

# PROSIDING PERTEMUAN ILMIAH XXV Himpunan Fisika Indonesia Jateng-DIY 2011



Sabtu, 9 April 2011  
UNSOED PURWOKERTO

## PENELITIAN DAN PENDIDIKAN FISIKA BERBASIS SUMBER DAYA DAN KEARIFAN LOKAL



PENYUNTING :  
Kusminarto  
Pramudita Anggraita  
Pekik Nurwantoro  
Kuwat Triyana  
Yusrii Yueuf  
Sismanto  
Suparwoto  
Edi Santosa  
Rinto Anugraha NQZ  
Kirbani Sri Brotopuspito  
Dewita  
Frida Iswinning Diah



Bagian Penerbitan  
HIMPUNAN FISIKA INDONESIA  
Cabang Jateng & DIY

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, Badan Tenaga Nuklir Nasional  
Jl. Babarsari POBox 6101Ykbb Yogyakarta 55281

ISSN 0853 - 0823

**PROSIDING  
PERTEMUAN ILMIAH XXV  
HIMPUNAN FISIKA INDONESIA JATENG & DIY**

---

PURWOKERTO, 9 APRIL 2011

**PENELITIAN DAN PENDIDIKAN FISIKA  
BERBASIS SUMBER DAYA DAN KEARIFAN LOKAL**



**Penyunting :**

**Pramudita Anggraita  
Kusminarto  
Kuwat Triyana  
Yusril Yusuf  
Pekik Nurwantoro  
Sismanto  
Suparwoto  
Edi Santosa  
Rinto Anugraha NQZ  
Kirbani Sri Brotopuspito  
Dewita  
Frida Iswinning Diah**

---

**Bagian Penerbitan  
HIMPUNAN FISIKA INDONESIA  
Cabang Jateng & DIY  
2011**

**d/a  
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan  
Badan Tenaga Nuklir Nasional  
Jl. Babarsari POBox 6101ykbk Yogyakarta 55281**

## **PENGANTAR REDAKSI**

---

Prosiding Pertemuan Ilmiah (PI) ke XXV Himpunan Fisika Indonesia (HFI) Cabang Jawa-Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) ini berisikan makalah-makalah yang akan disajikan dalam Seminar Nasional Fisika 2011 di Universitas Jendral Soedirman 9 April 2011. Sesuai dengan temanya yaitu "PENELITIAN DAN PENDIDIKAN FISIKA BERBASIS SUMBER DAYA DAN KEARIFAN LOKAL" akan disajikan seminar umum oleh Prof. Dr. -Ing Mitra Jamal dari Institut Teknologi Bandung, Prof. Suparwoto MPd. dari Universitas Negeri Yogyakarta dan M.R. Sahar dari Universiti Teknologi Malaysia.

Pada pertemuan ini akan disajikan pula 78 makalah yang terbagi dalam 7 kelompok yaitu: A. Fisika Bumi, B. Fisika Instrumentasi, C. Fisika Komputasi, D. Fisika Teori, E. Fisika Pendidikan, F. Fisika Nuklir dan G. Fisika Material, yang akan disajikan dalam sidang paralel dan poster. Peserta dan penyaji makalah berasal dari berbagai instansi di bawah KEMENDIKNAS baik yang berada di pulau jawa maupun luar pulau jawa, KNRT seperti LAPAN, BATAN, LIPI, Lembaga Kajian maupun dari negara tetangga Malaysia.

Makalah yang akan disajikan, diterbitkan dalam Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY sebagai penerbitan awal. Makalah tersebut telah melewati penyuntingan kembali dan ditulis berdasarkan format *template* yang telah disepakati antara panitia penyelenggara dan tim editor. Penerbitan prosiding yang kedua akan dilakukan pasca penyajian dengan menambahkan tanya jawab yang muncul saat persidangan.

Keberhasilan PI XXV merupakan hasil kerja keras seluruh anggota panitia penyelenggara dengan dukungan penuh instansinya dan seluruh warga HFI Jateng & DIY. Panitia penyelenggara yang terdiri dari anggota HFI maupun staf UNSOED telah berhasil dengan baik mempersiapkan dan menyelenggarakan pertemuan ilmiah tersebut. Pada kulit depan bagian dalam disajikan susunan dan personalia panitia penyelenggara.

Kepada para penceramah dan penyaji makalah, dan peserta pada umumnya, serta semua pihak yang telah berperan-serta dalam seluruh acara PI XXV ini, diucapkan banyak terima kasih. Mudah-mudahan hasil yang diterbitkan dalam prosiding ini semuanya dapat bermanfaat, memberikan kepercayaan nasional dan berperan serta menyumbang sumber daya dan kearifan lokal melalui bidang fisika dan pendidikan fisika

Yogyakarta, 7 April 2011

**Penyunting,**

*Kusminarto, Pramudita Anggraeta, Suparwoto, Kuwat Triyana, Sismanto, Edi Santoso,  
Yusril Yusuf, Pekik Nurwantoro, Rinto Anugraha, Kirbani Sri Brotopuspito*

## Susunan Panitia Seminar Nasional Himpunan Fisika Indonesia (HFI) Cabang Jateng-DIY Tahun 2011

<b>Pelindung</b>	: Prof. Drs. Edy Yuwono, Ph.D Rektor Unsoed
<b>Penasehat</b>	: Ir. H. Purnama Sekardi, Ph.D Dekan Fakultas Sains dan Teknik Unsoed
<b>Penanggung Jawab</b>	: Bilalodin, S.Si, M.Si Ketua Jurusan MIPA FST Unsoed
<b>Ketua</b>	: Dr.- Ing Wahyu Widanato
<b>Sekretaris</b>	: Dr. Eng. Mukhtar Effendi
<b>Bendahara</b>	: Hartono, S.Si, M.Si
<b>Seksi-Seksi</b>	
<b>Kesekretariatan, Makalah dan Prosiding</b>	: 1. R. Farzand Abdullatif, Ph. D 2. Puzy Angrahawati 3. Siti Maesyaroh 4. Lady Itsnia Ullina'mah 5. Tutik Annisa 6. Agus Kurniawan 7. Aziz Nur Maulana 8. Muhammad Syukron
<b>Acara</b>	: 1. Wihantoro, M.Sc 2. Melke Kusmawanti, S.Si 3. Irfi Aji Prayogi, S.Si 4. Intan Dwi Retno
<b>Publikasi dan Dokumentasi</b>	: 1. Sukmaji Anom Raharjo, M.Si 2. Ir. Pujo Priyadi 3. M. Aiff Fauzi 4. Mujiran
<b>Usaha/Dana</b>	: 1. Sugito, S.Si, M.Si 2. Devi Taufik Nurochman
<b>Pelengkapan dan Transportasi</b>	: 1. Sebah, S.Si, M.Si 2. Dwi Yulianto 3. M. Muslikhudin 4. Certam 5. Rastam Hadi Suwilo 6. Aan Subekti 7. Arifin 8. Fatwa Aji Kurniawan 9. Arif Rahman 10. Ardana Roswara Putra 11. Ery Widianto
<b>Binas</b>	: 1. Drs. Sunardi, M.Si 2. Drs. Agus Yanto, M.Si 3. Listiyani Tri Hastuti, SE 4. Supardja
<b>Konsumsi</b>	: 1. Kartika Sari, S.Si, M.Si 2. Eline Dyah Pratiwi, A.Md 3. Ratih Paramita 4. Fiqih Silvia Rahma
<b>Perbitan Prosiding</b>	: Dra. Dewita, Frida Iswinning Diah, ST : 1. Prof. DR. Pramudita Anggraita (BATAN) 2. Prof.DR. Kusminarto (UGM)

3. Dr. Kuwat Triyatna (UGM)
4. Prof. Dr. Kirbani Sri Brotopuspito (UGM)
5. Dr. Eng. Rinto Anugraha NQZ, S.Si(UGM)
6. Drs. Pekik Nurwantoro MS. Phd. (UGM)
7. Dr. Ign. Edi Santoso (USD)
8. Dr. Yusril Yusuf, M.Si(UGM)
9. Dr. Sismanto M.S (UGM)
10. Prof.DR.Suparwoto (UNY)

**Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY**  
**ISSN 0853 - 0823**

	halaman
<b>PENGANTAR REDAKSI</b>	ii
<b>SUSUNAN PANITIA</b>	iii-iv
<b>DAFTAR ISI</b>	v-x
 <b>CERAMAH UMUM :</b>	
1. <b>SENSOR MAGNETIK GMR, TEKNOLOGI DAN APLIKASI PENGEMBANGANNYA</b> Mitra Djamal, Jurusan Fisika, Institut Teknologi Bandung; Ramli, Jurusan Fisika, Institut Teknologi Bandung, dan Jurusan Fisika, Universitas Negeri Padang; Rahadi Wirawan, Jurusan Fisika, Institut Teknologi Bandung, dan Prodi Fisika, FMIPA Universitas Mataram, Edi Sanjaya Jurusan Fisika, Institut Teknologi Bandung, dan Fisika, FST UIN Jakarta-----	1-8
2. <b>SPECTROSCOPIC INVESTIGATION OF THE OPTICAL PROPERTIES OF RARE EARTH DOPED PHOSPHATE AND TELLURITE GLASSES</b> M. R. Sahar, M. S. Rohani, R. Ariffin and S. K. Ghoshal, Advanced Optical Material Research Group, Department of Physics, Faculty of Science, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 UTM Skudai, Johor-----	9-18
3. <b>ASPEK KEARIFAN LOKAL UNTUK PENINGKATAN KUALITAS PEMBELAJARAN FISIKA</b> Suparwoto, FMIPA UNY Yogyakarta-----	19-23
<b>MAKALAH-MAKALAH YANG DISAJIKAN</b>	
1. <b>INTERAKSI ANTAR PELAKU EKONOMI DI PASAR BARANG DENGAN POTENSIAL OSILATOR HARMONIS</b> Rizqan Desman, Bachtiar Rifai, Muhammad Farchani Rosyid, Kelompok Penelitian Kosmologi, Astrofisika, dan Fisika Matematik (KAM) - Jurusan Fisika FMIPA UGM, Yogyakarta -----	24-27
✓ 2. <b>PERHITUNGAN SWAKONSISTEN DISTRIBUSI MUATAN INTI HALO <sup>11</sup>Li</b> Raden Oktova, Program Magister Pendidikan Fisika, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta---	28-31
3. <b>METODE PENETAPAN TINGKAT PANDUAN PAPARAN MEDIK DI RADIOLOGI DIAGNOSTIK DAN TINJAUAN DIBEBERAPA NEGARA</b> Putri Suryo Dinoto, Intanung Syafitri, Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), Jakarta-----	32-35
4. <b>STANDARDISASI IODIUM-125 MENGGUNAKAN SISTEM KOINSIDENSI FOTON-FOTON DENGAN DETEKTOR NaI(Tl)-NaI(Tl)</b> Pujadi, Gatot Wurdianto dan Hermawan Candra, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Badan tenaga Nuklir Nasional, Jakarta Selatan-----	36-39
5. <b>ANALISIS KALIBRASI EFISIENSI DETEKTOR HPGE RENTANG ENERGI 121 - 1408 keV</b> Pujadi, Gatot Wurdianto dan Hermawan Candra, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta Selatan-----	40-42
6. <b>APLIKASI SISTEM KESELAMATAN PASIF PADA REAKTOR NUKLIR</b> Nur Syamsi Syam, Anggoro Septilarso, Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), Jakarta	43-47
7. <b>GAUGE INVARIANCE FOR NONLINEAR MASTER SCHRÖDINGER</b> T. B. Prayitno, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta Timur-----	48-50
8. <b>STANDARDISASI RADIONUKLIDA <sup>192</sup>Ir DAN APLIKASINYA</b> Hermawan Candra, Pujadi, Gatot Wurdianto, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi - BATAN-----	51-54
9. <b>METODE PENENTUAN FAKTOR HOMOGENITAS LARUTAN RADIOAKTIF COBALT-60 MENGGUNAKAN PERANGKAT SPEKTROMETER GAMMA</b> Gatot Wurdianto dan Pujadi, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional-----	55-58

10. CHERNOBYL, 25 TAHUN YANG LALU Anggoro Septilarso, Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), Jakarta-----	59-62
11. ANALISIS PELURUHAN FLOURINE-18 MENGGUNAKAN SISTEM PENCACAH KAMAR PENGION CAPINTEC CRC-7BT S/N 71742 Wijono dan Pujadi, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi - Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta -----	63-68
12. PEMANFAATAN KAMERA DIGITAL UNTUK MENGUKUR PANJANG GELOMBANG SPEKTRUM NEON Deomedes, Yulia I. Piyoh, Yusak A. Talangas, Debora N. Sudjito, Ferdy S. Rondonuwu, Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga -----	69-71
13. PERANCANGAN PROTOTYPE INSTRUMENT PENDETEKSI GAS METAN (CH <sub>4</sub> ) MENGGUNAKAN SENSOR FIGARO BERBASIS MIKROKONTROLER SERI AT MEGA 8535 Lalu Husnan Wijaya, Toni Subiakto, Peneliti SPD - LAPAN Watukosek, Gempol - Pasuruan	72-75
14. RANCANG BANGUN SISTEM TOMOGRAFI KOMPUTER ULTRASONIK UNTUK INVESTIGASI LUBANG PADA BETON Suryono, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Diponegoro, Semarang; Kusminarto, Gb. Suparta Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta-----	76-79
15. RANCANG BANGUN SISTEM PERAGA EKSPERIMEN LENS KONVERGEN MENGGUNAKAN WEBCAM SEBAGAI PENANGKAP CITRA DENGAN KOMPUTER SEBAGAI PERANGKAT PEMROSES DAN PENAMPIL HASIL Sumariyah, Ainie Khuriatie RS, Bernadi Dannadri Zhuriadan Tisda Renza Fanerva, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP-----	80-84
16. APLIKASI WAVELET PADA PROSES EKSTRAKSI CIRI SINYAL KELUARAN <i>ELECTRONIC-NOSE</i> UNTUK DETEKSI BAHAN HERBAL Fajar Hardoyono, Jurusan Tarbiyah STAIN Purwokerto, Jurusan Fisika FMIPA UGM; Kuwat Triyana, Jurusan Fisika FMIPA UGM -----	85-88
✓ 17. KONSISTENSI TAHANAN KAWAT KUMPARAN TERHADAP HUKUM OHM PADA BERBAGAI MEDIUM Sandi Somantri, Moh. Toifur, Sumaji, Program Magister Pendidikan Fisika, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta-----	89-92
18. IMMOBILISASI AMYGLUKOSIDASE DALAM KALSIMUM ALGINAT SEBAGAI PROTOTYPE BIOSENSOR PENDETEKSI KADAR KARBOHIDRAT Umiatin, Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Jakarta-----	93-95
19. PEMANTAU PARAMETER FISIS UNTUK LINGKUNGAN INKUBATOR BAYI Wihantoro, Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto-----	96-98
20. SINTESA PADUAN NANO PARTIKEL Fe-Ti HIDRID DAN TINJAUAN TERMODINAMIKNYA Hadi Suwarno, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, BATAN, Banten-----	99-102
✓ 21. RASIO GIROMAGNETIK BATANG FEROMAGNET DENGAN METODE EINSTEIN-DE HAAS Moh. Toifur dan Nanang Ruhimat, Program Studi Fisika FMIPA Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta; Hedriawan, Jurusan Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik Universitas Teknologi Yogyakarta-----	103-106
22. PENGAMATAN PERILAKU FENOMENA <i>SURFACE PLASMON RESONANCE</i> (SPR) PADA SISTEM LAPISAN TIPIS PERAK-CuPc Nafingati Zakiyah, Kamsul Abraha, Laboratorium Fisika Zat Padat, Jurusan Fisika FMIPA UGM, Yogyakarta-----	107-110
23. STUDI AWAL PENGUKURAN PERUBAHAN FUNGSI KERJA FILM TIPIS AG <sub>2</sub> O TERHADAP GAS POLUTAN DENGAN <i>KELVIN PROBE</i> W. Widanarto dan Bilalodin, Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto-----	111-113

	Mustafa Mamat, Zabidin Salleh, Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universiti Malaysia Terengganu, Kuala Terengganu, MALAYSIA-----	255-259
65.	APLIKASI PLATFORM KOMPUTASI <i>SOFTWARE-DEFINED RADIO</i> (SDR) UNTUK <i>DIGITAL SPECTRUM ANALIZER</i> Eko Marpanaji, Kadarisman Tejo Yuwono, Adi Dewanto, Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Karangmalang, Yogyakarta-----	260-265
66.	PERANCANGAN POMPA GRAVITASI BERBASIS METODE RUNGE-KUTTA Jamrud Aminuddin, Aris Haryadi, dan Sunardi, Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto-----	266-268
67.	APLIKASI JARINGAN SARAF TIRUAN ( <i>ARTIFICIAL NEURAL NETWORK</i> ) PADA PENGENALAN POLA TULISAN Alvama Pattiserlihun, Andreas Setiawan, Ferdy S. Rondonuwu, Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga-----	269-272
68.	APLIKASI TRANSFORMASI HARTLEY PADA ANALISA KONTINUASI DATA GRAVITASI DAN GEOMAGNET Syamsu Rosid dan Benny Irawan, Departemen Fisika, FMIPA Universitas Indonesia, Kampus Depok-----	273-276
69.	ANALISIS PELEMAHAN DAYA SINYAL PADA LARGE SCALE FADING DENGAN METODE LEE Kartika Sari, Sunardi, Prodi Fisika, Jurusan MIPA, FST-Unsoed, Purwokerto-----	277-279
70.	SINTESIS DAN MIKROSTUKTUR NANOPARTIKEL CERIUM OXIDE Ida Nursanti, Arik Aina S.N, Zaenul Muhlisin, Heri Sutanto dan Iis Nurhasanah, Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro, Semarang-----	280-284
✓71.	PROFIL INDEK BIAS OLI MESRAN DAN OLI TOP-1 TERHADAP VARIASI JARAK TEMPUH Alex Nurwidiyanto dan Moh. Toifur, Program Magister Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan, Kampus II, Yogyakarta-----	285-287

# Rasio Giromagnetik Batang Feromagnet dengan Metode Einstein-De Haas

Moh. Toifur dan Nanang Ruhimat

mtoifur@yahoo.com

Program Studi Fisika FMIPA Universitas Ahmad Dahlan  
Jl. Prof. Dr. Soepomo, Janturan Umbulharjo Yogyakarta 55164

**Abstrak** – Telah dilakukan identifikasi sifat magnet beberapa batang feromagnet berdasarkan rasio giromagnet bahan dengan metode Einstein De Haas. Sebagai sampel digunakan tiga batang feromagnet (besi hitam, besi putih, dan besi kuning) yang telah diuji kandungan besinya dengan AAS masing-masing sebesar 95,54%, 86,72%, dan 95,71%. Eksperimen dilakukan dengan memvariasi medan magnet melalui pengaturan arus listrik yang mengalir pada koil dari 0,04 A s/d 1,80 A, dan menentukan kecepatan osilasi melalui pengukuran periode ayun menggunakan pewaktu otomatis yang dikendalikan melalui komputer. Pengolahan data dilakukan dengan metode regresi linier antara frekuensi osilasi dengan arus listrik, sedangkan rasio giromagnetik diperoleh melalui slope grafik. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh besarnya rasio giromagnet pada masing-masing batang feromagnet  $\gamma_{\text{hitam}} = (1,033 \pm 0,02) \times 10^4$  Hz/T,  $\gamma_{\text{putih}} = (1,031 \pm 0,03) \times 10^4$  Hz/T, dan  $\gamma_{\text{kuning}} = (0,998 \pm 0,03) \times 10^4$  Hz/T. Dari hasil tersebut menunjukkan adanya kesesuaian antar rasio giromagnet batang feromagnet terhadap kadar besi hasil karakterisasi dengan metode AAS. Semakin besar kadar besinya semakin besar rasio giromagnetnya.

## I. PENDAHULUAN

Alat yang sangat populer untuk menentukan sifat magnet bahan adalah VSM (*vibrating sample magnetometer*). Dengan alat ini dapat diperoleh profil loop histeresis yang memuat informasi mengenai medan koersif, magnetisasi jenuh dan magnetisasi remanen. Alat ini dapat digunakan untuk mengkarakterisasi bahan magnet keras dan magnet lunak. Cara lain untuk mengetahui sifat magnet bahan makroskopis khususnya untuk bahan magnet keras adalah dengan menentukan rasio giromagnet bahan. Secara mikroskopis rasio giromagnet ( $\gamma$ ) merupakan perbandingan antara momen magnet ( $\mu$ ) dan momentum sudut elektron ( $L$ ). Pada bahan makroskopis, rasio giromagnet merupakan perbandingan antara  $\mu$  dan  $L$  seluruh bahan. Salah satu cara untuk menentukan rasio giromagnet adalah dengan percobaan efek Einstein-de Haas, dimana batang feromagnet digantungkan pada seutas benang dimasukkan kedalam medan magnet yang ditimbulkan oleh solenoida sejajar dengan arah sumbu solenoida, maka batang feromagnet tersebut akan berosilasi. Berdasarkan arus yang dialirkan pada solenoida dan periode osilasi batang feromagnet, rasio giromagnet bahan dapat diketahui. Pada makalah ini ditampilkan hasil penelitian rasio giromagnet 3 jenis batang feromagnet yang memiliki kadar besi yang berlainan untuk mengetahui nilai rasio giromagnetnya.

## II. DASAR TEORI

### A. Nisbah Giromagnet

Jika ada arus listrik  $I$  berputar mengelilingi luasan lingkaran kecil  $dA$ , maka akan timbul momen magnet  $d\mu$  yang besarnya:

$$d\mu = I dA \quad (1)$$

Arah momen magnet sesuai dengan arah vektor luasan  $dA$ . Momen magnet ini identik dengan momen dipole magnet pada batang magnet.

Untuk arus listrik yang melalui penghantar berbentuk lingkaran dengan luas  $A$  maka momen magnet yang dihasilkan adalah:

$$\mu = I A \quad (2)$$

Selanjutnya arus listrik merupakan jumlah muatan listrik yang lewat persatuan waktu. Untuk elektron yang bergerak dalam lintasan lingkaran solenoida maka satuan waktunya adalah periode, yaitu waktu yang dibutuhkan elektron untuk menempuh satu putaran.

$$I = \frac{-e}{T} \quad (3)$$

Dengan mengingat periode putaran adalah keliling lingkaran dibagi gerak laju elektron maka:

$$I = \frac{-ev}{2\pi r} \quad (4)$$

Dengan mengalikan bagian pembilang dan penyebut pada persamaan (4) dengan  $mr$ , dan dengan mengingat bahwa  $mvr$  adalah momentum sudut  $L$  serta  $\pi r^2$  adalah luas lingkaran  $A$ , maka persamaan (4) menjadi:

$$I = \frac{-e}{2mA} L \quad (5)$$

Persamaan (5) menjelaskan hubungan antara arus listrik yang ditimbulkan oleh gerak melingkar elektron dengan momentum sudut  $L$ . Selanjutnya dengan memindahkan  $A$  pada persamaan (5), ke ruas kiri maka perkalian  $loop$  arus listrik terhadap luasan lingkaran yang dilingkupinya menyatakan momen magnet  $\mu$ , sehingga persamaan (5) dalam bentuk vektor menjadi:

$$\mu = -\frac{e}{2m} \mathbf{L} \quad (6)$$

Momen magnet inilah yang berperan menimbulkan medan magnet. Dari persamaan (6) tampak bahwa arah momen magnet berlawanan dengan arah momentum sudut. Konstanta  $-e/2m$  disebut rasio giromagnet ( $\gamma$ ) yang menyatakan perbandingan momen magnet dengan momentum sudut. Jadi persamaan (6) dapat dituliskan menjadi [2,3,4]:

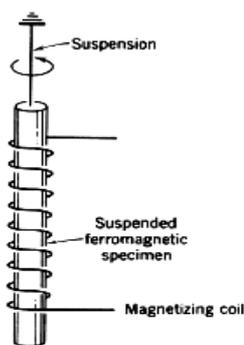
$$\mu = \gamma L \quad (7)$$

Kuantitas  $L$  tergantung pada keadaan dinamik dari electron sedangkan kuantitas  $\mu$  tergantung pada rapat muatan pada bahan. Persamaan (7) dapat digunakan untuk mengkarakterisasi sifat magnet bahan. Bahan dengan

kandungan magnet yang besar akan memiliki  $\mu$  yang besar dan  $L$  yang kecil, dan sebaliknya.

**B. Efek Einstein - de Haas pada Batang Feromagnet**

Pada Gbr. 1 ditampilkan batang feromagnet yang digantungkan pada benang tipis kemudian batang tersebut dimasukkan ke dalam koil. Jika koil dialiri arus listrik maka timbul medan magnet. Penimbul medan magnet di sini bukan hanya 1 elektron tetapi sejumlah ( $n$ ) elektron (awan elektron) yang berada pada lapisan terluar solenoida yang bergerak melingkar mengikuti lingkaran solenoida. Selain itu dengan mengingat elektron merupakan partikel bermassa, maka adanya gerakan berputar awan elektron tersebut menimbulkan momentum sudut.



**Gbr 1.** Efek Einstein-de Haas pada batang feromagnet [5]

Karena momentum bersifat kekal maka timbulnya momentum sudut tersebut harus dilawan oleh gerak rotasi batang feromagnet pada arah sebaliknya. Efek ini dikenal dengan efek Einstein-de Haas, yaitu peristiwa berputarnya batang feromagnet yang tergantung pada seutas benang akibat adanya gerak secara impuls yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui koil.

Jika momentum sudut batang feromagnet dan momen magnet yang ditimbulkan oleh kawat solenoida dapat ditentukan faktor giromagnet bahan dapat ditentukan.

Dengan menyamakan persamaan (2) dan persamaan (6) dan dengan mengingat bahwa koil terdiri dari  $N$  lilitan maka diperoleh:

$$NI\pi r^2 = \gamma L \tag{8}$$

Dengan prinsip kekekalan momentum sudut maka momentum sudut  $L$  yang ditimbulkan oleh gerak melingkar awan elektron ini dapat diganti dengan momentum sudut batang feromagnet  $L_f$  yang berputar pada arah berlawanan terhadap arah arus yaitu:

$$L_f = m_f r_f v_f \tag{9}$$

dengan  $L_f$  = momentum sudut batang feromagnet  
 $m_f$  = massa batang feromagnet  
 $r_f$  = jari-jari batang feromagnet  
 $v_f$  = kecepatan linier batang feromagnet

Dengan mensubstitusikan persamaan (9) ke persamaan (8) maka diperoleh:

$$NI\pi r^2 = \gamma m_f r_f v_f \tag{10}$$

Pada ruas kiri  $r$  merupakan jari-jari koil. Untuk kepentingan eksperimen jari-jari koil diganti dengan diameter koil ( $d$ ) dan jari-jari batang feromagnet diganti dengan diameter

batang feromagnet ( $d_f$ ). Selanjutnya kecepatan linier dapat ditentukan dengan mengukur panjang busur osilasi ( $S$ ) batang feromagnet dibagi periode osilasi ( $T$ ). Maka persamaan (10) dapat dituliskan menjadi:

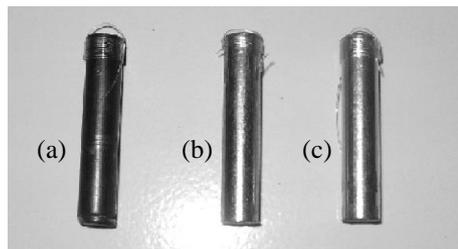
$$\frac{1}{T} = \frac{N\pi d^2}{2S\gamma m_f d_f} I \tag{11}$$

Dengan persamaan (11) memungkinkan untuk melakukan eksperimen dengan memvariasi arus  $I$  dan mencatat periode osilasi  $T$  sehingga data dapat diolah dengan regresi linier untuk memperoleh  $\gamma$ .

**III. METODE PENELITIAN**

**A. Alat dan Bahan**

1. Sampel uji berupa batang besi 3 jenis seperti pada Gbr. 2, dengan data fisik seperti tercantum pada tabel 1, serta kadar besi masing-masing sampel hasil identifikasi dengan alat AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) dicantumkan pada kolom 5.



**Gbr. 2.** Sampel batang feromagnet, (a) besi hitam, (b) besi putih, dan (c) besi kuning

**TABEL I DATA TEKNIS SAMPEL BATANG BESI**

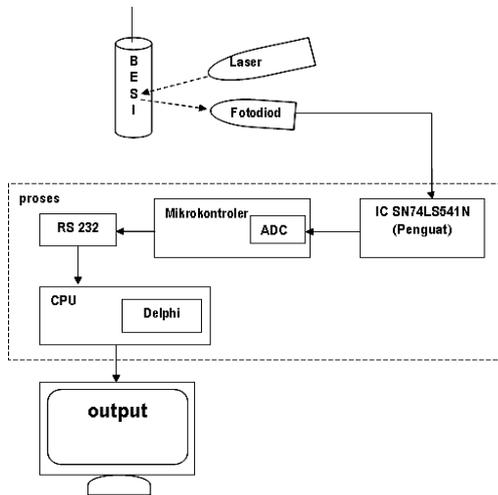
Sampel	Diameter batang, $d_f$ (mm)	Berat batang, $m_f$ (gr)	Kadar Fe hasil AAS (%s)	Kadar Fe (g)
Besi Hitam	8,85	16,5	95,54	15,76
Besi Putih	8,95	18,9	86,72	16,39
Besi Kuning	8,90	19,0	95,71	18,18

2. Benang nilon 15 cm sebagai pengikat sampel
3. Penggantungan untuk menggantung sampel
4. Solenoida 1500 lilitan dengan diameter rongga 10,75 cm yang dapat menimbulkan medan magnetik sebesar 300 gauss.
5. Slide Regulator merek Matsunaga untuk memasok tegangan pada solenoida.
6. Multimeter merek Mazda tipe 12 B untuk mengukur arus listrik pada solenoida
7. Gaussmeter merk Hirst tipe GM 04 untuk mengukur medan magnet pada solenoida
8. Laser pointer 593 nm (kuning), 10 mW sebagai sumber cahaya untuk menyinari sampel.
9. Fotodiode untuk menangkap sinar laser yang terpantul dari sampel.
10. Timer untuk mengukur waktu osilasi sampel terkomputerisasi dengan memanfaatkan mikrokontroler AT Mega8-16PU sebagai ADC.

11. Kabel konektor untuk mengirim sinyal digital ke komputer melalui *USB to Serial (RS-232) Converter*.
12. Software delphi 6 sebagai penampil frekuensi osilasi.

**B. Prosedur Penelitian**

1. Menyusun alat menjadi sistem perangkat penelitian seperti pada Gbr. 3.
2. Menghidupkan komputer dan mempersiapkan *software* yang akan digunakan.
3. Menghidupkan laser dan mengarahkan ke sampel serta memastikan bahwa sinar pantul ditangkap oleh sensor fotodiode.



Gbr. 3. Diagram block desain penelitian

4. Menghidupkan sumber tegangan slide regulator dan mengatur pada posisi 10 volt sehingga batang feromagnetik berosilasi kemudian membaca besarnya medan magnet melalui gauss meter.
5. Membaca penunjukan arus solenoida melalui amperemeter, frekuensi osilasi melalui pada PC, medan magnetik melalui gaussmeter, dan mengukur panjang busur osilasi dengan jangka sorong.
6. Mengulangi langkah 4 pada setiap kenaikan tegangan 10 volt sehingga tegangan mencapai 200 volt.

**C. Metode Analisis**

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah regresi linier model  $y = ax + b$ , antara arus listrik ( $I$ ) dan frekuensi osilasi sampel ( $1/T$ ) pada persamaan (11). Nilai slope grafik  $a$  adalah

$$a = \frac{N\pi d^2}{2S\gamma m_f d_f} \tag{12}$$

sehingga rasio giromagnet sampel

$$\gamma = \frac{N\pi d^2}{2S a m_f d_f} \tag{13}$$

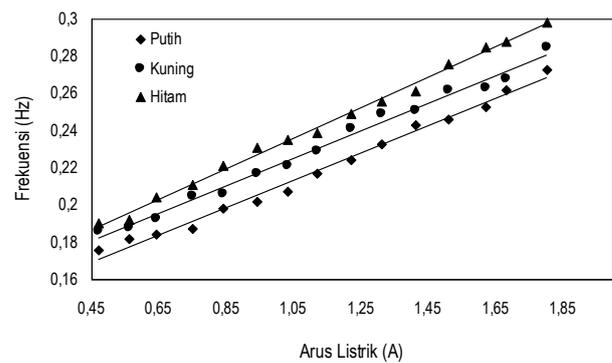
**IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Pada Gbr. 4 ditampilkan foto perangkat eksperimen untuk penelitian ini. Selanjutnya pada Gbr. 5 ditampilkan kurva hasil fitting data antara  $I$  dan  $1/T$  menurut garis lurus untuk

sampel besi warna hitam, putih, dan kuning menurut persamaan (11).



Gbr. 4. Foto perangkat eksperimen



Gbr. 5. Kurva hubungan antara frekuensi osilasi batang feromagnet terhadap arus listrik

Persamaan hasil fitting masing-masing sampel, indeks diterminasi, serta rasio giromagnetik masing-masing sampel ditampilkan pada Tabel II.

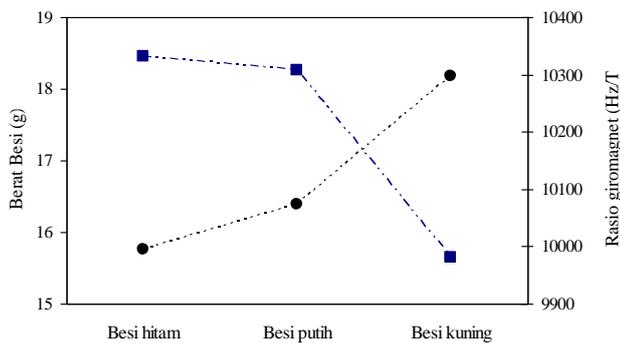
TABEL II PERSAMAAN HUBUNGAN ANTARA ARUS LISTRIK DAN FREKUENSI OSILASI SERTA NILAI RASIO GIROMAGNET

Sampel	Persamaan regresi linier	Indek Diterminasi	Rasio giromagnetik (Hz/T)
Besi hitam	$y = 0,082x + 0,151$	$R^2 = 0,995$	$(1,033 \pm 0,02) \times 10^4$
Besi putih	$y = 0,073x + 0,136$	$R^2 = 0,986$	$(1,031 \pm 0,03) \times 10^4$
Besi kuning	$y = 0,073x + 0,148$	$R^2 = 0,988$	$(0,998 \pm 0,03) \times 10^4$

Orde rasio giromagnetik semua sampel adalah  $10^4$  Hz/T. Sebagai perbandingan rasio giromagnetik electron dalam keadaan terisolasi adalah  $-1,76 \times 10^{11}$  Hz/T, sedangkan untuk besi dengan kemurnian tinggi besarnya rasio giromagnetik adalah  $1,81 \times 10^{12}$  Hz/T [4]. Memang rasio giromagnetik 1 partikel lebih besar dibandingkan dengan rasio giromagnetik untuk bahan secara makroskopis. Hal ini terkait dengan tingkat kebebasan elektron untuk berotasi. Pada bahan momen magnet hanya disumbang oleh arus di bagian kulit sedangkan pada bagian dalam momen magnet tidak ada sumbangan momen magnet karena arus putar yang dihasilkan terkompensasi oleh arus putar lain dengan arah berlawanan.

Tampak adanya hubungan yang konsisten yaitu untuk sampel yang memiliki kadar besi rendah maka rasio giromagnetiknya besar sedangkan untuk sampel yang memiliki kadar besi tinggi memiliki rasio giromagnetik

kecil. Memang sebagaimana ditunjukkan oleh pers. (6) massa berkontribusi pada momentum sudut sedangkan rasio giromagnetik berbanding terbalik terhadap momentum sudut, sehingga semakin besar massa semakin kecil rasio giromagnetik.



Gbr. 6. Berat besi dan rasio giromagnetik batang besi. Tanda (■) rasio giromagnetik, dan (●) berat besi dalam sampel.

Dengan eksperimen ini dapat digunakan untuk menentukan sifat magnet bahan. Dari Gbr. 4 diketahui pula bahwa nilai rasio giromagnetik mulai kecil ke besar adalah besi hitam-putih-kuning.

## V KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan ini dapat disimpulkan bahwa eksperimen dengan efek Einstein-de Haas telah berhasil dilaksanakan untuk mengetahui rasio giromagnet bahan. Dari ketiga sampel uji diketahui bahwa nilai rasio giromagnet bahan berbanding terbalik terhadap kadar besi pada bahan. Batang besi kuning memiliki rasio giromagnet terbesar diantar sampel yang lain sebesar  $(0,998 \pm 0,03) \times 10^4$  Hz/T.

## PUSTAKA RUJUKAN

- [1] Scott, G.G. 2011, "A Precise Mechanical Measurement of the Gyromagnetic Ratio of Iron", *Physical Review*, vol. 82, Issue 4, 542-547.
- [2] Anonim, Einstein-de Haas Effect in a NiFe Film Deposited on a Microcantilever, <http://www.nist.gov>, Posted 3rd October 2006
- [3] Basdevant, J.-L. and Dalibard, J. "Measuring the Electron Magnetic Moment Anomaly." Ch. 11 in *The Quantum Mechanics Solver: How to Apply Quantum Theory to Modern Physics*. Berlin: Springer-Verlag, 2000, pp. 79-81.
- [4] Chjan C. Lim, "A Classical version of the Einstein-de Haas Effect, *Mathematical Sciences, RPI, 110 8th St.*", Troy: New York, 2007, pp. 12180
- [5] Blundel, S., *Magnetism in Condensed Matter*, New York: Oxford University Press, 2001.

## II. PETUNJUK BERGUNA

### A. Gambar dan Tabel

Posisi gambar dan tabel berada pada awal atau akhir kolom. Hindari penempatan pada tengah kolom. Gambar besar dan tabel dapat diperlebar memenuhi kedua kolom. Judul gambar ditempatkan di bawah gambar dengan posisi rata tengah; judul tabel berada di atas tabel dengan posisi rata tengah. Hindari penempatan gambar dan tabel sebelum disebutkan di teks. Gunakan singkatan “Gbr. 1,” bahkan pada awal kalimat.

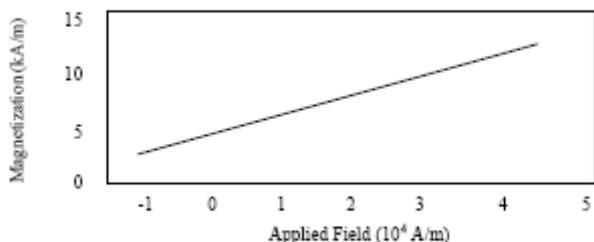
Label sumbu-sumbu koordinat pada gambar berupa grafik seringkali dapat membingungkan. Gunakan kata ketimbang simbol. Sebagai contoh, tulis “Kemagnetan,” atau “Kemagnetan (M)” ketimbang hanya menggunakan “M.” Tempatkan unit dalam tanda kurung. Jangan beri label pada sumbu koordinat hanya dengan unit. Sebagai contoh, tulis “Kemagnetan (A/m)” atau “Kemagnetan (A · m<sup>1</sup>).” Jangan beri label pada sumbu koordinat dengan rasio atau kuantitas dan unit. Sebagai contoh, tulis “Temperature (K),” bukan “Temperature/K.”

Simbol pengali juga dapat membingungkan. Tulis “Kemagnetan (kA/m)” atau “Magnetization (10<sup>3</sup> A/m).” Label gambar harus dapat dibaca, besarnya sekitar 10-point.

TABEL I DAFTAR JENIS DAN UKURAN

Jenis ukm. (pts.)	Tampilan		
	Umum	Tebal	Miring
6	Judul tabel, <sup>a</sup> huruf atau angka yang ditulis di atas		
8	Judul bagian/bab, <sup>a</sup> Pustaka Rujukan, table, nama tabel, <sup>a</sup> huruf pertama pada judul tabel, <sup>a</sup> judul gambar, catatankaki, subscript, superscript, Affiliasi penulis		
9		*Abstrak*	
10	Tulisan utama, persamaan, huruf pertama pada judul bab <sup>a</sup>		Sub heading
13	Nama penulis		
17	Judul makalah		

<sup>a</sup>Huruf besar



Gbr. 1. Kemagnetan sebagai fungsi dari applied field. Perhatikan bagaimana judul ditaruh di tengah kolom.

### B. Pustaka Rujukan

Nomor catatan kaki secara berurutan berada dalam kurung persegi [1]. Tanda baca diikuti kurung persegi [2]. Penulisan acuan mengikuti nomor Pustaka Rujukan, seperti pada [3]. Gunakan “Ref. [3]” atau Pustaka Rujukan [3]” pada awal kalimat: “Pustaka Rujukan [3] merupakan yang pertama ...”

Nomor catatan kaki dipisah di huruf superscript. Tempatkan catatan kaki terbaru pada bagian bawah kolom dimana kutipan tersebut berada. Jangan tempatkan catatan kaki pada bagian Pustaka Rujukan. Gunakan huruf untuk catatan kaki pada tabel (see Tabel I). IEEE Transactions tidak lagi menggunakan journal prefix sebelum nomor volume. Sebagai contoh gunakan “IEEE Trans. Magn., vol. 25,” dan bukan “vol. MAG-25.”

Berikan semua nama penulis; gunakan “et al.” jika terdapat lebih dari enam penulis. Makalah yang belum pernah dipublikasikan, bahkan jika telah diajukan untuk publikasi, harus ditulis sebagai kutipan “unpublished” [4]. makalah yang telah diterima untuk publikasi harus ditulis sebagai kutipan “in press” [5]. Pada judul makalah, huruf pertama tiap kata harus besar kecuali kata sambung, kata preposisi kurang dari tujuh huruf, dan begitu juga frase preposisi.

Untuk makalah yang dipublikasikan pada jurnal terjemahan bahasa lain, pertama berikan kutipan bahasa Indonesianya, lalu menyusul bahasa penerbitannya [6].

### C. Singkatan dan Akronim

Definisikan singkatan dan akronim pada kali pertama mereka digunakan pada teks, bahkan jika mereka telah didefinisikan di abstrak. Singkatan seperti IEEE, SI, MKS, CGS, ac, dc, dan rms tidak perlu didefinisikan. Jangan gunakan singkatan pada judul kecuali jika benar-benar tak dapat dihindari.

### D. Persamaan

Penomoran persamaan dilakukan secara berurutan, dengan nomor persamaan ditulis di dalam tanda kurung dan rata kanan, contohnya (1). Untuk menuliskan persamaan menjadi lebih singkat gunakan tanda ( / ), misalnya untuk fungsi exp. Untuk penulisan kuantitas dan variabel gunakan simbol *Italic Roman*. Gunakan tanda *dash* (–) untuk menandakan tanda minus. Gunakan tanda kurung ( ) bagian penyebut atau pembagi untuk menghindari kekeliruan. Berilah tanda baca koma pada persamaan jika persamaan tersebut berada dalam kalimat. Misalnya persamaan dibawah ini :

$$a + b = c \tag{1}$$

Jika persamaan diatas disebutkan dalam suatu kalimat maka cukup menuliskan “(1),” atau “persamaan (1),” kecuali pada awal kalimat tidak dituliskan dengan memakai tanda koma setelah tanda kurung. Contohnya “Persamaan (1) adalah...”

### E. Lain-lain

Penggunaan Tanda numerik *Roman* untuk penomoran bab atau sub-bab adalah bersifat pilihan. Jika menggunakan tanda numerik *Roman*, maka bagian Pustaka Rujukan dan

bagian ucapan terima kasih serta sub-judul atau sub-bab tidak ditandai dengan huruf. Gunakan dua spasi untuk memisahkan antar sub-bab. Gunakan tanda penghubung pada kata-kata yang dimodifikasi: "zero-field-cooled magnetitation", hindari susunan kalimat yang tidak beraturan seperti, "Dengan menggunakan (1), beda potensial telah dihitung", penulisan yang baik ialah "beda potensial dihitung dengan menggunakan persamaan (1)," atau "dengan persamaan (1), kita hitung beda potensial".

Angka desimal tidak ditulis ".25". Gunakan angka nol sebelum titik untuk menuliskan angka desimal: "0,25". Gunakan "cm<sup>3</sup>," bukan "cc." Tidak mencampurkan kata seutuhnya dengan singkatan dalam penulisan besaran fisis, misalnya: "weber/m<sup>2</sup>" melainkan "Wb/m<sup>2</sup>". Gunakan kata seutuhnya ketika menulis unit satuan fisis dalam suatu kalimat: "beberapa henry..".

### III. SATUAN

Gunakan Satuan Internasional (MKS) atau CGS sebagai unit satuan dimensi (dianjurkan SI unit). Sistem besaran Inggris bisa digunakan sebagai besaran sekunder yang ditulis di dalam tanda kurung.

Hindari penggunaan SI dan CGS secara bersamaan, misalnya besaran arus dalam ampere dan besaran medan magnet dalam oersted. Hal ini akan menimbulkan kesalahan karena dimensinya tidak sesuai. Nyatakan dengan jelas unit yang dipakai dalam setiap kuantitas, baik unit SI atau CGS.

### IV. BEBERAPA KESALAHAN UMUM

Perhatikan pemakaian kata tunggal dan kata jamak. *Subscript* pada kuantitas permeabilitas ruang hampa adalah dengan memakai angka nol bukan dengan huruf "o". Pernyataan dalam tanda kurung yang terdapat pada akhir kalimat diberi tanda titik diluar tanda kurung (misalnya seperti ini). (kalimat di dalam tanda kurung diakhiri dengan tanda titik yang masih berada dalam tanda kurung.). Perhatikan penulisan kata yang homofon, jangan sampai salah dalam penulisan. Penggunaan prefik asing "non" tidak dipisah dengan kata selanjutnya.

### PUSTAKA RUJUKAN

- [1] G. Eason, B. Noble, and I.N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529-551, April 1955.
- [2] J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3<sup>rd</sup> ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [3] I.S. Jacobs and C.P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in *Magnetism*, vol. III, G.T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.
- [4] K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [5] R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," *J. Name Stand. Abbrev.*, in press.