

RANCANG BANGUN AMPEREMETER DIGITAL BERBASIS METODE INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

Abdul Adhiem, Endah Rahmawati, Abd. Kholiq

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

Email: abduladhiem82@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang alat ukur kuat arus listrik berbasis metode induksi elektromagnetik. Bahan yang digunakan untuk merancang alat terbagi menjadi dua bagian yakni perangkat keras berupa toroid terbuat dari inti ferit yang berbentuk cincin yang dililiti kawat tembaga dan perangkat lunak berupa Arduino Uno R3 dan display. Alat digunakan untuk mengukur arus pada rangkaian dengan beban lampu (2 lampu 12 V 6 watt dirangkai seri dan 3 lampu 12 v 6 watt dirangkai seri) dan resistor (resistor 5 watt 79 Ω dan resistor 5 watt 100 Ω). Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan untuk masing-masing beban, kemudian hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran dari multimeter Sanwa tipe CD800a. Pada pengambilan data yang telah dilakukan memperoleh rata-rata nilai koefisien linieritas sebesar $R^2 \approx 0,99$. Alat ini kurang baik jika digunakan untuk mengukur arus di bawah 10mA dan cukup baik jika digunakan untuk mengukur arus di atas 10 mA.

Kata Kunci : amperemeter digital, induksi elektromagnetik, toroid.

Abstract

This study aims to design a measuring instrument a strong current of electricity based electromagnetic a method of induced. Material used to design a divided into two parts of the hardware a toroid made from the core ferrite shaped ring tailored copper wire and software of Arduino uno R3 and display. An instrument used for measuring currents for the series of with a load a lamp (2 lights strung together 12 v 6 watts and 3 series lights strung together 12 v 6 watts series) and resistor (resistor 5 watts 79 Ω and resistor 5 watts 100 Ω).Of the receipt of the data was undertaken three times each repetition to load , the results of such measurement compared with the results of the measurement of the multimeter sanwa CD800a type . In the data collection has done obtained the average linearity coefficient of $R^2 \approx 0.99$. This tool is not good if used to measure current below 10 mA and good enough if used to measure current above 10mA.

Key Words: amperemeter digital, electromagnetic induction, toroid.

PENDAHULUAN

Alat ukur listrik digunakan untuk mengukur besaran listrik dalam suatu rangkaian yang umumnya menggunakan alat ukur multimeter. Multimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besaran listrik, seperti kuat arus listrik (I), beda potensial listrik (V), dan hambatan listrik (R). Multimeter sendiri dibagi menjadi dua jenis, yaitu multimeter analog menggunakan pointer bergerak untuk pembacaannya dan multimeter digital memiliki tampilan numerik untuk pembacaannya (Istiqomah, 2016).

Kuat arus listrik merupakan salah satu besaran pokok yang penting dalam fisika. Dalam dunia elektronika dan industri, pengukuran kuat arus listrik secara langsung biasanya dilakukan

dengan menghubungkan amperemeter secara seri terhadap kuat arus listrik yang akan diukur. Namun demikian, hal ini tidak efektif karena memutus kabel dan akan merusak rangkaian listrik. Kabel yang diputus bisa mengganggu jaringan listrik dan sistem kelistrikan (Dwitama dan Pamungkas, 2010).

Kuat arus listrik adalah kuantitas fisik yang penting dan pengukurannya diperlukan dalam banyak aplikasi baik di bidang industri, otomotif, dan juga rumah tangga. Pengukuran kuat arus listrik secara tidak langsung pada sebuah konduktor dapat dilakukan dengan cara lain yakni dengan menggunakan persamaan hukum Ohm yaitu $V = I.R$, di mana voltmeter dalam rangkaian disusun secara paralel untuk mendapatkan nilai tegangan (V) dan hambatan

(R), kemudian nilai-nilai tersebut dimasukkan pada hukum Ohm untuk mendapat nilai kuat arus (I). Akan tetapi cara tersebut tidak efektif ketika nilai hambatan (R) pada konduktor tidak diketahui. Alat ukur lain yang bisa digunakan untuk mengukur kuat arus tanpa merusak rangkaian yaitu *clamp meter*. Akan tetapi dengan harga yang mahal, *clamp meter* masih jarang dimiliki oleh banyak orang (Wahyudi dkk., 2013).

Dengan semakin berkembangnya teknologi, maka muncul banyak ide baru untuk mengukur kuat arus pada rangkaian yang bersifat *non-destructive* (tidak merusak). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Dwitama dan Pamungkas (2010) diperoleh hasil pengukuran yang akurat jika arus yang diukur lebih besar dari 0,5 A, namun apabila arus yang diukur lebih kecil dari 0,5 A hasil pengukuran kurang akurat. Hal ini disebabkan oleh karakteristik sensor efek Hall yang menghasilkan keluaran tidak linier terhadap perubahan arus. Penelitian lainnya oleh Draxler and Styblikova (2015) menggunakan metode *clamp transformator arus*, mendapatkan hasil pengukuran yang relatif lebih baik dan sesuai dengan data yang terukur oleh kalibrator.

Penelitian mengenai pengukuran kuat arus listrik juga dilakukan oleh Sui *et al.*, (2013) menggunakan *resistance clamp meter* untuk mengukur arus bolak-balik sinusoidal dengan frekuensi 1,39 kHz yang dihasilkan modul generator sinyal. Tegangan keluaran dikuatkan menggunakan rangkaian *push-pull* dan dihubungkan pada transformator kemudian diubah menjadi sinyal digital dan hasil konversi ditampilkan pada LCD.

Beberapa penelitian terdahulu yang pernah dilakukan hanya menggunakan satu sumber arus (DC atau AC). Pada penelitian skripsi ini penulis menggunakan sumber arus AC, pada sumber AC menggunakan toroid dengan inti ferit yang dililit oleh tembaga untuk mengukur kuat arus AC.

Muatan listrik ada yang bersifat positif dan ada juga yang bersifat negatif, arah arus listrik didefinisikan searah dengan arah aliran muatan positif atau arah arus listrik akan berlawanan dengan arah aliran elektron. Pada sebuah konduktor sebenarnya yang mengalir adalah elektron yang memiliki muatan negatif. Muatan positif berupa atom-atom yang ditinggalkan elektron tidak dapat mengalir karena terikat kuat oleh konduktor tersebut.

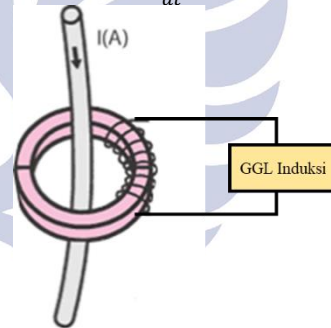
Metode induksi bekerja melalui pengukuran fluks magnetik yang merangkul mengenai gaya gerak listrik induksi (GGL induksi), di mana kuat medan magnet diukur sepanjang lintasan elektrik dengan disertai adanya perubahan fluks di dalamnya. Ketika fluks magnetik yang menghubungkan rangkaian listrik mengubah gaya gerak listrik yang diinduksi, maka fenomena tersebut disebut induksi elektromagnetik (Jiles, 1991).

Apabila suatu kumparan yang memiliki jumlah lilitan N bergerak memotong medan magnet, maka akan timbul perubahan fluks magnetik $d\Phi$ atau garis gaya magnetik dalam selang waktu tertentu dt . Perubahan fluks magnetik tersebut menghasilkan beda potensial listrik ϵ_{ind} yang dihitung dari

$$\epsilon_{ind} = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

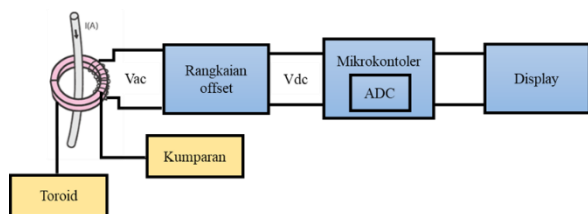
Jika fluks magnetik Φ didefinisikan sebagai hasil kali antara induksi magnetik B dan luas penampang A di mana A diasumsikan konstan, maka persamaan (2.5) berubah menjadi

$$\epsilon_{ind} = -NA \frac{dB}{dt} \quad (2)$$



Gambar 1. Pengukuran arus metode fluks

Prinsip induksi elektromagnetik telah diaplikasikan pada alat ukur *clamp meter*. Selain itu digunakan pada rancang bangun teslameter yang pernah diteliti oleh Jacob dan Gulo (2015), alat tersebut menggunakan tembaga yang dililitkan pada pipa plastik yang digunakan sebagai sensor dengan hasil yang cukup valid. Penerapan pengukuran tegangan menggunakan induksi elektromagnetik juga dilakukan pada penelitian Fandi (2010).



Gambar 2. Pengukuran kuat arus listrik AC

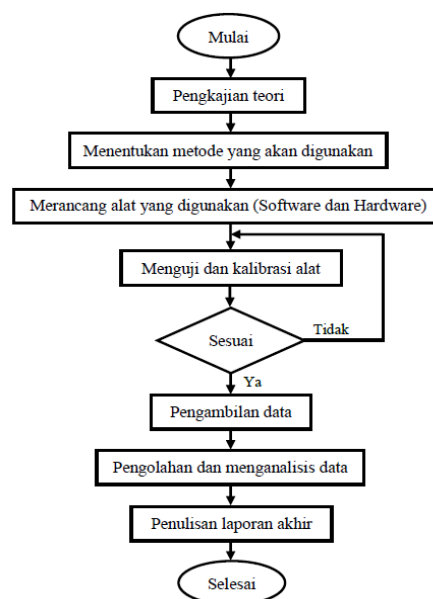
Secara umum penerapan metode induksi elektromagnetik seperti pada Gambar 2.5, sensor arus yang digunakan berupa toroid yang terdiri dari ferit berbentuk cincin yang dililiti tembaga. GGL induksi yang dihasilkan toroid sesuai dengan persamaan (2). GGL induksi yang dihasilkan dipengaruhi oleh jumlah lilitan (N), diameter toroid (A), dan perubahan fluks dipengaruhi oleh arus bolak-balik yang mengalir pada konduktor yang diukur.

Pada penelitian kali ini yang berjudul “Rancang Bangun Amperemeter Digital Berbasis Metode Induksi Elektromagnetik” dengan menggunakan aplikasi toroid memiliki keluaran yang berupa tegangan induksi kemudian akan masuk ke dalam pengkondisi sinyal agar bisa terbaca seluruh nilai tegangan positif pada mikrokontroler. Nilai yang terbaca pada mikrokontroler berupa V_{rms} , yang kemudian dikonversi menjadi nilai kuat arus listrik yang kemudian ditampilkan pada layar LCD 2x16.

METODE

Penelitian skripsi kali ini merupakan jenis penelitian laboratorium tentang alat ukur kuat arus listrik berbasis metode induksi elektromagnetik. Penelitian ini menggunakan toroid (yang terbuat dari) inti ferit yang dililiti kawat tembaga, istilah toroid adalah inti besi yang berbentuk cincin yang dililiti kawat tembaga.

Penelitian yang baik memiliki prosedur yang jelas, adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian skripsi ini ditampilkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 2. berikut.



Gambar 3. Diagram alir percobaan

Rancangan sistem untuk membuat alat ukur arus listrik menggunakan toroid yang terdiri dari ferit berbentuk lingkaran/*ring* yang dililit dengan tembaga (seolah-olah toroid adalah intinya). Toroid berfungsi sebagai sensor kuat arus AC yang mempunyai keluaran berupa tegangan. Keluaran dari sensor nantinya akan masuk ke dalam rangkaian *offset* dan selanjutnya dilakukan pengolahan data pada mikrokontroler. Pada mikrokontroler, nilai tegangan akan dikonversi menjadi nilai kuat arus listrik yang akan ditampilkan pada layar LCD.

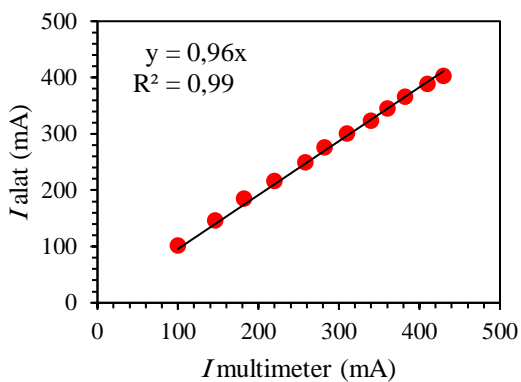
Sebelum alat digunakan untuk pengambilan data sensor terlebih dahulu melalui tahap kalibrasi. Kalibrasi sensor ini dilakukan untuk menentukan nilai pengali yang dimasukkan dalam pemrograman agar memperoleh nilai yang sesuai. Untuk memperoleh nilai pengali, maka terlebih dahulu mencari hubungan antara nilai tegangan keluaran dari sensor dan nilai kuat arus yang terukur pada multimeter dalam bentuk grafik linieritas. Kemudian memperoleh persamaan $y = mx + c$ dimana $c = 0$ dengan nilai m adalah nilai pengali yang dimasukkan ke dalam program. Nilai keluaran dari sensor arus akan disesuaikan dengan nilai arus terukur sebenarnya melalui penentuan faktor pengali k , sehingga nilai arus yang muncul pada alat sesuai dengan arus sebenarnya. Kemudian hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran

kuat arus menggunakan multimeter Sanwa tipe CD800a untuk semua nilai kuat arus yang dihasilkan.

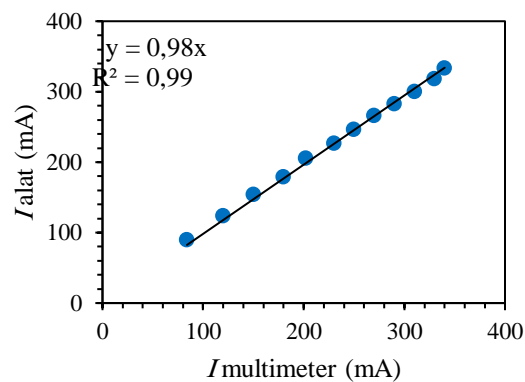
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian skripsi ini pengambilan data dilakukan dengan menggunakan beban lampu (2 lampu 12 V 6 watt dirangkai seri dan 3 lampu 12 v 6 watt dirangkai seri) dan resistor (resistor 5 watt 79 Ω dan resistor 5 watt 100 Ω). Alat hasil rancangan dan multimeter Sanwa tipe CD800a digunakan secara bersamaan saat pengambilan data dengan masing-masing beban dilakukan 5 kali pengulangan.

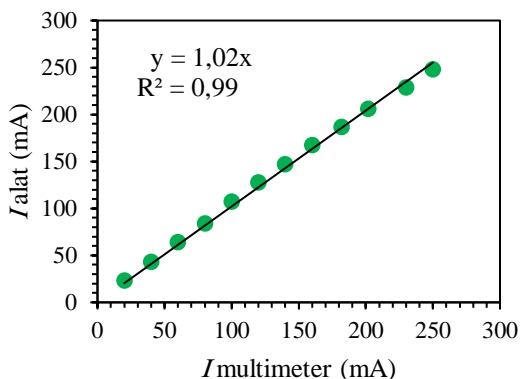
Data pengukuran kuat arus listrik yang telah diperoleh akan di sajikan dalam bentuk grafik. Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan grafik hubungan antara nilai rata-rata kuat arus listrik yang dihasilkan oleh alat yang telah dirancang dengan nilai rata-rata kuat arus listrik dari multimeter Sanwa tipe CD800a sebagai pembanding dengan menggunakan lampu (2 lampu 12 V 6 watt dirangkai seri dan 3 lampu 12 v 6 watt dirangkai seri) dan resistor (resistor 5 watt 79 Ω dan resistor 5 watt 100 Ω).



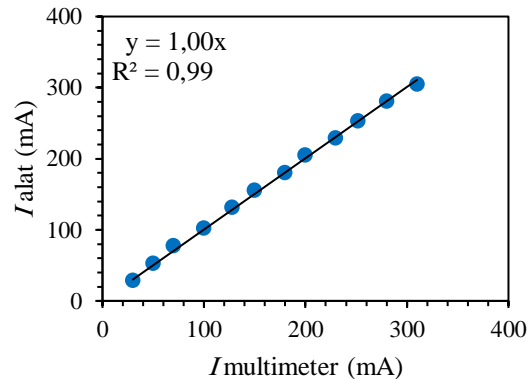
Gambar 4. Grafik hubungan antara I_{alat} dengan $I_{\text{multimeter}}$ pada beban 2 lampu 12 V 6 watt



Gambar 5. Grafik hubungan antara I_{alat} dengan $I_{\text{multimeter}}$ pada beban 3 lampu 12 V 6 watt



Gambar 6. Grafik hubungan antara I_{alat} dengan $I_{\text{multimeter}}$ pada beban Resistor 100 Ω



Gambar 7. Grafik hubungan antara I_{alat} dengan $I_{\text{multimeter}}$ pada beban Resistor 100 Ω

Berdasarkan gambar grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 4 sampai 7 tersebut di atas, diperoleh nilai koefisien linieritas $R^2 \approx 0,99$. Hal ini berarti nilai kuat arus listrik yang dihasilkan dari alat ukur yang telah dirancang tidak berbeda signifikan dengan nilai kuat arus

listrik yang dihasilkan oleh multimeter Sanwa tipe CD800a sebagai referensi. Grafik tersebut juga menunjukkan hubungan linier antara kuat arus listrik dari alat yang telah dirancang dengan kuat arus listrik dari multimeter. Semakin besar nilai kuat arus listrik yang dihasilkan oleh alat,

maka semakin besar pula nilai kuat arus listrik dari multimeter.

Pada penelitian ini alat yang telah dibuat ini kurang baik untuk mengukur nilai kuat arus listrik di bawah 10mA dan baik untuk mengukur nilai kuat arus listrik yang besar.

Pada awalnya sensor dirancang supaya dapat mengukur arus tanpa memutus rangkaian seperti alat ukur *clamp meter*. Namun demikian, pada saat pelaksanaan mengalami kendala memotong inti atau membentuk inti yang bisa diatur (buka-tutup) seperti *clamp meter*, sehingga pengukuran yang dilakukan tetap memotong rangkaian tetapi dengan metode induksi elektromagnetik.

PENUTUP

Simpulan

Pada penelitian skripsi ini penulis telah berhasil membuat alat ukur dengan menggunakan sensor berupa toroid yang dililiti oleh tembaga. Secara keseluruhan penelitian ini membahas tentang kinerja alat ukur kuat arus listrik (amperemeter) yang telah dirancang dan secara langsung dibandingkan dengan multimeter sanwa tipe CD800a.

Pada alat yang telah dibuat sensor yang berupa toroid yang dililiti tembaga akan menghasilkan sebuah keluaran berupa tegangan yang kemudian masuk ke dalam rangkaian *offset* agar bisa terbaca oleh arduino yang dikonversi menjadi nilai kuat arus listrik yang ditampilkan pada layar LCD.

Alat yang telah dibuat telah diuji untuk mengukur nilai kuat arus listrik dengan beberapa perubahan beban yakni dengan beban lampu (2 lampu 12 V 6 watt dirangkai seri dan 3 lampu 12 v 6 watt dirangkai seri) dan resistor (resistor 5 watt 79 Ω dan resistor 5 watt 100 Ω). dengan pengukuran secara non-kontak. Pada pengambilan data yang telah dilakukan memperoleh rata-rata nilai koefisien linieritas sebesar $R^2 \approx 0,99$. Alat ini mampu mengukur nilai kuat arus listrik di atas 10 mA akan tetapi alat yang telah dibuat ini kurang baik untuk mengukur nilai kuat arus listrik di bawah 10mA.

Saran

Penelitian skripsi ini dilakukan dengan menggunakan sensor arus berupa toroid terbuat dari ferit berbentuk cincin yang dililiti tembaga

dengan rasio lilitan 1 : 200 lilitan. Dalam penelitian selanjutnya yang sejenis disarankan menggunakan ferit yang sudah berbentuk clamp tanpa dipotong agar dapat mempermudah pengukuran. Ketika ferit dipotong menjadi dua, maka akan mempengaruhi kemampuan sensor untuk mengukur kuat arus. Saran selanjutnya adalah penggunaan lilitan lebih banyak dengan menambah lilitan menjadi 1 : 2000 agar lebih sensitif dan memperoleh nilai lebih akurat. Kemudian disarankan mencoba menggunakan rangkaian yang lain agar mampu mengukur kuat arus yang kecil dan besar dan saat melakukan pengukuran diusahakan berada pada tempat yang bebas dari pengaruh medan magnet luar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2017. Fisika Dasar II. Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- Akhmad, F. 2010. Rancang Bangun Alat Ukur Tegangan Induksi Menggunakan *Virtual Lock-in Amplifier* Sebagai Dasar Pengukuran Suseptibilitas Magnet AC. Skripsi Sarjana. Fisika Instrumentasi dan Elektronika Universitas Indonesia, pp. 1-43.
- Draxler, K. and Stybikova, R. 2015. Calibration of AC Clamp Meters. *IEEE Instrumentation and Measurement*, doi:10.1109/TIM.2015.2507413, pp.1-7.
- Dwitama, T dan Pamungkas, D. S. 2010. *Clamp-Meter Pengukur Arus AC Berbasis Mikrokontroler*. Politeknik Batam, Vol.2, ISSN.2085-3858, pp.1-5.
- Giancoli, D. C. 2009. Physics for Scientists & Engineers with Modern Physics 4th Edition. New Jersey. Pearson Prentice Hall.
- Halliday, D., Resnick, R. 2007. Fundamentals of Physics 10th Edition. USA. Wiley.
- Istiqomah. 2016. *Perancangan Alat Ukur Arus Listrik Pada Kumparan Menggunakan Prinsip Efek Hall Berbasis Mikrokontroler*. Skripsi Sarjana. Fisika Unesa. Tidak dipublikasikan. pp.1-81.
- Jacob, L., Gulo, D. K. 2015. Rancang Bangun Teslameter Dengan Metode Induksi.

- Majalah Ilmiah UKRIM, Vol. 07, No. 01, pp.45-50.
- Melipurbowo, B. G. 2016 .Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus ACS.712. ORBITH, Vol.12, pp.17-23.
- Morris, A. S. 2016. Measurement dan Instrumentation Principle Third Edition. Oxford. Butterworth Heinemann.
- Ripka, P. 2010. Electric Current Sensor. *Measurement Science and Technology*, doi:10.1088/0957-0233/21/11/112001, pp.1-23.
- Sui, S., Tan, J. and Lu, S. 2013. Design Principle and Data Analysis of Clamp Meter. *Applied Mechanics and Materials*. Vol.336-338, doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.336-338.1570, pp.1570-1573.
- Tipler, P. A. 2001. Physics for Scientists and Engineers 6th Edition. New York. W. H Freeman and Company.
- Vourc'h, E., Wang, Y., Joubert, P., Revol, B., Couderette, and Cima, L. 2013. Neel Effect Toroidal Current Sensor. *IEEE Transaction on Magnetics*, Vol.49, doi:10.1109/TMAG.2012.2222021, pp.81-84.
- Wahyudi, J., Pauzi, G. A. dan Warsito. 2013. Design dan Karakteristik Penggunaan Sensor Efek Hall UGN3503 untuk Mengukur Arus Listrik pada Kumpanan LeyboldP6271 Secara Non Destruktif. *Teori dan Aplikasi Fisika*, Vol.01, pp.185-190.
- Djamil, M., dan Setiadi, R.N. 2005 . Pengukuran Medan Magnet Lemah Menggunakan Sensor Magnetik Fluxgate dengan Satu Koil Pick-Up. *Journal of Mathematic and Fundamental Sciences*, Vol 38, No.2 (2006).
- Jiles, D. 1998. *Introduction to Magnetism and Magnetic Materials 2nd Edition*. Chapman & Hall/CRC. New York, USA. 60-61
- Pratama, F.D., dan Rahmawati, E . 2017 . Pengukuran Medan Magnet Dengan Metode Induksi Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* Vol 6,No.3.(2017). hal 59-62.
- Wahyudi, J., Pauzi, G.A. dan Warsito. 2013. Design dan Karakteristik Penggunaan Sensor Efek Hall UGN 3503 untuk Mengukur Arus Listrik pada Kumpanan LeyboldP6271 Secara Non Destruktif. *Teori dan Aplikasi Fisika*, Vol.01, pp.185-190.