

FISIKA - D. - P. 1994

KKS

KE

530.072

Kem

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA

# PEMANFAATAN MAGNET PEMBELOK $60^{\circ}$ PADA ION IMPLANTOR 90 ke V

002971995 3141

Ketua Peneliti :

Drs. Djoni Izak Rudyardjo

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

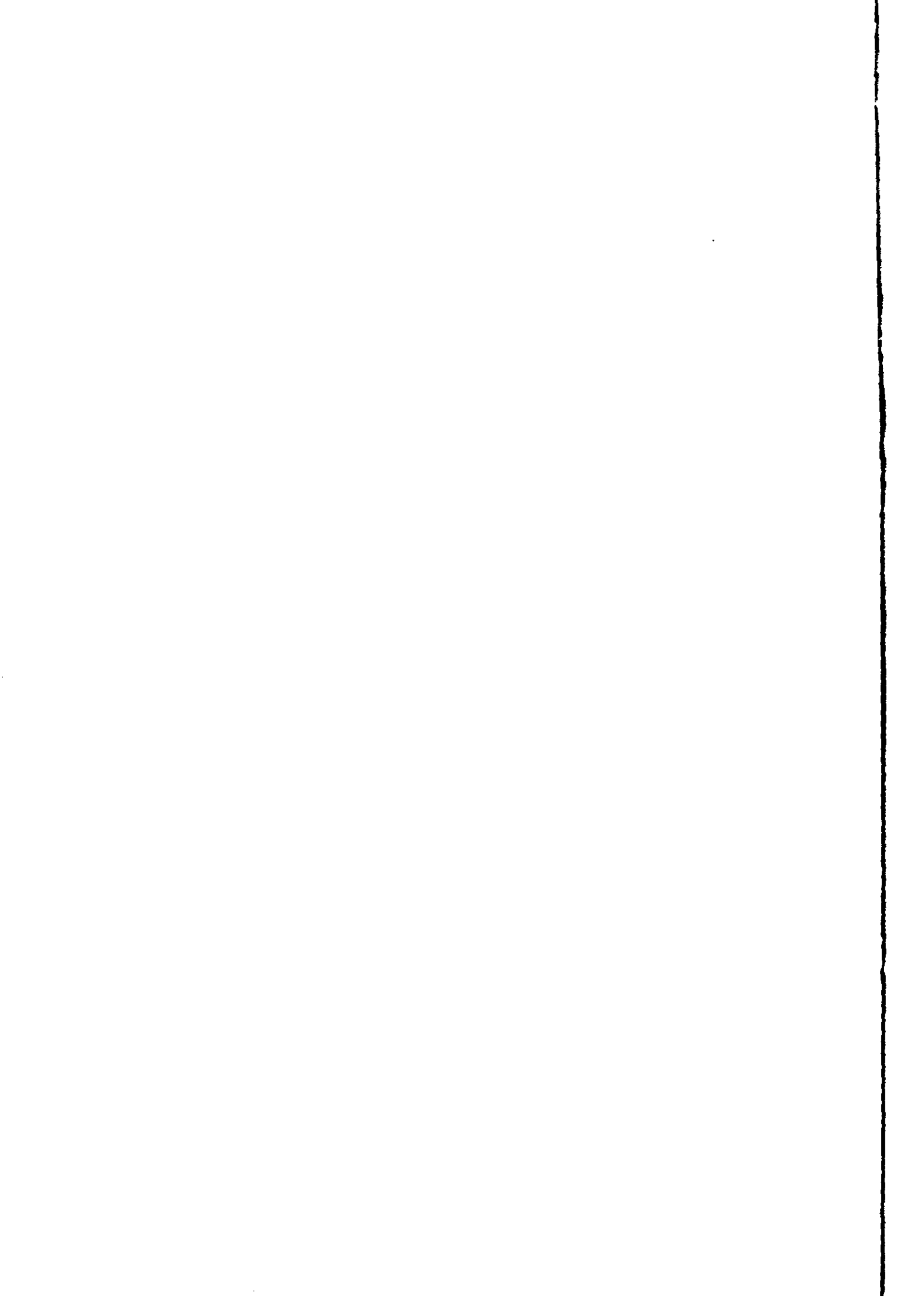


LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh : DIP OPF Unair 1994/1995

SK.Rektor Nomor : 5655/PT03.H/N/1994

Nomor : 168





DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA

# LEMBAGA PENELITIAN

Jl. Darmawangsa Dalam 2 Telp. (031) 42322 Surabaya 60286

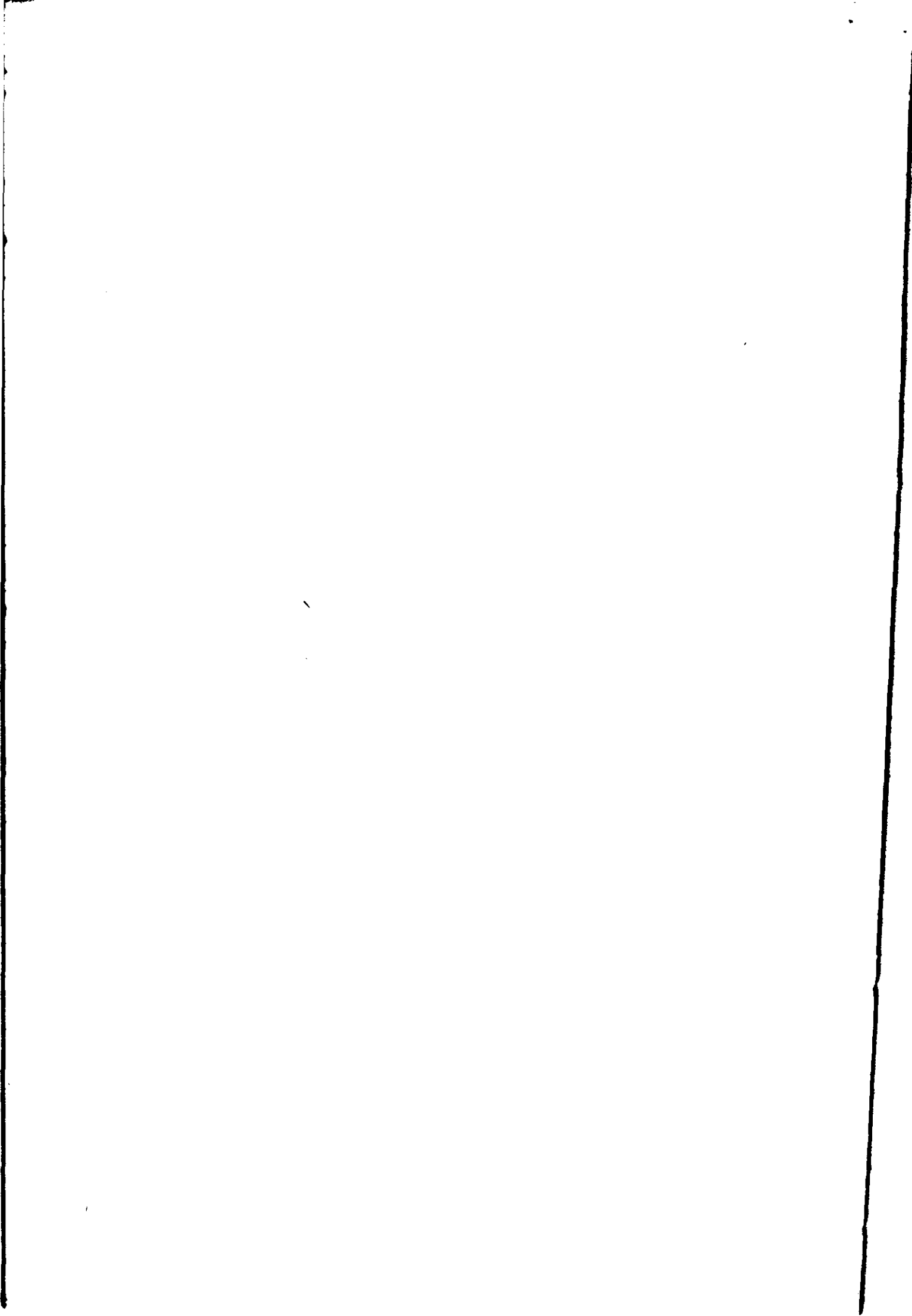
IDENTITAS DAN PENGESAHAN  
LEMBAGA AKHIR HASIL PENELITIAN

1. a. Judul Penelitian : Pemanfaatan Magnet Pembelok 60 Derajat Pada Ion Implantor 90 KeV.  
b. Macam Penelitian : (V) Fundamental, ( ) Terapan, ( ) Pengembangan
2. Kepala Proyek Penelitian
  - a. Nama Lengkap Dengan Gelar : Drs. Djony Izak Rudyardjo
  - b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
  - c. Pangkat/Golongan dan NIP : Penata Muda/IIIa/132 058 821
  - d. Jabatan Sekarang : Staf Pengajar
  - e. Fakultas / Jurusan : FMIPA/Fisika
  - f. Univ./Inst./Akademi : Universitas Airlangga
  - g. Bidang Ilmu Yang Diteliti : Fisika Eksperimental
3. Jumlah Tim Peneliti : 5 (lima) orang
4. Lokasi Penelitian : Lab. Fisika Eksperimental FMIPA Unair
5. Kerjasama dengan Instansi Lain
  - a. Nama Instansi : -
  - b. A l a m a t : -
6. Jangka Waktu Penelitian : 5 (lima) bulan
7. Biaya Yang Diperlukan : Rp 1.500.000,00
8. Seminar Hasil Penelitian :
  - a. Dilaksanakan Tanggal : 30 Maret 1995
  - b. Hasil Penilaian : ~~( ) Baik Sekali~~ ~~( ) Baik~~  
( V ) Sedang ( ) Kurang

Surabaya, 5 April 1995

Mengetahui/ Mengesahkan  
a.n. Rektor  
Ketua Lembaga Penelitian,

  
Dr. Noor Cholies Zaini  
NIP. 130 355 372



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA

**PEMANFAATAN MAGNET PEMBELOK  $60^\circ$  PADA ION  
IMPLANTOR 90 keV**

00297 19953141

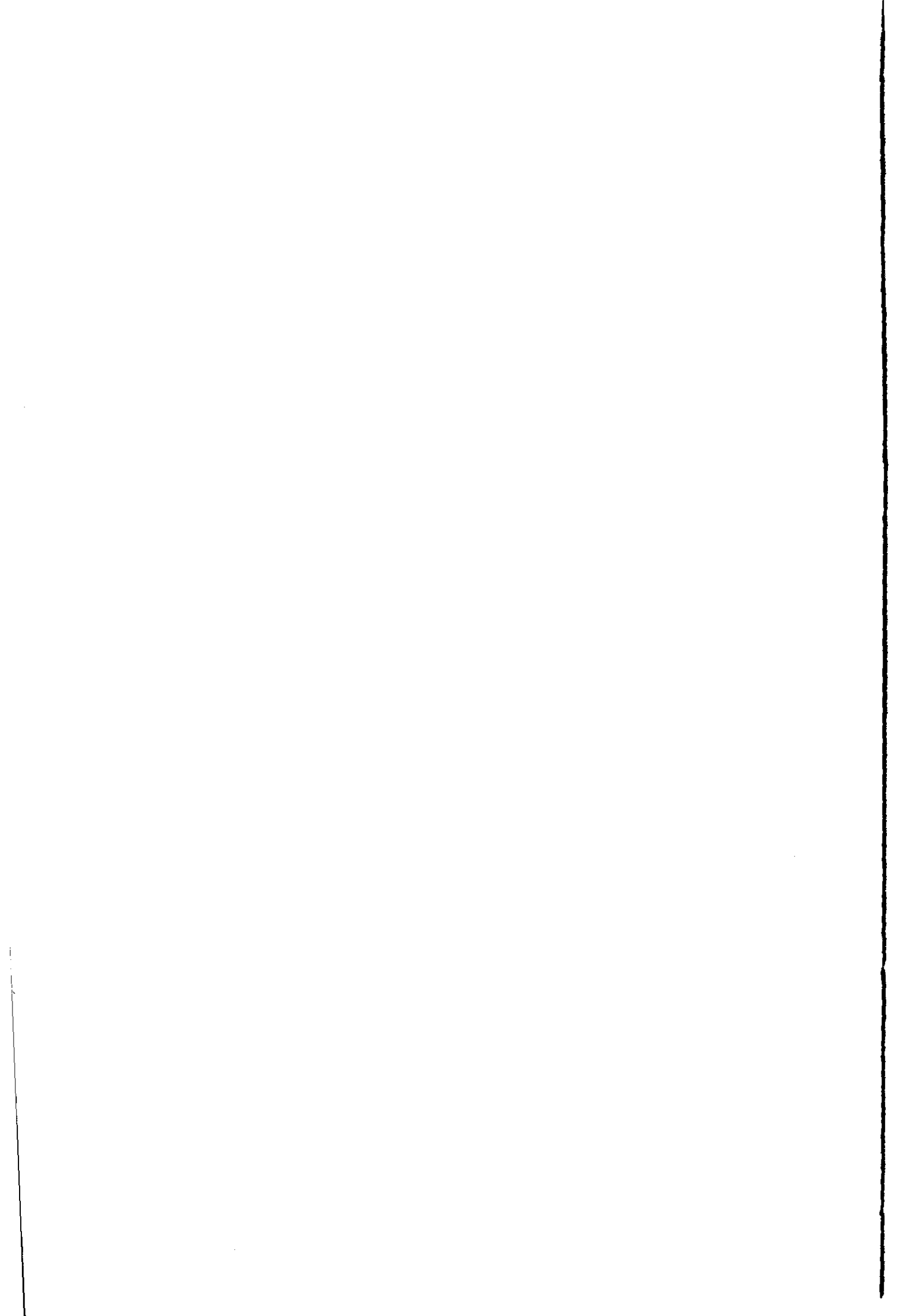
*Peneliti :*  
*Drs. Djoni Izak Rudyardjo*  
*Drs. Siswanto, M.St*  
*Drs. Hamdani*  
*Drs. Pujiyanto, M.S*  
*Drs. Moh Yasin*

SELESAI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai : DIP Operasional Perawatan dan Fasilitas Tahun 1994/1995  
S.K. Rektor Nomor : 5655/PT 03.H/N/1994  
Tanggal : 20 Juli 1994



## RINGKASAN PENELITIAN

- Judul Penelitian : Pemanfaatan Magnet Pembelok  $60^\circ$  Pada Ion Implantor 90 keV
- Ketua Peneliti : Djoni Izak Rudyardjo
- Anggota Peneliti : Siswanto  
Hamdani  
Pujiyanto  
Moh Yasin
- Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Airlangga.
- Sumber Biaya : DIP Operasional Perawatan dan Fasilitas Universitas Airlangga tahun 1994/1995.  
SK Rektor Nomor : 5655/PT03.H/N/1994
- 

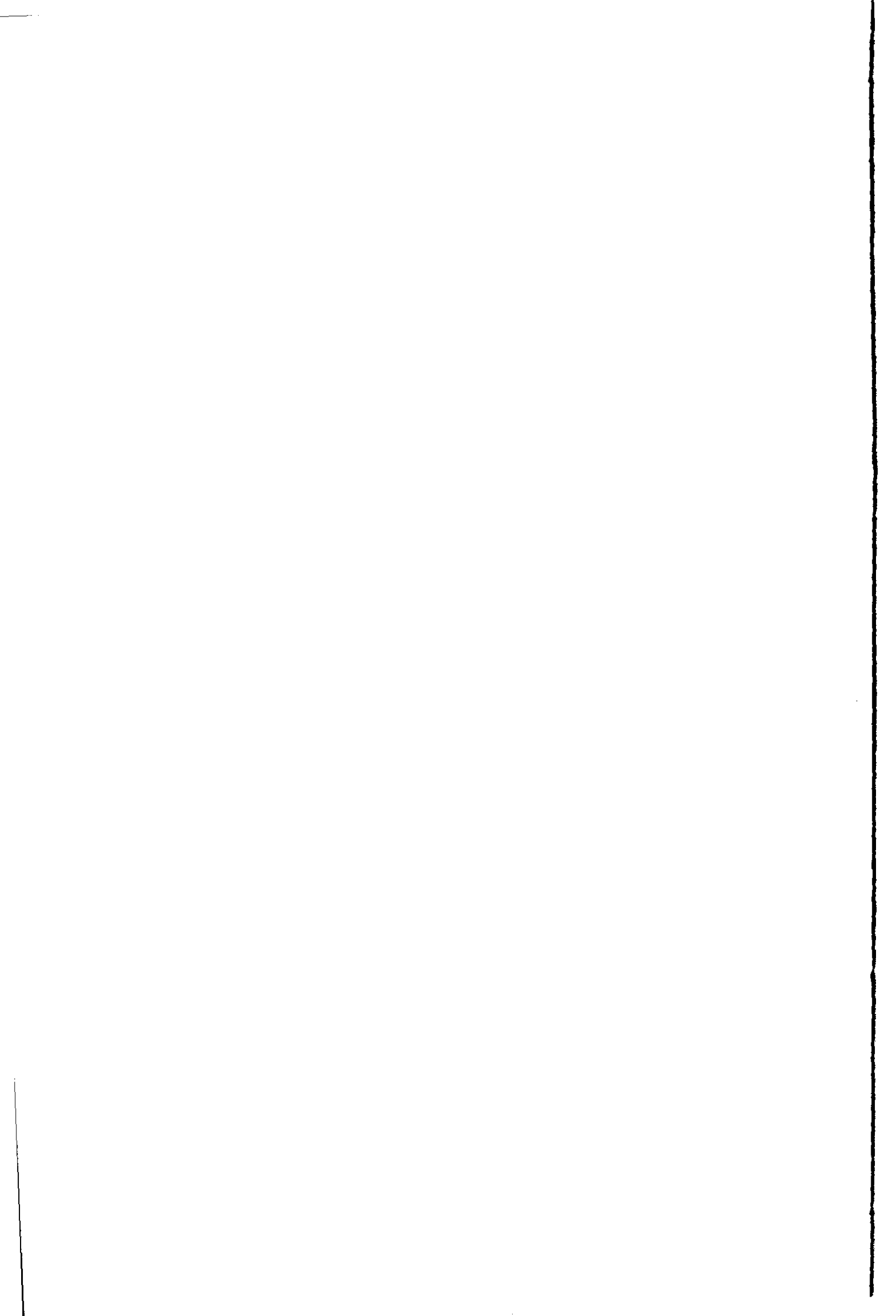
Ion Implantor adalah alat untuk mencangkokkan ion ke dalam suatu bahan atau kristal dengan cara mempercepat ion dopan sebelum dicangkokkan.

Untuk memperoleh hasil implantasi dengan kemurnian yang cukup tinggi maka Ion Implantor dilengkapi dengan suatu sistim magnet pembelok.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah magnet pembelok dapat digunakan sebagai alat pemisah ion dopan dari ion-ion pengotornya dengan melihat hasil pengukuran medan magnet pada saat arus berkas ion dihasilkan optimum.

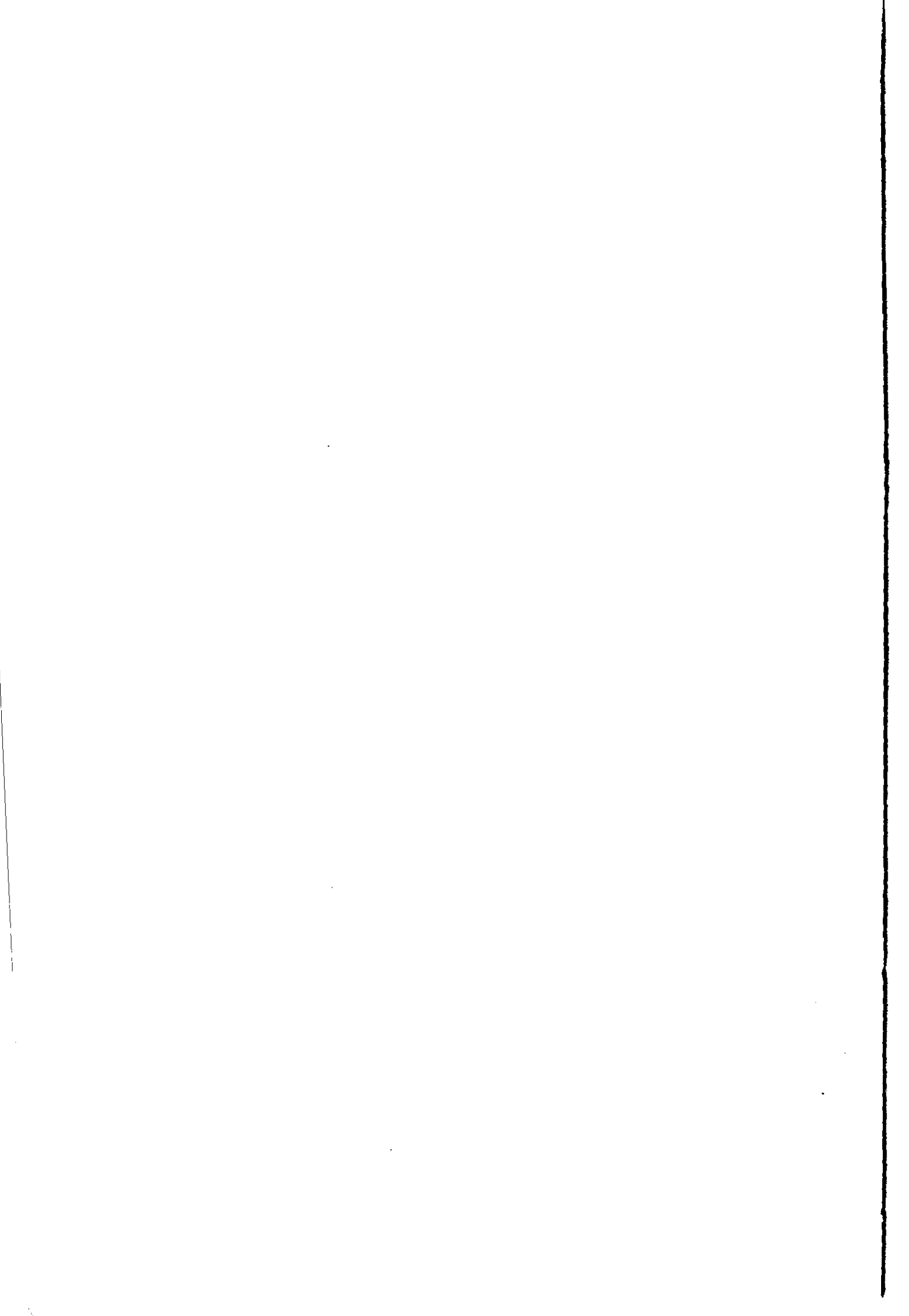
Adapun tujuan penelitian ini untuk membuat prototype ion implantor dengan menggunakan magnet pembelok yang mampu memberikan hasil implantasi dengan kemurnian yang cukup tinggi.

Penelitian ini dilakukan dengan mengalirkan udara atau suatu gas ke dalam suber ion maka udara atau gas tersebut akan terionkan. Berkas arus ion tersebut kemudian dilewatkan terlebih dahulu pada lensa kuadropol, magnet pembelok dan penyapu berkas sebelum mencapai sasaran. Dengan mengatur besarnya kuat medan magnet dari sistim magnet pembelok tersebut, akan diperoleh besar arus berkas ion yang bervariasi. Dengan demikian berkas ion akan dipisah-pisahkan sesuai jenis  $e/m$  yang terkandung didalam berkas ion.





Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa:  
(1) Untuk keperluan implantasi ion dimana ion-ion yang dicangkokkan harus mempunyai kemurnian yang tinggi, dibutuhkan suatu magnet pembelok yang dapat memisahkan ion-ion tersebut dari pegotornya, dan (2) Untuk percobaan dengan udara, pemisahan ion  $H^+$  terjadi pada medan magnet  $(1,9 \pm 0,025)$  kG. Sedangkan untuk percobaan dengan gas  $H_2$ , pemisahan ion  $H^+$  terjadi pada medan magnet  $(1,9 \pm 0,025)$  kG.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, sebab dengan karunia-Nya, penelitian ini dapat terlaksana.

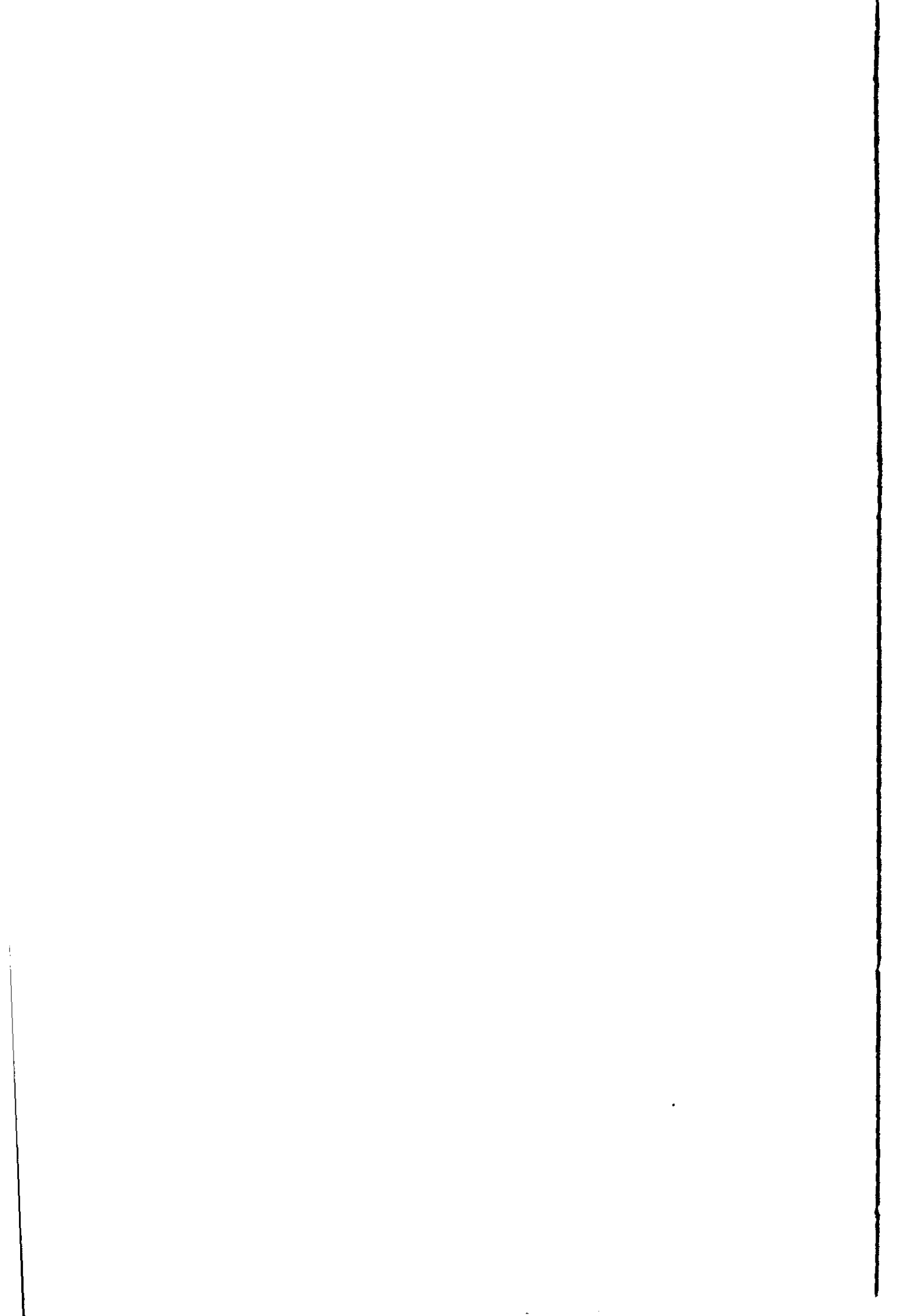
Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini baik bantuan moril maupun materiel yang sangat berarti bagi terwujudnya penelitian ini.

Penulis melakukan penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bidang eksperimental yang merupakan bagian disiplin ilmu fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Airlangga.

Kritik dan saran yang membangun selalu terbuka demi kesempurnaan penelitian dan tulisan ini.

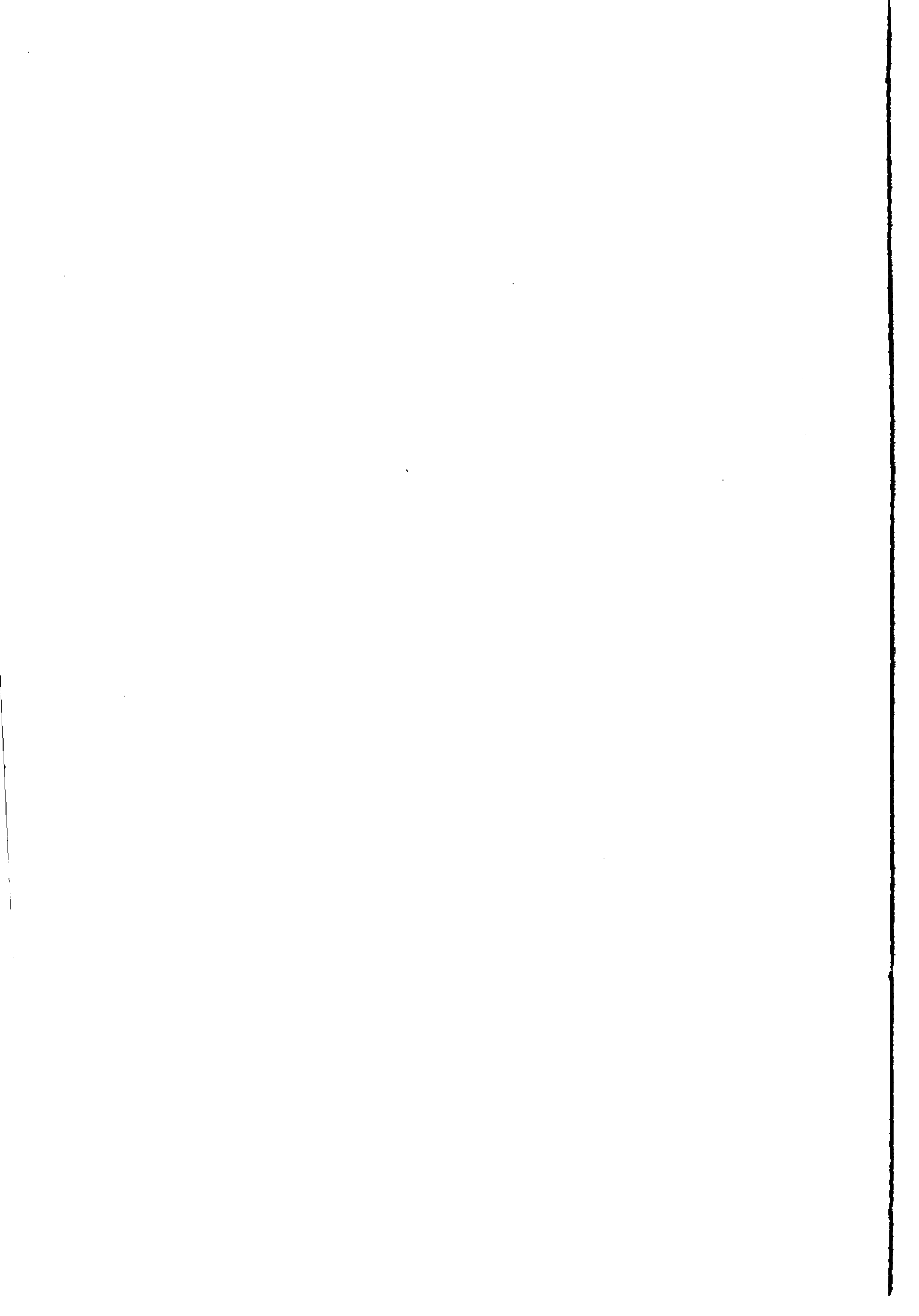
Surabaya, April 1995

Penulis



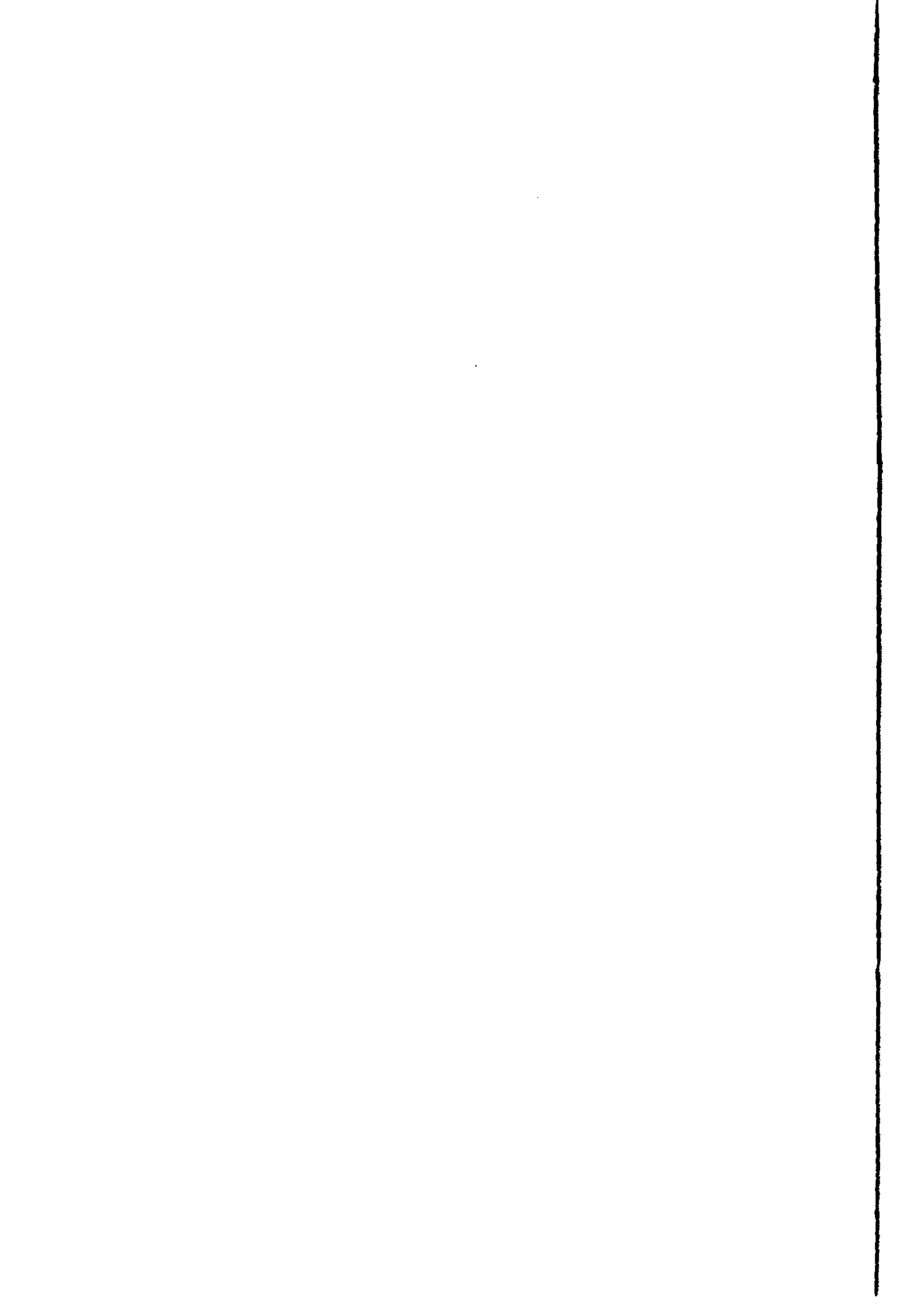
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Gerakan partikel dengan arah tegak lurus medan magnet B .....	3
Gambar 2.2.	Lintasan partikel bermuatan dalam medan magnet homogen .....	5
Gambar 2.3.	Pemumpunan dan pemisahan massa berkas ion oleh sektor magnet .....	7
Gambar 2.4.	Pembelokan ion dalam sektor magnet dengan sudut datang $\epsilon'$ dan sudut keluar $\epsilon''$ .....	8
Gambar 2.5.	Penentuan titik bayangan dengan metode Cartan .....	9
Gambar 2.6.	Hukum Barber .....	10
Gambar 2.7.	Hukum Ampere Untai .....	11
Gambar 2.8.	Elektromagnet .....	12
Gambar 2.9.	Efek Hall pada semikonduktor tipe n .....	14
Gambar 3.1.	Skema rangkaian alat percobaan .....	17.



## DAFTAR ISI

RINGKASAAN PENELITIAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	v
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Permasalahan .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1. Persamaan Dasar Pada Sistem Magnet Pembelok ...	3
2.2. Teori Pemumpunan .....	6
2.3. Sistem Elektromagnet .....	10
2.4. Pengukuran Medan Magnet .....	13
BAB III METODE PENELITIAN .....	16
3.1. Alat dan Bahan Penelitian.....	16
3.2. Metode Pengukuran .....	16
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	18
4.1. Hasil Pengamatan .....	18
4.2. Pembahasan .....	20
BAB V. KESIMPULAN .....	22
D A F T A R P U S T A K A .....	23





# BAB I

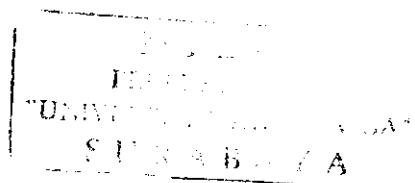
## PENDAHULUAN

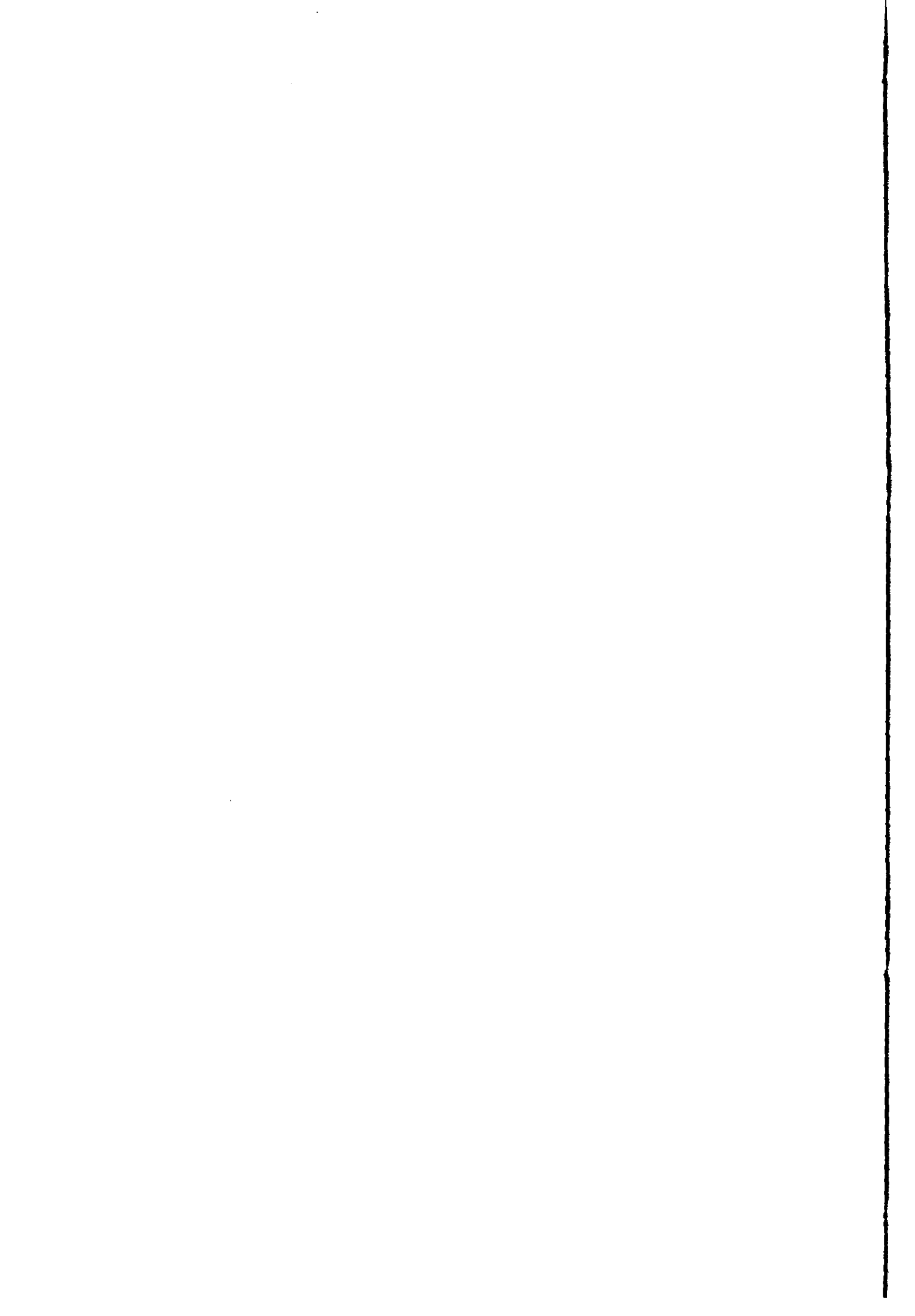
### 1.1. Latar Belakang Permasalahan

Ion Implantor adalah alat untuk mencangkokkan ion ke dalam suatu bahan atau kristal dengan cara mempercepat ion dopan sebelum dicangkokkan. Dalam pencangkokan ion dopan tersebut seringkali jumlah ion pengotor yang ikut tercangkok pada bahan cukup besar, sehingga diperoleh hasil implantasi yang tidak sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini tentu saja harus dihindari sedapat mungkin. Untuk tujuan ini maka dibutuhkan suatu sistim magnet pembelok.

Magnet pembelok yang disebut magnet pemilih atau pemisah massa berfungsi untuk membelokkan berkas ion pada sasaran yang dibutuhkan. Magnet pembelok juga berfungsi sebagai pembersih yang memisahkan ion yang diperlukan dari berkas ion, sehingga ion yang mengenai sasaran benar-benar ion yang sejenis, karena arus akselerator biasanya terjadi dari berbagai jenis ion, misalnya ion karbon, oksigen dan ion-ion lainnya. Ada dua metode yang dapat dilakukan untuk memisahkan ion-ion pengotor ini, yaitu pemisahan dengan cara filter Wien dan pemisahan dengan menggunakan sektor magnet.

Dalam sektor magnet digunakan prinsip pembelokan ion oleh medan magnet homogen ke dalam suatu lintasan tertentu sesuai dengan massa ion tersebut. Ion yang masuk ke dalam medan magnet akan bergerak pada lintasan yang berbentuk





lingkaran dengan arah ion sama dengan arah garis singgung lintasan ion itu di dalam medan magnet. Sehingga dengan melewati berkas ion itu ke dalam suatu medan magnet yang telah tertentu dan dengan menempatkan sasaran di luar medan magnet pada posisi lintasan ion yang dikehendaki, maka hanya ion-ion tersebut yang akan mencapai sasaran, sedangkan ion pengotor akan dihamburkan dan tidak dapat mencapai sasaran.

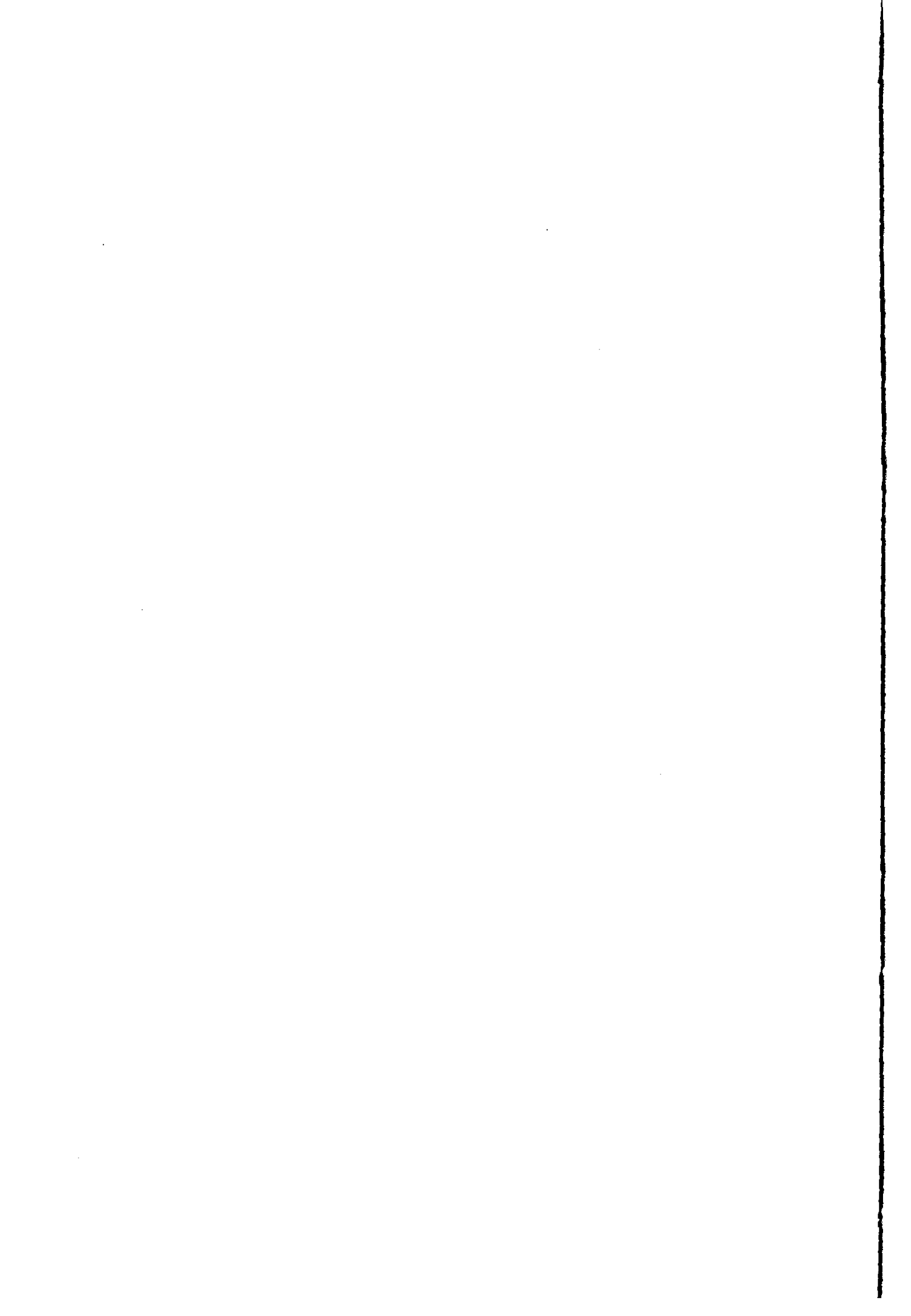
### 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah :  
Apakah magnet pembelok  $60^{\circ}$  dapat digunakan sebagai alat pemisah ion dopan dari ion-ion pengotornya ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian meliputi hal-hal berikut.

1. Membuat purwa rupa (prototype) ion implantor dengan menggunakan magnet pembelok  $60^{\circ}$ , yang mampu memberikan hasil implantasi dengan kemurnian yang cukup tinggi.
2. Mengungkapkan bahwa magnet pembelok  $60^{\circ}$  dapat dipakai sebagai alat pemisah ion dopan dari ion-ion pengotornya.

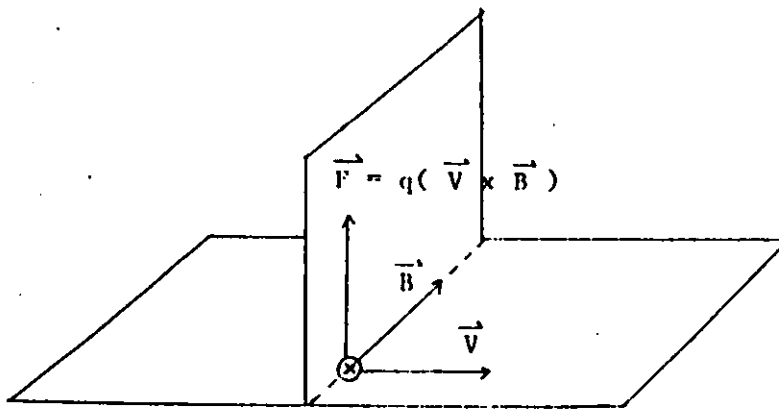


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

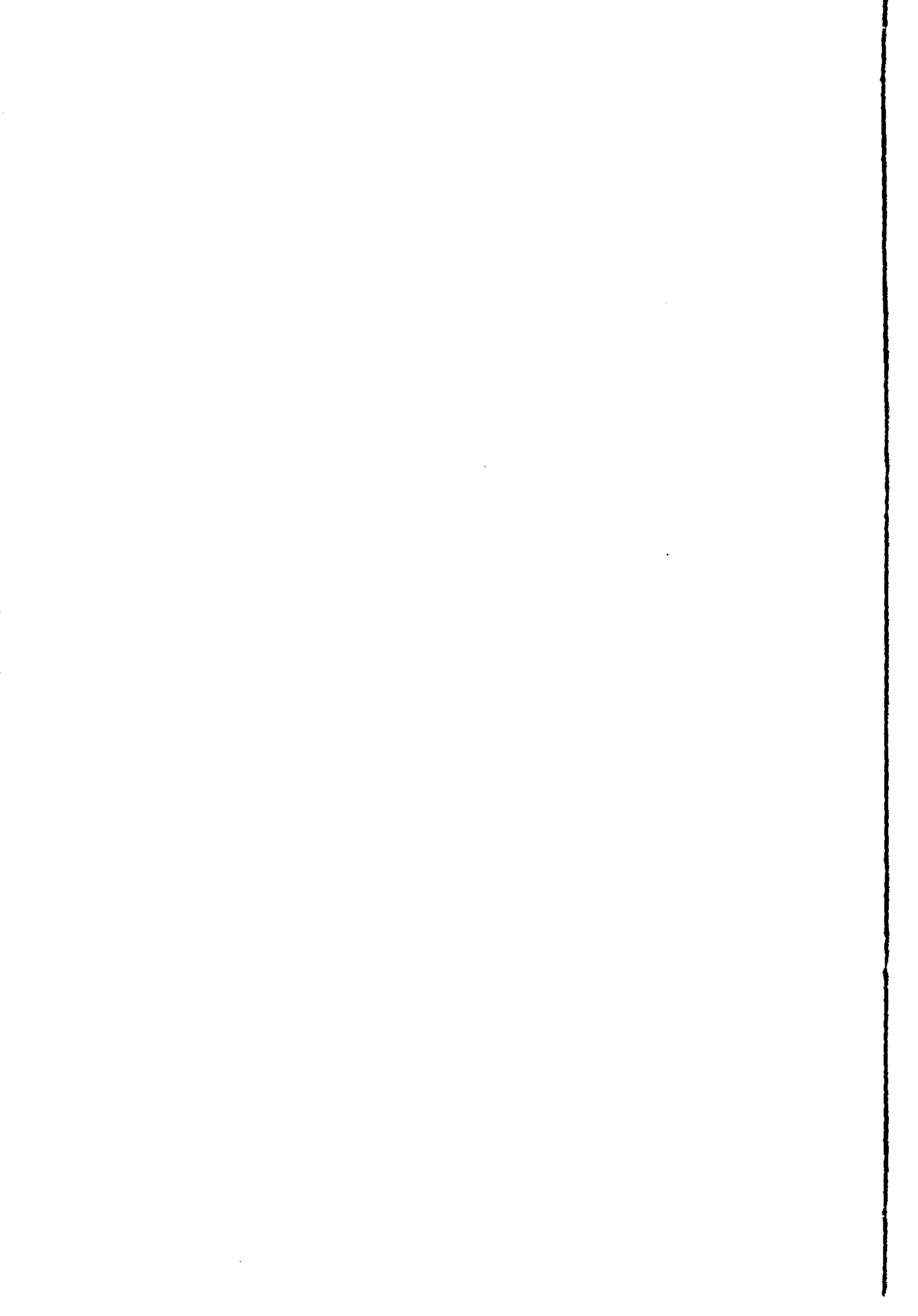
#### 2.1. Persamaan Dasar Pada Sistem Magnet Pembelok

Bila suatu partikel bermuatan bergerak melalui suatu medan magnet homogen dengan arah tegak lurus medan magnet  $B$ , maka partikel tersebut akan bergerak dengan suatu lintasan tertentu yang berbentuk lingkaran dengan radius  $r$  menurut penurunan rumus sebagai berikut :



Gambar 2.1. Gerakan partikel dengan arah tegak lurus medan magnet  $B$

Ditinjau muatan positif  $q$  bergerak dengan kecepatan  $v$  dalam medan magnet yang induksi magnetnya  $B$ . Besarnya gaya magnet  $F = q v B \sin \theta$ , dimana  $\theta$  adalah sudut antara arah kecepatan dengan arah induksi magnet. Arah gaya  $\vec{F}$  adalah arah maju sekrup kanan bila diputar dari arah kecepatan  $\vec{v}$



ke arah medan magnet  $\vec{B}$ . Dalam notasi vektor gaya tersebut dapat ditulis :

$$\vec{F} = q (\vec{v} \times \vec{B}) \quad (2-1)$$

Jika yang bergerak adalah muatan negatif, maka arah gaya sebaliknya dengan arah gaya pada muatan positif.

Gaya magnet kepada muatan yang bergerak ini dinamakan Gaya Lorentz. Gaya Lorentz selalu tegak lurus arah kecepatan dan juga tegak lurus induksi magnet, dan hanya jika arah kecepatan tidak sejajar arah medan magnet.

Ditinjau gerak elektron dalam medan magnet serba sama, dipilih yang sederhana, dimana arah kecepatan tegak lurus arah medan magnet ( $\theta = 90^\circ$ ). Karena gaya magnet tegak lurus arah kecepatan, maka gaya magnet tersebut hanya mengubah arah gerak (arah kecepatan), sedang besar kecepatan tetap, sehingga percepatan yang ada adalah percepatan sentripetal. Sehingga persamannya menjadi :

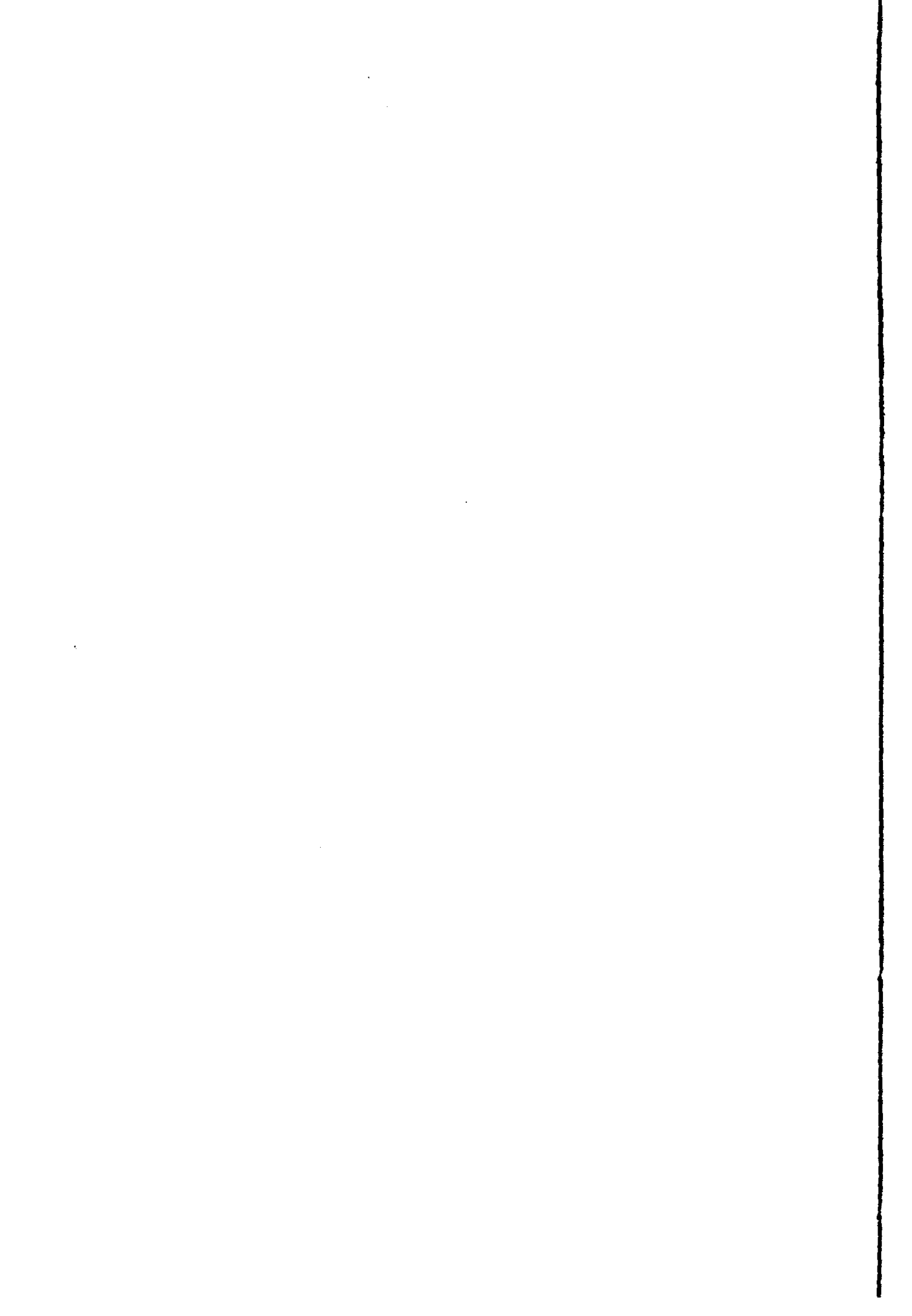
Gaya Sentripetal = Gaya Magnet

$$\frac{m v^2}{r} = q v B \sin 90^\circ$$

$$\frac{m v^2}{r} = q v B$$

$$\text{atau } r = \frac{m v}{q B} \quad (2-2)$$

Kenyataan inilah yang menjadi dasar bagi penggunaan sistim magnet pembelok dalam suatu ion implantor. Dengan sifat tersebut maka partikel bermuatan dapat diarahkan sepanjang lintasan yang tertentu, sehingga dengan demikian hanya partikel yang kita kehendaki saja yang akan mencapai sasaran.





Energi partikel bermuatan yang melalui tegangan V:

$$T = 1/2 mv^2 = q V \quad (2-3)$$

Dari kedua persamaan di atas diperoleh :

$$\frac{m}{q} = \frac{B^2 r^2}{2 V} \quad (2-4)$$

Dimana : m = massa partikel (dalam kg)

q = jumlah muatan partikel (dalam coulomb)

B = induksi medan magnet (dalam tesla)

V = tegangan pemercepat (dalam volt)

r = radius lintasan (dalam m)

Bila  $1 \text{ kg} = 0,6023 \cdot 10^{27} \text{ sma}$

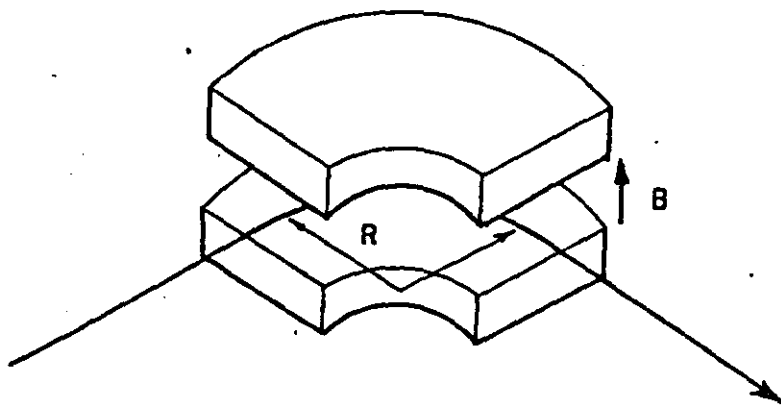
$1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$

$q = n e = n \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ coulomb}$

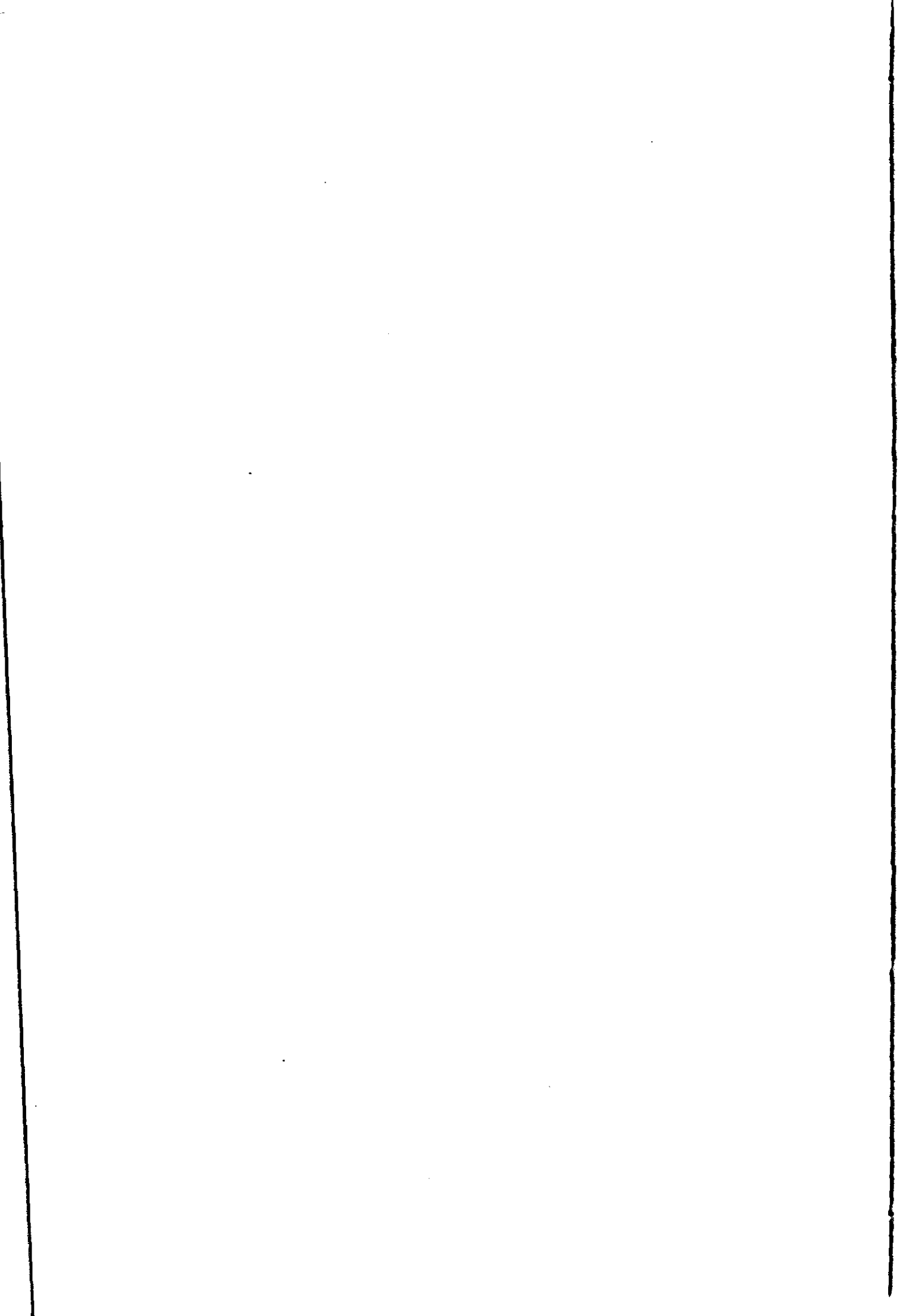
r = dalam cm

maka,  $\frac{m}{q} = 4,83 \cdot 10^{-5} r^2 B^2 / V \quad (2 - 5)$

sehingga :  $r = 144 \left[ \frac{1}{B} \right] \sqrt{\frac{m V}{n}} \quad (2 - 6)$



Gambar 2.2. Lintasan partikel bermuatan dalam medan magnet homogen

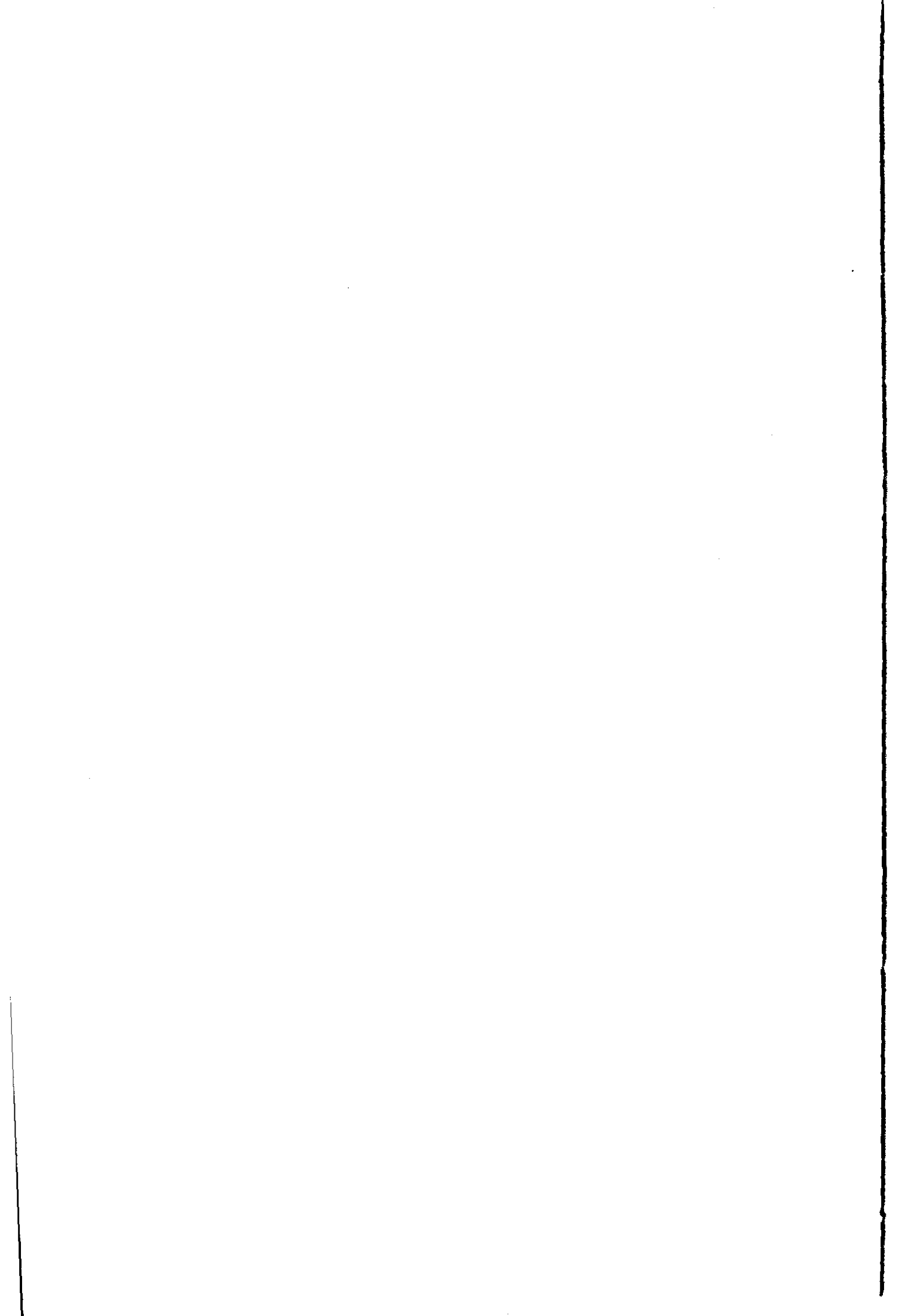


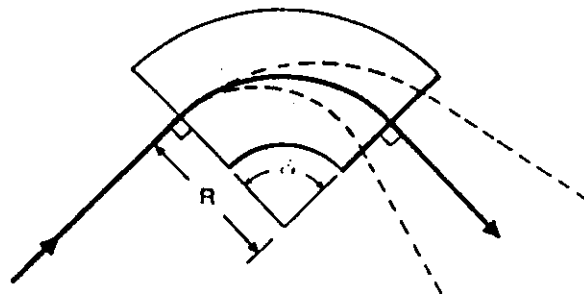
Persamaan ini menunjukkan bahwa partikel-partikel dengan muatan dan tenaga yang sama namun berbeda massanya, bila bergerak dalam suatu medan magnet homogen, akan melewati lintasan dengan radius yang berbeda pula, yaitu sesuai dengan massa partikel itu (gambar 2.2).

## 2.2. Teori Pemumpunan

Berkas ion yang telah dipercepat dan masuk ke dalam medan magnet umumnya mempunyai energi yang homogen dengan massa yang tidak homogen, serta masih merupakan berkas yang menyebar. Oleh karena itu, medan magnet, yang dapat berfungsi sebagai prisma dan lensa, akan memisahkan berkas ion tersebut sesuai dengan perbandingan antara massa dengan muatannya dan akan memumpunnya pada titik-titik tertentu yang terletak pada sepanjang kurva bayangan.

Untuk memperoleh pemumpunan yang baik, magnet pembelok tersebut dibuat dalam bentuk sektor magnet, dimana ion-ion yang masuk ke dalam medan magnet tersebut akan menempuh lintasannya sesuai dengan radius yang tertentu. Gambar 2.3 menunjukkan pemumpunan dan pemisahan massa suatu berkas ion yang dilakukan sektor magnet.





Gambar 2.3. Pemumpunan dan pemisahan massa  
berkas ion oleh sektor magnet

Persamaan pemumpunan tingkat I untuk sembarang sektor magnet, sebagaimana dikemukakan oleh Herzog, adalah sebagai berikut:

$$f^2 = (l' - g') (l'' - g'') \quad (2-7)$$

dan

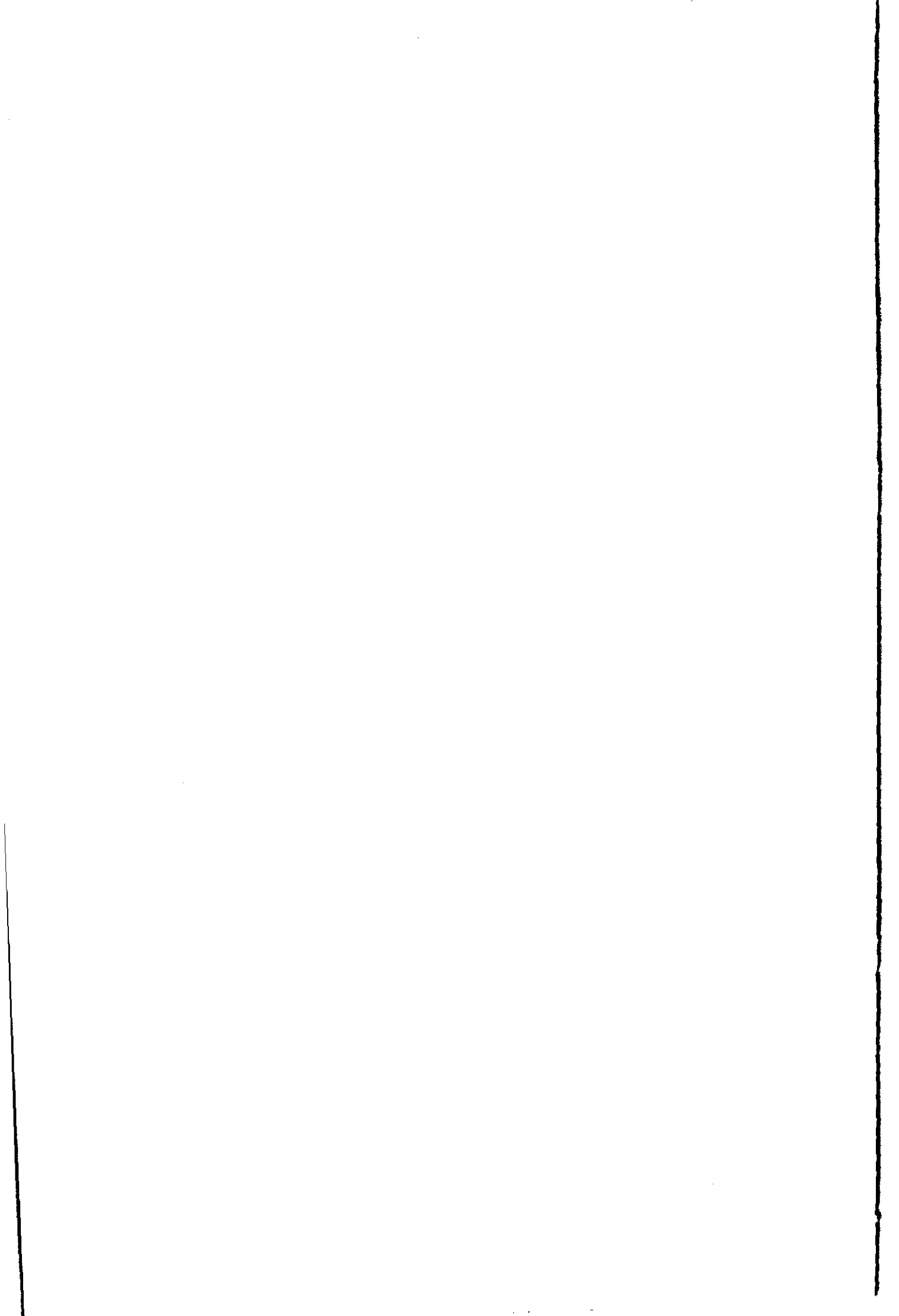
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{(l' - h')} + \frac{1}{(l'' - h'')} \quad (2-8)$$

dimana :

$$f = \frac{R \cos \epsilon' \cos \epsilon''}{\sin (\theta - \epsilon' - \epsilon'')} \quad \text{adalah jarak fokus}$$

$$g' = \frac{R \cos \epsilon' \cos (\theta - \epsilon'')}{\sin (\theta - \epsilon' - \epsilon'')}$$

$$g'' = \frac{R \cos \epsilon'' \cos (\theta - \epsilon')}{\sin (\theta - \epsilon' - \epsilon'')}$$



$$h' = \frac{[R \cos \epsilon' \cos (\theta - \epsilon'') - \cos \epsilon' \cos \epsilon'']}{\sin (\theta - \epsilon' - \epsilon'')}$$

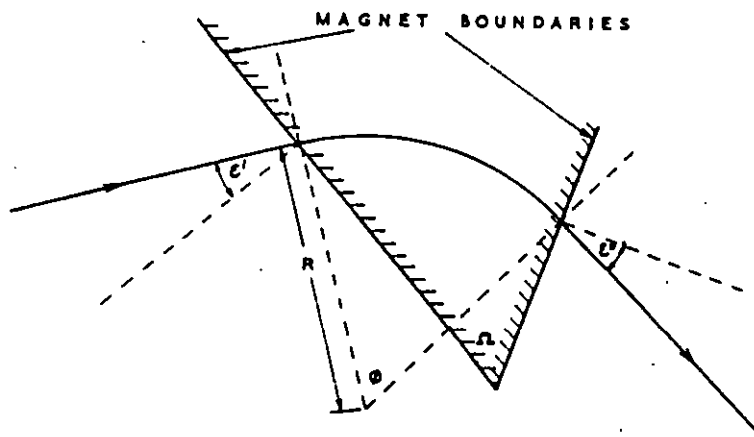
$$h'' = \frac{[R \cos \epsilon'' \cos (\theta - \epsilon') - \cos \epsilon' \cos \epsilon'']}{\sin (\theta - \epsilon' - \epsilon'')}$$

$\epsilon'$  dan  $\epsilon''$  masing-masing adalah sudut antara berkas ion dengan garis normal tepi sektor magnet.

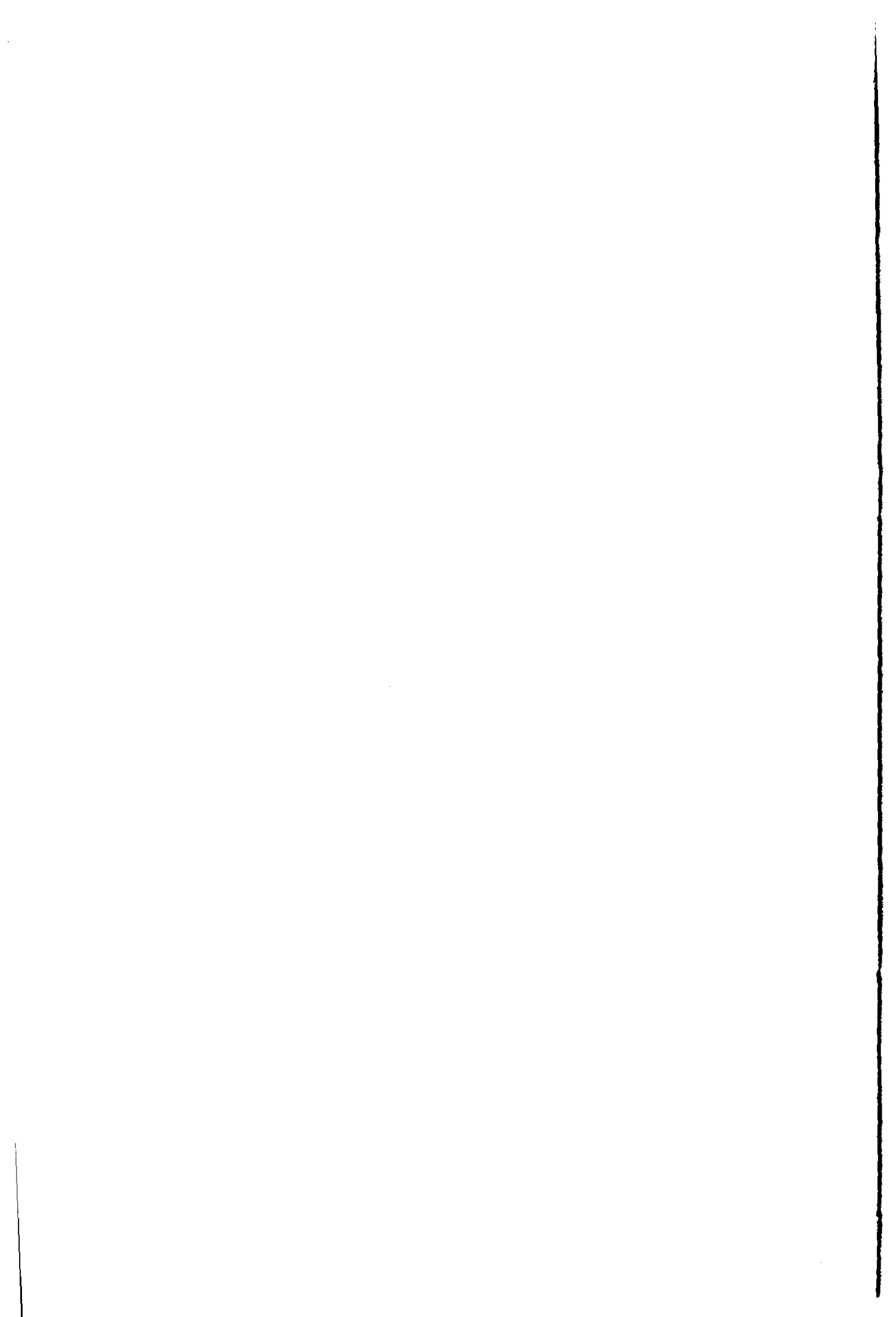
$l'$  dan  $l''$  masing-masing adalah jarak obyek dan bayangan dari tepi sektor magnet.

$\theta$  adalah sudut defleksi.

Gambar 2.4. menunjukkan pembelokan ion dalam sektor medan magnet homogen. Sudut datang ion  $\epsilon'$  dan sudut keluar  $\epsilon''$ , terhadap garis normal tepi sektor magnet (dalam hal ini  $\epsilon'$  adalah negatif dan  $\epsilon''$  positif).



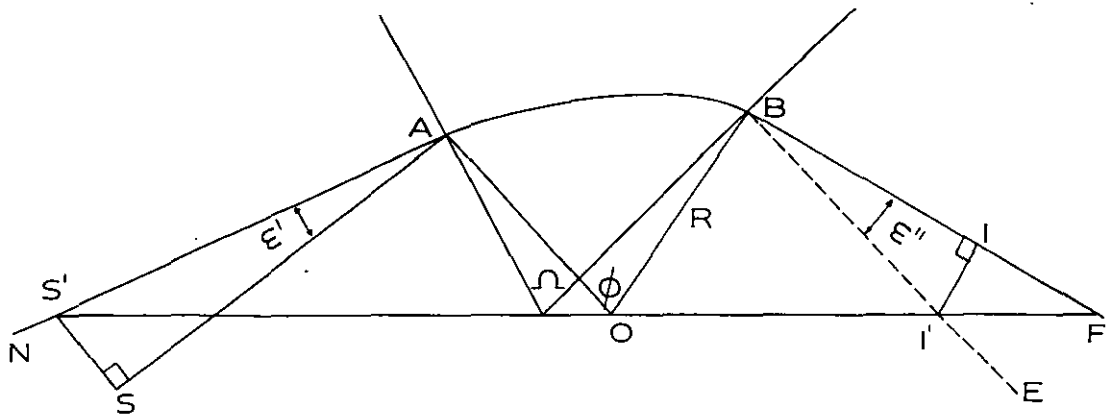
Gambar 2.4. Pembelokan ion dalam sektor magnet dengan sudut datang  $\epsilon'$  dan sudut keluar  $\epsilon''$



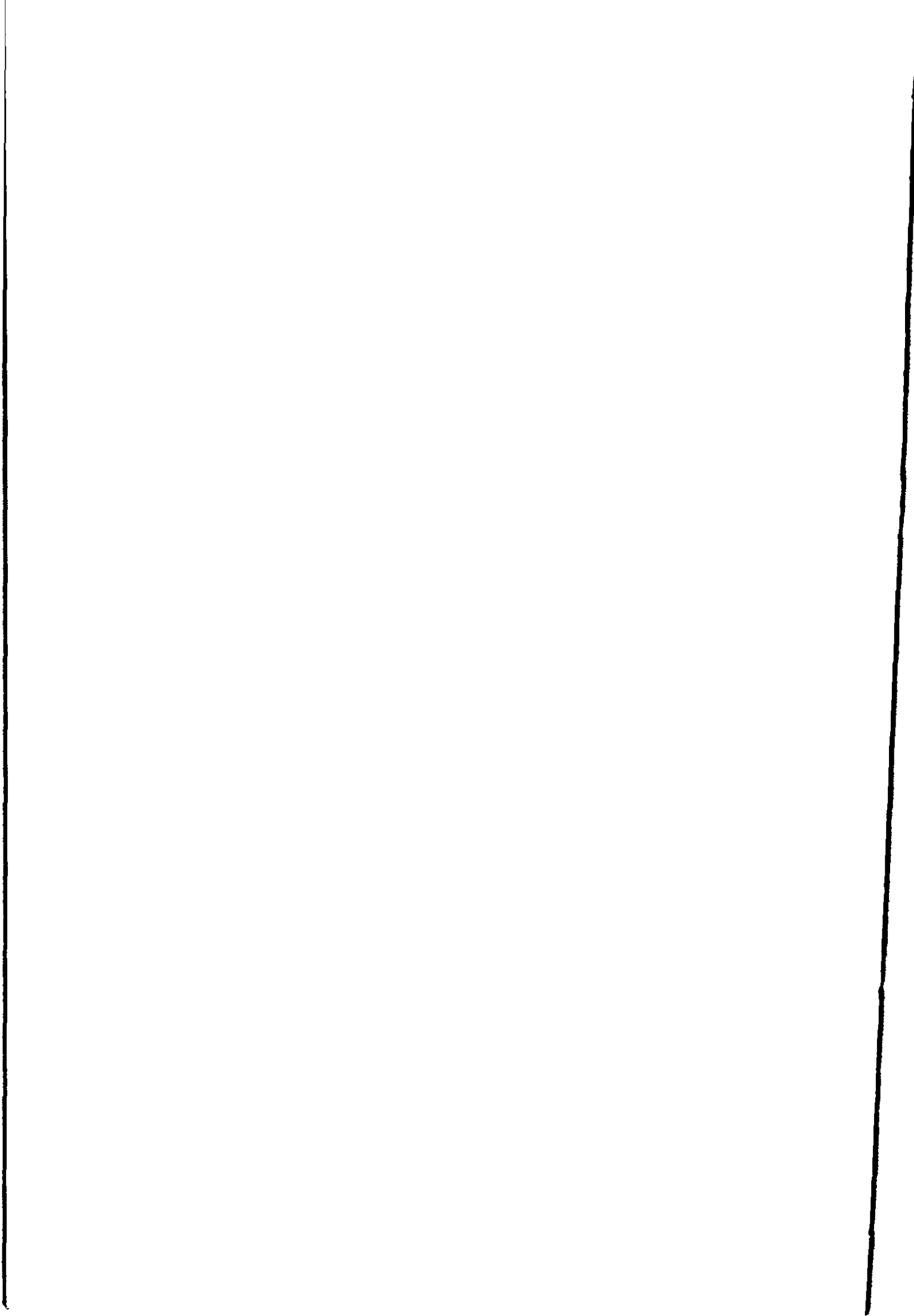


Selain dengan pemumpunan di atas, penentuan titik fokus/bayangan dapat juga dilakukan dengan metode grafik Cartan (Gambar 2.5).

Ion yang berasal dari sumber S memasuki medan sektor magnet pada titik A. Oleh medan magnet ion tersebut akan dibelokkan pada lintasan dengan radius R dan meninggalkan medan magnet pada titik B sepanjang garis BF. Untuk memperoleh titik bayangan I pertama-tama ditarik garis tegak lurus tepi bidang magnet dari titik A (garis AN) dan dari titik B (garis BE). Garis AN ini membentuk sudut  $\epsilon'$  terhadap lintasan ion SA. Garis BE membentuk sudut  $\epsilon''$  terhadap lintasan ion BF. Kemudian tarik garis tegak lurus dari S sehingga memotong AN di titik S'. Hubungkan S' ke pusat lintasan ion dan diteruskan hingga memotong garis BE di titik I'. Tentukan titik bayangan I pada BF sedemikian hingga II' tegak lurus BF.



Gambar 2.5 Penentuan titik bayangan dengan metode Cartan



yang tertutup, seperti semua garis gaya magnet lainnya (Gambar 2.7).

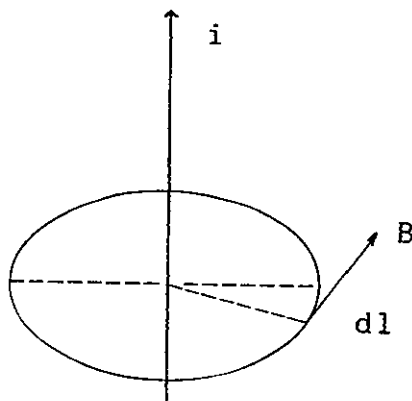
Hukum ampere untai yang mengatakan bahwa dalam udara hampa integral garis medan magnet  $B$  melalui suatu garis tertutup sama dengan  $\mu_0$  kali jumlah arus yang dipeluk oleh garis itu, secara matematis dapat dirumuskan :

$$\oint B \cdot dl = \mu_0 i \quad (2 - 10)$$

$\mu_0$  adalah permeabilitas udara hampa, yaitu  $4\pi 10^{-7}$  weber/A.m.

Karena  $B = \mu_0 H$  maka hukum ampere untai tersebut dapat ditulis:

$$\oint H \cdot dl = i \quad (2-11)$$

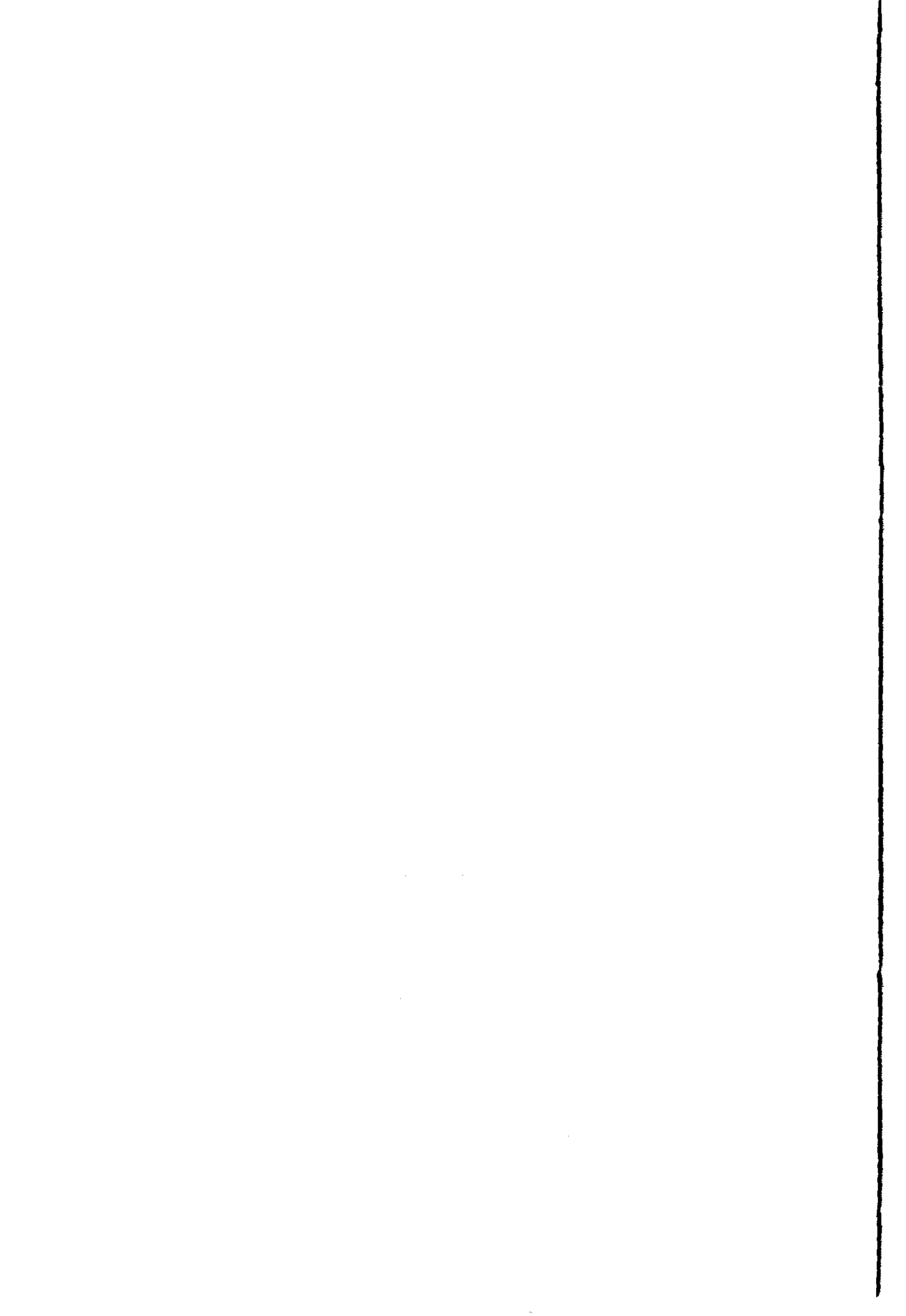


Gambar 2.7 Hukum Ampere Untai

Apabila sebuah elektromagnet dengan panjang inti  $l$ , jarak celah udara  $d$  dan dililiti oleh  $N$  gulung kawat berarus  $i$ , maka sesuai dengan hukum ampere untai berlaku :

$$\oint B \cdot dl = \mu N i \quad (2-12)$$

dan 
$$\oint H \cdot dl = H l + H_0 d = N i \quad (2-13)$$



sehingga 
$$\phi = \frac{N i}{\left[ \frac{l}{\mu A} + \frac{d}{\mu_0 A} \right]} \quad (2-14)$$

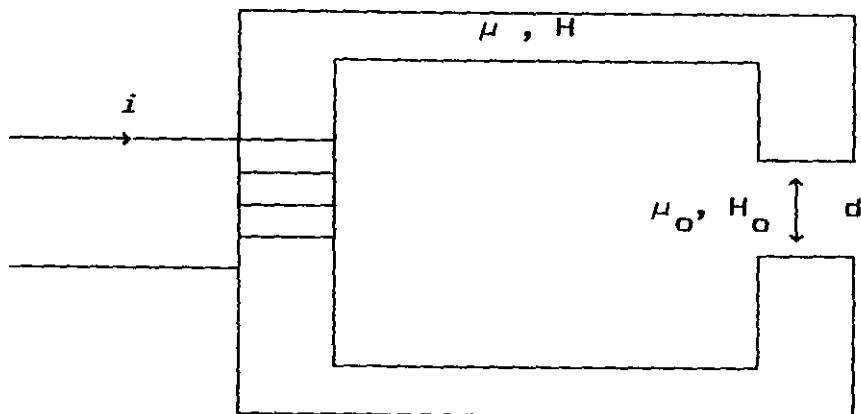
$R_m = \left[ \frac{l}{\mu A} + \frac{d}{\mu_0 A} \right]$  adalah relaktansi magnet

$A$  = luas penampang elektromagnet

$A_0$  = luas penampang kutub magnet

$\mu$  = permeabilitas bahan elektromagnet

$H$  dan  $H_0$  masing-masing adalah kuat medan magnet dalam bahan elektromagnet dan dalam ruang hampa udara, yang dalam hal ini karena jarak celah udara kecil, maka  $H_0 = H$ .



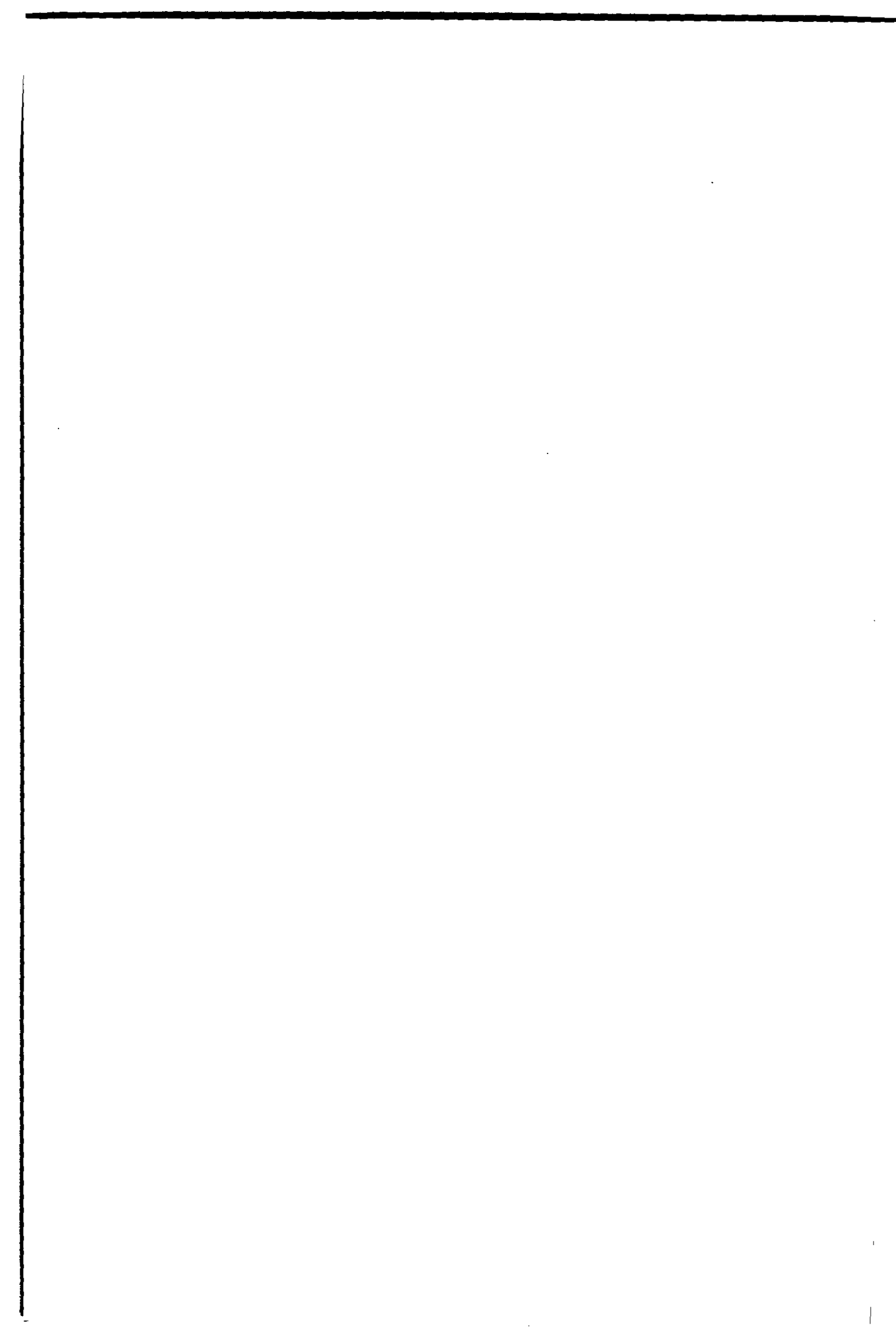
Gambar 2.8 Elektromagnet

Untuk bahan besi lunak, yaitu bahan elektromagnetik yang paling umum digunakan,  $\mu$  adalah 1000 kali lebih besar dari pada  $\mu_0$  sehingga relaktansi magnet dari bagian besi dapat diabaikan, persamaan 2.13 menjadi

$$\phi = (\mu_0 N i A) / d \quad (2-15)$$

atau 
$$B = (\mu_0 N i) / d \quad (2-16)$$



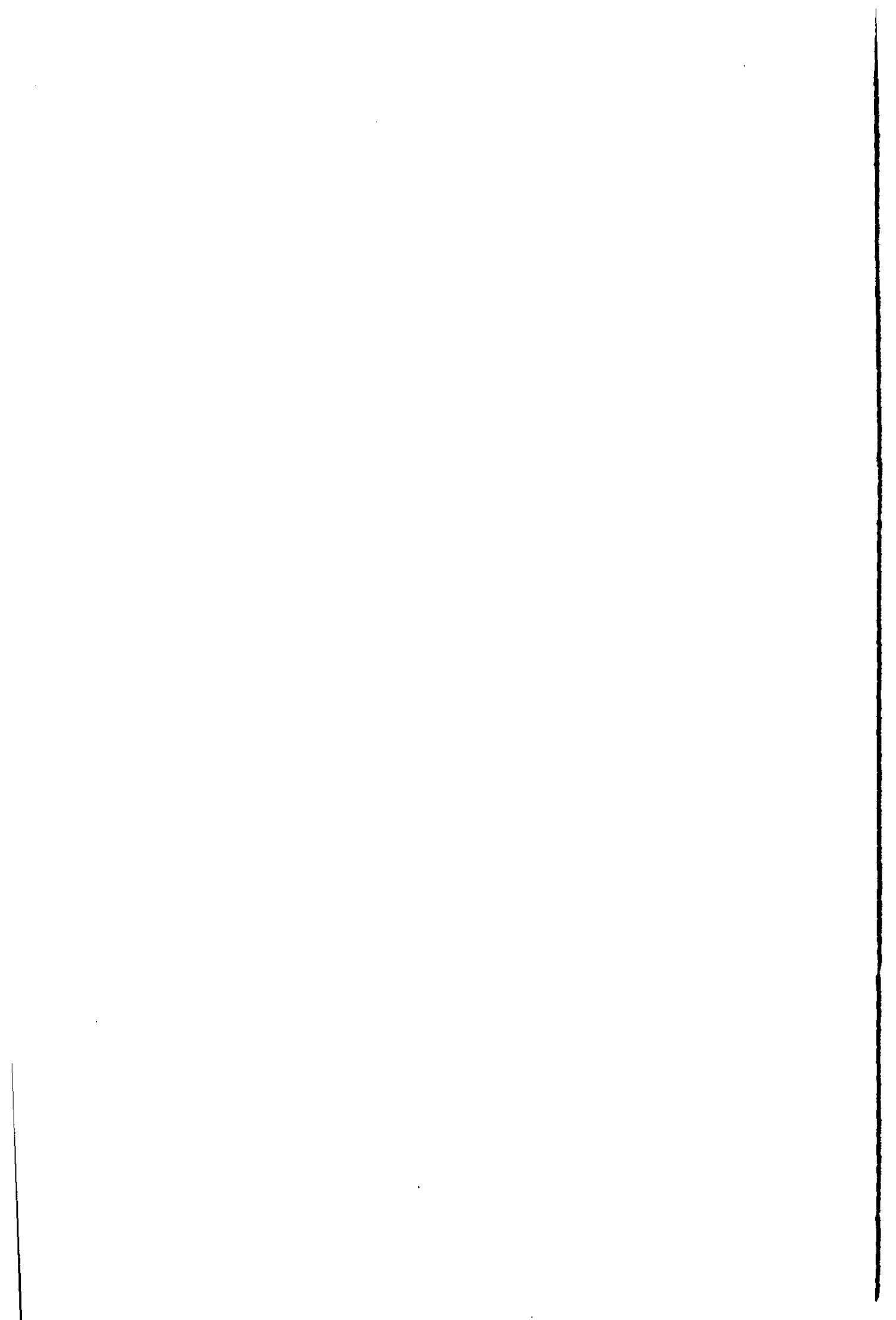


## 2.4 Pengukuran Medan Magnet

Pengukuran medan magnet dilakukan berdasarkan gejala-gejala yang terjadi dengan adanya medan magnet. Beberapa metode pengukuran medan magnet yang berdasarkan pada gejala-gejala tersebut antara lain :

- a. Pengukuran yang berdasarkan pada gejala timbulnya gaya yang dialami oleh konduktor berarus listrik. Sebuah konduktor yang dilewati arus listrik bila berada dalam sebuah medan magnet akan mengalami gaya yang tegak lurus terhadap arus dan arah gaya medan magnet.
- b. Pengukuran dengan menggunakan prinsip induksi EMF. Suatu gaya induksi elektromotip akan timbul pada suatu untai kawat tertutup akibat perubahan fluks magnet.
- c. Pengukuran dengan menggunakan resonansi inti. Momen magnet proton akan berpresesi di dalam medan magnet dengan frekuensi Larmor yang sebanding dengan intensitas medan magnet.
- d. Pengukuran dengan prinsip efek Hall.  
Bila pita logam yang dilewati arus listrik ditempatkan dalam sebuah medan magnet, maka akan timbul perbedaan potensial antara tepi kedua pita logam tersebut.

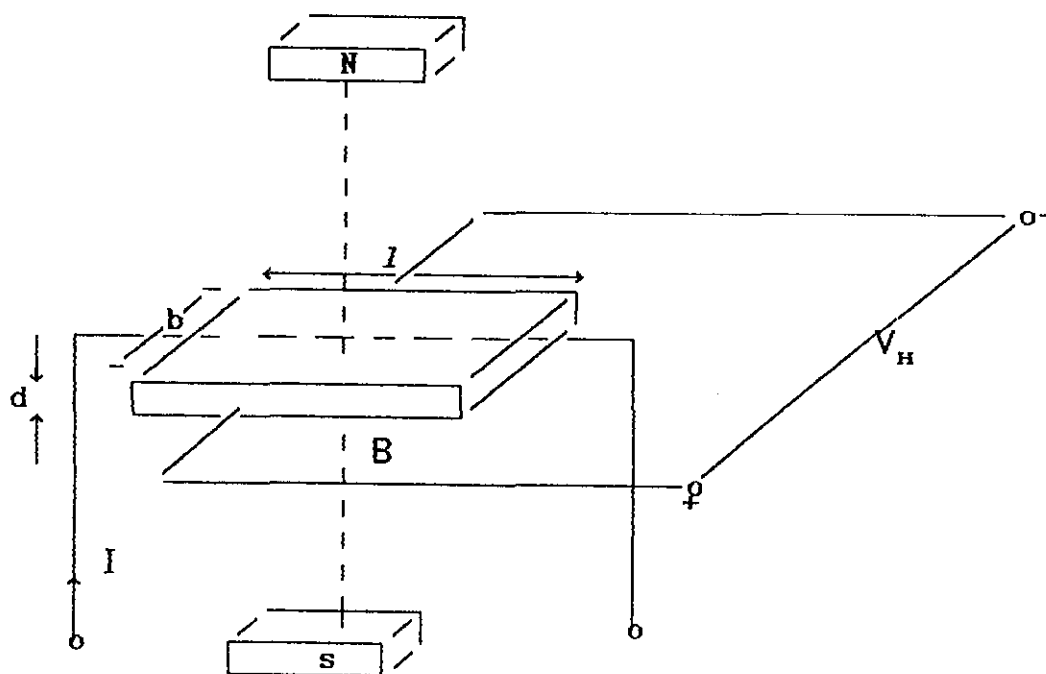
Untuk pengukuran medan magnet dalam percobaan yang dilakukan penulis, digunakan alat ukur gaussmeter, yaitu suatu instrumen elektronika yang menggunakan prinsip efek



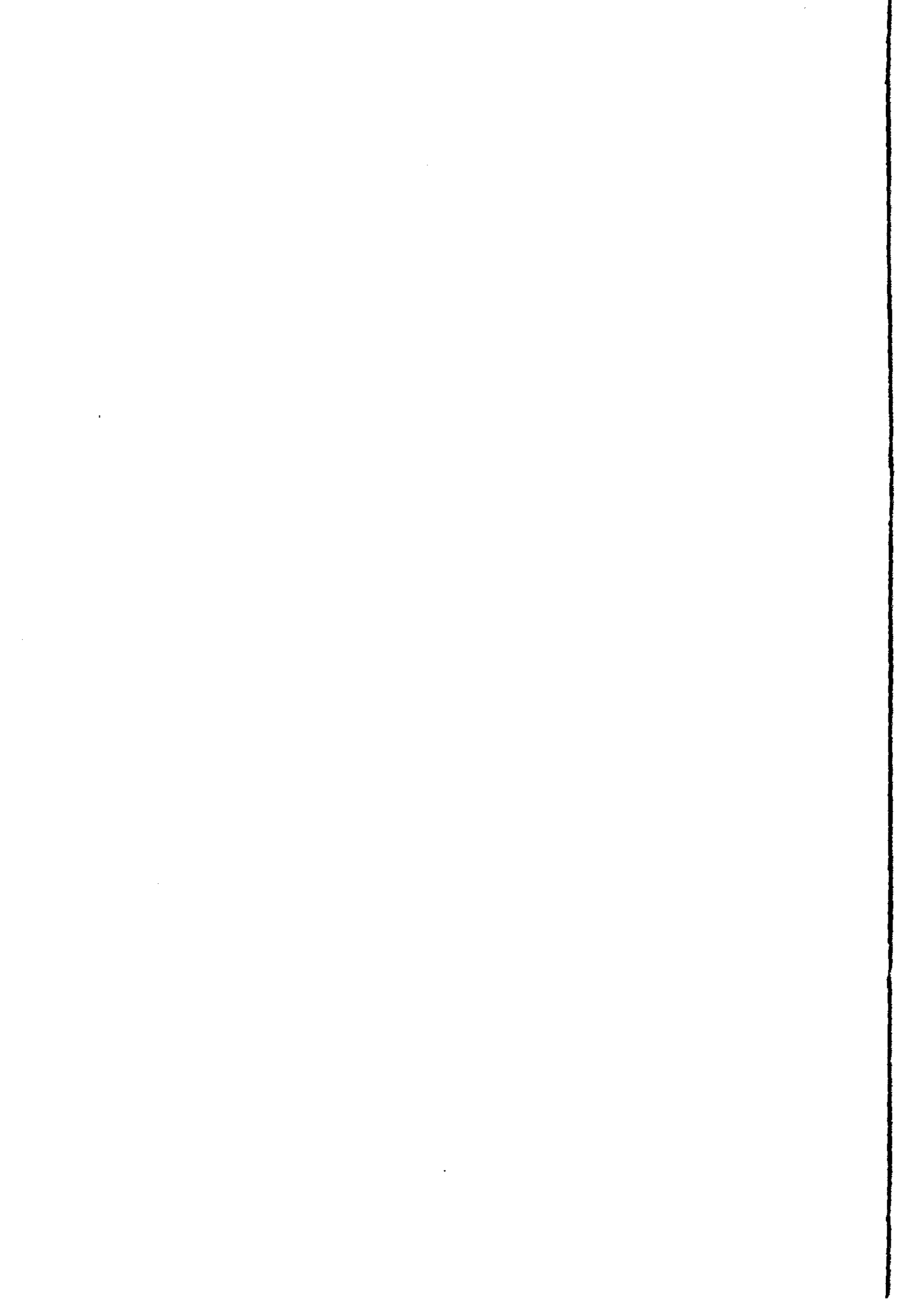


Hall. Dengan menempatkan pita logam Ge tegak lurus ke dalam medan magnet, maka meter akan menunjukkan kuat medan magnet tersebut.

Prinsip kerja gaussmeter dapat diterangkan sebagai berikut. Bila sebuah medan magnet  $B$  dikenakan tegak lurus terhadap sebuah pita semikonduktor yang dialiri arus listrik, misalnya konduktor tipe  $n$ , maka elektron-elektron yang bergerak dengan kecepatan  $v$  akan menerima gaya sebesar  $F_B = e v B$  yang akan membelokkan arah gerakan elektron tersebut. Akibatnya akan terjadi penumpukan elektron pada salah satu sisi pita, yang akan menimbulkan perbedaan tegangan antara kedua sisi pita tersebut. Tegangan ini disebut tegangan Hall  $V_H$  (Gambar 2.9).



Gambar 2.9 Efek Hall pada semikonduktor tipe  $n$



Dalam keadaan setimbang, gaya listrik yang disebabkan oleh medan listrik  $E_H$  akan setimbang dengan gaya magnet yang bekerja pada elektron tersebut, sehingga

$$e E_H + e v B = 0 \quad (2-17)$$

dan 
$$V_H = -E_H b \quad (2-18)$$

dimana  $b$  adalah lebar pita semikonduktor.

Bila

$$j = \text{rapat arus} = -n e v = \frac{I}{b d} \quad \text{dan} \quad E_H = -v B$$

diperoleh:

$$\begin{aligned} V_H &= - \frac{1}{n e} \frac{B I}{d} \\ &= R_H \frac{B I}{d} \end{aligned} \quad (2-19)$$

$$R_H = \text{koefisien Hall} = \frac{1}{p e} \quad (\text{untuk tipe p}) \quad (\text{cm}^3/\text{coulomb})$$

$$= - \frac{1}{n e} \quad (\text{untuk tipe n}) \quad (\text{cm}^3/\text{coulomb})$$

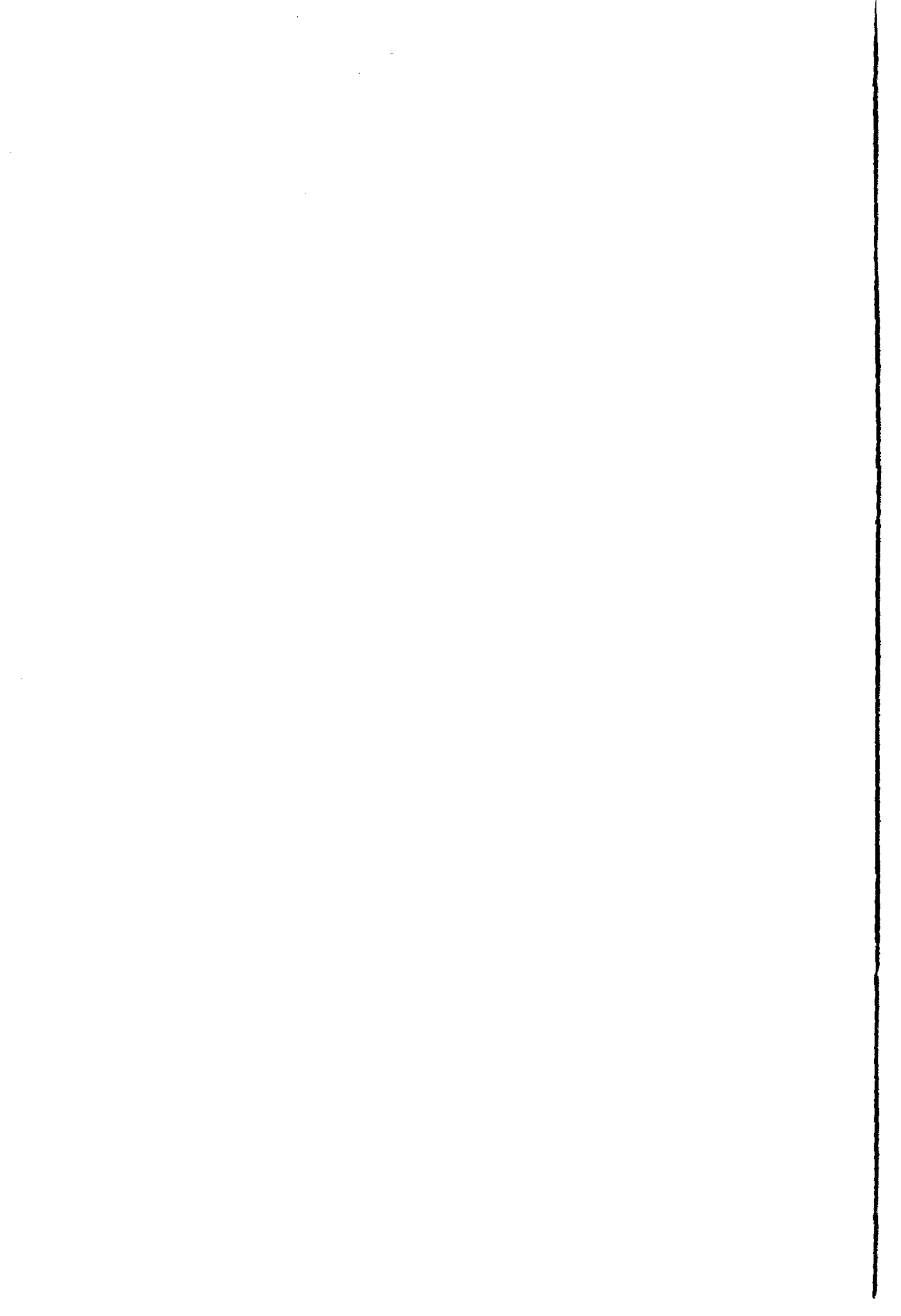
dimana :  $p = \text{densitas lubang} \quad (\text{cm}^{-3})$

$n = \text{densitas elektron} \quad (\text{cm}^{-3})$

$I = \text{kuat arus} \quad (\text{A})$

$d = \text{tebal pita semikonduktor} \quad (\text{cm})$

Dari hubungan di atas dapat dilihat bahwa bila  $I$  konstan maka  $V_H$  sebanding dengan  $B$ . Sehingga dengan mengetahui nilai  $V_H$ , maka medan magnet  $B$  dapat diketahui pula.



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Alat dan bahan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan sistim magnet pembelok tipe elektromagnet yang mempunyai sudut sektor magnet  $60^{\circ}$ , jari-jari pembelok 22,5 cm dan jarak celah udara 4 cm. Sedangkan gas yang digunakan dalam penelitian ini adalah udara dan gas  $H_2$ .

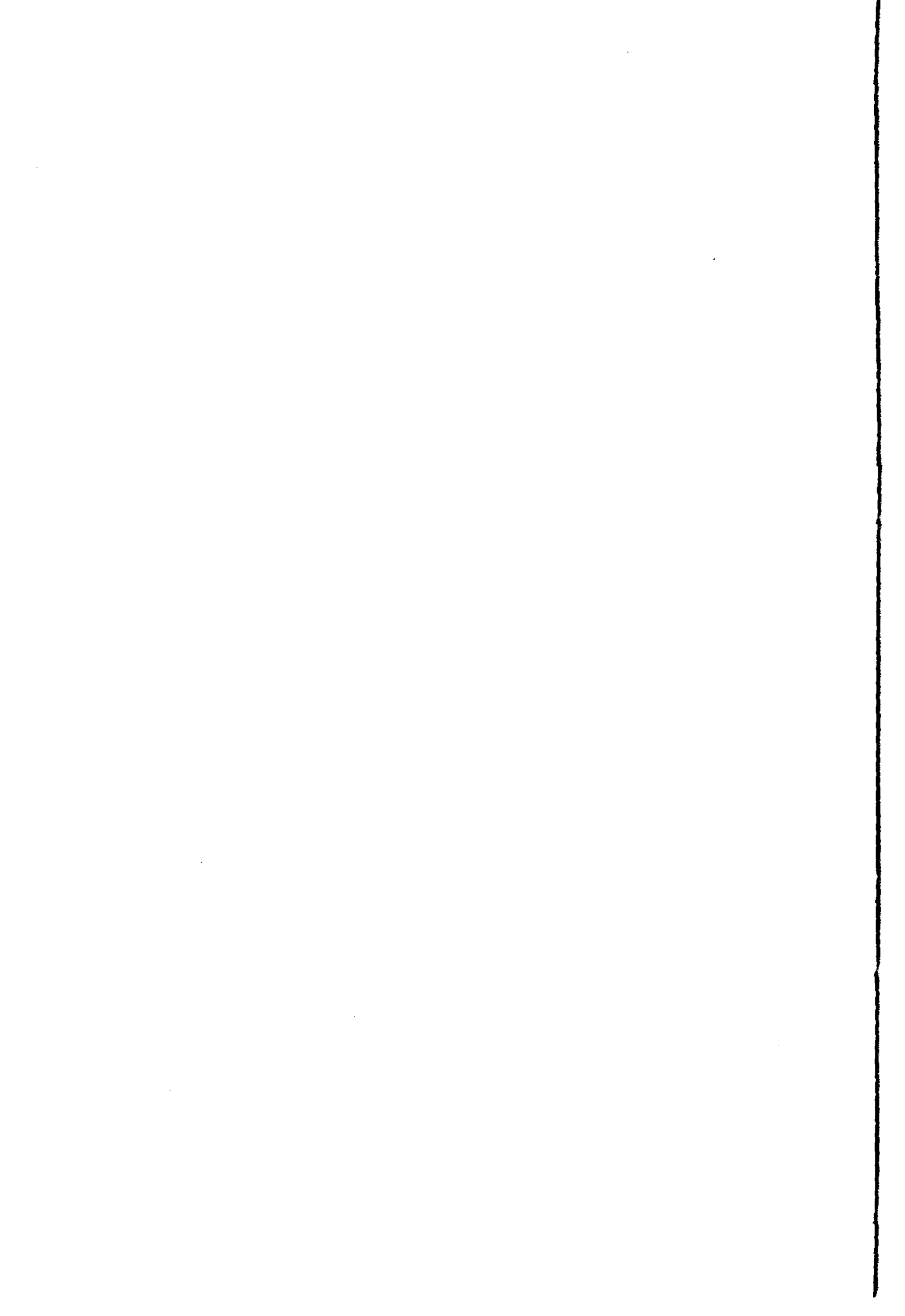
### 3.2 Metode Pengukuran

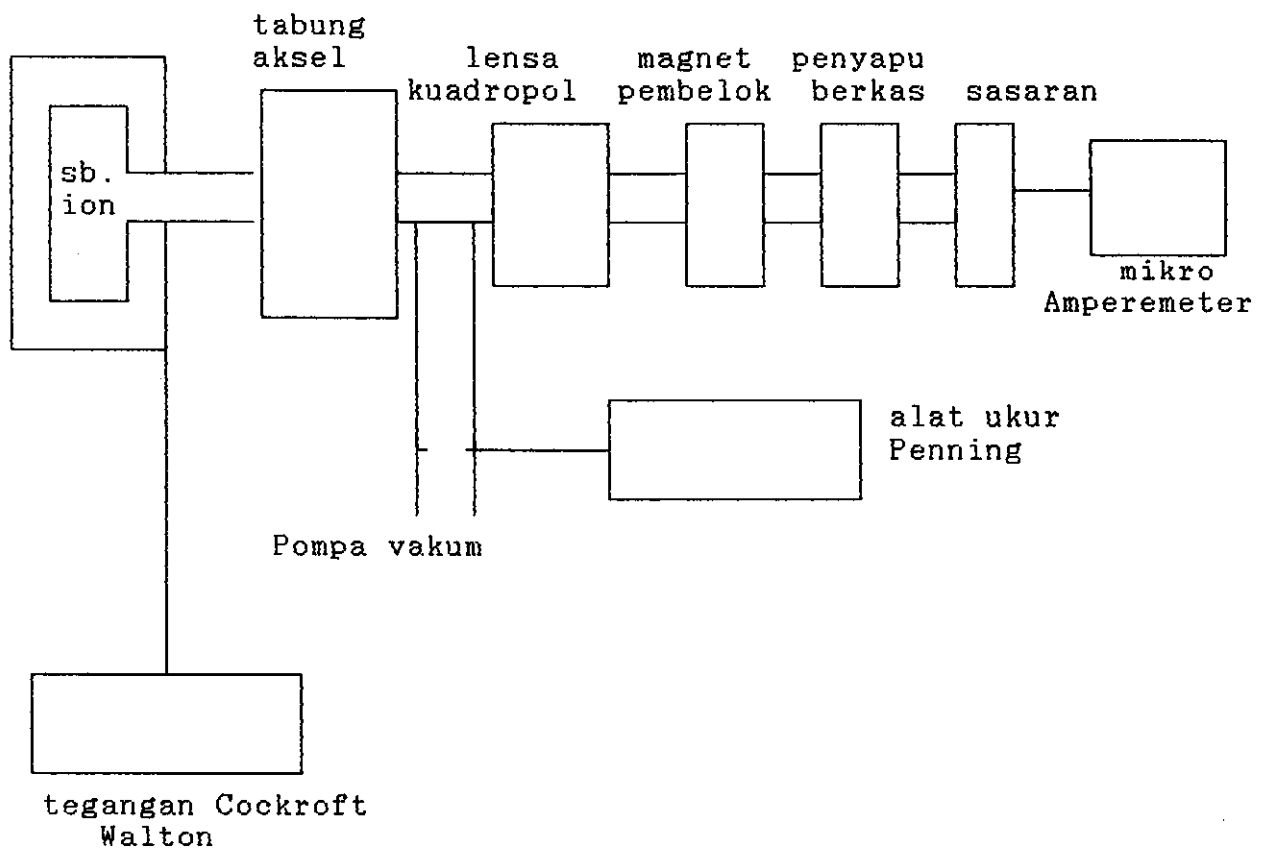
#### A. Pengukuran medan magnet

Pengukuran medan magnet dilakukan dengan menggunakan alat ukur gaussmeter. Pada saat pengoperasian implantasi ion medan magnet tidak dapat diukur secara langsung. Hal ini disebabkan oleh karena terganggunya kestabilan gaussmeter tersebut dengan adanya medan listrik akibat tegangan tinggi dan operator tidak boleh masuk ke dalam ruang Ion Implantor karena sinar X yang berasal dari tabung akselerator. Dengan mengamati arus yang diberikan pada sistim magnet pembelok tersebut dapat diketahui kuat medan magnet yang dihasilkannya. Ini dilakukan dari meja pengontrol di luar ruang Ion Implantor .

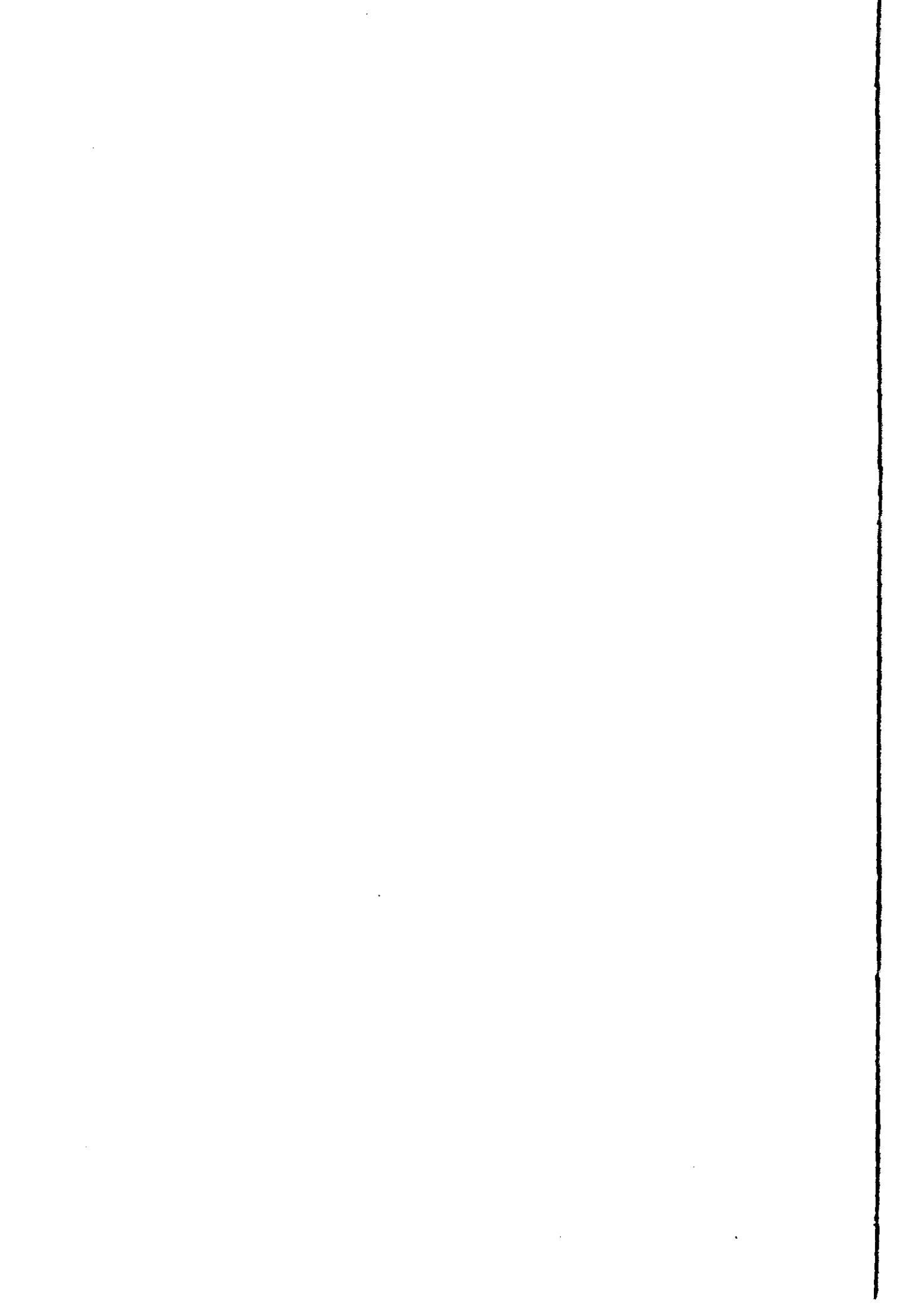
#### B. Pengukuran arus berkas

Untuk keperluan pengukuran arus berkas digunakan alat ukur mikroampermeter dengan batas ukur maksimal  $50 \mu A$ .





Gambar 3.1 Skema rangkaian alat percobaan





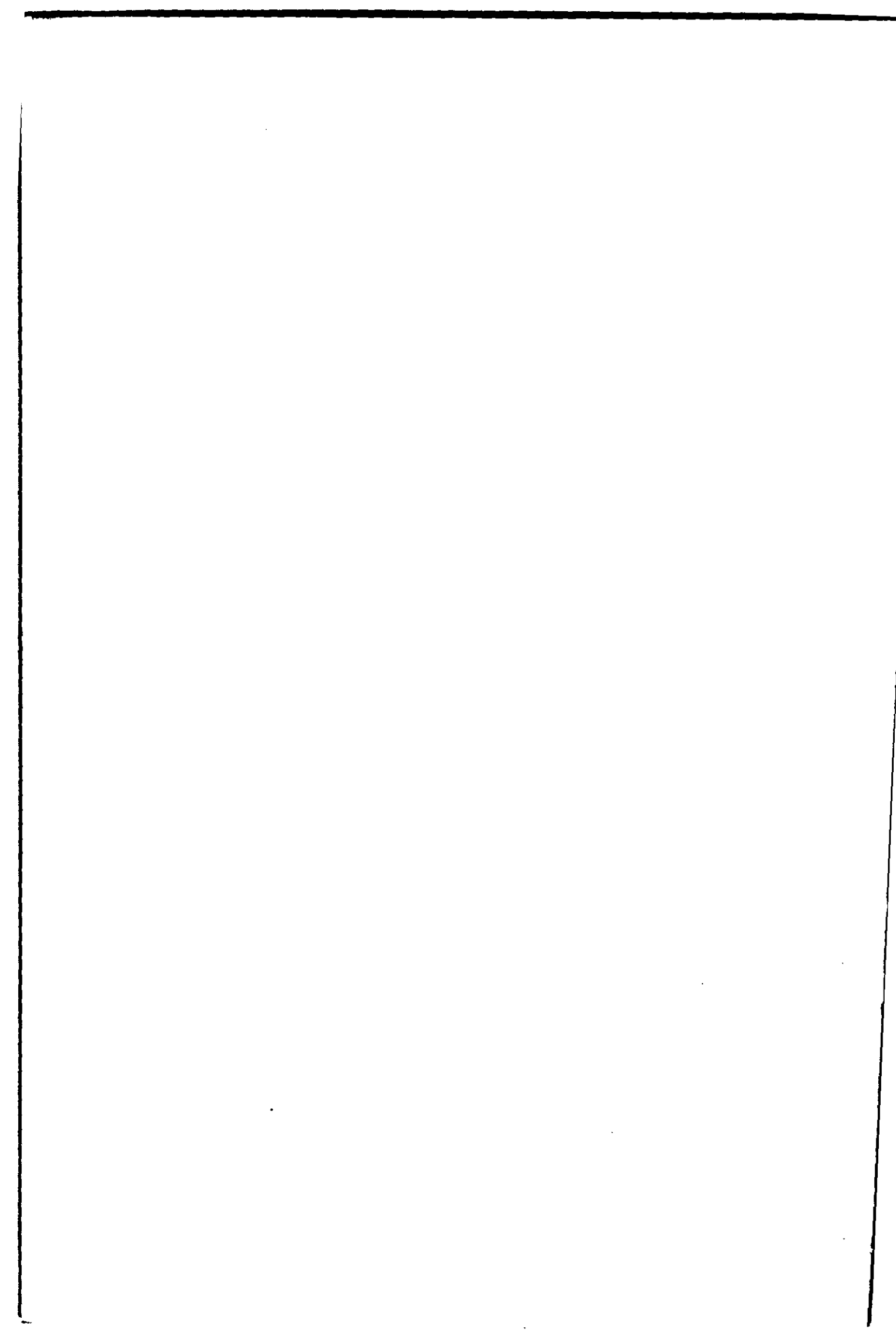
**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Hasil pengamatan**

Hasil pengukuran diberikan dalam tabel 1 hingga tabel 3 :

Tabel 1. Hasil pengukuran kuat arus sumber daya dan medan magnet yang ditimbulkan pada sistim magnet pembelok sudut defleksi  $60^{\circ}$ .

No	I <sub>sumber daya</sub> (A)	B <sub>ukur</sub> ± 0.02 (kG)
1	1,5	0,48
2	2,2	0,70
3	2,5	0,85
4	3,5	1,15
5	4	1,30
6	5	1,60
7	5,5	1,75
8	6,2	1,90
9	7,0	2,20
10	7,5	2,40
11	8,2	2,60
12	9	3,00
13	9,5	3,15
14	10	3,20
15	11	3,50
16	11,5	3,70
17	12	3,85
18	12,5	4,00
19	13	4,20
20	13,5	4,40
21	14	4,55
22	14,5	4,70
23	15	4,85



Tabel 2. Hasil pengukuran arus berkas setelah mengalami pembelokan oleh magnet pembelok dengan tegangan tinggi 90 kV tegangan pemumpun 50 volt/50 volt dan kevakuman  $1,5 \times 10^{-6}$  mBar untuk udara.

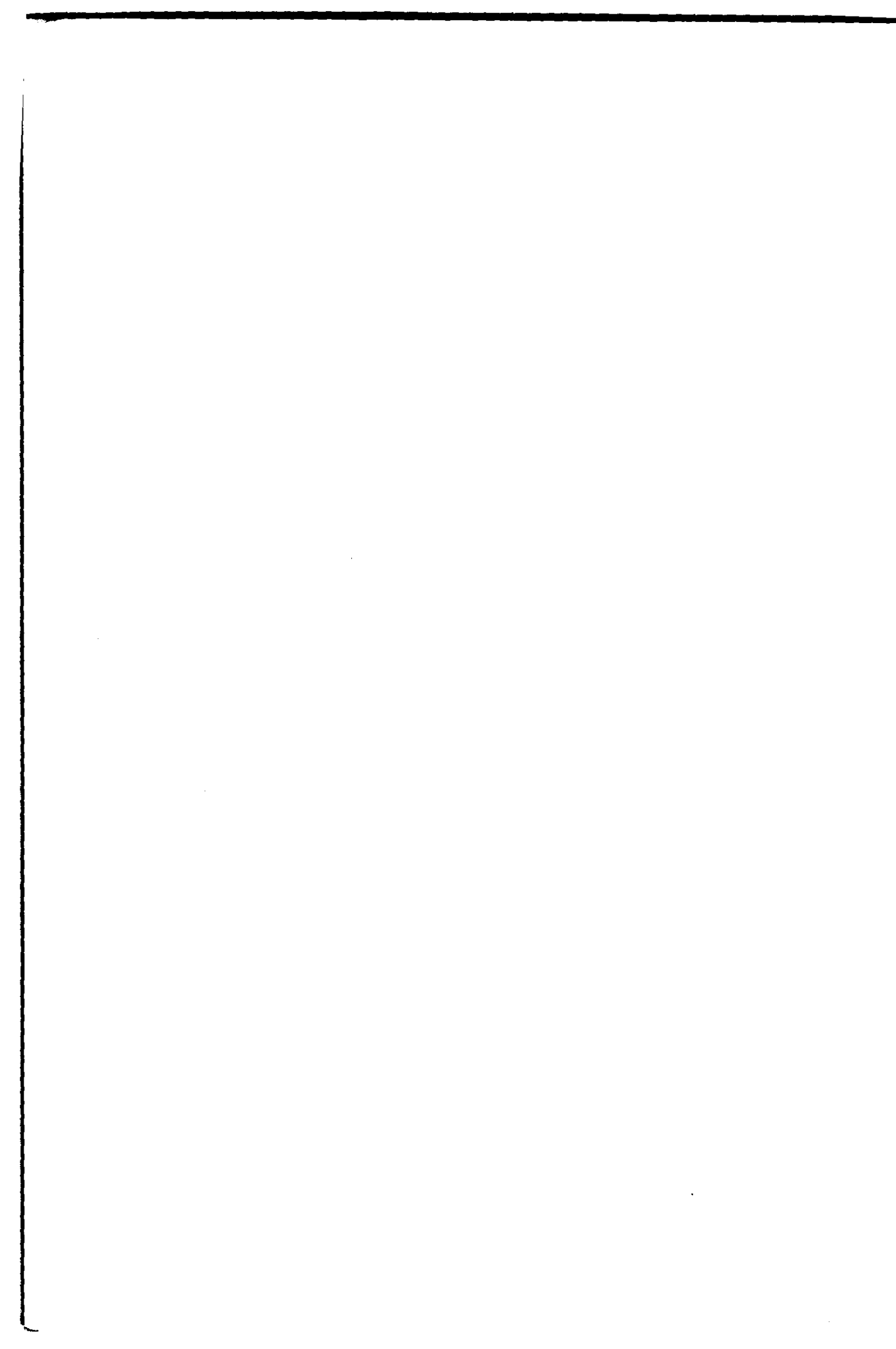
Arus berkas sebelum dibelokkan magnet :  $I_0 = 300 \mu A$ .

No	$B_{\text{terukur}} \pm 0,02$ (kG)	$I_{\text{ion terukur}} \pm 0,25$ ( $\mu A$ )
1	1,30	2,0
2	1,60	5,5
3	1,75	6,0
4	1,90	8,0
5	2,20	4,5
6	2,40	1,0

Tabel 3. Hasil pengukuran arus berkas setelah mengalami pembelokan oleh magnet pembelok dengan tegangan tinggi 90 kV, tegangan pemumpun 50 volt/60 volt dan kevakuman  $5 \times 10^{-6}$  mBar untuk gas  $H_2$ .

Arus berkas sebelum dibelokkan magnet :  $I_0 = 300 \mu A$ .

No	$B_{\text{terukur}} \pm 0,02$ (kG)	$I_{\text{ion terukur}} \pm 0,25$ ( $\mu A$ )
1	1,30	2,5
2	1,60	10
3	1,75	20
4	1,90	22,5
5	2,20	6,5
6	2,40	2



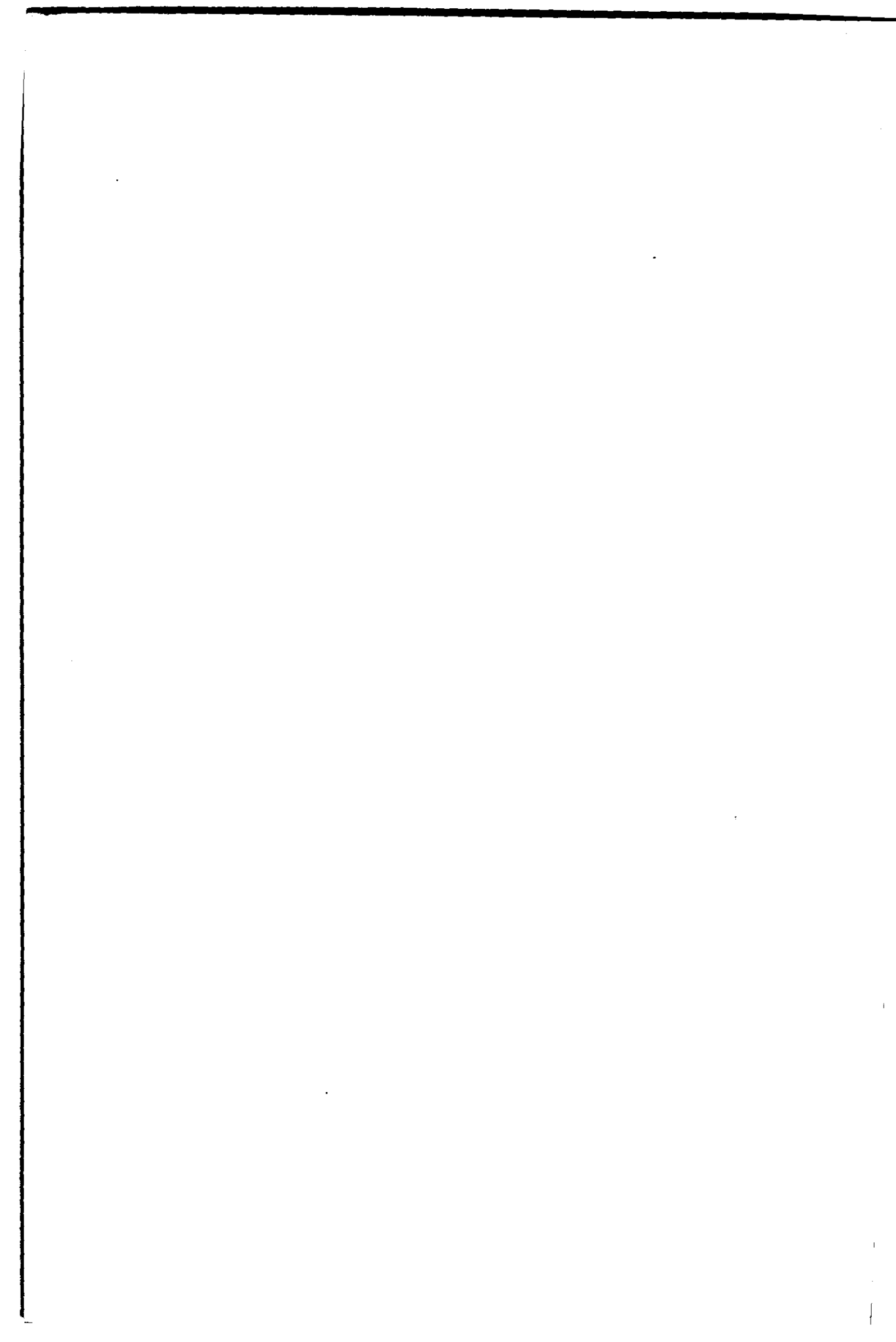
#### 4.2 Pembahasan

Dari percobaan yang telah dilakukan, dapat dilihat besarnya arus ion yang diperoleh setelah mengalami pembelokan oleh medan magnet. Dengan berubah-ubahnya medan magnet, besar arus ion yang terukurpun berubah pula. Hal ini disebabkan berkas arus ion tersebut oleh medan magnet dipisah-pisah sesuai dengan perbandingan massa dan muatannya.

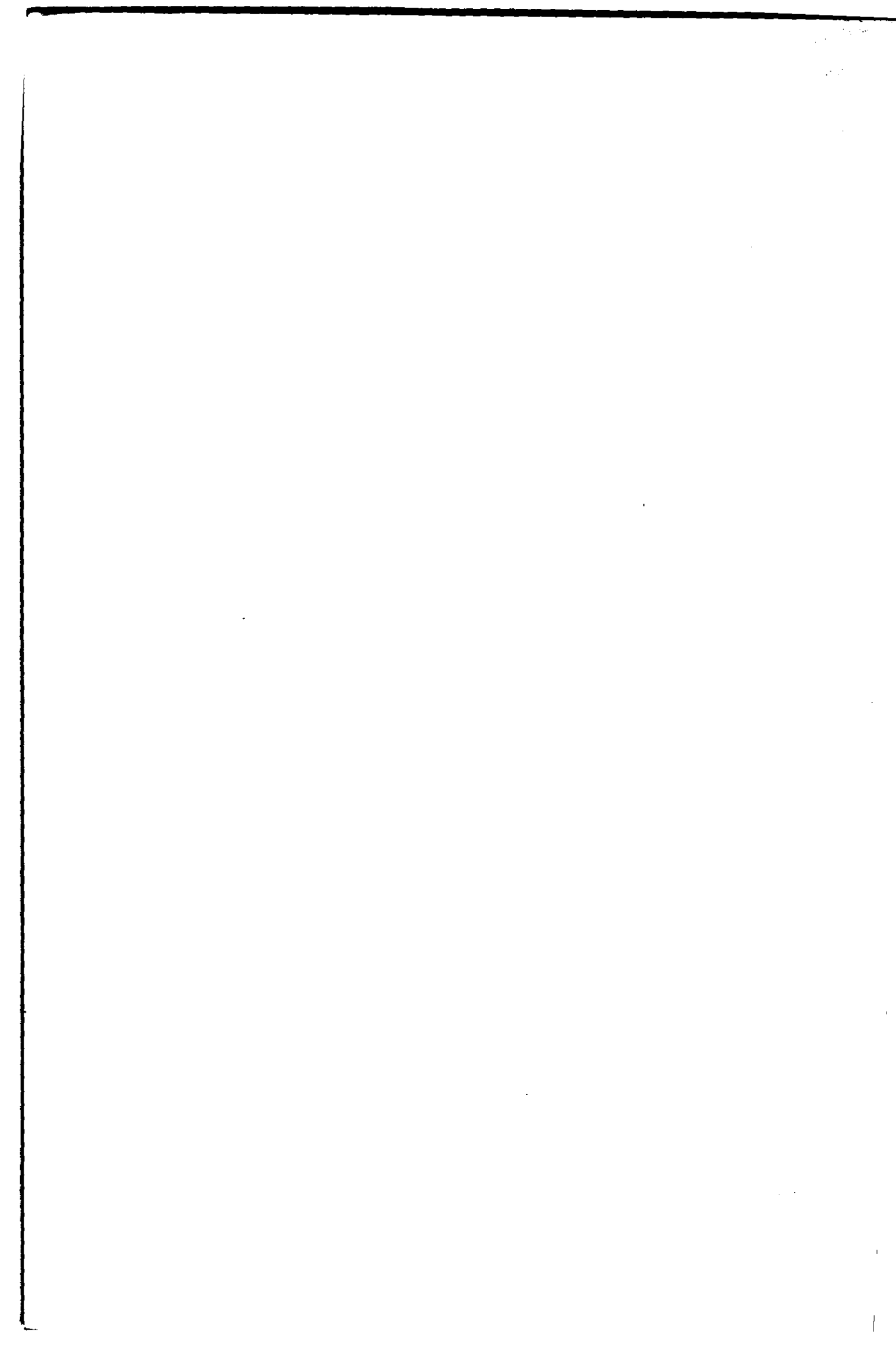
Dari hasil percobaan terhadap udara, terlihat bahwa pemisahan ion  $H^+$  terjadi pada medan magnet  $(1,9 \pm 0,02)$  kG dan memberikan arus yang maksimum, yaitu  $(8 \pm 0,25)$   $\mu A$  untuk tegangan tinggi 90 kV. Dalam hal ini hanya ion hidrogen yang mampu dibelokkan oleh magnet pembelok, sedangkan ion-ion yang lain seperti ion nitrogen dan ion oksigen tidak mampu dibelokkan oleh magnet pembelok, karena kemampuan dari power suplai magnet hanya mencapai  $(4,85 \pm 0,02)$  kG (lihat tabel 1).

Untuk hasil/percobaan terhadap gas  $H_2$ , terlihat bahwa pemisahan ion  $H^+$  terjadi pada medan magnet  $(1,9 \pm 0,02)$  kG dan memberikan arus yang maksimum, yaitu  $(22,5 \pm 0,25)$   $\mu A$  untuk tegangan tinggi 90 kV.

Pada percobaan yang telah dilakukan ini arus yang diperoleh relatif rendah, bahkan setelah dibelokkan oleh medan magnet berkurangnya arus terlihat cukup besar. Hal ini nampak jelas pada percobaan dengan menggunakan udara.



Rendahnya arus yang mencapai sasaran disebabkan oleh tingkat kehampaan yang dicapai oleh sistim hampa relatif masih rendah (tekanan udara sistim hampa selama percobaan  $\pm 1,5 \times 10^{-6}$  mBar dan  $\pm 5 \times 10^{-6}$  mBar). Banyaknya gas sisa yang tertinggal dalam sistim tersebut menghambat laju arus, sehingga banyak ion yang telah kehilangan tenaganya akibat tumbukan dengan gas sisa tersebut tidak mencapai sasaran.

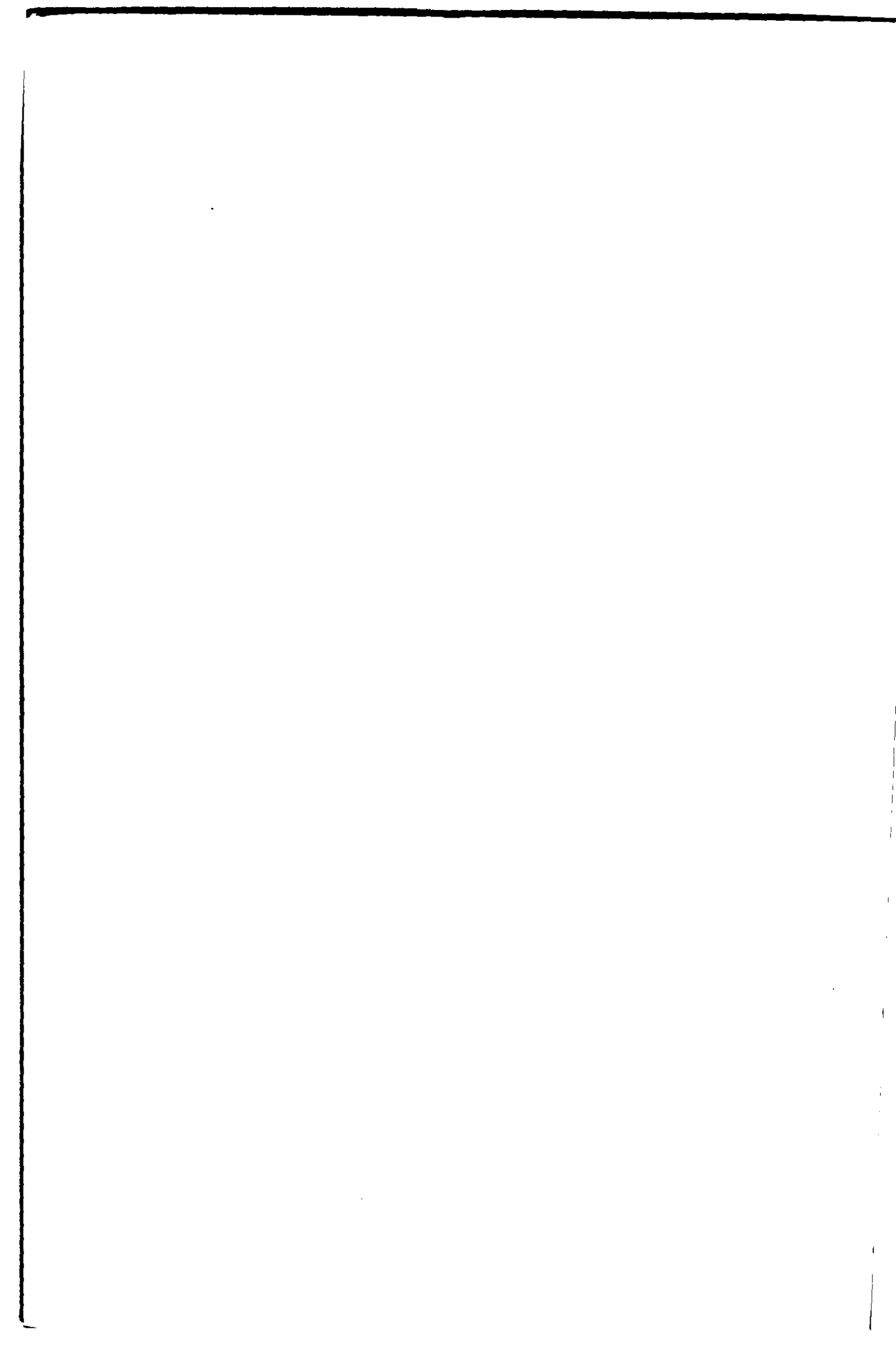




## BAB V KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Untuk keperluan implantasi ion dimana ion-ion yang dicangkokkan harus mempunyai kemurnian yang tinggi, dibutuhkan suatu magnet pembelok yang dapat memisahkan ion-ion tersebut dari pengotornya. Magnet pembelok yang digunakan adalah magnet pembelok tipe elektromagnet yang mempunyai sudut sektor magnet  $60^{\circ}$ , jari-jari pembelok 22,5 cm dan berkas ion masuk sejajar melalui bidang magnet. Salah satu prinsip pemisahan ion tersebut adalah dengan mengatur kuat medan magnet yang sesuai untuk membelokkan ion tersebut melewati lintasan tertentu.
2. Dari hasil percobaan yang telah dilakukan maka untuk percobaan dengan udara, pemisahan ion  $H^{+}$  pada medan magnet  $(1,9 \pm 0,025)$  kG dan memberikan arus yang maksimum, yaitu  $(8 \pm 0,25)$   $\mu A$  untuk tegangan tinggi 90 keV. Sedangkan untuk percobaan dengan gas  $H_2$ , pemisahan ion  $H^{+}$  terjadi pada medan magnet  $(1,9 \pm 0,025)$  kG dan memberikan arus yang maksimum, yaitu  $(22,5 \pm 0,25)$   $\mu A$  untuk tegangan tinggi 90 keV.



## DAFTAR PUSTAKA

Bygrave, W.D. Tredo, P.A. Lambert, L.M. (1970).  
*Accelerator Nuclear Physics*. High Voltage Corporation.  
Burlington.

Dearnaley, G.J.H. Freeman, R.S Nelson and J. Stephen.  
(1973). *Ion Implantation*. North-Holland Publishing Company.  
Amsterdam. London.

John Roboz.(1968). *Mass Spectrometry Instrumentation and  
Techniques*. Air Reduction Company, Inc. Murry Hill. New  
Jersey.

Livingston, M. and Blewett J.P. (1962). *Particle  
Accelerators*. Mc Graw Hill Book Company. New York. San  
Francisco Toronto. London.

Rol. P.K. dan P. Sudoyo (1977). *Teknik Vakum*. Gajah Mada  
University Press. Yogyakarta.

Yohanes, H. (1972). *Listrik dan Magnet*. Balai Pustaka.  
Jakarta.



