannya dapat dikendalikan dengan akurat dengan pengendalian arus elektron pengion.

Dalam sumber ion tumbukan elektron, ionisasi dilakukan oleh elektron yang dihasilkan oleh filamen yang dipanaskan dan diberi tenaga oleh anoda. Ion didorong keluar dari ruang ionisasi oleh pendorong dan difokuskan oleh lensa Einzel kearah celah sumber ion. Diagram sumber ion tumbukan elektron ditunjukkan pada Gambar (2.2).

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)



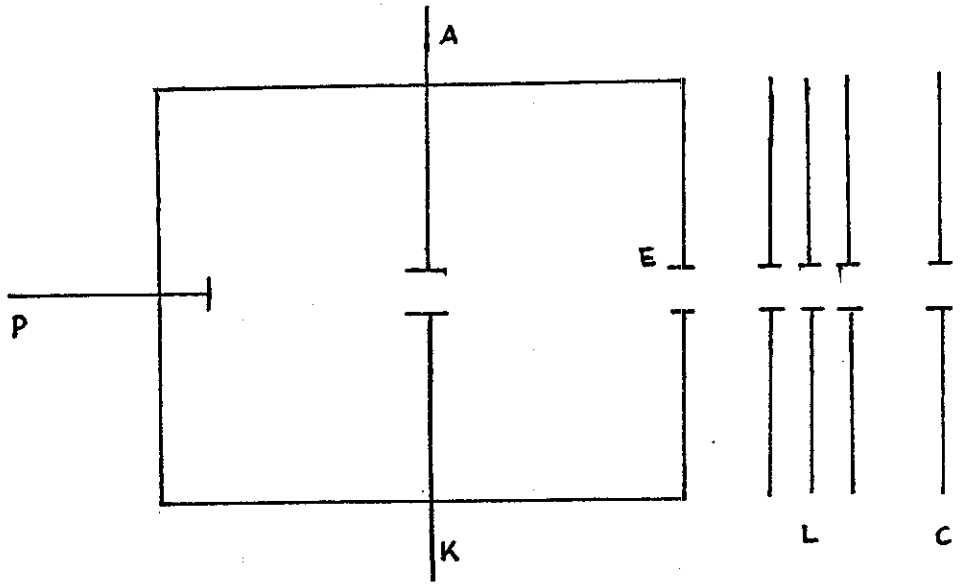
Gambar (2.2) Diagram sumber ion tumbukan elektron.

F = Filamen, R = Pendorong, A = Anoda, CRI = Celah Ruang Ionisasi, CSI = Celah Sumber Ion, LE = Lensa einzel.

2.2.2 Sumber ion tipe lucutan [3]

Pada prinsipnya sumber ion tipe ionisasi lucutan adalah sumber ion lucutan gas bertekanan rendah (low pressure gas discharge ion source), dimana dalam ruang ionisasi terdapat sepasang elektroda (katoda dan anoda) untuk melucuti gas cuplikan. Lucutan yang terjadi antara katoda dan anoda tersebut menyebabkan terjadinya ionisasi pada gas cuplikan dalam ruang ionisasi. Tekanan gas cuplikan tersebut biasanya berkisar antara 10^{-4} sampai 10^{-3} Torr. Skema sumber ion tipe ionosasi lucutan dapat dilihat pada Gambar (2.3).

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 sumber ion tipe ionisasi lucutan

P = Elektroda pendorong, A = Anoda, K = Katoda, E = Celah ekstraktor, L =sistim lensa Einzel, C = Celah sumber ion.

Ion-ion yang terbentuk dalam sumber ion didorong keluar melalui celah ekstraktor (E) dengan suatu tegangan pendorong (P) dan difokuskan dengan lensa Einzel ke arah celah sumber ion (C).

2.2.3. Sumber ion tipe ionisasi laser.[4]

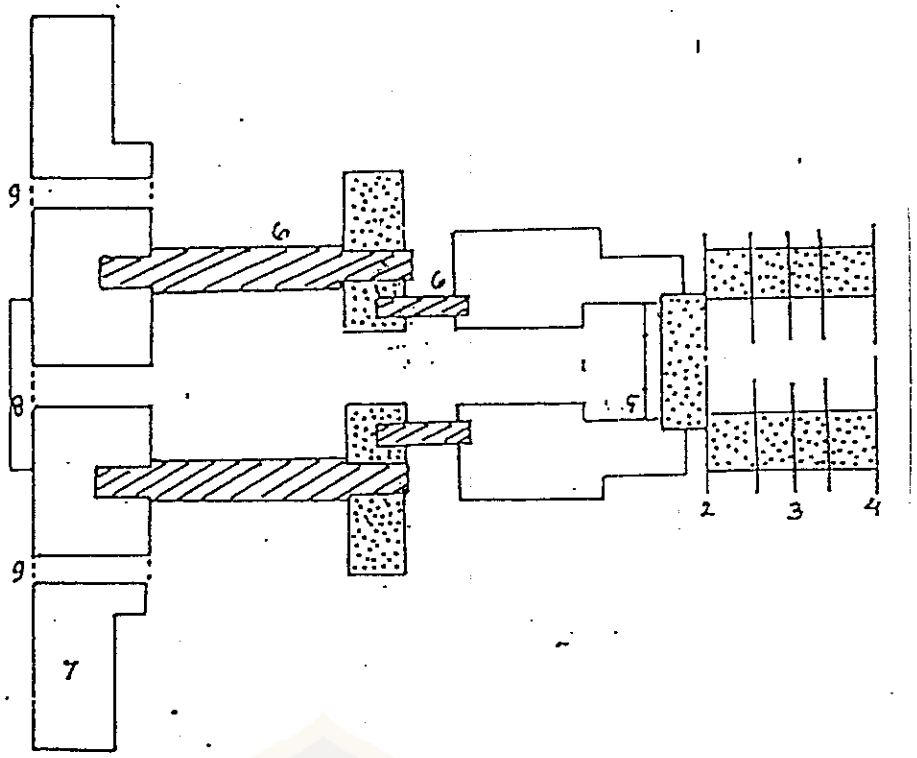
Sumber ion ini mempunyai ruang ionisasi berbentuk silinder. Cuplikan bahan padat dipasang di dalam ruang ionisasi. Untuk memasukkan berkas laser ke dalam ruang

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)

ionisasi dipergunakan jendela (window) pada bagian depan. Jendela ini juga berfungsi sebagai pembatas ruang ionisasi sumber ion dengan udara luar. Sedangkan untuk memfokuskan berkas laser pada cuplikan padat didalam ruang ionisasi sumber ion dipergunakan lensa yang diletakkan di depan jendela. Baik jendela maupun lensa tersebut terbuat dari bahan gelas yang dilapisi dengan bahan khusus sedemikian rupa sehingga transmisi pada panjang gelombang laser yang dipergunakan besar.

Laser yang lazim dipergunakan adalah laser pulsa Nd-YAG dengan panjang gelombang 1.06 μm. Untuk jenis laser tersebut dapat digunakan jendela dan lensa dengan lapisan bahan ZnSe. Ion-ion dikeluarkan dari ruang ionisasi dengan ekstraktor dan difokuskan dengan lensa Einzel. Konstruksi sumber ion tipe ionisasi laser seperti terlihat pada Gambar (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)



Gambar (2.4) Konstruksi sumber ion tipe ionisasi laser.

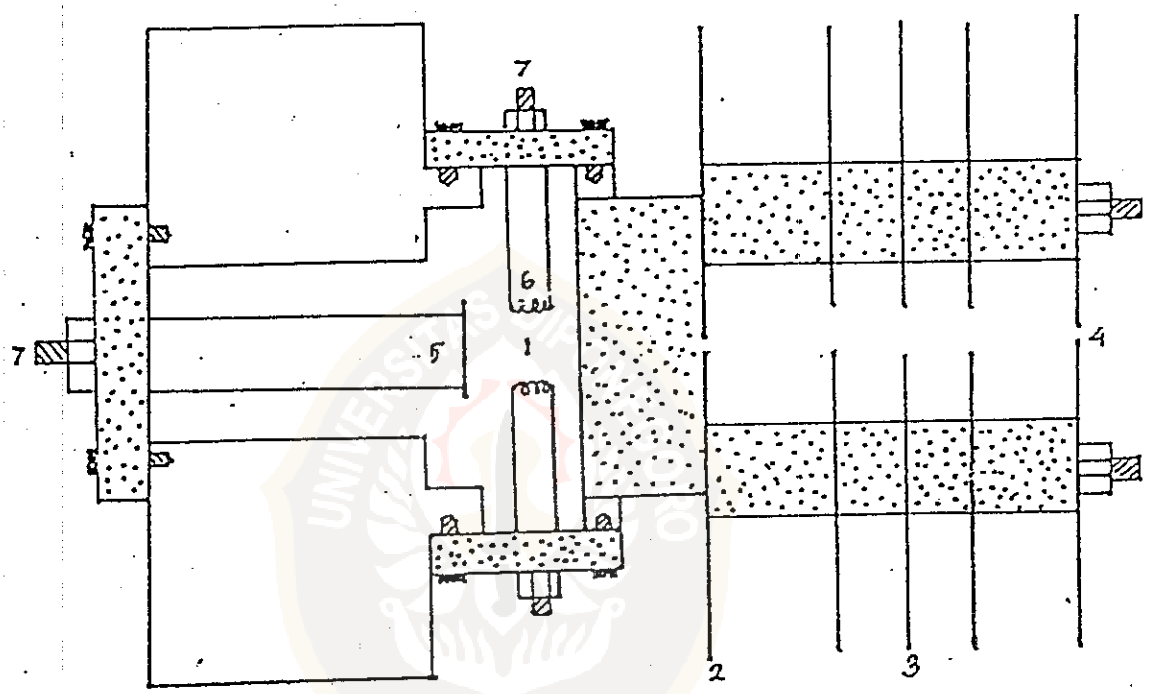
1 = Ruang ionisasi, 2 = Ekstraktor, 3 = Lensa Einzel, 4 = Celah sumber ion, 5 = Tempat cuplikan, 6 = Penyangga, 7 = Flange, 8 = Jendela, 9 = Lubang untuk feedthrough.

2.2.4. Sumber ion tipe ionisasi thermal [14]

Sumber ion ini mempunyai ruang ionisasi berbentuk silinder. Di dalam ruang ionisasi terdapat sebuah filamen pemanas cuplikan berbentuk plat yang terbuat dari bahan Rhenium, dan dua buah filamen pemancar elektron pengion berbentuk spiral yang terbuat dari kawat tungsten. Untuk mengeluarkan ion-ion yang terbentuk di dalam ruang ionisasi maka dibelakang ruang ionisasi dipasang

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)

elektrode ekstraktor dan untuk memfokuskan berkas ion tersebut maka diantara elektrode ekstraktor dan celah sumber ion ditempatkan sistem lensa Einzel. Konstruksi sumber ion tipe ionisasi thermal terlihat pada Gambar (2.5).



Gambar (2.5) Konstruksi sumber ion tipe ionisasi thermal.

1 = Ruang ionisasi, 2 = Ekstraktor, 3 = Lensa Einzel, 4 = Celah sumber ion, 5 = Filamen cuplikan, 6 = Filamen ruang ionisasi, 7 = Dudukan filamen.

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)

2.3. Gerak partikel dalam medan magnet

Partikel bermuatan yang bergerak dengan kecepatan v kemudian memasuki medan magnt B maka partikel akan terkena gaya Lorentz yang arahnya memenuhi kaidah berputarnya sekrup kanan da besarnya :

$$F_L = q\ v\ B \sin \phi \qquad (2\text{-}10)$$

dimana F_L = Gaya Lorentz

q = Muatan partikel

v = Kecepatan partikel

B = Kuat medan magnet

Kaidah berputarnya sekrup kanan : majunya sekrup yanng diputar dari arah v ke arah B adalah arah F_L.

Apabila arah v tegak lurus terhadap arah B maka lintasan partikel akan berupa lingkaran, karena diimbangi gaya sentrifugal :

$$F_L = F_{sf} \qquad (2\text{-}11)$$

$$q\ v\ B \sin \phi = m\ v^2 / R$$

dimana F_L = Gaya Lorentz

F_{sf} = Gaya sentrifugal

q = Muatann partikel

v = Kecepatan partikel

m = Massa partikel

R = Jari-jari lingkaran

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)

Dari persamaan diatas dapat diperoleh jari-jari lingkaran lintasan partikel :

$$R = m\ v\ /\ q\ B \sin \phi \qquad (2\text{-}12)$$

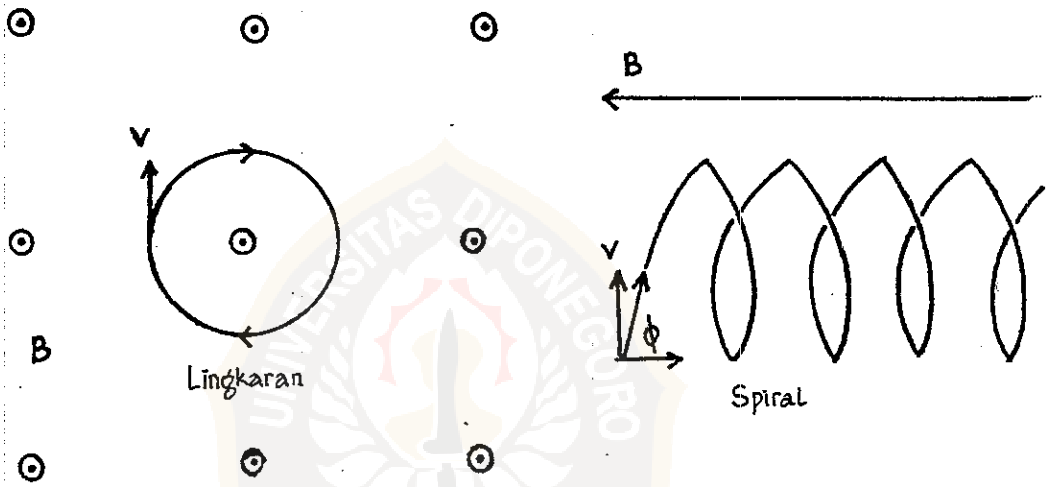
dimana R = Jari-jari lingkaran

m = Massa partikeel

v = Kecepatan partikel

q = Muatan partikel

B = Kuat medan magnet



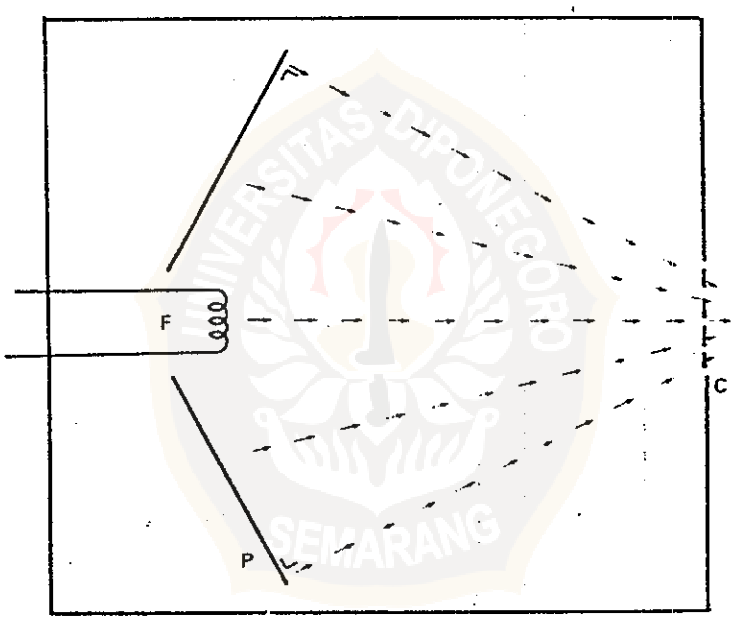
Gambar (2.6) Lintasan partikel dalam medan magnet

2.4. Ekstraksi [15]

Berkas ion hasil ionisasi dalam tabung lucutan dapat didorong keluar dari tabung dengan mengunakan suatu sistem ekstraksi. Untuk ekstraksi dalam tabung pada penelitian ini digunakan sistim ekstraksi "celah berongga " dalam

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)

ruang ionisasi yang berbentuk melingkar karena mempunyai sistim tembus yang tinggi pada celah keluaran dari sumber ion. Beda tegangan antara elektroda pengekstraksi yaitu elektroda pendorong dan celah sumber ion akan menghasilkan medan listrik yang merupakan lensa sehingga berkas ion tertarik keluar terfokus. Akibatnya berkas ion akan menyempit dan menuju sasaran lewat celah sumber ion. Gambar ekstraksi ion dalam tabung sumber ion terlihat pada Gambar (2.7).



Gambar (2. 7) Ekstraksi dalam sumber ion.

F = Filamen, P = Elektroda pendorong,
C = Celah.

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)

2.5. Pemfokusan [10]

Lensa pemfokus berfungsi memfokuskan berkas ion yang keluar dari ruang ionisasi. Berkas ion yang keluar dari ruang ionisasi mempunyai kecenderungan menyebar akibat gaya tolak menolak antar ion-ion itu sendiri. Berkas tersebut dapat menjadikan penurunan arus berkas ion disasaran, sehingga dibuat sistem lensa untuk memfokuskan berkas tersebut.

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

Salah satu sistem lensa yang digunakan dalam pemfokusan berkas ion ini adalah lensa elektrostatis. Berkas ion dapat dibuat terkolimasi, terfokus atau terdevergensi dengan cara mengubah-ubah besar tegangan yang diberikan pada elektroda pemfokus sampai diperoleh berkas yang terfokus keluar dari sistem sumber ion. Jarak fokus berkas ion yang terfokus atau terkonvergensi adalah :

$$f = \frac{4\ V_f}{(\ dV\ /\ dx\ )} \qquad (2\text{-}13)$$

dimana :

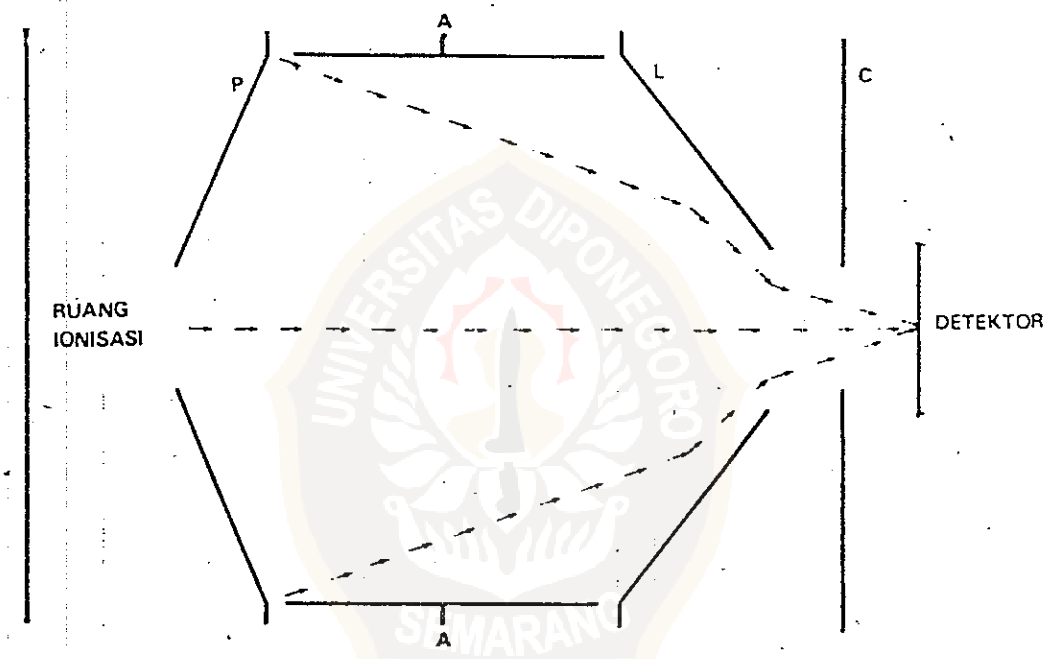
f = jarak fokus, yaitu jarak titik berkas ion terhadap ujung lensa pemfokus.

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_f = tegangan pemercepat.

dV / dx = gradien tegangan antar elektroda pemfokus.

Dengan meletakkan lensa pemfokus pada jarak yang memenuhi hubungan seperti pada persamaan diatas, maka lintasan berkas ion akan hampir seluruhnya berada didalam tabung. Diagram Pemfokus Elektrostatis dilihat pada Gambar (2.8).



Gambar (2.8) Jalannya berkas ion melalui lensa pemfokus.

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)

2.5. Penguapan bahan padat [5]

Uap adalah suatu gas yang mendekati temperatur kondensasi dan penguapan adalah perangsangan molekul secara thermal kedalam fase uap. Dalam kesetimbangan dinamis jumlah molekul yang meninggalkan permukaan suatu padatan atau cairan sama dengan jumlah molekul yang datang pada permukaan. Tekanan uap diatas permukaan dalam setiap kesetimbangan dinamis adalah tekanan uap pada temperatur yang sama. Untuk penguapan bebas pada cuplikan padatan suatu sumber yang dipanaskan diberikan dalam suatu bentuk berbeda. Jumlah maksimum penguapan bentuk padat adalah tergantung pada parameter temperatur, tekanan uap, luas permukaan dan berat molekul sebagai berikut :

$$\tau \text{ (molekul/s)} = (2{,}63 \times 10^{24}) \frac{P\ A}{(M\ T)^{1/2}} \qquad (2\text{-}14).$$

dimana τ = Jumlah maksimum penguapan zat padat,mol/s

P = Tekanan uap, atmosfir

A = Luas permukaan, M^2.

M = Berat molekul, kilogram.

T = Temperatur, ^{o} kelvin.

Apabila penguapan dilakukan di ruang hampa, maka terlihat penurunan titik didih cuplikan. Cara penguapan yang lazim digunakan adalah pemanasan cuplikan sampai cuplikan berubah fase dari keadaan semula menjadi uap.

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)