



LAPORAN HASIL PENELITIAN

ANALISIS EFEK HALL PADA BAHAN PENGHANTAR LISTRIK

OLEH :
DRS. SUMEDI, DKK.

FAKULTAS MIPA UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
1996

Dibiayai oleh DIP Bagian Proyek Operasi dan Perawatan Fasilitas
Universitas Diponegoro, Nomor 097/XXIII/3/-/1995 Tanggal 28 Maret 1995
Berdasarkan Surat Perjanjian Tugas Pelaksanaan Penelitian
Para Tenaga Pengajar Universitas Diponegoro
Nomor 120 C/PT09.OP/B/1995, Tanggal 1 September 1995

UPT-PUSTAK-UNIP	
No. Daft:	106/K1/Gmbi
Tgl.	15-10-1996

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan kemampuan kepada kami sehingga dapat terselesaikannya penyusunan laporan hasil penelitian ini.

Penelitian ini merupakan salah satu wujud darma dari Tri Darma Perguruan Tinggi kami selaku staf pengajar di Universitas Diponegoro, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Fisika khususnya.

Kami sadar sepenuhnya bahwa laporan ini masih banyak kekurangannya, maka dari itu dengan rasa senang hati kami terima saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca.

Dengan tersusunnya laporan hasil penelitian ini tak lupa kami ucapkan terima kasih kepada :

1. Dra. Sriani Hendarko, SU, selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Diponegoro.
2. Drs. Wahyu Setia Budi, MS, selaku Pembimbing dalam penelitian ini.
3. Drs. Moh. Dahlan, selaku Ketua Jurusan Fisika dan Kepala Laboratorium Fisika Universitas diponegoro.

Semoga amalan mereka mendapat imbalan yang semestinya dari Allah SWT.

Akhirnya semoga laporan hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca yang tertarik di bidang Fisika Zat Padat khususnya.

Semarang, 21 Maret 1996

Penyusun

I N T I S A R I

Telah dilakukan percobaan Efek Hall pada bahan penghantar listrik, logam perak dan logam tungsten, pada suhu kamar dengan menggunakan peralatan Efek Hall buatan Leybold Jerman.

Dari percobaan diperoleh bahwa konstanta Hall, R_H , dan konsentrasi pembawa muatan listrik, n , mempunyai nilai yang sesuai dengan hasil percobaan yang dilakukan oleh orang lain sebelumnya untuk kedua sampel tersebut. Dan nilai negatif pada tetapan Hall R_H yang diperoleh, untuk logam perak dan logam tungsten, menunjukkan bahwa mayoritas pembawa muatan listrik dalam kedua logam tersebut adalah elektron. Hal ini dapat dijelaskan melalui 'teori pita tenaga'.

A B S T R A C T

Hall Effect experiments on electric conductor materials, silver and tungsten metals, have been carried out at room temperature using Leybold's Hall Effect apparatus.

From this experiments give following result : Hall constant, R_H , and carrier concentration, n , of both silver and tungsten samples, these values are in a good agreement with the results extracted from earlier experiments by other persons. And the negative values of R_H , indicates negative charge carries in metals. This can be explained by "energy band theory".

R I N G K A S A N

Bila suatu batang penghantar listrik dialiri arus listrik I berada dalam induksi medan magnet luar B yang tegak lurus terhadap arah arus T maka timbul suatu medan listrik transversal, medan Hall E_H , dan beda potensial, tegangan Hall V_H ; fenomena ini dinamakan dengan efek Hall.

Beda potensial Hall, V_H , yang timbul berbanding lurus terhadap arus listrik I dan medan magnet B , yaitu :

$$V_H = \text{tetapan} \cdot I B \quad \dots\dots\dots(1)$$

Penurunan secara teori, rumus untuk tegangan Hall dalam suatu batang penghantar yang mempunyai tebal d adalah :

$$V_H = \frac{1}{n e} \frac{1}{d} B I \quad \dots\dots\dots(2)$$

Faktor $(1/ne)$, yang nilainya tergantung pada material (batang penghantar), disebut dengan tetapan Hall R_H .

Dalam persamaan (1) semua besaran kecuali n harus diperoleh dari pengukuran agar konsentrasi pembawa muatan listrik dapat diperoleh dari percobaan efek Hall.

Dalam percobaan, efek Hall, yang dilakukan digunakan alat efek Hall buatan Leybold dengan logam perak dan logam tungsten sebagai sampel. Pengamatan tegangan Hall V_H yang timbul dilakukan pada nilai medan magnet B yang tetap dengan arus listrik I yang bervariasi.

Maka dengan menerapkan regresi linier pada persamaan (2) dapat diperoleh nilai tetapan Hall R_H dan dari nilai R_H ini dapat dihitung konsentrasi pembawa muatan listrik nya.

Hasil yang diperoleh dari percobaan adalah :

$$\begin{aligned} R_H &= - (8,52 \pm 0,08) 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ C}^{-1} \\ n &= (7,19 \pm 0,07) 10^{28} \text{ m}^{-3} \end{aligned} \quad \text{untuk logam perak}$$

dan

$$\begin{aligned} R_H &= - (15,58 \pm 0,07) 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ C}^{-1} \\ n &= (3,97 \pm 0,02) 10^{28} \text{ m}^{-3} \end{aligned} \quad \text{untuk logam tungsten}$$

Hasil-hasil tersebut menunjukkan persesuaian dengan hasil percobaan yang dilakukan oleh orang lain.

Untuk logam perak dan tungsten, tetapan Hall R_H yang diperoleh mempunyai nilai yang negatif; ini berarti mayoritas pembawa muatan listrik dalam kedua logam tersebut adalah elektron. Hal ini dapat dijelaskan melalui 'teori pita tenaga'.

S U M M A R Y

If one places a conductor carrying a current I in a transverse magnetic field induction B , an electric field will be induced in the direction normal to both I and B , known as Hall effect.

The Hall potential V_H to rise proportional with current I and magnetic field B given by the equation :

$$V_H = \text{const. } B I \dots\dots\dots(1)$$

The theoretically derived formula for Hall potential V_H in the conductor (of thickness d) is

$$V_H = - \frac{1}{n e} \frac{1}{d} B I \dots\dots\dots(2)$$

with n the charge carrier concentration.

The material-dependent factor $(1/ne)$ is designated as Hall constant R_H .

In equation (2) all quantities except n are accessible to measurement so that the Hall effect enables the charge carrier concentration to be determined by experiment.

In these experiments, Hall effect, using Leybold's Hall effect apparatus with silver and tungsten metals as samples. The potential Hall V_H record for magnetic field B constant on the current I to variation.

With linear regression, applied to equation (2) we get the Hall constant R_H and from these value the charge carrier concentration can be determined.

From these experiments given results :

$$\begin{aligned} R_H &= - (8,52 \pm 0,08) 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ C}^{-1} \\ n &= (7,19 \pm 0,07) 10^{29} \text{ m}^{-3} \end{aligned} \quad \text{for silver metal}$$

and

$$\begin{aligned} R_H &= - (15,58 \pm 0,07) 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ C}^{-1} \\ n &= (3,97 \pm 0,02) 10^{29} \text{ m}^{-3} \end{aligned} \quad \text{for tungsten metal}$$

These values are in a good agreement with the results extracted from earlier experiments by other persons.

For silver and tungsten metals, the Hall constant R_H determined in practice its negative value; indicating that majority charge carrier two both silver and tungsten metals is electron. This can be explained by 'energy band theory'.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Halaman Pengesahan	
Kata Pengantar	i
Intisari	ii
Abstract	iii
Ringkasan	iv
Summary	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xiii
B A B	Halaman
I.	Pendahuluan.....1
I. 1.	Perumusan Masalah.....2
I. 2.	Tujuan Penelitian.....2
I. 3.	Manfaat Penelitian.....2
II.	Tinjauan Pustaka.....3
II. 1.	Struktur Atom.....3
II. 1. 1.	Konfigurasi Elektron.....4
II. 2.	Teori Pita Tenaga Pada Zat Padat.....7
II. 2. 1.	Potensial Periodik dan Elektron Konduksi.....7
II. 2. 2.	Elektron Gas Fermi : Model Elektron Bebas....8
II. 2. 3.	Distribusi Fermi-Dirac.....13
II. 2. 4.	Pendekatan Model Elektron Bebas : Celah Tenaga.....14
II. 2. 5.	Model Kronig-Penny.....17
II. 2. 6.	Struktur Pita Tenaga Dalam Zat Padat.....23
III.	Metode Penelitian.....33
III. 1.	Alat dan Bahan.....33
III. 2.	Percobaan Efek Hall : Pengambilan Data.....33
III. 3.	Analisa Data.....35
III. 3. 1.	Kalibrasi $I_B - B$35

III. 3. 2.	Tetapan Hall R_H , Konsentrasi Pembawa Muatan, n dan Polaritas Pembawa Muatan.....	35
III. 4.	Hasil Pengamatan dan Perhitungan.....	40
III. 4. 1.	Data Hasil Percobaan.....	40
III. 4. 1. 1.	Kurva Kalibrasi $I_D - B$	40
III. 4. 1. 2.	Logam Perak.....	40
III. 4. 1. 3.	Logam Tungsten.....	42
III. 4. 2.	Hasil Perhitungan / Analisa Data.....	44
III. 4. 2. 1.	Kurva Kalibrasi $I_D - B$	44
III. 4. 2. 2.	Tetapan Hall R_H	45
III. 4. 2. 3.	Konsentrasi Pembawa Muatan n	52
IV.	Pembahasan.....	53
V.	Kesimpulan dan Saran.....	61
V. 1.	Kesimpulan.....	61
V. 2.	Saran.....	62
	Daftar Pustaka.....	63

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar (2-1) : Variasi energi potensial elektron dalam medan teras elektron.
2. Gambar (2-2) : Bola Fermi dengan permukaan Fermi pada energi E_F .
3. Gambar (2-3) : Distribusi rapat keadaan $D(\epsilon)$.
4. Gambar (2-4) : Fungsi distribusi Fermi-Dirac.
5. Gambar (2-5) : Nilai ϵ sebagai fungsi dari k pada model elektron bebas.
6. Gambar (2-6) : Konsentrasi elektron untuk gelombang berdiri $\varphi(+)$, $\varphi(-)$ yang juga berlaku untuk gelombang berjalan.
7. Gambar (2-7) : Timbulnya celah tenaga, E_g , pada $\epsilon(k)$.
8. Gambar (2-8) : Distribusi potensial sumur dalam satu dimensi.
9. Gambar (2-9) : Plot $\frac{P \sin \alpha a}{\alpha a} + \cos \alpha a$ vs αa untuk $P = (3/2) \pi$.
10. Gambar (2-10) : Plot dari E vs k untuk model Kronig - Penny.
11. Gambar (2-11) : Kurva $E - k$ pada daerah Brillouin tereduksi dimana $-\pi/a < k < \pi/a$.
12. Gambar (2-12) : Pemisahan dua buah tingkat 3s apabila buah atom didekatakan.
13. Gambar (2-13) : Pemisahan lima buah tingkat 3s apabila lima buah atom didekatakan.
14. Gambar (2-14) : Pembentukan pita 3s oleh gabungan atom yang sangat banyak jumlahnya.
15. Gambar (2-15) : Pita-pita dalam logam natrium.
16. Gambar (2-16) : Sebuah pita energi terisi sebagian elektron, $T = 0^{\circ} \text{K}$ dengan distribusi Fermi-Dirac di samping kanan.

17. Gambar (2-17) : Populasi pita energi dalam logam natrium pada $T = 0^{\circ} \text{K}$. Pita 2p tidak lagi terisi penuh dan pita 3p tidak lagi kosong seluruhnya.
18. Gambar (2-18) : Struktur pita dengan E_F terletak di dalam celah diantara kedua pita.
19. Gambar (2-19) : Apabila $E_F \gg kT$, pita konduksi tetap tidak terisi. Keadaan ini merupakan ciri khas sebuah isolator.
20. Gambar (2-20) : Struktur pita sebuah semikonduktor celahnya lebih kecil dari pada celah dalam sebuah isolator, sehingga terdapat sejumlah kecil elektron dalam pita konduksi.
21. Gambar (2-21) : Struktur pita tenaga pada logam.
22. Gambar (2-22) : Prinsip percobaan efek Hall.
23. Gambar (2-23) : Medan Hall pada suatu logam.
24. Gambar (3-1) : Rangklaian percobaan efek Hall.
25. Gambar (3-2) : Kurva kalibrasi $I_B - B$.
26. Gambar (3-3) : Tegangan Hall V_H sebagai fungsi dari I_A dengan parameter medan B.
27. Gambar (3-4) : Kurva kalibrasi $I_B - B$ hasil percobaan.
28. Gambar (3-5) : Tegangan Hall V_H sebagai fungsi dari I_A dengan parameter medan $B = 0,75 \text{ T}$ untuk logam perak.
29. Gambar (3-6) : Tegangan Hall V_H sebagai fungsi dari I_A dengan parameter medan $B = 0,85 \text{ T}$ untuk logam perak.
30. Gambar (3-7) : Tegangan Hall V_H sebagai fungsi dari I_A dengan parameter medan $B = 0,9 \text{ T}$ untuk logam perak.
31. Gambar (3-8) : Tegangan Hall V_H sebagai fungsi dari I_A dengan parameter medan $B = 0,75 \text{ T}$ untuk logam tungsten.

32. Gambar (3-9) : Tegangan Hall V_H sebagai fungsi dari I_a dengan parameter medan $B = 0,85$ T untuk logam tungsten.
33. Gambar (3-10) : Tegangan Hall V_H sebagai fungsi dari I_a dengan parameter medan $B = 0,9$ T untuk logam tungsten.
34. Gambar (4-1) : Terbentuknya pasangan elektron-hole.
35. Gambar (4-2) : Arus elektron dan hole dalam medan listrik E.

DAFTAR TABEL

1. Tabel (3-1) : Medan magnet B sebagai fungsi dari I_B .
2. Tabel (3-2) : Nilai tegangan Hall V_H sebagai fungsi dari I_Q dengan parameter $B = 0,75$ T untuk perak.
3. Tabel (3-3) : Nilai tegangan Hall V_H sebagai fungsi dari I_Q dengan parameter $B = 0,85$ T untuk perak.
4. Tabel (3-4) : Nilai tegangan Hall V_H sebagai fungsi dari I_Q dengan parameter $B = 0,9$ T untuk perak.
5. Tabel (3-5) : Nilai tegangan Hall V_H sebagai fungsi dari I_Q dengan parameter $B = 0,75$ T untuk tungsten.
6. Tabel (3-6) : Nilai tegangan Hall V_H sebagai fungsi dari I_Q dengan parameter $B = 0,85$ T untuk tungsten.
7. Tabel (3-7) : Nilai tegangan Hall V_H sebagai fungsi dari I_Q dengan parameter $B = 0,9$ T untuk tungsten.
8. Tabel (3-8) : Nilai tetapan Hall R_H hasil percobaan, logam perak dan tungsten.
9. Tabel (3-9) : Nilai tetapan Hall R_H , rata-rata hasil percobaan, logam perak dan tungsten.
10. Tabel (3-10) : Nilai konsentrasi pembawa muatan listrik n hasil perhitungan, untuk logam perak dan tungsten.
11. Tabel (3-11) : Nilai konsentrasi pembawa muatan listrik n , rata-rata hasil perhitungan, untuk logam perak dan tungsten.

12. Tabel (4-1) : Perbandingan nilai tetapan Hall R_H , rata-rata hasil percobaan dengan referensi, untuk logam perak dan tungsten.
13. Tabel (4-2) : Perbandingan nilai konsentrasi pembawa muatan listrik n rata-rata hasil perhitungan, dengan referensi, untuk logam perak dan tungsten.

I. PENDAHULUAN

Pada penghantaran arus listrik dalam zat padat maka yang tersangkut adalah elektron-elektron pada kulit terluar atom, yang dinamakan elektron valensi. Elektron-elektron ini dapat meninggalkan lintasan valensi nya dan menjadi bebas yaitu menjadi elektron pengahantar muatan listrik. Dengan lain perkataan elektron-elektron ini dapat pindah dari pita valensi ke pita penghantaran.

Pita tenaga di bawah pita valensi yang berasal dari kulit-kulit elektron yang telah penuh adalah pita-pita tenaga yangtelah penuh. Pita valensi adalah juga pita yang penuh. Pita penghantaran sebagian terisi ataupun kosong. Diantara pita valensi dan pita penghantaran terdapat sela tenaga atau pita terlarang dimana dalam pita ini tidak terdapat elektron-elektron.

Pada logam, maka sela tenaga praktis nol dan elektron dari pita valensi mudah masuk ke pita penghantaran sehingga logam adalah konduktor yaitu mudah menghantarkan arus listrik. Kalau pada isolator, maka jurang tenaga atau sela tenaga nya sangat lebar sehingga sukar diloncati elektron-elektron dari pita valensi. Sedang pada semikonduktor sela tenaga nya tidak seberapa lebar, kurang lebih 1 eV.

Bila sebuah pita penghantaran logam dialiri arus listrik I berada dalam induksi medan magnet luar B yang tegak lurus terhadap arah arus I maka timbul suatu medan listrik transversal dan beda potensial, Efek Hall, (Wilson, 1993).

Beda potensial yang timbul disebut tegangan Hall V_H , yang sebanding dengan induksi medan magnet luar B tersebut dengan faktor kesebandingan R_H yang didefinisikan sebagai :

$$R_H = - \frac{1}{n e} \dots\dots\dots(1-1)$$

dengan : R_H adalah tetapan Hall,
 n adalah konsentrasi pembawa muatan,
 e adalah muatan elektron.

Nampak pada persamaan (1-1) bahwa tetapan Hall R_H sebanding dengan konsentrasi pembawa muatan listrik dalam pita penghantaran logam dan nilai tetapan Hall R_H hanya tergantung pada sifat bahan penghantar.

Dalam percobaan ini akan dilakukan pembuktian kesebandingan antara tegangan Hall V_H dengan induksi medan magnet luar B , melalui percobaan Efek Hall, untuk menentukan tetapan Hall R_H ; menentukan polaritas pembawa muatan listrik yang berperan utama dalam pemindahan muatan listrik dan perhitungan konsentrasi pembawa muatan listrik pada logam, khususnya logam perak dan logam tungsten.

I. 1. PERUMUSAN MASALAH

Untuk memahami fenomena kelistrikan dan menentukan besaran fisis tetapan Hall R_H , konsentrasi pembawa muatan n dan polaritas pembawa muatan listrik pada suatu penghantar listrik atau logam perlu dilakukan percobaan Efek Hall dan menganalisisnya.

I.2. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam percobaan ini adalah untuk menentukan nilai tetapan Hall R_H , polaritas pembawa muatan listrik dan konsentrasi pembawa muatan listrik n dari suatu bahan penghantar listrik, khususnya pada logam perak dan logam tungsten.

I.3. MANFAAT PENELITIAN

Sedang manfaat yang diharapkan dari hasil percobaan ini adalah untuk dapat meningkatkan pemahaman dinamika pembawa muatan listrik dan menentukan polaritas pembawa muatan listrik serta konsentrasi pembawa muatan listrik dari suatu penghantar (logam perak dan logam tungsten).