

Rancang Bangun Teslameter Dengan Metode Induksi

Liefson Jacobus¹, Dewi Kristina Gulo²

Fakultas Sains dan Komputer, Universitas Kristen Immanuel

e-mail: liefukrim@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang Rancang Bangun Teslameter dengan Metode Induksi. Prinsip kerja teslameter dalam penelitian ini berdasarkan hukum induksi magnetik Faraday, menggunakan sensor kumparan dan menggunakan rangkaian integrator sedemikian hingga dihasilkan tegangan output yang sebanding dengan besar induksi magnetik yang diukur. Tegangan output tersebut kemudian diolah menggunakan mikrokontroler sehingga besar medan magnet yang terukur (B) dapat dibaca langsung pada layar LCD.

Dari penelitian kemudian diperoleh bahwa teslameter dapat berfungsi dengan baik. Dari hasil juga didapat bahwa sensor yang mempunyai diameter (d) yang besar dan sensor yang mempunyai jumlah lilitan (N) banyak yang paling sensitif terhadap perubahan medan magnet dan sensor yang digunakan hanya empat saja, kemudian dari hasil uji pengukuran medan magnet diperoleh akurasi sebesar ($0,51 \pm 0,18\%$) untuk sensor dengan $d=42,2$ mm, $N=500$, ($0,42\% \pm 0,26\%$), untuk sensor dengan $d=32,3$ mm, $N=500$ dan sensor berdasarkan jumlah lilitan diperoleh akurasi sebesar ($0,37\% \pm 0,12\%$) untuk $N=600$, $d=32,3$ mm ($0,12\% \pm 0,03\%$) untuk $N=400$, $d=32,3$ mm.

Kata kunci—Teslameter, induksi, magnetik

1. PENDAHULUAN

Alat pengukuran Medan Magnet, sekarang ini banyak ditemui antara lain, gaussmeter, magnetometer, gradiometer, teslameter dan lain-lain. Penggunaan alat dalam penelitian antara lain untuk mendeteksi medan magnet bumi, elektromagnet, bahkan untuk mendeteksi material magnetik dalam barang paket, archeologi, geokeramik ataupun pendataan lingkungan dan lain-lain.

Pada kesempatan kali ini penulis ingin mencoba melakukan eksperimen untuk pengukuran medan magnetik yang terdapat dalam suatu bahan magnet dengan sebuah peralatan yang sederhana berbasis digital yang diberi judul dengan mengkonversikan nilai medan magnet menjadi data digital. Pada intinya alat ini dirancang untuk mengubah nilai medan magnet yang dideteksi menggunakan sensor kumparan menjadi tegangan listrik, kemudian signal tersebut dapat diolah menjadi data digital menggunakan mikrokontroler ATMEGA8 yang selanjutnya data digital ini ditampilkan pada layar LCD. Hal inilah yang membuat alat ukur Teslameter mempunyai kelebihan sebagai alat ukur yang baik yaitu mudah dioperasikan di mana nilai B segera dapat dibaca dan bisa didapatkan dengan harga terjangkau.

2. METODE PENELITIAN

Medan magnet dapat didefinisikan sebagai ruangan disekitar magnet atau penghantar yang dialiri arus listrik. Medan magnet merupakan besaran vektor sehingga untuk menyatakannya dapat digunakan garis gaya. Sebagai contoh besarnya medan induksi magnet \vec{B} dapat dinyatakan sebagai jumlah garis medan per satuan luas. Bila $d\vec{A}$ adalah vektor pada elemen luas S dan \vec{B} adalah vektor induksi yang menembus elemen luas tersebut, maka jumlah garis gaya atau fluks ϕ yang keluar dari permukaan S adalah:

$$\phi = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (1)$$

Istilah Magnet berasal dari bahasa Yunani, yaitu: magnítis líthos yang berarti batu Magnesian. Magnesian adalah nama

sebuah wilayah di Yunani pada masa lalu yang kini bernama Manisa (sekarang berada di wilayah Turki), mengandung batu magnet yang ditemukan sejak zaman dulu di wilayah tersebut. Pada saat ini, suatu magnet adalah suatu materi yang mempunyai suatu medan magnet. Materi tersebut bisa dalam wujud magnet tetap atau magnet tidak tetap. Magnet yang sekarang ini hampir semuanya adalah magnet buatan.

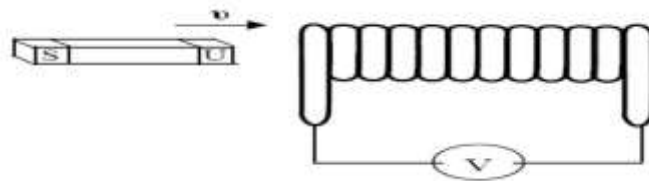
Integral permukaan $\vec{B} \cdot d\vec{A}$ menyatakan produk skalar antara vektor \vec{B} dan $d\vec{A}$. Persamaan (2.1) dapat ditulis ulang dengan analisis vektor menggunakan teorema Stokes menjadi bentuk

$$\Phi = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \cos \theta = \oint_S B_n \cdot dA \quad (2)$$

Dengan Φ adalah sudut antara vektor \vec{B} dan $d\vec{A}$, sedangkan $B_n = B \cos \theta$ adalah komponen \vec{B} pada arah normal permukaan. Hubungan di atas merupakan pernyataan matematis medan induksi magnet \vec{B} yang digambarkan sebagai jumlah garis gaya tiap satuan luas, sehingga induksi magnet \vec{B} disebut pula sebagai rapat fluks.

2.1 Metode Induksi

Metode induksi bekerja melalui pengukuran fluks magnetik yang merangkum mengenai Gaya Gerak Listrik induksi (GGL induksi), dimana kuat medan dapat diukur sepanjang lintasan elektrik dengan disertai adanya perubahan fluks di dalamnya (Jiles, 1998). Jika suatu kawat penghantar digerakkan memotong arah suatu medan magnet maka akan timbul suatu GGL induksi. Gambar 2.7 memperlihatkan diagram skematik mekanisme terjadinya GGL induksi.



Gambar 1. Diagram skematik mekanisme terjadinya GGL induksi

Hukum Faraday menyebutkan bahwa apabila suatu kumparan dengan jumlah lilitan N ditempatkan di dalam medan magnet sehingga memotong garis gaya magnet atau fluks yang berubah menurut waktu $d\Phi/dt$ maka pada kumparan tersebut akan timbul GGL induksi V . Sehingga GGL induksi tidak hanya timbul karena penghantar yang digerakkan dalam medan magnet saja, melainkan dapat timbul asalkan ada perubahan fluks magnetik. Apabila dituliskan dalam persamaan diperoleh bentuk :

$$V = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (3)$$

Apabila A merupakan luasan tampang lintang kumparan dan N adalah banyak lilitan suatu kumparan, maka $B = \Phi / A$ sehingga:

$$V = -NA \frac{dB}{dt} \quad (4)$$

$$\Leftrightarrow dB = -\frac{1}{NA} V \cdot dt$$

$$B = \int dB = -\frac{1}{NA} \int V \cdot dt \quad (5)$$

Persamaan (5) menunjukkan bahwa adanya medan magnet yang berubah terhadap waktu dB/dt akan menghasilkan GGL induksi atau dapat dikatakan GGL induksi muncul karena adanya medan magnet yang berubah-ubah (Buck dan Hayt, 2006). Selain adanya medan magnet yang berubah terhadap waktu, GGL induksi juga dipengaruhi oleh jumlah lilitan kumparan dan luasan tampang lintang kumparan. Jadi semakin banyak lilitan dan semakin luas tampang lintang kumparan, maka nilai GGL induksi yang dihasilkan juga akan semakin besar.

2. 2 Integrator

Suatu rangkaian yang menghasilkan output bentuk gelombang tegangan yang merupakan jumlahan (integral) dari bentuk gelombang tegangan input disebut dengan integrator atau penguat integrasi. Karakteristik dasar dari integrator yaitu mengintegrasikan fungsi gelombang dari sinyal yang diberikan padanya. Artinya, apabila sinyal masukan berupa fungsi gelombang sinus, maka sinyal keluarannya akan berbentuk fungsi gelombang cosinus. Jika bentuk sinyal masukan berupa fungsi gelombang kotak, maka sinyal keluarannya akan berbentuk fungsi gelombang segitiga (Gayakwad, 2000).

Op-amp tidak akan dipakai dengan ikal terbuka (tanpa umpanbalik). Diperlukan komponen-komponen tambahan guna membuat op-amp beroperasi normal. Elemen umpan balik pada rangkaian di atas yaitu sebuah kapasitor nonpolar yang membentuk rangkaian RC dengan resistor input. Sinyal masukan diintegrasikan dan sekaligus menyatakan "luas di bawah kurva" penguatan tegangannya, yang berdasarkan nilai resistor dan kapasitornya (Putra, 2002).

$$\text{Penguat Tegangan} = -\frac{1}{R_1 C} \cdot \int_0^t V_i dt \quad (6)$$

Maka persamaan (6) dapat dilihat dengan

$$V_o = -\frac{1}{RC} \int_0^t V_i dt = -\frac{NAB}{RC} \quad (7)$$

Apabila GGL induksi sebagai fungsi waktu dan hasil keluaran dari kumparan diintegrasikan pada selang waktu $\Delta t = 0 - t$, maka menurut Gordon dan Marin (1970), tegangan keluaran dari integrator dapat dihitung secara teoritis dengan Persamaan (8) berikut.

$$V_o(t) = -\frac{1}{RC} \cdot \int_0^t V_i(t) dt = -\frac{NAB}{RC} \quad (8)$$

$$V = -NA \frac{dB}{dt}$$

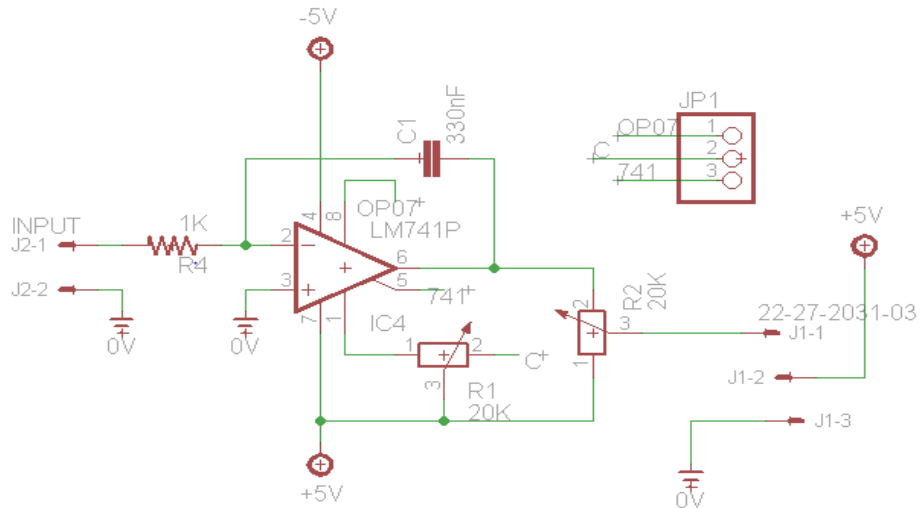
Sehingga besarnya V_{out} adalah hasil pengukuran sebanding dengan medan magnet yang di ukur yaitu

$$V_o = -\frac{1}{R.C} \int -NA \frac{dB}{dt} dt \quad (9)$$

$$V_o = \frac{NAB}{RC} \quad (10)$$

2. 3 Kumparan sebagai sensor

Sensor kumparan terdiri dari kawat email yang dililitkan pada pipa 47lastic, dengan ukuran yang berbeda-beda. Variasi jenis sensor berjumlah 10 sensor yaitu lima untuk variasi diameter (d), dan lima untuk variasi lilitan (N).

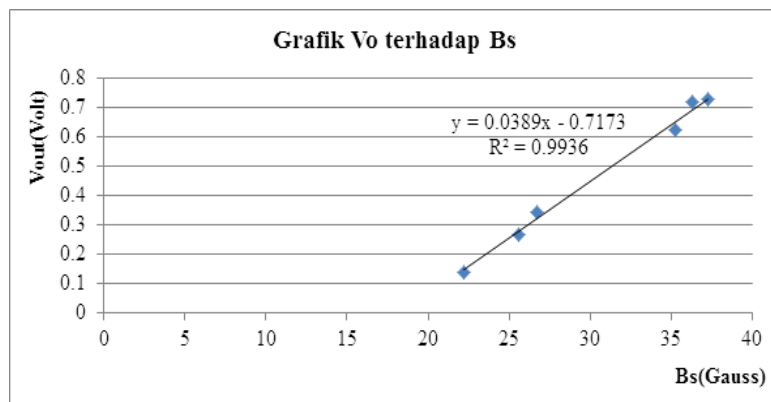


Gambar 2.:_Skema rangkaian Teslameter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel.1.:_Sensor pertama dengan A=42.2mm, N=500lilitan.

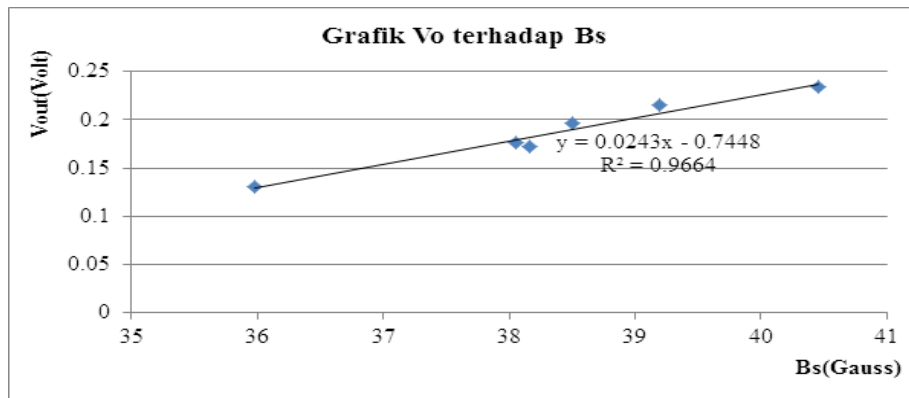
NO.	I(A)	B (Tesla)	B(gauss)	Vout (Vout)			$\bar{V}_{out}(Volt)$
				1	2	3	
1	1.94	0.00222	22.2334	0.123	0.15	0.145	0.13933
2	2.23	0.00256	25.557	0.27	0.284	0.255	0.26967
3	2.33	0.00267	26.703	0.384	0.325	0.317	0.342
4	3.08	0.00353	35.2984	0.533	0.653	0.688	0.62467
5	3.17	0.00363	36.3299	0.62	0.577	0.96	0.719
6	3.25	0.00372	37.2467	0.714	0.704	0.769	0.729



Gambar.3.: Grafik hubungan Vout(Volt) dengan Medan magnet B(Gauss) pada selenoida.

Tabel **Error! No text of specified style in document..2.:** Sensor Kedua dengan $A=32.3\text{mm}$, $N=500$ lilitan.

NO.	I(A)	B (Tesla)	B(gauss)	Vout (Vout)			$\bar{V}_{out}(\text{Volt})$
				1	2	3	
1	3.14	0.0036	35.9861	0.107	0.154	0.13	0.13033
2	3.32	0.0038	38.049	0.215	0.202	0.11	0.17567
3	3.33	0.00382	38.1636	0.178	0.168	0.169	0.17167
4	3.36	0.00385	38.5074	0.197	0.199	0.192	0.196
5	3.42	0.00392	39.195	0.202	0.187	0.255	0.21467
6	3.53	0.00405	40.4557	0.279	0.25	0.173	0.234



Gambar.4.: Grafik hubungan Vout(Volt) dengan Medan magnet B(Gauss) pada selenoida.

Dilakukan juga pengukuran akurasi, sensitivitas serta pengujian alat ukur terhadap magnet U.

Dari hasil eksperimen ini, sensor kumparan pada elektromagnet didapatkan hasil keluaran sebanding dengan medan magnet yang diukur. Dimana, pada pengujian alat ini didapatkan bahwa data dengan nilai konstantan dari tiap-tiap sensor sesuai dengan persamaan yang digunakan, untuk menunjukkan secara langsung medan magnet yang akan diukur yang diproses oleh signal digital, sehingga dapat disimpulkan bahwa keluaran sama dengan medan magnet yang terukur hal ini membuktikan bahwa teori GGL induksi yang digunakan dengan hasil eksperimen ini cukup Valid.

4. KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen yang penulis lakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem rangkaian Teslameter yang telah dibuat untuk mengukur medan magnet dari elektromagnet dapat berfungsi dengan baik.
2. Dari perbandingan jumlah lilitan dan diameter sensor kumparan memiliki sensitivitas yang baik untuk mendeteksi medan magnet dari elektromagnet.
3. Dari perbandingan sensor dengan jumlah lilitan dan diameter sensor kumparan berdasarkan akurasinya yaitu $0.51\% \pm 0.18\%$ dan $0.42\% \pm 0.26\%$ untuk dua jenis sensor diameter, sedangkan untuk dua jenis sensor lilitan yaitu $0,37\% \pm 0,12\%$ dan $0,12\% \pm 0,03\%$.
4. Untuk perbandingan sensor dengan jumlah lilitan dan diameter sensor kumparan memiliki sensitivitas yaitu $5,23\% - 3,12\%$ dan $1,71\% - 1,52\%$ untuk dua jenis sensor diameter, sedangkan untuk dua jenis sensor lilitan yaitu $4,66\% - 3,11\%$ dan $1,24\% - 1,13\%$

5. SARAN

Setelah melalui proses eksperimen dan pembuatan alat yang cukup rumit, maka penulis menyarankan yaitu :

1. Komponen-komponen yang digunakan dalam rangkaian sebaiknya menggunakan komponen elektronika yang berkualitas, sehingga dalam pengaturan akan lebih baik.
2. Teslameter rangkaian untuk mengukur medan magnet ini dapat dikembangkan dengan lebih baik lagi dengan aplikasi alat yang lebih tepat dan baik.
3. Saat pengukuran medan magnet, kecepatan sensor diambil dalam pengukuran selang waktu yang sama dengan kecepatan saat kalibrasi pada solenoida.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bevington, Philip R.1969, *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences*, New York San Fransisco st. Louis
- [2] Blocher, R. 2000 . *Pengantar Praktikum Fisika Dasar 2*. Yogyakarta MIPA UKRIM
- [3] Blocher, R. 2004. *Dasar Elektronika*. Yogyakarta : Fakultas MIPA UKRIM
- [4] Buck, J. A. dan William. 2006. *Elektromagnetika Edisi Ketujuh*. Erlangga.Jakarta. H. H
- [5] Cooper, C. 2009. *Materi Fisika! Volume Magnetisme*. Pakar Raya. Bandung
- [6] Halliday, D. Resnick, R. 1984 . *Fisika dasar edisi ketiga, jilid 2, Erlangga*. Jakarta pusat. hal 341
- [7] Nayfah, Munir H. Brussel, Morton K. 1985. *Electricity and Magnetism*. USA: Jhon Wiley and Sons, Inc
- [8] *Kuliah Pengantar Praktikum 2001*. Yogyakarta MIPA UKRIM.
- [9] Wasito, S. *Vademekum elektronika edisisi ke dua GM*
- [10] Himaone, <http://www.ilmu.8k.com/pengetahuan/opamp.html>, 2 Februari 2012
- [11] Juniarfan Priyahita, <http://priyahitajuniarfan.wordpress.com/2009/12/14/sensor-dan-tranduser/>, 1 Mei 2012
- [12] Muttaqin Rodhotul, <http://www.scribd.com/doc/37576596/1589>, 6 Maret 2012