

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Penelitian

*Efek Hall* merupakan suatu gejala dimana pada kedua sisi plat logam tipis yang ditempatkan dalam medan magnet, menimbulkan beda potensial yang dinamakan dengan tegangan *Hall*. Kondisi tersebut terjadi apabila arus listrik dialirkan dari sisi yang satu ke sisi yang lain dari plat logam. Secara teoritik gejala ini disebabkan oleh adanya gaya *Lorentz* yang bekerja pada muatan bebas yaitu elektron. Akibatnya muatan-muatan positif dan negatif terakumulasi pada sisi-sisi plat, sehingga timbul beda potensial.

Fenomena *Efek Hall* tidak hanya dapat terjadi pada material logam, tetapi juga pada material semikonduktor. Sebagaimana diketahui bahwa pembawa muatan bebas pada material semikonduktor adalah elektron dan hole. Jika pembawa muatan bebasnya adalah hole, maka polaritas tegangan *Hall* berlawanan dengan polaritas tegangan pada logam (Rio dan Iida, 1999).

Instrumen *Efek Hall* merupakan instrumen fisika yang sangat diperlukan dalam pengembangan material. Dewasa ini sedang marak dilakukan usaha dalam rangka mendapatkan material yang bersifat baik bahkan super baik. Misalnya pengembangan material superkonduktor dan material semikonduktor. Dengan instrumen *Efek Hall* dapat diketahui sifat-sifat listrik (*electrical properties*) material tersebut diantaranya tipe konduktor, resistivitas, mobilitas, dan konsentrasi *carrier*.

Dengan mengetahui sifat listrik terutama material semikonduktor yang baru ditumbuhkan (*growth*), maka dapat disimpulkan bahwa materi tersebut

secara listrik baik atau tidak baik. Material semikonduktor yang mempunyai mobilitas tinggi dengan konsentrasi *carrier* yang rendah baik untuk dimanfaatkan dalam devais elektronik dan atau optoelektronik. Salah satu cara yang sederhana untuk mengetahui besaran listrik ini adalah melalui *Efek Hall* (Griffith, 1980).

Instrumen *Efek Hall* seharusnya dimiliki oleh semua laboratorium fisika sekolah dan perguruan tinggi meskipun laboratorium tidak sedang melakukan riset pengembangan material. Siswa atau mahasiswa dapat menggunakan instrumen ini untuk melakukan percobaan pengukuran konsentrasi *carrier* dalam bahan-bahan logam terhadap variabel-variabel seperti: temperatur, pemanasan (*annealing*), tekanan pada material, dan sebagainya. Sayangnya tidak semua laboratorium fisika terutama di daerah memiliki instrumen ini. Jika ada, maka instrumen ini dibeli dari pabrik (mungkin luar negri), sehingga harganya relatif mahal. Melihat kenyataan ini, maka peneliti tertarik untuk “*Merekayasa Sebuah Instrumen Efek Hall*” dengan menggunakan alat dan bahan yang dapat ditemukan di pasaran lokal dengan harga yang relatif terjangkau. Peneliti berharap alat yang sederhana ini dapat berfungsi dengan baik, dapat dimanfaatkan untuk percobaan, dan untuk keperluan riset sederhana.

## **1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan: Apakah dengan teknologi sederhana dapat direkayasa sebuah instrumen *Efek Hall*. Teknologi sederhana yang dimaksud adalah alat *Efek Hall* akan dirancang dengan menggunakan alat dan bahan yang tersedia di pasaran lokal dengan harga yang relatif murah dan pengerjaannya dilakukan secara manual.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merekayasa sebuah instrumen *Efek Hall* dengan menggunakan teknologi sederhana dan dengan memanfaatkan alat dan bahan yang ada di pasaran lokal. Penggunaan alat dan bahan yang ada di pasaran lokal diharapkan akan dapat memicu pemanfaatan dan pengembangan serta pemasyarakatan *Efek Hall* sebagai instrumen fisika.

### 1.4 Kegunaan Penelitian

Penelitian dengan judul *Rekayasa Alat Efek Hall sebagai Instrumen Fisika pada Laboratorium Fisika* diharapkan dapat berguna untuk:

1. Memperluas wawasan peneliti dan simpatisan tentang ilmu pengetahuan dan teknologi terutama dalam bidang listrik magnet.
2. Menambah khazanah instrumen pembelajaran Fisika sebagai alat bantu dalam proses pembelajaran baik mahasiswa maupun siswa di SMA.
3. Dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi pembawa muatan bebas pada material (logam atau semikonduktor).
4. Dapat mengembangkan penelitian rekayasa alat dan instrumen alternatif terutama di daerah, dengan memanfaatkan alat dan bahan yang tersedia di daerah.
5. Sebagai usaha untuk memotivasi kreativitas dan inovasi tenaga pengajar dan mahasiswa dalam mengembangkan teknologi pendidikan atau instrumen laboratorium.
6. Keuntungan ekonomis, harga alat ini relatif murah dibandingkan jika dibeli di pabrik (luar negeri).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Medan Listrik

Medan listrik secara umum didefinisikan sebagai gaya elektrostatik yang bekerja pada satu satuan muatan di dalam suatu ruangan dimana muatan itu ditempatkan (Nannapaneni, 2001), dan secara matematis didefinisikan sebagai:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \dots\dots\dots(1)$$

Sebaliknya medan listrik tertentu  $E$  sebuah muatan  $q$  mengalami gaya

$$\vec{F} = \vec{E}.q \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

$E$  = kuat medan listrik ( N/C )

$F$  = gaya ( N )

$q$  = muatan ( C )

#### 2.2 Medan Magnet

Medan magnet adalah ruang di sekitar magnet dimana jika benda-benda lain yang diletakkan dalam ruangan magnet tersebut akan mengalami gaya magnetik. Gaya magnetik dapat ditimbulkan oleh benda-benda yang bersifat magnetik dan arus listrik yang bergerak.

Medan magnetik dapat digambarkan dengan garis-garis khayal yang dinamakan dengan garis-garis medan atau garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara masuk ke kutub selatan, kutub yang sejenis akan tolak-menolak dan yang berlawanan jenis akan tarik menarik (Giancoli, 1999).

Ada tiga aturan yang berlaku pada garis medan magnet yaitu:

1. Garis-garis medan magnet tidak pernah saling berpotongan.
2. Garis-garis medan magnet selalu mengarah radial keluar menjauhi kutub utara dan radial ke dalam masuk ke kutub selatan.
3. Tempat dimana garis-garis medan magnetik rapat menentukan medan magnetiknya kuat, sebaliknya tempat dimana garis medan magnetiknya renggang menyatakan kuat medannya lemah (Sears and Zemansky, 1962).

Besar medan magnetik dinyatakan dengan kuat medan magnetik. Kuat medan magnetik yang ditimbulkan oleh arus listrik di suatu titik disebut induksi magnetik ( $B$ ) yang besarnya:

1. Sebanding dengan kuat arus listrik ( $I$ ).
2. Sebanding elemen panjang penghantar ( $dl$ ).
3. Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak ( $r$ ) antar titik itu ke elemen penghantar ( $dl$ ).
4. Sebanding dengan sinus sudut apit  $\sin\theta$  melalui elemen penghantar  $dl$  dan garis penghubung titik itu ke elemen penghantar  $dl$ , dikenal dengan hukum Biot–Savart.

Persamaan Biot-Savart dirumuskan sebagai berikut (Hayt, 1986)

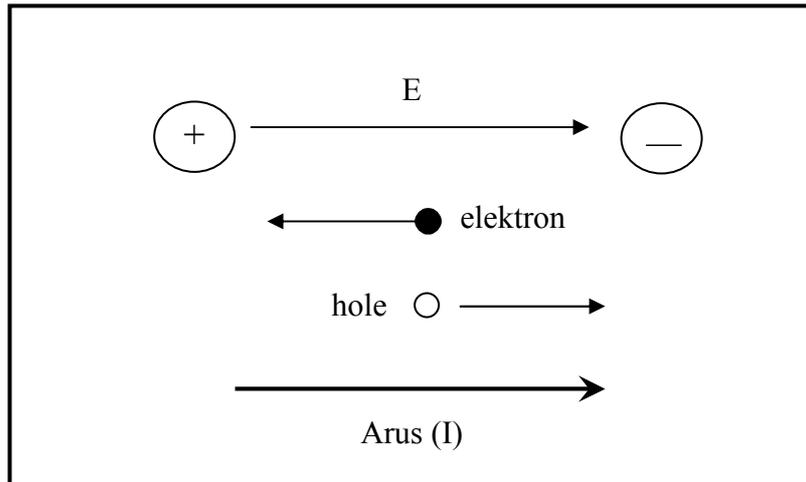
$$dB = k \frac{idl \sin \theta}{r^2} \dots\dots\dots(3)$$

### 2.3 Persamaan Aliran Arus

Ada dua mekanisme yang menyebabkan arus mengalir. *Pertama*, arus mengalir disebabkan oleh berpindahannya partikel bermuatan karena adanya medan listrik. Arus ini disebut arus hanyut atau arus *drift*. *Kedua*, karena adanya

perbedaan konsentrasi pembawa muatan antara dua titik dalam bahan (Rio dan Iida, 1999).

Gambar di bawah ini menunjukkan dua jenis pembawa muatan bebas (*carrier*) yang bergerak dalam medan listrik



Gambar 2.1 Gerakan Elektron dan Hole dalam Medan Listrik (Rio dan Iida, 1999)

Kecepatan sebuah elektron yang bermuatan  $-q$  memenuhi persamaan

$$v = -\mu_n E \dots\dots\dots(4)$$

dan untuk hole

$$v = \mu_p E \dots\dots\dots(5)$$

dimana  $\mu$  adalah konstanta kesebandingan yang disebut mobilitas.

Rapat arus elektron memenuhi persamaan

$$J_n = qn \mu_n E \dots\dots\dots(6)$$

Sedangkan untuk hole

$$J_p = qp \mu_p E \dots\dots\dots(7)$$

Dimana  $p$  dan  $n$  adalah konsentrasi hole dan elektron bebas. Dalam hal khusus dimana  $p$ ,  $n$ ,  $\mu_n$  dan  $\mu_p$  tidak tergantung pada medan listrik  $E$ , maka arus dikatakan mengikuti hukum ohm. Dengan demikian, dapat didefinisikan suatu konstanta perbandingan dalam hal ini yang disebut konduktivitas ( $\sigma$ ) yang menghubungkan arus dengan medan listrik.

untuk elektron memenuhi hubungan

$$\sigma = q \mu_n n \dots\dots\dots(8)$$

sedangkan untuk hole memenuhi

$$\sigma = q \mu_p p \dots\dots\dots(9)$$

Jika dua jenis *carrier* bersama dalam bahan padat, maka rapat arus *netto*

$$J = J_n + J_p = q (\mu_n n + \mu_p p) E \dots\dots\dots(10)$$

Konduktivitasnya menjadi

$$\sigma = q (\mu_n n + \mu_p p) \dots\dots\dots(11)$$

Jika arus didistribusikan secara merata pada sebuah konduktor yang luas penampangnya  $A$ , maka besar rapat arus untuk semua titik dalam penghantar tersebut adalah

$$J = \frac{I}{A \sigma} \dots\dots\dots(12)$$

Resistansi dalam arah longitudinal dari bahan padat (logam atau semikonduktor) dengan luas penampang  $A$  dan panjang  $L$  adalah

$$R = \frac{L}{A \sigma} \dots\dots\dots(13)$$

dimana :

$v$  = kecepatan gerak elektron (m/s)

$\mu_n$  = mobilitas gerak elektron (cm<sup>2</sup>/V.s)

$\mu_p$  = mobilitas gerak hole ( $\text{cm}^2/\text{V.s}$ )

$J_p$  = rapat arus hole ( $\text{A}/\text{cm}^2$ )

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

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

$p$  = konsentrasi hole ( $\text{cm}^{-3}$ )

$E$  = medan listrik ( $\text{N}/\text{C}$ )

$\sigma$  = konduktivitas ( $\text{s}/\text{cm}$ )

$R$  = resistansi (ohm)

## 2.4 Gaya Lorentz

Apabila sebuah muatan  $q$  bergerak dalam medan listrik ( $E$ ) dan medan magnet ( $B$ ) dengan kecepatan ( $v$ ), maka muatan akan mengalami gaya yang disebut dengan Gaya Lorentz (Johannes, 1978).

Gaya Lorentz memenuhi persamaan

$$\vec{F} = q(\vec{E} + v \times \vec{B}) \dots\dots\dots(14)$$

Jika hanya ada medan magnet saja, maka Gaya Lorentz menjadi

$$\vec{F} = qv \times \vec{B} \dots\dots\dots(15)$$

## 2.5 Zat Padat Logam

Zat padat yang paling sederhana adalah zat padat yang mengandung atom-atom dari satu unsur saja misalnya logam. Atom-atom dalam logam tersusun secara efisien, sebagaimana bila kita mengemas jeruk ke dalam sebuah kotak, dan atom identik dengan angka banding jari-jari adalah 1 m dan bilangan koordinasi maksimum adalah 12. Keadaan ini akan ditunjang juga dengan tiga

struktur yang lazim pada logam seperti kubus berpusat tubuh, kubus berpusat muka, dan kemasan semampai heksagonal.

## 1. Sifat Logam

Lebih dari seratus unsur, diperkirakan tiga perempatnya dikelompokkan sebagai logam yang merupakan zat padat. Meskipun logam-logam ini sangat beraneka ragam sifatnya, namun terdapat beberapa sifat khas yang mempersatukannya baik itu sifat kimia maupun sifat fisik yang membedakan mereka dari unsur-unsur bukan non logam (Law Rance and Van Vlack,1987).

### a. Sifat Kimia

Sifat kimia kebanyakan logam adalah bersifat sebagai donor dalam reaksi-reaksi. Ion-ion logam biasanya adalah ion positif, ini dihubungkan dengan rendahnya energi ionisasi atom logam. Dari fakta diketahui bahwa biasanya terdapat kurang dari empat elektron dalam tingkat energi terluarnya.

### b. Sifat Fisika

Sifat fisika kebanyakan logam mencakup karakteristik sebagai berikut

1. Daya hantar jenis listriknya tinggi.
2. Daya hantar panasnya tinggi.
3. Mengkilapnya permukaan dimana semua unsur logam yang baru saja dipatahkan akan mengkilap dan tidak terkaratkan misalnya emas dan tembaga yang berwarna abu-abu atau keperakkan yang mengkilap.
4. Penataan terkemas-mampet atom-atom dimana struktur khas mencakup ketiga tipe struktur logam yang paling lazim. Sebagai akibat kemasan mampet ini logam cenderung memiliki rapatannya yang relatif tinggi.

5. Kemampuan mengubah bentuk tanpa retak bila mengalami tegangan dimana logam dapat ditempa dan diukur, meskipun atom-atom berikatan kuat satu dengan yang lainnya.

## 2. Elektron dalam Ikatan Logam

Sifat fisika logam menyatakan bahwa ikatan-ikatan valensi yang mengikat atom-atom satu sama lain bukanlah ikatan ion juga bukan ikatan kovalen sederhana. Meskipun atom logam biasanya mempunyai satu sampai empat elektron terluar. Atom-atom ini mempunyai delapan atau dua belas atom tetangga terdekat, artinya tersedia kurang dari suatu kisi ketat dari ion-ion positif dan sekitarnya terdapat elektron-elektron valensi. Elektron valensi ini terbatas pada permukaan-permukaan energi tertentu, namun elektron mempunyai cukup kebebasan sehingga tidak terus menerus digunakan bersama-sama oleh dua ion yang itu-itu saja. Bila diberikan panas elektron-elektron ini mudah dipindahkan dari atom yang satu ke atom yang lainnya. Sistem ini dikatakan sebagai ikatan logam (Law Rence & Van Vlack, 1987).

Tidak seperti ikatan ion atau kovalen, ikatan logam memberikan kekuatan dan keuletan kepada logam itu dan sekaligus memungkinkan perubahan bentuk (deformasi). Oleh karena itu, logam tidak retak dipukul atau digilas menjadi lembaran bahkan diulur menjadi kawat. Namun logam akan berubah dari bentuk yang satu ke bentuk yang lain.

## 3. Hantaran Listrik dalam Logam

Pembawa muatan listrik dalam logam adalah elektron. Logam merupakan penghantar listrik maupun panas yang baik karena selain disebabkan oleh pada pita konduksinya banyak sekali elektron-elektron

bebas, juga disebabkan oleh mudahnya elektron menyerap energi dan bergerak oleh adanya pengaruh medan listrik maupun gradien suhu. Tanpa adanya medan listrik gerakan elektron dalam logam bersifat acak. Jika suatu medan listrik dikenakan pada logam gerakan elektron tersebut menjadi tidak acak lagi, melainkan ada kecenderungan menuju ke arah yang berlawanan dengan arah medan listrik (Beiser, 1990).

Tabel 2.1 Jumlah Elektron pada Beberapa Material Logam

NO	Material logam	Elektron/m <sup>3</sup>
1	Aluminium ( Al )	16.10 <sup>28</sup>
2	Tembaga ( Cu )	6,3.10 <sup>28</sup>
3	Seng (Zn )	3.10 <sup>28</sup>
4	Emas ( Au )	5,65.10 <sup>28</sup>
5	Perak ( Ag )	6,1.10 <sup>28</sup>

( Rolf, 1993)

Tabel 2.2 Massa Jenis Beberapa Material Logam

NO	Material Logam	Massa Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )
1	Aluminium ( Al )	1,27
2	Tembaga ( Cu )	8,96
3	Seng (Zn )	7,13
4	Emas ( Au )	19,30
5	Perak ( Ag )	10,5

(Clark et all, 1986)

## 2.6 Sifat Kemagnetan Bahan

Berdasarkan sifat kemagnetan bahan terhadap tarikan dan tolakan garis gaya magnetik luar, dibedakan atas tiga digolongkan yaitu:

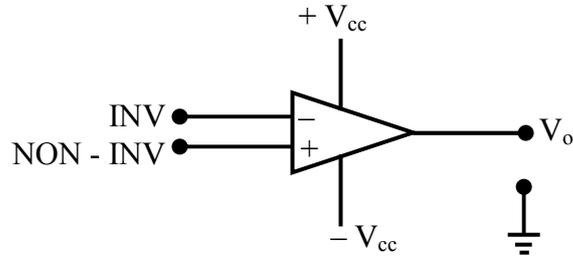
1. Feromagnetik yaitu bahan yang sangat kuat menarik garis-garis gaya magnetik luar, contohnya : Besi, Nikel, Kobalt dan Baja.
2. Paramagnetik yaitu bahan yang sedikit menarik garis-garis magnetik luar, contohnya : Aluminium, Platina, dan kayu.
3. Diamagnetik yaitu bahan yang sedikit menolak garis-garis gaya magnet, contohnya : Timah, Bismut dan Seng.

Sifat magnet bahan sebagian besar berasal dari gerakan orbital elektron dan besaran internal yang dikenal sebagai spin. Arus yang terbentuk loop menghasilkan momen magnet  $\mu$ . Akibat adanya gerakan orbital elektron umumnya atom-atom memiliki momen dipol magnet permanen (Beiser,1990). Besaran ini dan spin elektron yang sangat berperan dalam menentukan sifat magnetik bahan. Bahan yang mempunyai momen dipol magnet permanen dibedakan atas paramagnetik dan feromagnetik berdasarkan besar kecilnya respon bahan terhadap magnet luar. Respon akan besar jika antara momen dipol ada interaksi yang menyearahkan satu sama lain. Pada keadaan normal (tanpa medan magnet luar) momen dipol magnet dalam bahan paramagnetik berarah acak sehingga jumlah vektor momen dipol magnet dalam seluruh bahan praktis berharga nol. Pada bahan feromagnetik jika sebelumnya pernah mengalami medan magnet luar, maka jumlah momen magnetnya nol (Soedjojo, 1998)

## **2.7 Penguat Operasional (Op-Amp)**

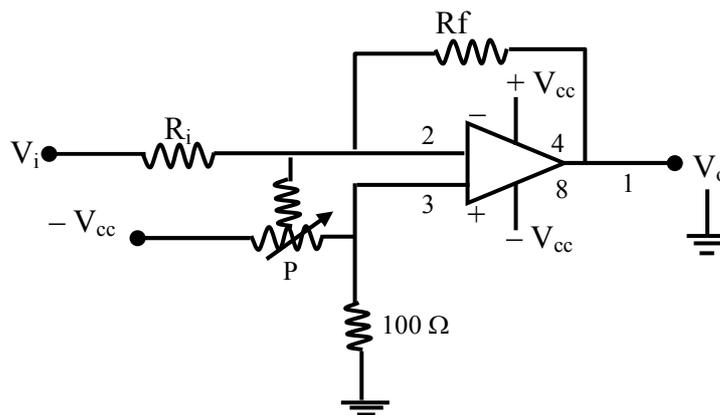
Penguat Operasional (Op-Amp) adalah penguat differensial dengan dua masukan yang mempunyai penguatan tegangan amat tinggi yaitu dalam orde  $10^5$  dan mempunyai satu keluaran sebagaimana pada gambar 2.2. Sehingga dengan

masukan yang sangat kecil (orde mikrovolt) dapat memberikan penguatan dalam satuan volt (Robert and Frederick, 1982 ).



Gambar 2.2 Lambang Op-Amp ( Sutrisno, 1987 )

Dari gambar di atas tampak adanya dua masukan yaitu masukan membalik (*INV*) dan masukan tak membalik (*NON-INV*). Masukan membalik diberi tanda minus (-) dan masukan tak membalik diberi tanda plus (+) (Smith, 1987).



Gambar 2.3 Rangkaian Penguat Membalik (Rahmad, 2003)

Penguat membalik yaitu penguatan yang tegangan keluarannya ( $V_o$ ) mempunyai polaritas yang berbeda dengan tegangan masukan ( $V_i$ ). Pada

penguatan ini dapat digunakan IC 4558 yang memiliki masukan membalik pada kaki 2 dan keluaran pada kaki 1, adapun karakteristik dari IC 4558 adalah:

- Tegangan Max =  $\pm 18$  Volt
- Suhu pengoperasian berkisar = -20 sampai +75<sup>0</sup>C
- Penguat Tegangan = 100 dB
- Ayunan Tegangan pada keluaran R<sub>L</sub> = 10 K $\Omega$   $\pm 14$  Volt
- PSSR = 90 dB
- Arus Maksimum = 3,5 mA
- Laju Belok (waktu Tanggap) = 1V/ $\mu$ s
- Lebar pita = 3 MHz

Penguatan tegangan rangkaian ditentukan menurut:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} \dots\dots\dots(20)$$

Sedangkan faktor penguatan untuk penguat membalik dinyatakan dalam :

$$A_v = - \frac{R_f}{R_{in}} \dots\dots\dots(21)$$

Jadi tegangan keluaran yang melintasi R<sub>f</sub> dan R<sub>in</sub> adalah:

$$V_o = - (A_v V_{in}) \text{ atau } - \frac{R_f}{R_{in}} \cdot V_i \dots\dots\dots(22)$$

dimana : V<sub>o</sub> = tegangan keluaran

V<sub>i</sub> = tegangan masukan

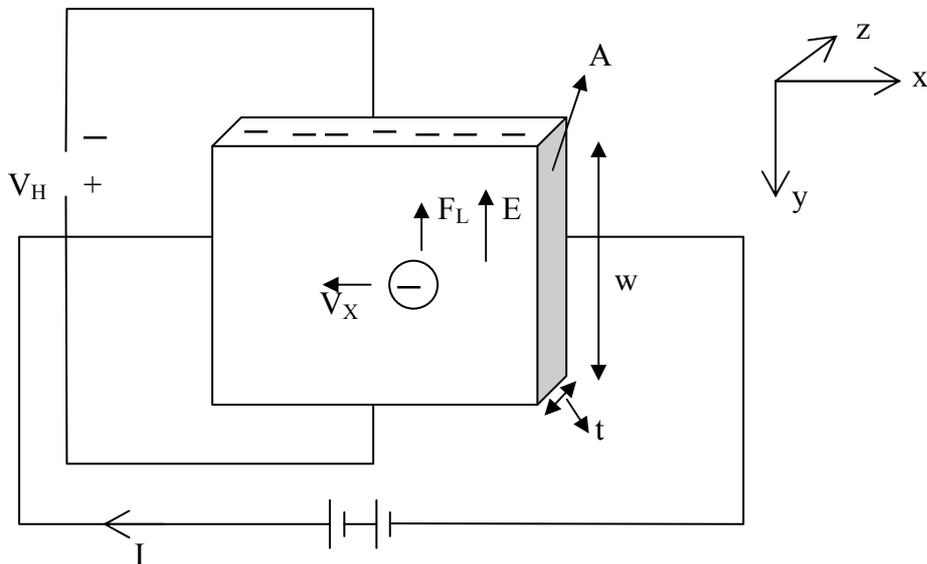
R<sub>f</sub> = hambatan umpan balik

R<sub>i</sub> = hambatan masukan (Sutrisno,1987)

## 2.8 Kerangka Pemikiran *Efek Hall*

Pembuatan alat *efek hall* ini didasarkan pada perlunya melihat konsentrasi elektron pada sebuah plat yang diberi aliran arus. Mengingat alat ini tidak ada di pasaran, maka perlu diupayakan rekayasa untuk merancang *efek hall* dengan menggunakan alat dan bahan yang mudah diperoleh di pasaran.

Sebuah plat logam dengan tebal  $w$  dan luas penampang  $A$  diletakkan dalam medan magnet homogen  $B_z$ , seperti ditunjukkan gambar di bawah ini.



Gambar 2.4 Dasar Skematik Pengukuran Konsentrasi Elektron dengan Efek Hall (Rio dan Iida, 1999).

Arus listrik dilewatkan melalui plat ke arah sumbu  $X$  positif akibat medan listrik eksternal yang dikerahkan oleh sumber tegangan. Anggap muatan itu adalah muatan negatif (dalam logam) yang bergerak dengan kecepatan  $V_x$ . Muatan ini akan mengalami defleksi akibat gaya Lorentz yang diterimanya. Akibatnya muatan-muatan negatif akan terakumulasi pada bagian atas plat, sedangkan pada bagian sisi bawah terakumulasi muatan positif. Penimbunan

muatan pada masing-masing plat akan menimbulkan medan listrik internal. Medan listrik yang timbul ini sudah tentu akan menghalangi pembelokkan muatan-muatan listrik berikutnya dan akhirnya terjadilah kesetimbangan sewaktu medan listrik sudah cukup kuat untuk mengimbangi gaya Lorentz (Griffith, 1982).

Dengan demikian diperoleh persamaan

$$\begin{aligned}
 qEy + qv_x B_z &= 0 \\
 qEy &= -qv_x B_z \\
 Ey &= -v_x B_z \dots\dots\dots(23)
 \end{aligned}$$

Timbulnya medan listrik internal  $E_y$  dan proses inilah yang disebut dengan efek hall. Medan listrik internal yang timbul disebut dengan medan hall, dan tegangan yang timbul antar sisi-sisi plat disebut dengan tegangan hall ( $V_H$ )

$$V_H = E_y \cdot w \dots\dots\dots(24)$$

Dengan menggunakan persamaan (4) dan persamaan (6), maka persamaan (23) dapat ditulis

$$E_y = \left[ \frac{J_n}{qn} \right] B_z = R_H J_n B_z$$

dimana

$$R_H = -\frac{1}{qn} \dots\dots\dots(25)$$

Ternyata  $E_y$  adalah sebanding dengan rapat arus dan medan magnet. Konstanta kesebandingan ini disebut dengan koefisien Hall ( $R_H$ ). Sehingga konsentrasi muatan negatif (elektron) dapat dihitung menurut persamaan

$$n = -\frac{1}{R_H} = \frac{J_n B_z}{q E_y} = \frac{((1/A) B_z)}{q(V_H / w)}$$

atau

$$n = \frac{I B_z w}{q V_H A} \dots\dots\dots(26)$$

Jadi konsentrasi muatan bebas pada plat ditentukan dengan mengukur kuantitas  $I, B_z, w, V_H, A$  dengan  $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

## BAB III

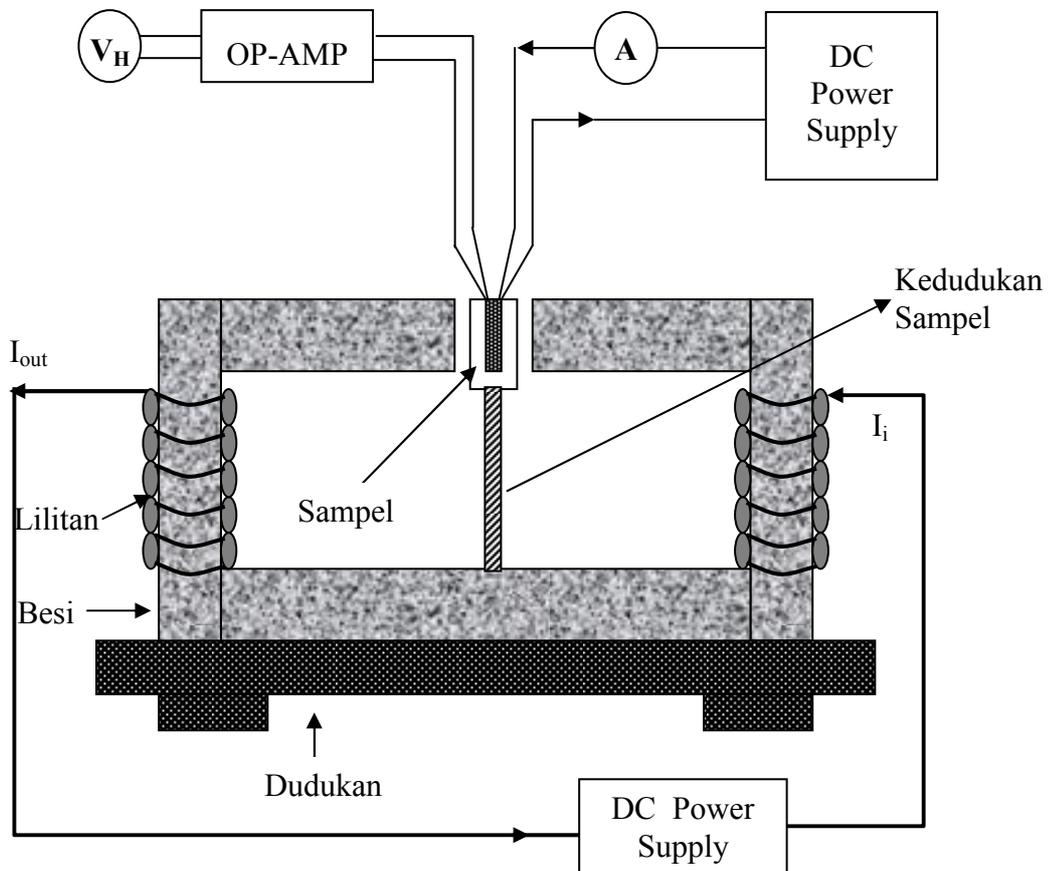
### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini diselenggarakan di Laboratorium Pendidikan Fisika Jurusan PMIPA FKIP Universitas Riau. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penelitian adalah 3 bulan yaitu mulai tanggal Juni 2005 s/d September 2005.

#### 3.2 Desain Instrumen Penelitian

Instrumen efek *Hall* yang dibuat dalam penelitian dirancang seperti gambar berikut:



Gambar 3.1 Desain Instrumen Efek Hall

## 1. Komponen Utama Instrumen

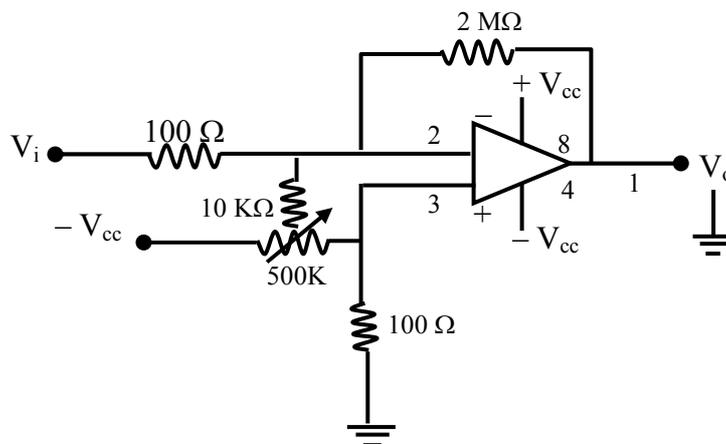
- Sistem pembangkit medan magnet dengan dudukannya

Pembangkit medan magnet adalah bagian utama alat ini. Medan magnet dibangkitkan oleh arus searah yang mengalir dalam kawat email. Untuk mendapatkan medan magnet yang relatif besar, maka diperlukan arus relatif besar dan lilitan kawat yang banyak serta penggunaan bahan feromagnetik yang dalam hal ini digunakan besi baja. Sumber arus berasal dari DC Power Supply.

- Dudukan Sampel

Dudukan sampel digunakan untuk tempat sampel yang akan diletakkan diantara dua kutub inti besi dengan posisi tegak lurus terhadap medan magnet yang ditimbulkan oleh sistim pembangkit medan. Arus listrik dari sebuah DC Power Supply dialirkan melalui kedua sisi plat sampel. Dua sisi plat yang lainnya dihubungkan dengan milivolt untuk mengukur tegangan *Hall* yang timbul.

- Rangkaian Penguat



Gambar 3.2 Rangkaian Penguat Membalik dengan IC4558 (Rahmad, 2003)

Karena tegangan *Hall* berkemungkinan bernilai cukup kecil, misalnya dalam orde mikrovolt, maka diperlukan sistim penguat sinyal. Disini dipergunakan penguat Op-Amp yang memakai hambatan umpan balik sebesar  $2\text{ M}\Omega$  dan hambatan masukan  $100\ \Omega$ , sehingga besarnya penguatan dari Op-Amp tersebut adalah:

$$A_v = \frac{2 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^2} = 2 \cdot 10^4 \text{ kali}$$

## 2. Alat dan bahan

### a. Alat

Alat-alat yang dipergunakan untuk Pengukuran tegangan *Hall* selain Op-Amp, antara lain adalah:

1) 2 buah DC Power Suplay merek ESCORT yang mempunyai batas tegangan 0 sampai 3 V dan arus 0 sampai 3 A.

DC Power Suplay pertama berfungsi untuk membangkitkan medan magnet pada kumparan kawat, sementara satunya lagi berfungsi untuk memberikan arus pada plat logam yang diletakkan dalam medan magnet.

2) Voltmeter merek DT 9205

3) Amperemeter yang memiliki batas pengukuran 0 sampai 3 A

4) Kabel penghubung

5) Alat pertukangan

### b. Bahan

1) Besi baja

2) Kawat email diameter 0,8 mm

3) Papan dan triplek secukupnya

4) Plat aluminium, plat tembaga, dan plat seng

- 5) 1 buah IC RC 4558
- 6) 2 buah baterai 9Volt
- 7) 1 buah potensio 500  $\Omega$
- 8) 1 buah resistor 2 M  $\Omega$
- 9) 2 buah resistor 100  $\Omega$
- 10) 1 buah resistor 10 K  $\Omega$

### 3.3 Langkah Penelitian

Ada dua langkah yang ditempuh dalam menyelenggarakan penelitian ini secara sistematis sebagai berikut:

1. Pengujian pengaruh arus terhadap besarnya medan magnet

Pengujian ini untuk meneliti efektivitas alat dalam menghasilkan medan magnet dan menampakkan pengaruh arus terhadap medan magnet. Dilakukan dengan cara memberikan arus searah (DC) pada lilitan kawat. Dengan memberikan variasi arus maka medan magnet akan berubah-ubah.

2. Pengujian pada tegangan *Hall* yang dihasilkan oleh sisi-sisi plat logam

Tegangan yang dihasilkan plat logam dapat diamati langsung pada parameter tegangan namun sebelumnya kedua sisi plat terlebih dahulu dihubungkan dengan penguat (Op-Amp).

### 3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan dengan teknik observasi langsung terhadap parameter kuat arus dan tegangan yang dapat diamati langsung pada parameter tersebut.

Data kuantitatif yang diambil menggunakan skala ukur yang merujuk pada satuan SI. Kuat arus dengan ampere dan tegangan dengan volt.

### 3.5. Teknik Analisa Data

#### 1. Pengujian pengaruh arus terhadap besarnya medan magnet

Diketahui bahwa medan magnet berbanding lurus dengan kuat arus yang diberikan pada lilitan kawat. Karena itu medan magnet yang dihasilkan akan berkorelasi linier positif dengan arus yang diberikan. Dengan demikian pengujian pengaruh kuat arus terhadap besarnya medan magnet ini dilakukan dengan memplot grafik hubungan antar medan magnet dengan besarnya kuat arus.

#### 2. Pengamatan tegangan *Hall* pada plat logam

Pengamatan langsung pada parameter tegangan (Voltmeter) yang dipasang pada kedua sisi plat logam yang diletakkan dalam medan magnet. Karena tegangan *Hall* yang dihasilkan cukup kecil maka dipakai penguat sinyal (Op-Amp). Setelah tegangan *Hall* diukur maka dicari konsentrasi elektron pada masing-masing plat logam, setelah itu hasil perhitungan dibandingkan dengan yang ada di literatur.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data dan Analisis Data Hasil Penelitian

##### 1. Pengaruh Arus Listrik terhadap Besarnya Medan Magnet

###### a. Data Percobaan

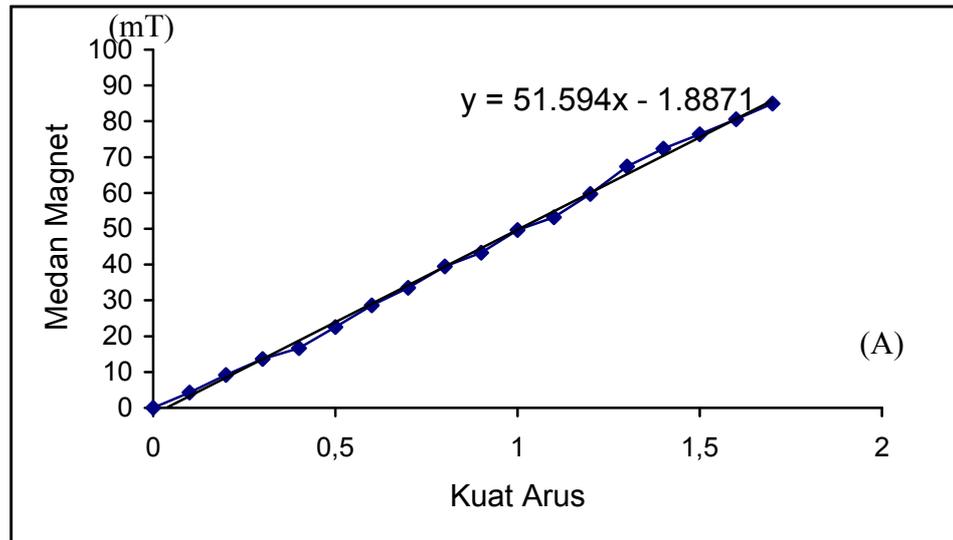
Berdasarkan hasil percobaan diperoleh data pengamatan yang dapat ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.1 Data Pengaruh Arus Listrik terhadap Medan Magnet

No	Kuat Arus ( A )	Medan Magnet ( mT )
1	0,0	0,00
2	0,1	4,32
3	0,2	9,22
4	0,3	13,62
5	0,4	16,65
6	0,5	22,52
7	0,6	28,57
8	0,7	33,55
9	0,8	39,47
10	0,9	43,32
11	1,0	49,20
12	1,1	53,00
13	1,2	59,00
14	1,3	67,50
15	1,4	72,37
16	1,5	76,42
17	1,6	80,60
18	1,7	84,92
19	1,8	88,15

## b. Analisis Data Penelitian

Berdasarkan data pada tabel di atas, diperoleh grafik hubungan arus listrik dengan medan magnet sebagai berikut



Gambar 4.1. Grafik Hubungan antara Arus Listrik dengan Medan Magnet

Dari grafik pada gambar 4.1 tampak bahwa kedua variabel berkorelasi secara linier dengan persamaan garis lurus yaitu

$$Y = 51,594X - 1,8871.$$

Dari persamaan linier di atas terlihat bahwa setiap kenaikan arus listrik yang diberikan pada kumparan akan diiringi dengan penambahan besar medan magnet, begitu juga sebaliknya. Medan magnet maksimum dicapai saat pemberian arus 1.8 A dengan tegangan 0,3 V sebesar 88,15 mT. Medan maksimum inilah yang dipakai dalam perhitungan untuk menentukan tegangan *Hall* pada plat logam.

## 2. Tegangan *Hall* untuk Beberapa Plat Logam

### a. Tembaga

- Panjang = 3,8 cm
- Lebar = 2,1 cm
- Tebal = 0,89 mm
- $B_{\max}$  = 88,15 mT
- Massa = 2,89 gram
- Volume = 0,71 cm<sup>3</sup>
- Massa jenis = 4,02 gram/cm<sup>3</sup>

Tabel 4.2 Tegangan *Hall* dan Konsentrasi Elektron pada Plat Tembaga

No	I (A)	$V_H = V_o$ (Op-amp) .10 <sup>-3</sup> V	$V_H = V_{in}$ (Plat) .10 <sup>-7</sup> V	Jumlah Elektron = n .10 <sup>26</sup> /m <sup>3</sup>
1	0,5	27,14	-13,57	2,28
2	1,0	47,28	-23,64	2,61
3	1,5	71,57	-35,78	2,59
4	2,0	94,00	-47,00	2,63
5	2,5	102,2	-51,10	3,02
6	3,0	119,20	-59,60	3,11

### b. Seng

- Panjang = 3,8 cm
- Lebar = 2,1 cm
- Tebal = 0,75 mm
- $B_{\max}$  = 88,15 mT
- Massa = 2,51 gram

- Volume = 0,59 cm<sup>3</sup>
- Massa jenis = 4,25gram/cm<sup>3</sup>

Tabel 4.3 Tegangan *Hall* dan Konsentrasi Elektron pada Plat Seng

No	I ( A )	$V_H = V_o$ ( Op-Amp) $10^{-3}$ V	$V_H = V_{in}$ (Plat) $10^{-7}$ V	Jumlah Elektron = n $10^{26}/m^3$
1	0,5	44,84	- 22,42	1,63
2	1,0	94,05	- 47,02	1,56
3	1,5	130,10	-65,05	1,69
4	2,0	178,00	-89,00	1,65
5	2,5	228,84	-114,42	1,60
6	3,0	280,57	-140,28	1,57

### c. Aluminium

Tabel 4.4 Tegangan *Hall* dan Konsentrasi Elektron pada Plat Aluminium.

No	I ( A )	$V_H = V_o$ ( Op-Amp) $10^{-3}$ V	$V_H = V_{in}$ (Plat) $10^{-7}$ V	Jumlah Elektron = n $10^{26}/m^3$
1	0,5	7,84	- 3,92	7,63
2	1,0	16,11	- 8,05	7,42
3	1,5	24,74	- 12,37	7,26
4	2,0	33,17	- 16,58	7,22
5	2,5	40,92	- 20,46	7,32
6	3,0	46,00	- 23,00	7,81

- Panjang = 3,8 cm
- Lebar = 2,1cm
- Tebal = 0,92 mm
- $B_{max}$  = 88,15 mT

- Massa = 1,06 gram
- Volume = 0,73 cm<sup>3</sup>
- Massa jenis = 1,45 gram/cm<sup>3</sup>

#### 4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Instrumen efek *Hall* yang sudah direkayasa ini terdiri dari pembangkit medan magnet berupa bahan feromagnetik yaitu besi baja yang dililitkan dengan kawat emeil berdiameter 0,8 mm. Kawat ini dililitkan secara teratur dan searah guna mendapatkan medan magnet yang homogen. Besar medan magnet yang dapat dibangkitkan oleh alat ini adalah sebesar 88,15 mT pada arus 1,8 A dan tegangan 0,3 V. Pemberian arus yang bervariasi pada kumparan menimbulkan perubahan medan magnet, sehingga didapat hubungan linier antara arus dan medan magnet yang membentuk persamaan  $Y = 51,594X - 1,8871$

Salah satu fungsi dari Instrumen efek *Hall* adalah untuk menentukan konsentrasi elektron pada logam. Untuk menentukan konsentrasi elektron sebelumnya terlebih dahulu diukur tegangan *Hall* yang timbul pada kedua sisi plat logam. Karena tegangan *Hall* sangat kecil yaitu dalam orde mikrovolt maka diperlukan penguat (Op-Amp). Penguatan yang dipakai adalah penguatan membalik karena lebih efektif pemakaiannya dengan penguatan sebesar 20.000 kali.

Tegangan *Hall* yang dihasilkan oleh kedua sisi plat logam bernilai negatif hal ini disebabkan karena pembawa muatan bebas pada logam adalah elektron. Tetapi penguatan yang digunakan adalah penguatan membalik sehingga tegangan *Hall* yang terbaca pada Voltmeter bernilai positif. Dalam pengukuran, rangkaian Op Amp terlebih dahulu di offset nol. Namun pada percobaan Op-Amp yang

digunakan tidak bisa benar-benar offsetnya nol, tetapi mendekati nol sehingga keadaan ini dianggap *off set nol*.

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengukuran dan analisa data didapat rata-rata konsentrasi elektron pada:

- Plat tembaga adalah  $2,70 \cdot 10^{26}/\text{m}^3$  dengan tegangan *Hall* minimumnya  $13,57 \cdot 10^{-7}\text{V}$  dan maksimumnya  $59,60 \cdot 10^{-7}\text{V}$ .
- Plat seng adalah  $1,61 \cdot 10^{26}/\text{m}^3$  dengan tegangan *Hall* minimumnya  $22,42 \cdot 10^{-7}\text{V}$  dan maksimumnya  $140,28 \cdot 10^{-7}\text{V}$ .
- Plat aluminium adalah  $7,44 \cdot 10^{26}/\text{m}^3$  dengan tegangan *Hall* minimumnya  $3,92 \cdot 10^{-7}\text{V}$  dan maksimumnya  $23 \cdot 10^{-7}\text{V}$

Dari pengukuran ketiga plat logam tersebut dapat dikatakan bahwa instrumen efek *Hall* ini cukup efektif untuk menentukan konsentrasi elektron dan menunjukkan adanya gejala efek *Hall*, yaitu timbulnya tegangan *Hall* pada kedua sisi plat logam jika plat tersebut diletakkan dalam medan magnet dan diberi arus.

Konsentrasi elektron yang didapatkan pada percobaan dengan menggunakan alat ini terdapat perbedaan dengan yang ada di literatur. Perbedaan itu sampai pada orde  $10^2$ . Adapun penyebab dari perbedaan tersebut diantaranya adalah:

1. Medan magnet yang dihasilkan oleh instrumen efek Hall ini relatif kecil hanya dalam orde  $10^2$ .
2. Faktor perubahan temperatur dan konstruksi pada alat baik kumparan atau Op-Amp.
3. Plat logam yang digunakan tidak terjamin kemurniaanya.

4. Dimensi plat yang diukur seharusnya sangat tipis, tapi hal sangat sulit untuk dibuat.
5. Sulit untuk merangkai plat yang sangat tipis tersebut dengan konektor karena jika konektor lebih besar dari sampel maka akan mempengaruhi hasil pengukuran.
6. Pengambilan data yang memerlukan ketelitian tinggi karena orde yang diukur dalam satuan mikrovolt.
7. Faktor lingkungan dan Instrumen.

Namun dari hasil penelitian ini dapat dikatakan cukup efektif untuk digunakan sebagai media pembelajaran khususnya dilaboratorium fisika, karena dapat memperlihatkan terjadinya gejala efek *Hall* pada suatu plat.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Instrumen efek *Hall* ini cukup efektif untuk menentukan kelinearitas antara arus listrik dengan medan magnet, menentukan konsentrasi elektron pada logam dan dapat menunjukkan gejala efek *Hall* yaitu timbulnya tegangan *Hall* pada kedua sisi plat logam jika plat tersebut diletakkan dalam medan magnet dan diberi arus.
2. Pengukuran tegangan *Hall* digunakan rangkaian penguat operasional (op-Amp) untuk memperoleh pembacaan yang relatif tinggi.
3. Hasil pengukuran konsentrasi elektron didapatkan pada tembaga  $2,70 \cdot 10^{26}/\text{m}^3$ , seng  $1,61 \cdot 10^{26}/\text{m}^3$  dan aluminium  $7,44 \cdot 10^{26}/\text{m}^3$ .
4. Terjadinya perbedaan konsentrasi dengan literatur disebabkan oleh berbagai faktor, namun instrumen ini cukup efektif untuk menunjukkan gejala efek *Hall*.

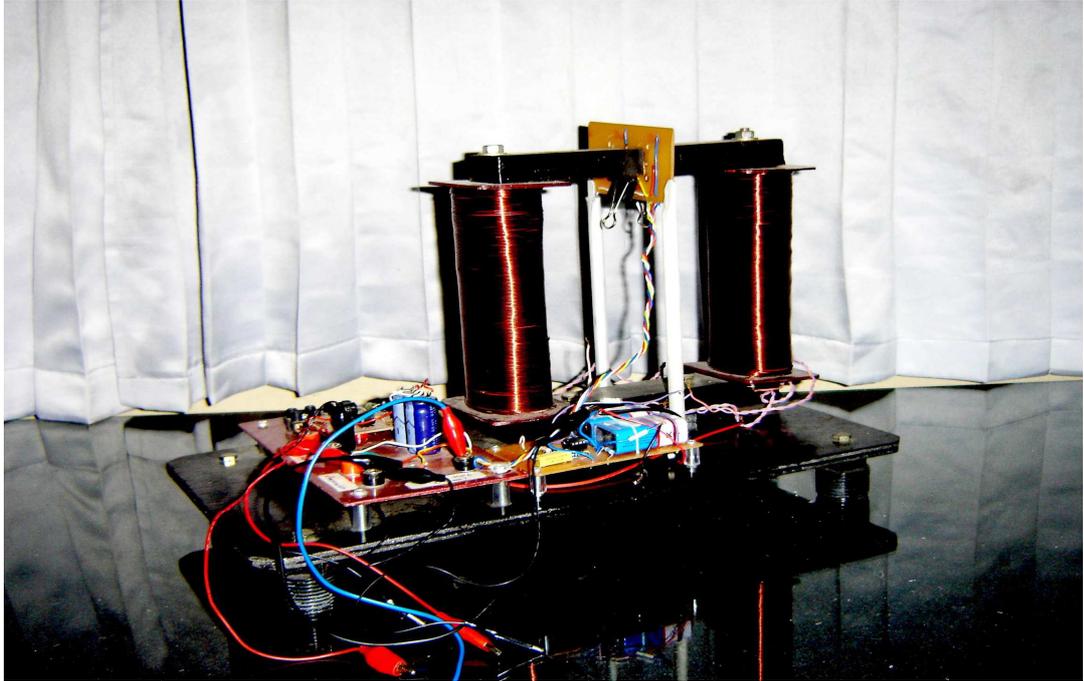
#### 5.2 Saran

Disarankan untuk memperoleh data yang sesuai dengan literatur yaitu dengan menggunakan faktor kalibrasi atau dirancang instrumen efek *Hall* dengan karakteristik yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Beiser, 1990, *Konsep Fisika Moderen*, edisi ke empat, terjemahan The Houw Liong, Erlangga, Jakarta.
- Clark, M., Jhon, E. and Rinehart, H., 1986, *Modern Chemistry*, Winstone Published, USA.
- Giancoli, Douglas., 1999, *Fisika Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.
- Griffith, D.J., 1980, *Introduction to Electrodynamics*, 2 Ed., Pretice Hall, Englewood Clift, New Jersey.
- Hayt, W.H., 1986, *Elektromagnetik Teknologi*, edisi ke empat, terjemahan The Huow Liong, Erlangga, Jakarta.
- Johannes. H., 1978, *Listrik dan Magnet*, Balai Pustaka, Jakarta.
- Law Rence, H. and Van Vlack., 1987, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, terjemahan Sriati Djapri, Erlangga, Jakarta.
- Nannapaneni.R, 2001, *Elemen-Elemen Elektromagnetik*, jilid 1, terjemahan Pantur Silaban, Erlangga, Jakarta.
- Rahmad, M., 2003, *Perancangan Watt-Hour Meter Digital Berbasis Mikrokontroler AT 89C51*, Tesis, Yogyakarta.
- Rio, Reka dan Iida, Masamori, 1999, *Fisika dan Teknologi Semikonduktor*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Robert, F. and Frederick, F., 1982, *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, terjemahan Herman Widodo, Erlangga, Jakarta.
- Rolf.E., Hummel, 1993, *Electronics Properties Of Materials*, Spring Verlag, N.
- Sears, F. W., Zemansky, W. W, 1962, *Fisika Untuk Universitas 2*, terjemahan Ir. Nabris Chatib, Bina Cipta, Jakarta.
- Smith, Ralp. T, 1987, *Electronics : Circuits and Devices. 3 Ed*, Jhon Willey and Son Inc., New York.
- Soedoyo, Peter, 1998, *Azas- Azas Ilmu Fisika Jilid 2*, UGM, Yogyakarta.
- Sutrisno, 1987, *Elektronika Teori Dasar dan Penerapannya*, jilid 2, ITB, Bandung.

Lampiran 1



Gambar A. Hasil Rekeyaya Alat *Efek Hall*



Gambar B. Pengujian dengan Alat *Efek Hall*

## Lampiran 2

### **PERSONALIA PENELITIAN**

Personalia penelitian terdiri dari 3 orang yaitu: 1 orang ketua, 1 orang anggota dan 1 orang mahasiswa yang dilibatkan dalam penyelesaian skripsi.

#### 1. Ketua Penelitian

Nama : Drs. M. Rahmad, M.Si  
Nip. : 132 170 392  
Pangkat/Gol. : Penata Muda Tk I/IIIb  
Jabatan : Lektor  
Unit Kerja : Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNRI

#### 2. Anggota

Nama : Zul Irfan, S.Si., M.Si  
Nip. : 132 166 497  
Pangkat/Gol. : Penata Muda Tk I/IIIb  
Jabatan : Lektor  
Unit Kerja : Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNRI

#### 3. Mahasiswa yang dilibatkan untuk penyelesaian Skripsi

Nama : Ratna susanti  
Nip. : 0110534  
Program Studi : Pendidikan Fisika  
Jurusan/Fak : Pendidikan MIPA/ FKIP UNRI

## Daftar Riwayat Hidup

### 1. Ketua Penelitian

#### A. Data Pribadi

- a. Nama : Drs. M. Rahmad, M.Si
- b. Tempat & Tgl. Lahir : P. Kecil/Rete Lama, 14-06-1968
- c. Pekerjaan : Staff Pengajar Jurusan PMIPA FKIP UNRI Pekanbaru
- d. Alamat : Jl. Citra Raya No. 176, RT02/RW05 Tampan Pekanbaru

#### B. Riwayat Pendidikan

- a. SD th. 1981 di SD Negeri No.112 Tg. Balai Karimun
- b. SLTP th. 1984 di SMP Negeri 1 Tg. Balai Karimun
- c. SLTA th.1987 di SMA Negeri 1 Tg. Balai Karimun
- d. Sarjana th.1992 di Jurusan Fisika FMIPA UNRI Pekanbaru
- e. Pasca Sarjana th. 2002 di Jurusan Fisika, Bidang Instrumentasi, Program Pasca Sarjana UGM Yogyakarta.

#### C. Riwayat Pekerjaan

- a. Tahun 1995-1997 : Guru Bidang Studi IPA Fisika di SMP Yayasan Bhakti Tugas Tg. Balai Karimun.
- b. Tahun 1994-1997 : Staff PT. Bintang Seltiutra Jaya Cab. Tg. Balai /K.
- c. Tahun 1997-sekarang : Dosen pada Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNRI Pekanbaru.

#### D. Daftar Penelitian

- a. Analisa Efek Kulit dan Sistem Daya pada Pemanas Listrik dari Arus Bolak-Balik di Jaringan Pipa Saluran Minyak Mentah PT. CPI, tahun 1992.
- b. Perancangan *Watt-Hour Meter* Digital Berbasis Mikrokontroler AT89C51 dalam DT 51, tahun 2002.

## 2. Anggota Penelitian

### A. Data Pribadi

- a. Nama : Zulirfan, S.Si., M.Si.
- b. Tempat & Tgl. Lahir : Lalang, 31-12-1969
- c. Pekerjaan : Staff Pengajar Jurusan PMIPA FKIP UNRI Pekanbaru
- d. Alamat : Perumahan Permata Primkopad Blok B No.4  
Jl. Purwodadi Pekanbaru

### B. Riwayat Pendidikan

- a. SD th. 1983 di SD Negeri 09 Desa Lalang, Kec.Sei. Apit Bengkalis Riau
- b. SLTP th. 1986 di SMP Negeri Sei. Apit, Bengkalis Riau
- c. SLTA th.1989 di SMA Negeri 2 Bengkalis Riau
- d. Sarjana th.1994 di Jurusan Fisika FMIPA UNRI Pekanbaru
- e. Pasca Sarjana th. 2001 di jurusan Fisika , Bidang Fisika Material, Program Pasca Sarjana ITB Bandung.

### C. Riwayat Pekerjaan

- a. Tahun 1996-1997 : Guru Bidang Studi Fisika di SMA Cendana Rumbai Pekanbaru.
- b. Tahun 1997-sekarang : Dosen pada Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNRI Pekanbaru.
- c. Tahun 2001-sekarang : Instruktur pada Riau University Training Centre (RUTC).

### D. Daftar Penelitian

- a. Pemanfaatan Tabung TV Monochrome 14” dalam Pembuatan alat Thomson Alternatif, Tahun 1999
- b. Studi Struktur Kristal Film Tipis *Gallium Antimony* yang Ditumbuhkan dengan Metode MOCVD Reaktor Vertikal, Publikasi: Jurnal Kontribusi Fisika 2001
- c. Pengaruh Temperatur *Growth* dan Rasio V/III terhadap Morfologi Permukaan dan Struktur Kristal Film Tipis GaSb yang Ditumbuhkan dengan MOCVD, Tahun 2002.