

# 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 6101Kbb 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**

**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     |
| <br><b>CERAMAH UMUM :</b>  |         |
| 1. <b>SENSOR MAGNETIK GMR, TEKNOLOGI DAN APLIKASI PENGEMBANGANNYA</b><br>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><br>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><br>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><br>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><br>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><br>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><br>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><br>Pujadi, Gatot Wurdianto dan Hermawan Candra, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta Selatan-----  | 40-42   |
| 6. <b>APLIKASI SISTEM KESELAMATAN PASIF PADA REAKTOR NUKLIR</b><br>Nur Syamsi Syam, Anggoro Septilarso, Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), Jakarta  | 43-47   |
| 7. <b>GAUGE INVARIANCE FOR NONLINEAR MASTER SCHRÖDINGER</b><br>T. B. Prayitno, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta Timur-----  | 48-50   |
| 8. <b>STANDARDISASI RADIONUKLIDA <sup>192</sup>Ir DAN APLIKASINYA</b><br>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><br>Gatot Wurdianto dan Pujadi, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional-----  | 55-58   |

|  |         |
|--|---------|
| 10. CHERNOBYL, 25 TAHUN YANG LALU<br>Anggoro Septilarso, Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), Jakarta-----  | 59-62   |
| 11. ANALISIS PELURUHAN FLOURINE-18 MENGGUNAKAN SISTEM PENCACAH<br>KAMAR PENGION CAPINTEC CRC-7BT S/N 71742<br>Wijono dan Pujadi, Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi - Badan Tenaga Nuklir<br>Nasional, Jakarta -----  | 63-68   |
| 12. PEMANFAATAN KAMERA DIGITAL UNTUK MENGUKUR PANJANG GELOMBANG<br>SPEKTRUM NEON<br>Deomedes, Yulia I. Piyoh, Yusak A. Talangas, Debora N. Sudjito, Ferdy S. Rondonuwu,<br>Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya<br>Wacana Salatiga -----  | 69-71   |
| 13. PERANCANGAN PROTOTYPE INSTRUMENT PENDETEKSI GAS METAN (CH <sub>4</sub> )<br>MENGGUNAKAN SENSOR FIGARO BERBASIS MIKROKONTROLER SERI AT MEGA<br>8535<br>Lalu Husnan Wijaya, Toni Subiakto, Peneliti SPD – LAPAN Watukosek, Gempol – Pasuruan   | 72-75   |
| 14. RANCANG BANGUN SISTEM TOMOGRAFI KOMPUTER ULTRASONIK UNTUK<br>INVESTIGASI LUBANG PADA BETON<br>Suryono, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Diponegoro, Semarang; Kusminarto, Gb. Suparta<br>Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta-----                                    | 76-79   |
| 15. RANCANG BANGUN SISTEM PERAGA EKSPERIMEN LENS KONVERGEN<br>MENGGUNAKAN WEBCAM SEBAGAI PENANGKAP CITRA DENGAN KOMPUTER<br>SEBAGAI PERANGKAT PEMROSES DAN PENAMPIL HASIL<br>Sumariyah, Ainie Khuriatie RS, Bernadi Dannadri Zhuriadan Tisda Renza Fanerva, Jurusan<br>Fisika FMIPA UNDIP----- | 80-84   |
| 16. APLIKASI WAVELET PADA PROSES EKSTRAKSI CIRI SINYAL KELUARAN<br><i>ELECTRONIC-NOSE</i> UNTUK DETEKSI BAHAN HERBAL<br>Fajar Hardoyono, Jurusan Tarbiyah STAIN Purwokerto, Jurusan Fisika FMIPA UGM; Kuwat<br>Triyana, Jurusan Fisika FMIPA UGM -----   | 85-88   |
| ✓ 17. KONSISTENSI TAHANAN KAWAT KUMPARAN TERHADAP HUKUM OHM PADA<br>BERBAGAI MEDIUM<br>Sandi Somantri, Moh. Toifur, Sumaji, Program Magister Pendidikan Fisika, Universitas Ahmad<br>Dahlan Yogyakarta-----  | 89-92   |
| 18. IMMOBILISASI AMYGLUKOSIDASE DALAM KALSIMUM ALGINAT SEBAGAI<br>PROTOTYPE BIOSENSOR PENDETEKSI KADAR KARBOHIDRAT<br>Umiatin, Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Jakarta-----   | 93-95   |
| 19. PEMANTAU PARAMETER FISIS UNTUK LINGKUNGAN INKUBATOR BAYI<br>Wihantoro, Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman,<br>Purwokerto-----   | 96-98   |
| 20. SINTESA PADUAN NANO PARTIKEL Fe-Ti HIDRID DAN TINJAUAN<br>TERMODINAMIKNYA<br>Hadi Suwarno, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, BATAN, Banten-----  | 99-102  |
| ✓ 21. RASIO GIROMAGNETIK BATANG FEROMAGNET DENGAN METODE EINSTEIN-DE<br>HAAS<br>Moh. Toifur dan Nanang Ruhimat, Program Studi Fisika FMIPA Universitas Ahmad Dahlan<br>Yogyakarta; Hedriawan, Jurusan Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik Universitas Teknologi<br>Yogyakarta-----            | 103-106 |
| 22. PENGAMATAN PERILAKU FENOMENA <i>SURFACE PLASMON RESONANCE</i> (SPR)<br>PADA SISTEM LAPISAN TIPIS PERAK-CuPc<br>Nafingati Zakiyah, Kamsul Abraha, Laboratorium Fisika Zat Padat, Jurusan Fisika FMIPA<br>UGM, Yogyakarta-----   | 107-110 |
| 23. STUDI AWAL PENGUKURAN PERUBAHAN FUNGSI KERJA FILM TIPIS AG <sub>2</sub> O<br>TERHADAP GAS POLUTAN DENGAN <i>KELVIN PROBE</i><br>W. Widanarto dan Bilalodin, Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas<br>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><br>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<br>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<br>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<br>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<br>Kartika Sari, Sunardi, Prodi Fisika, Jurusan MIPA, FST-Unsoed, Purwokerto-----   | 277-279 |
| 70.  | SINTESIS DAN MIKROSTUKTUR NANOPARTIKEL CERIUM OXIDE<br>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<br>Alex Nurwidiyanto dan Moh. Toifur, Program Magister Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan, Kampus II, Yogyakarta-----   | 285-287 |

# Konsistensi Tahanan Kawat Kumparan Terhadap Hukum Ohm pada Berbagai Medium

Sandi Somantri, Moh. Toifur, Sumaji

Program Magister Pendidikan Fisika, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta  
Kampus II, Jl. Pramuka 42 Sidikan Yogyakarta 55161, Telp (0274) 563515  
e-mail: copriangan@yahoo.com

**Abstrak-** Hukum Ohm mengungkapkan hubungan linier antara beda potensial dan kuat arus listrik yang mengalir dalam suatu konduktor berhambatan. Di Indonesia pada tingkat SLTP dan SLTA hukum Ohm jarang sekali dipelajari dengan eksperimen, tapi lebih banyak ditinjau dari segi teori yang terdapat pada buku referensi sehingga siswa kurang mendapatkan gambaran nyata. Di perguruan tinggi hukum Ohm tentang pembelajarannya disertai dengan percobaan yang menggunakan berbagai jenis bahan, salah satunya adalah kawat kumparan. Penelitian tentang konsistensi kawat kumparan terhadap hukum ohm penting dilakukan karena banyak peralatan elektronik yang memanfaatkan kawat kumparan. Terkait hal itu telah dilakukan percobaan hukum Ohm menggunakan kumparan tembaga berdiameter 0,125 mm sepanjang 30 meter dan ditempatkan pada beberapa medium (udara, kumparan kawat diberi angin, air, dan minyak tanah). Kumparan diberi tegangan ( $V$ ) yang bervariasi dari 1,8 – 9 volt, kemudian kuat arus listrik ( $I$ ) pada rangkaian diukur. Dari set data ( $V$ ,  $I$ ) kemudian difitting menurut model yang sesuai, selanjutnya dari penyimpangan kurva terhadap garis lurus dianalisis tingkat konsistensinya terhadap hukum Ohm. Berdasarkan hasil analisis data diperoleh bahwa pada tegangan 1,8 – 4 volt kumparan konsisten terhadap hukum Ohm pada semua medium, namun pada tegangan 4 – 9 volt kumparan tidak konsisten terhadap hukum Ohm. Urut-urutan medium dari yang kurang konsisten sampai dengan yang paling tidak konsisten terhadap hukum Ohm adalah minyak tanah, air, kumparan kawat diberi angin, dan udara. Dengan keadaan ini maka jika kumparan tersebut akan digunakan sebagai komponen elektronik yang ikut memberikan andil pada timbulnya hambatan arus listrik, maka pada pasokan tegangan lebih besar dari 4 volt perlu dipertimbangkan penggunaan medium untuk mengurangi terjadinya simpangan terhadap hukum Ohm.

**Kata Kunci :** Hukum Ohm, kawat kumparan, udara, air, minyak tanah

## I. PENDAHULUAN

Kehidupan manusia tidak terlepas dari kebutuhan energi terutama yang berasal dari listrik. Alat-alat yang membantu kehidupan manusia pada zaman modern sekarang ini sebagian besar difungsikan dengan energi listrik seperti : lampu, TV, radio, telepon selular, internet, komputer, laptop, notebook, dan sebagainya. Alat-alat tersebut dapat berfungsi ketika terhubung dengan sumber listrik. Sumber listrik mengalirkan arus listrik yang melalui alat-alat tersebut sehingga dapat berfungsi.

Setiap bahan yang dilewati arus listrik memiliki besaran yang dapat menghambat laju arus listrik dan dinamakan "tahanan" (resistor). Fenomena adanya tahanan (resistor) pada suatu bahan telah diteliti fisikawan Jerman yang bernama Georg Simon Ohm pada tahun 1825. Hasil penelitiannya menghasilkan suatu hukum yang dipublikasikan pada sebuah paper berjudul *The Galvanic Circuit Investigated Mathematically* pada tahun 1827. Untuk mengenang jasanya maka hukum tersebut dinamakan hukum Ohm. Hukum Ohm didefinisikan sebagai tegangan  $V$  pada hambatan berbanding lurus dengan kuat arus  $I$  untuk suhu yang konstan[2]. Berdasarkan hubungan antara beda potensial dengan kuat arus listrik didapatkan nilai tahanan dari bahan tersebut. Beda potensial dalam suatu bahan bertahanan akan mempunyai hubungan yang linier terhadap kuat arus listrik asalkan suhu konstan.

Praktikum hukum Ohm biasanya menggunakan komponen elektronik yang bentuk dan nilai tahanannya telah diatur sedemikian rupa sehingga hasil yang didapatkan sesuai dengan yang diharapkan. Salah satunya adalah kawat kumparan yang merupakan bahan yang banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari. Namun percobaan tersebut jarang dilakukan karena tergolong rumit dan hasilnya kurang sesuai dengan yang diharapkan. Hal tersebut terjadi karena suhu kawat berubah ketika diberi perlakuan yang berbeda. Perubahan suhu kawat mengakibatkan ketidakkonsistenan

hukum Ohm. Pada tingkat SLTP dan SLTA hukum Ohm jarang sekali dipelajari dengan percobaan. Hukum Ohm lebih banyak ditinjau dari segi teori yang terdapat pada buku referensi sehingga siswa tidak mendapatkan gambaran yang nyata. Pada tingkat perguruan tinggi hukum Ohm dipelajari dengan percobaan yang menggunakan tahanan cincin, dan dioda. Jarang ditemukan referensi percobaan hukum Ohm yang menggunakan kawat kumparan.

M. J. Madsen (2009) meneliti hukum Ohm menggunakan tiga utas kawat tembaga (email) yang masing-masing panjangnya 19,00 m dengan diameter 0,32 mm. Dua utas kawat dibentuk kumparan terbuka dan satu kumparan tertutup yang masing-masing ditempatkan di ruangan kering dan dalam rendaman air. Percobaannya menunjukkan bahwa karakteristik nilai tahanan kawat yang berada dalam rendaman air hasilnya lebih sesuai dengan persamaan hukum Ohm dibandingkan dengan kawat yang berada di ruangan kering.

Berdasarkan pemaparan di atas telah dilakukan percobaan hukum Ohm dengan menggunakan tahanan kawat kumparan. Penelitian tersebut dimaksudkan untuk penemuan ulang hukum Ohm melalui praktikum menggunakan kawat kumparan panjang yang diatur secara sederhana dan mudah dikerjakan. Hasil percobaan digunakan untuk memverifikasi perbandingan antara beda potensial dengan kuat arus listrik sesuai dengan persamaan hukum Ohm.

## II. LANDASAN TEORI

### 1. Hukum Ohm

Setiap bahan tersusun atas atom-atom yang terdiri dari inti dan elektron. Elektron bergerak mengelilingi inti (proton dan neutron) pada orbitnya. Semakin jauh elektron dari inti maka semakin lemah gaya tarik menarik antara elektron dengan inti. Jika elektron atom penyusun logam

(konduktor) dikenai medan listrik maka, elektron tersebut akan terlepas dari atom penyusun logam dan bergerak bebas mengalami percepatan oleh gaya  $qE$ , dengan  $q$  adalah muatan elektron dan  $E$  adalah kuat medan listrik. Hukum II Newton tentang gerak menyatakan bahwa gaya yang bekerja pada suatu benda berbanding lurus dengan percepatannya. Hukum tersebut berlaku pula pada elektron bebas yang bergerak dalam suatu konduktor. Mengacu hukum II Newton tersebut seharusnya kecepatan elektron bebas berubah beraturan semakin besar. Bertambahnya kecepatan elektron bebas mengakibatkan kuat arus bertambah pula. Tapi kenyataannya jika suatu konduktor diukur kuat arusnya dalam rentang waktu menunjukkan bahwa kuat arus dalam konduktor relatif tetap. Hal ini disebabkan bukan hanya gaya  $qE$  saja yang bekerja ketika elektron bebas bergerak namun ada gaya gesek yang berasal dari tumbukan antara elektron bebas dengan atom konduktor. Gaya gesek menghambat percepatan elektron bebas sehingga kecepatannya menjadi tetap. Elektron bebas dalam sebuah logam seperti molekul dalam gas, bergerak dalam arah rambang dan terus menerus bertumbukan [1]. Aliran elektron dapat digambarkan sebagai rentetan percepatan oleh medan elektrik diikuti dengan perlambatan oleh tumbukan yang hasil netonya adalah kecepatan hanyut  $v$  [5]. Kecepatan hanyut tersebut sebanding dengan kuat medan listrik yang mengakibatkan rapat arus tetap dan sebanding dengan kuat medan listrik  $E$  secara matematis ditulis :

$$j = \sigma E \quad (1)$$

Dengan,  $j$  = rapat arus listrik,  $\sigma$  = tetapan konduktivitas listrik,  $E$  = intensitas medan listrik.

Bila medan listrik dalam konduktor dapat dianggap serba sama, maka kuat medan listrik memenuhi persamaan [8] :

$$E = \frac{V}{\ell} \quad (2)$$

dengan  $\ell$  sehingga,

$$j = \sigma \frac{V}{\ell} \quad (3)$$

dengan mengingat  $i = jA$ , dan dengan memisalkan  $\sigma A / \ell = 1/R$ , maka persamaan (1) menjadi :

$$V = iR \quad (4)$$

Secara garis besar hukum Ohm menyatakan bahwa : besar kuat arus listrik yang mengalir pada suatu konduktor pada suhu tetap sebanding dengan beda potensial antara kedua ujung-ujung konduktor.

Untuk konduktor yang memiliki luas penampang  $A$  serba sama berlaku  $R = (1/\sigma)\ell/A$ , dimana  $\ell$  = panjang konduktor,  $A$  = luas penampang konduktor, dan  $1/\sigma$  merupakan tetapan dari nilai hambat jenis listrik bahan ( $\rho$ ) sehingga [7] :

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad (5)$$

Adanya tumbukan antara elektron-bebas dengan atom konduktor mengakibatkan naiknya suhu konduktor. Pada bahan konduktor kenaikan suhu menyebabkan amplitudo

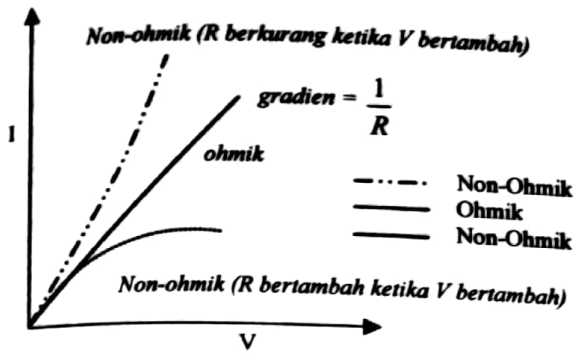
getaran atom-atom (molekul-molekul) di sekitar kedudukan setimbang akan bertambah. Pertambahan amplitudo mengakibatkan intensitas benturan antara atom konduktor dengan elektron-bebas semakin sering. Akibatnya aliran elektron-bebas menjadi terhambat yang menjadikan nilai kuat arus listrik menjadi kecil dan nilai tahanan konduktor menjadi besar.

Berdasarkan eksperimen-eksperimen hukum Ohm yang telah dilakukan didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan grafik pada Gambar 1[2]. Pada garis *ohmik* nilai  $R$  selalu konstan asalkan suhu bahan bersifat konstan, sedangkan garis *non-ohmik*, nilai  $R$  berubah tergantung pada tegangan  $V$ .

## 2. Konduktor

Setiap zat tersusun atas atom-atom yang masing-masing terdiri dari inti atom (proton dan neutron) bermuatan positif yang dikelilingi elektron-elektron bermuatan negatif. Atom akan bersifat netral ketika jumlah muatan sama dengan nol (jumlah muatan inti = jumlah muatan semua elektron). Antara inti dengan elektron terdapat gaya interaksi (gaya Coulomb) yang menyebabkan elektron terikat (tidak bebas) dan bergerak mengelilingi intinya. Elektron bergerak dalam orbit-orbit tertentu mengelilingi inti, semakin dekat elektron dengan inti, maka semakin kuat gaya interaksinya, begitupula sebaliknya semakin jauh elektron dari inti, maka semakin lemah gaya interaksinya. Elektron-elektron yang lemah gaya interaksinya dengan inti atom akan mudah dibebaskan jika mendapat gangguan medan listrik. Elektron-elektron yang terlepas dari inti akan bergerak dalam medan listrik sebagai arus listrik hantaran. Bahan yang atom-atom penyusunnya memiliki sifat seperti ini dinamakan penghantar (konduktor).

Bahan penghantar (konduktor) merupakan bahan yang menghantarkan listrik dengan mudah. Bahan ini mempunyai daya hantar listrik (*electrical conductivity*) yang besar dan tahanan listrik (*electrical resistance*) kecil. Konduktor tidak hanya terbuat dari zat padat tetapi dapat juga berupa zat cair, dan gas. Pada zat cair (elektrolit) arus listrik terjadi disebabkan ion yang bergerak dibawah pengaruh listrik. Dan pada gas menyala (misalnya lampu advertensi) arus listrik terjadi karena gas dalam keadaan terionisasi sehingga gas bersifat sebagai konduktor. Salah satu bahan konduktor yang sering dijumpai adalah tembaga, tembaga mempunyai daya hantar listrik yang tinggi. Selain mempunyai daya hantar listrik yang tinggi karena itu tembaga juga dipakai untuk kelengkapan bahan radiator, ketel, dan alat kelengkapan pemanasan. Tembaga mempunyai sifat dapat dirol, ditarik, ditekan, dan dapat ditempa (*meleable*). Hambat jenisnya  $1,72 \times 10^{-8}$  ohm.m, temperatur koefisien resistivitasnya  $390 \times 10^{-5}$   $^{\circ}C$ , kelajuan rata-rata elektron bebas dalam tembaga  $1,6 \times 10^8$  cm/s [3], konduktivitas termalnya  $400$  W/m.K, dan kalor jenisnya  $386$  J/Kg  $^{\circ}C$  [9].



Gambar 1. Grafik hukum Ohm pada bahan konduktor bersifat Ohmik dan non-Ohmik

2. Prosedur Pengambilan Data

Eksperimen dilaksanakan mengikuti prosedur sebagai berikut:

- Merangkai alat seperti pada gambar 2.
- Kawat kumparan ditempatkan di udara.
- Memasang tegangan input sebesar 1,98 V; Mengukur tegangan output, dan kuat arus listrik dilakukan sebanyak 10 kali.
- Mengulangi point d untuk tegangan input sebesar 4.55 V; 6,98 V; 9,34 V.
- Mengulangi point a, c dan d untuk kawat kumparan yang ditempatkan di udara berangin, air mineral, dan minyak tanah.

3. Air dan Minyak Tanah

Air termasuk bahan yang dapat menghantarkan arus listrik meskipun daya hantarnya tidak sebaik kawat tembaga. Air memiliki massa jenis sebesar 1000 kg/m<sup>3</sup> dan memiliki konduktivitas termal sebesar 0,6 W/m.K [2] sehingga termasuk penghantar kalor yang baik. Air merupakan pendingin yang paling banyak digunakan untuk meredam panas agar suhu tetap stabil. Air memiliki kalor jenis yang besar yaitu sekitar 4,18 x 10<sup>3</sup> J/kg °C [9] sehingga suhunya tidak dapat berubah drastis dalam waktu yang singkat. Dalam proses penguapan dan pengembunan prosesnya memerlukan rentang waktu. Minyak tanah memiliki kalor jenis sebesar 2,2 x 10<sup>3</sup> J/kg °C [4] sehingga masih lebih baik air jika dijadikan sebagai zat peredam panas, selain itu minyak tanah tidak digunakan sebagai pendingin mesin dikarenakan tidak ekonomis. Minyak tanah memiliki karakteristik yang unik dibandingkan air, minyak tanah dapat menguraikan zat-zat yang berasal dari polimer. Minyak tanah memiliki massa jenis sebesar 800 kg/m<sup>3</sup>.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran tegangan output dan kuat arus listrik untuk kawat kumparan yang ditempatkan di berbagai medium terdapat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4. Ada beberapa data (udara berangin, air, dan minyak tanah) diduga tersebar linier dan sebagian lagi (udara) diduga cenderung lengkung (tidak linier). Untuk memastikan linier atau tidak dan mengetahui kekelokan fitting data dilakukan fitting 2 kali dengan cara yang berbeda, yaitu :

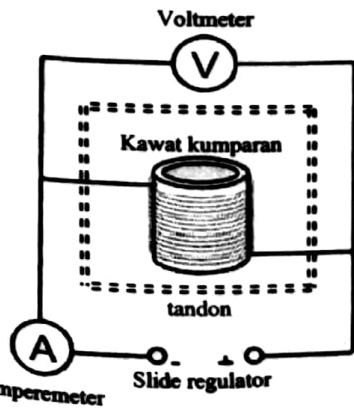
- Semua data difitting secara linier dan didapatkan persamaan fitting data sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Berdasarkan persamaan fitting data didapatkan bahwa hasilnya dapat diterima dengan masing-masing nilai r<sup>2</sup> seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai r<sup>2</sup> yang paling mendekati 1 terdapat pada medium minyak tanah (r<sup>2</sup> = 0.999) sedangkan nilai r<sup>2</sup> yang paling tidak mendekati 1 terdapat pada medium udara (r<sup>2</sup> = 0.988). Koefisien V menunjukkan tingkat kelinieran sebaran data dengan tingkat kelinieran terbesar terdapat pada air (V = 0,020) dan kelinieran terkecil terdapat pada udara (V = 0,018). Jika ditampilkan dalam bentuk grafik maka hasilnya sebagaimana pada Gambar 3.

III. PROSEDUR EKSPERIMEN

1. Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan adalah : Slide regulator dengan variasi tegangan input sebesar 1,88V; 4,22V; 6,69V; 9,00V; amperemeter analog merek sunwa tipe 20D, voltmeter digital merek sunwa tipe YX-830B, termokopel digital merek protek tipe DM-32, kipas angin, kabel penghubung, wadah (tandon) berisi udara, air tawar (air mineral merek aqua), bensin, kumparan kawat tembaga email berdiameter 0,12 mm dengan panjang kawat 30 m.



Gambar 2. Skema rangkaian alat eksperimen

Tabel 1. Medium udara

| n | V <sub>ukur</sub> (V) | I (A) | s/       |
|---|-----------------------|-------|----------|
| 1 | 1,88                  | 0,03  | 0,001265 |
| 2 | 4,22                  | 0,09  | 0,000843 |
| 3 | 6,69                  | 0,13  | 0,000966 |
| 4 | 9,00                  | 0,16  | 0,001291 |

Tabel 2. Medium udara berangin

| n | V <sub>ukur</sub> (V) | I (A) | s/       |
|---|-----------------------|-------|----------|
| 1 | 1,88                  | 0,04  | 0,000316 |
| 2 | 4,22                  | 0,09  | 0,000264 |
| 3 | 6,69                  | 0,14  | 0,000258 |
| 4 | 9,00                  | 0,18  | 0,000791 |

Tabel 3. Medium air

| n | V <sub>ukur</sub> (V) | I (A) | s/       |
|---|-----------------------|-------|----------|
| 1 | 1,88                  | 0,04  | 0,004400 |
| 2 | 4,22                  | 0,09  | 0,001107 |
| 3 | 6,69                  | 0,14  | 0,000791 |
| 4 | 9,00                  | 0,18  | 0,000747 |

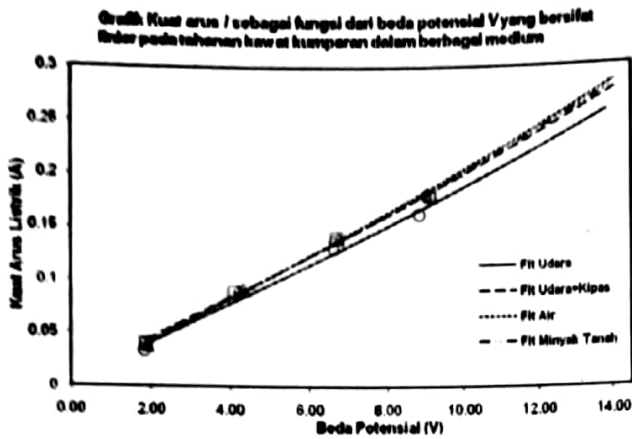
Tabel 4. Medium minyak tanah

| n | V <sub>ukur</sub> (V) | I (A) | s/       |
|---|-----------------------|-------|----------|
| 1 | 1,88                  | 0,04  | 0,000685 |
| 2 | 4,22                  | 0,08  | 0,000675 |
| 3 | 6,69                  | 0,14  | 0,001863 |
| 4 | 9,00                  | 0,18  | 0,001054 |



Tabel 5. Persamaan fitting data  $I$  terhadap  $V$  (dengan cara linier).

| BAHAN         | PERSAMAAN / TERHADAP $V$ | $r^2$ |
|---------------|--------------------------|-------|
| Udara         | $I = 0,018V + 0,004$     | 0,988 |
| Udara + Kipas | $I = 0,019V + 0,007$     | 0,995 |
| Air           | $I = 0,020V + 0,001$     | 0,997 |
| Minyak Tanah  | $I = 0,019V + 0,003$     | 0,999 |



Gambar 3. Grafik Kuat arus  $I$  sebagai fungsi dari beda potensial  $V$  yang bersifat linier pada tahanan kawat kumparan berbagai medium

2. Semua data *difitting* dengan menggunakan persamaan polinomial orde 2 dan didapatkan persamaan *fitting* data sebagaimana ditampilkan pada Tabel 6.

Hasil *fitting* data dengan persamaan polinomial ternyata lebih baik dibandingkan dengan cara linier, hal ini terlihat dari nilai  $r^2$  seperti yang terdapat pada Tabel 2. Medium udara berangin dan air memiliki nilai  $r^2 = 1$ , udara memiliki nilai  $r^2 = 0,999$ . Tetapi minyak tanah memiliki nilai  $r^2$  yang sama dengan cara linier ( $r^2 = 0,999$ ) sehingga kedua cara memiliki keelokan *fitting* data yang sama. Pada persamaan *fitting* data polinomial terdapat koefisien  $-V$  yang menunjukkan besarnya ketidaklinieran sebaran data.

Semakin besar nilainya maka ketidaklinierannya pun semakin besar. Dari tabel 2 didapatkan bahwa koefisien  $-V^2$  yang terbesar adalah udara (-0,0009) dan yang paling kecil adalah minyak tanah (-0,0002). Medium minyak tanah sebaran datanya memiliki ketidaklinieran paling kecil atau cenderung bersifat linier jika dibandingkan dengan medium yang lainnya. Sedangkan sebaran data yang ketidaklinierannya paling besar terdapat pada udara. Jika ditampilkan dalam bentuk grafik maka hasilnya sebagaimana pada Gambar 4.

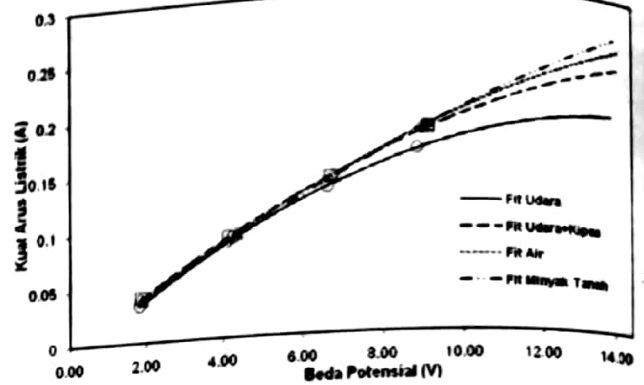
Berdasarkan analisis data diperoleh bahwa perbandingan antara beda potensial  $V$  dengan kuat arus  $I$  kumparan pada tegangan output 1,8 – 4 volt konsisten terhadap hukum Ohm pada semua medium, namun pada tegangan output 4 – 9 volt tidak konsisten terhadap hukum Ohm. Urut-urutan medium dari yang kurang konsisten sampai dengan yang paling tidak konsisten terhadap hukum Ohm adalah minyak tanah, air, udara berangin, dan udara.

Berdasarkan dua cara *fitting* data tersebut ternyata minyak tanah merupakan medium yang dapat meredam panas sehingga perbandingan antara beda potensial dengan kuat arus listrik mendekati hukum Ohm. Sedangkan air dan udara berangin hasilnya sedikit mendekati hukum Ohm. Medium udara tidak dapat meredam panas dengan baik sehingga hasilnya menjauhi hukum Ohm jika dibandingkan dengan medium-medium yang lainnya.

Tabel 6. Persamaan fitting data  $I$  terhadap  $V$  (dengan cara polinomial orde dua).

| BAHAN         | PERSAMAAN / terhadap $V$            | $r^2$  |
|---------------|-------------------------------------|--------|
| Udara         | $I = -0,0009V^2 + 0,0282V - 0,0156$ | 0,9997 |
| Udara + Kipas | $I = -0,0006V^2 + 0,0258V - 0,0066$ | 1      |
| Air           | $I = -0,0004V^2 + 0,025V - 0,0084$  | 1      |
| Minyak Tanah  | $I = -0,0002V^2 + 0,0221V - 0,0012$ | 0,999  |

Grafik Kuat arus  $I$  sebagai fungsi dari beda potensial  $V$  yang bersifat polinomial pada tahanan kawat kumparan dalam berbagai medium



Gambar 4. Grafik Kuat arus  $I$  sebagai fungsi dari beda potensial  $V$  yang bersifat polinomial pada berbagai medium

## V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa konsistensi hukum Ohm berlaku pada tegangan 1,8 – 4 volt namun pada tegangan 4 – 9 volt kumparan tidak konsisten terhadap hukum Ohm. Hukum Ohm akan berlaku jika suhu bahan dan lingkungan sekitar bersifat konstan. Urut-urutan medium dari yang kurang konsisten sampai dengan yang paling tidak konsisten terhadap hukum Ohm adalah minyak tanah, air, udara berangin, dan udara.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan makalah ini terutama kepada : PPs Magister Pendidikan Fisika UAD tempat dilakukan penelitian.

## PUSTAKA RUJUKAN

- [1] Beiser, A.. *Konsep Fisika Modern Edisi Empat*. Jakarta : Penerbit Erlangga. 1987
- [2] Foster, B.. *Fisika Kelas 10*. Jakarta : Penerbit Erlangga. 2004
- [3] Halliday dan Resnick.. *Fisika Jilid 2 (Terjemahan)*. Jakarta : Penerbit Erlangga. 1988
- [4] Humizar dan Sarlem.. *Dunia Fisika 2 untuk SMP Kelas VIII*. Jakarta : Esis. 2005
- [5] Krane, K. . *Fisika Modern*, Jakarta : UI-Press, 2008
- [6] Madsen, M.J. "Ohm's Law For a Wire in Contact with a Thermal Reservoir", *American Journal of Physics*, Volume 77, No. 6 June 2009.
- [7] Muslim dan Zahara.. *Listrik Dinamik Magnet Statik Sumber dan Medium*. Yogyakarta : Jurusan Fisika FMIPA UGM. 2004
- [8] Sutrisno dan Gie.. *Seri Fisika Dasar Listrik, Magnet, dan Termofisika*. Bandung : Penerbit ITB Bandung. 1983
- [9] Tipler.. *Fisika Untuk Sains dan Teknik (Terjemahan)*. Jakarta : Penerbit Erlangga, 1991