

# Distribusi Medan Magnet di Sekitar Kumparan Berarus Listrik

**C. Jerry Anggoro, Ign Edi Santosa**

Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Sanata Dharma  
Paingan, Maguwohardjo Depok Sleman, Yogyakarta  
jerrycosmas016@gmail.com, edi@usd.ac.id

**Abstrak** – Telah dilakukan pengukuran medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan berarus listrik. Pengukuran medan magnet dilakukan menggunakan sensor medan magnet buatan Vernier. Resolusi sensor ini sebesar 0,004 mT. Pada eksperimen ini medan magnet diukur di titik-titik pada sumbu kumparan, juga dilakukan pengukuran di titik-titik pada garis tengah kumparan dan di titik-titik di sekitar kumparan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa nilai medan magnet tidak seragam. Nilai terbesar medan magnet tidak berada di pusat kumparan.

**Kata kunci:** kumparan, arus listrik, medan magnet, sensor medan magnet, LoggerPro.

**Abstract** –The magnetic field of a circular coil carrying electric current has been measured. The measurement uses the magnetic sensor product of Vernier. Its resolution is 0.004 mT. In this experiment the magnetic field is measured at points along the axis of the coil, along the diameter of the coil, and around the coil. Experimental result shows that the magnetic field is not homogeneous. The maximum magnetic field is not at the center of the coil.

**Keywords:** coil, current, magnetic field, magnetic sensor, LoggerPro.

## I. PENDAHULUAN

Medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan berarus listrik merupakan salah satu pokok bahasan dalam bidang listrik magnet. Pada berbagai buku teks fisika dasar dan listrik magnet disajikan berbagai macam bentuk kumparan penghasil medan magnet. Pada buku tersebut pembahasan medan magnet cukup terbatas misalnya besarnya medan magnet pada sumbu kumparan saja. Medan magnet di tempat yang lain tidak dibahas [1, 2, 3]. Eksperimen yang dilakukan di praktikum fisika juga terbatas sesuai dengan teori dalam buku teks tersebut [4].

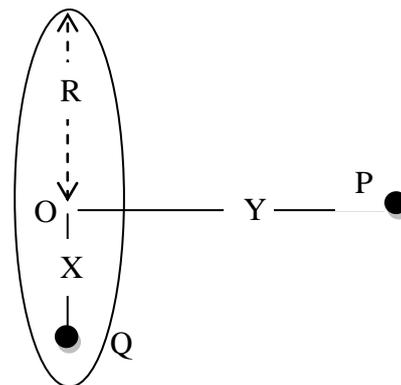
Pengukuran medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan sudah banyak dilakukan. Seperti pada buku teks, pengukuran juga dilakukan pada sumbu kumparan saja. Graf mengalir kumparan dengan arus bolak balik. Selanjutnya besarnya medan magnet yang dihasilkan akan mengakibatkan tegangan induksi pada kumparan penjejak. Dengan mengukur tegangan induksi pada kumparan penjejak yang ditempatkan pada sumbu kumparan, dapat diketahui distribusi medan magnet sepanjang sumbu kumparan [5].

Untuk mengetahui besarnya medan magnet pada sepanjang garis tengah kumparan, Gnanatilaka dan Fernando menggunakan kompas sebagai indikator nilai medan magnetnya. Dari pengukuran tersebut mereka mendapatkan bahwa medan magnetnya tidak seragam. Nilai medan magnet terkecil dijumpai di pusat kumparan. Semakin ke tepi, nilai medan magnetnya semakin besar [6].

Karena itu dapat dipahami bahwa medan magnet di sekitar kumparan pada arah sumbu kumparan akan menurun sesuai dengan hasil pengamatan Graf, sedangkan pada arah garis tengah kumparan akan sejalan dengan hasil penelitian Fernando. Untuk lebih memahami distribusi medan selengkapnya, pada penelitian ini dilakukan pengukuran medan magnet di sekitar kumparan yang dialiri arus listrik.

## II. LANDASAN TEORI

Kumparan dengan jumlah lilitan  $N$ , jari-jari  $R$  dan berarus listrik  $i$ , akan menghasilkan medan magnet. Titik  $P$  berada pada sumbu kumparan berjarak  $Y$  dari pusat kumparan  $O$  seperti pada gambar 1, sedangkan titik  $Q$  berada pada garis tengah kumparan berjarak  $X$  dari pusat kumparan.



**Gambar 1.** Kumparan berjari-jari  $R$ , titik  $P$  terletak pada sumbu kumparan berjarak  $Y$  dari pusat kumparan  $O$ . Titik  $Q$  pada garis tengah kumparan berjarak  $X$  dari  $O$ .

Nilai medan magnet  $B$  di titik  $P$  diperoleh dari hukum Biot Savart seperti pada persamaan (1).

$$B = \frac{\mu_0 R^2 i}{2 (R^2 + Y^2)^{3/2}} \quad (1)$$

Sedangkan di titik  $Q$  yang berada pada garis tengah kumparan berjarak  $X$  dari pusat kumparan, medan magnetnya mengikuti persamaan 2 di bawah [6, 7].

$$B = \frac{\mu_0 N i}{2 \pi R} \left[ \frac{K(X/R)}{1 + \frac{X}{R}} + \frac{E(X/R)}{1 - \frac{X}{R}} \right] \quad (2)$$

dengan

$K(X/R) = K(\psi)$  : integral eliptik jenis pertama

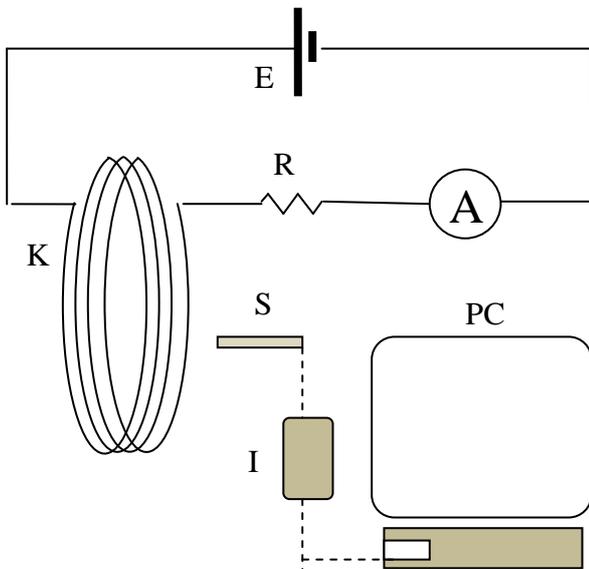
$E(X/R) = E(\psi)$  : integral eliptik jenis kedua

dan

$$\psi = \sin^{-1} \left( \frac{2 \sqrt{X/R}}{1 + \frac{X}{R}} \right) \quad (3)$$

### III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

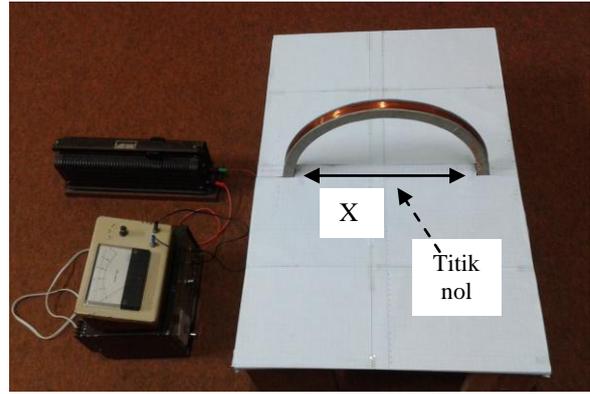
Susunan peralatan yang digunakan disajikan pada gambar 2, 3 dan 4.



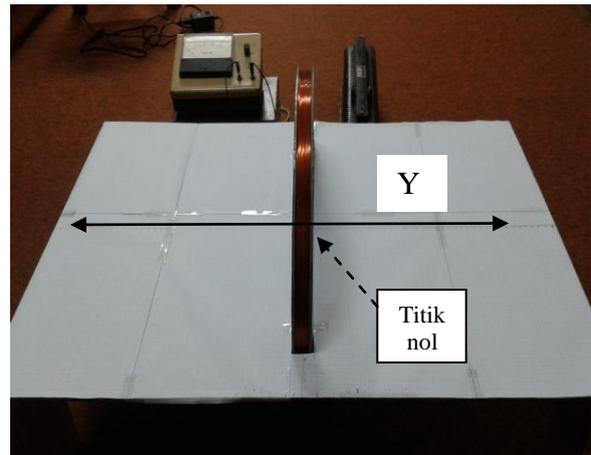
**Gambar 2.** Susunan peralatan dalam eksperimen. Kumparan K dirangkai dengan catu daya E, tahanan R dan amperemeter A. Sensor medan magnet S, dihubungkan ke komputer PC melalui interface I.

Sebuah kumparan K dengan jari-jari  $R=18$  cm, jumlah lilitan  $N=200$  buah, dialiri arus listrik dari catu daya E yang dirangkai dengan amperemeter A untuk mengetahui besarnya arus yang mengalir. Tahanan R diberikan pada rangkaian untuk membatasi arus yang mengalir melalui kumparan.

Sensor medan magnet buatan Vernier digunakan untuk mengukur besarnya medan magnet di titik-titik sekitar kumparan. Resolusi sensor ini adalah  $0,004$  mT. Selanjutnya sensor dihubungkan ke komputer (PC) dengan menggunakan interface LabPro. Untuk pengambilan dan perekaman data digunakan software Loggerpro.



**Gambar 3.** Susunan peralatan pada eksperimen. Garis tengah kumparan ditunjukkan dengan X, titik nol berada di tengah kumparan.

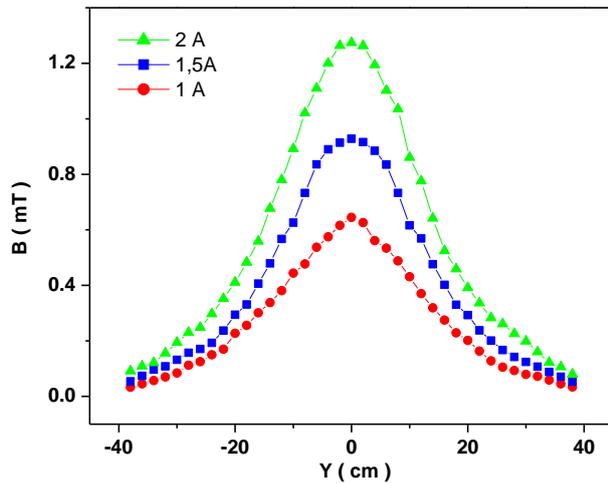


**Gambar 4.** Susunan peralatan pada eksperimen. Sumbu kumparan ditunjukkan dengan Y, titik nol berada di tengah kumparan.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada eksperimen ini medan magnet dihasilkan dari sebuah kumparan yang dialiri arus listrik. Untuk mengetahui distribusi medan magnetnya, dilakukan pengukuran medan magnet di sekitar kumparan. Pengukuran pertama dilakukan pada arah sumbu kumparan, pengukuran kedua pada garis tengah kumparan dan yang ketiga di semua titik di sekitar kumparan. Untuk mengetahui pengaruh besarnya arus listrik, pengukuran medan magnet juga dilakukan untuk tiga arus yang berbeda.

Hasil pengukuran medan magnet pada sumbu kumparan ditunjukkan pada gambar 5. Untuk tiga arus yang berbeda yaitu  $1$  A,  $1,5$  A dan  $2$  A didapatkan pola medan magnet yang sama. Untuk setiap nilai arus, nilai medan magnet simetris terhadap pusat kumparan. Pada gambar ini tampak bahwa medan magnet terbesar dijumpai di pusat kumparan. Semakin jauh dari pusat kumparan, medan magnetnya semakin kecil.



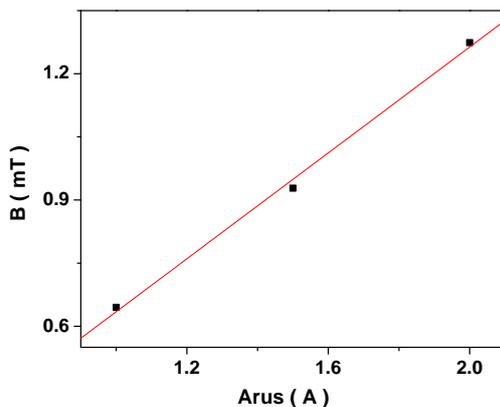
**Gambar 5.** Nilai medan magnet  $B$  pada berbagai titik di sumbu kumparan. Pusat kumparan berada di  $Y=0$ . Nilai medan dihasilkan ketika kumparan dialiri arus 1 A (●); 1,5 A (■) dan 2 A (▲)

Hasil pengukuran ini sesuai dengan persamaan (1). Untuk satu nilai arus, semakin jauh dari pusat kumparan, nilai  $Y$  semakin besar. Hal ini menyebabkan nilai medan magnet  $B$  semakin kecil. Penurunan nilai  $B$  tidak linear, tergantung jarak titik pengukuran terhadap pusat kumparan. Sehingga akan diperoleh bentuk yang simetris di sebelah menyebalah pusat kumparan.

Gambar 5 juga menunjukkan bahwa besarnya medan magnet tergantung pada besarnya arus yang mengalir melalui kumparan. Pada satu titik pengukuran, arus yang semakin besar menyebabkan medan magnet yang semakin tinggi pula. Hasil pengukuran medan magnet di pusat kumparan ditampilkan pada tabel 1 dan gambar 6.

**Tabel 1.** Ketergantungan nilai medan magnet di pusat kumparan terhadap arus yang mengalir.

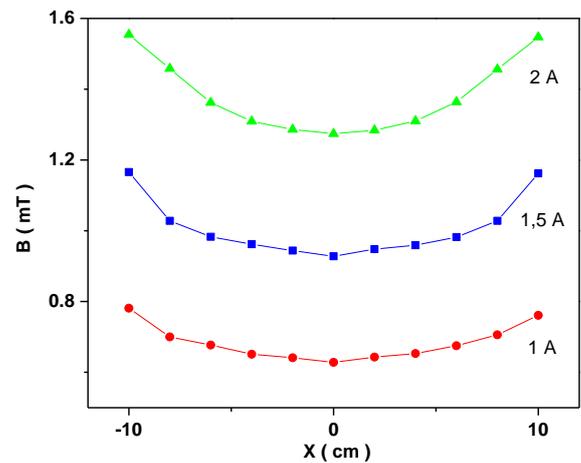
No	$i$ (A)	$B$ (mT)
1	1	0,645
2	1,5	0,928
3	2	1,274



**Gambar 6.** Hubungan antara medan magnet di pusat kumparan terhadap arus yang mengalir melalui kumparan.

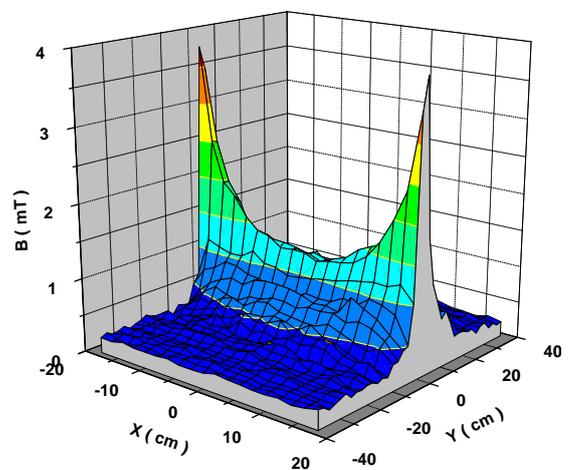
Gambar 6 menunjukkan bahwa medan magnet di pusat kumparan mengikuti besarnya arus secara linear. Hal ini sesuai dengan persamaan (1), terdapat hubungan linear antara medan magnet dan arus listrik yang mengalir melalui kumparan.

Berbeda dengan pada sumbu kumparan, pada garis tengah kumparan didapatkan pola sebaliknya seperti yang ditunjukkan pada gambar 7 di bawah. Untuk satu nilai kuat arus listrik, medan magnet yang dihasilkan tidak seragam, tergantung tempat pengukuran. Tampak bahwa nilai medan magnetnya di pusat kumparan justru paling kecil. Semakin ke tepi, menjauh dari pusat, nilai medan magnetnya semakin besar. Hasil ini seperti hasil yang diamati oleh Gnanatilaka dan Fu [6, 7].



**Gambar 7.** Nilai medan magnet  $B$  pada berbagai titik di garis tengah kumparan. Pusat kumparan berada di  $X=0$ . Nilai medan dihasilkan ketika kumparan dialiri arus 1 A (●); 1,5 A (■) dan 2 A (▲)

Selanjutnya pengukuran medan magnet di setiap titik di sekitar kumparan dilakukan saat kumparan dialiri arus listrik sebesar 2 A. Hasil pengukuran medan magnet ini ditunjukkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Nilai medan magnet  $B$  pada berbagai titik di sekitar kumparan yang dialiri arus 2 A. Pusat kumparan berada di  $X=0$  dan  $Y=0$ .

Hasil pengukuran medan magnet pada gambar 8 ini sesuai dengan gabungan pengamatan pada arah sumbu Y seperti gambar 5 dan pada arah sumbu X seperti gambar 7. Hasil pengukuran ini merupakan kombinasi keduanya. Terlihat dengan jelas bahwa pada arah sumbu X nilai medan magnetnya akan semakin besar dengan kenaikan nilai X. Sebaliknya pada arah sumbu Y, nilai medan magnet akan semakin kecil untuk nilai Y yang semakin besar.

Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan sensor medan magnet. Dengan perangkat ini eksperimen dapat dilakukan dengan relatif cepat dan mudah. Hal ini berbeda dengan metoda sebelumnya misalnya dengan menggunakan kompas sebagai indikator dan kumparan penjejak [5]. Penggunaan kompas sebagai indikator memerlukan pengamatan simpangan kompas. Pengamatan ini relatif sulit. Hasil pengamatan tidak langsung menyatakan hubungan medan magnet yang dihasilkan terhadap posisi pengamat. Penggunaan kumparan penjejak untuk menangkap medan magnet memerlukan medan magnet yang berubah terhadap waktu dan perangkat yang sesuai.

Eksperimen semacam ini dapat digunakan untuk pembelajaran. Melalui pengukuran medan magnet pemahaman mahasiswa terhadap materi medan magnet akan semakin meningkat. Secara langsung mahasiswa dapat mengetahui ketergantungan medan magnet terhadap arus yang menimbulkannya dan posisi pengamatan.

## V. KESIMPULAN

Medan magnet di sekitar kumparan berarus listrik, tidak seragam. Pada arah sumbu kumparan, semakin jauh dari pusat kumparan medan magnetnya semakin kecil. Pada arah garis tengah kumparan, semakin jauh dari pusat kumparan medan magnetnya semakin besar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bp P. Ngadiono yang telah membantu pelaksanaan eksperimen.

## PUSTAKA

- [1] D.C. Giancoli, *Physics for Scientist and Engineers*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1989.
- [2] H. Johanes, *Listrik dan Magnet*, Jakarta, PN Balai Pustaka, 1978
- [3] J. D. Kraus, *Electromagnetics*, New York: McGraw-Hill, 1984.
- [4] E. Armitage *Practical Physics in SI*. London: John Murray, 1982.
- [5] E. H. Graf, Measuring the axial magnetic field of a thin coil, *The Physics Teacher*, vol. 50, 2012, pp 370.
- [6] H. G. Gnanatilaka and P. C. B. Fernando, An investigation of the magnetic field in the plane of a circular current loop. *American Journal of Physics*, vol 55, 1987, pp.341-344.
- [7] Y. Fu, Students' understanding of the magnetic field of a circular current loop, *Phys Educ*, vol 25, 1993, pp.325-327.

## TANYA JAWAB

### Iman Santoso

? Ralatnya darimana ?

? Sumber-sumber kesalahan bagaimana?

### C.Jerry Anggoro

@ Untuk pengukuran medan magnet disekitar kumparan tidak ditentukan ralatnya, namun pada sensor medan magnet yang digunakan ini memiliki resolusi sensor sebesar 0.04 mT

@ Sumber kesalahan terjadi ketika memposisikan sensor yang belum tentu sama di setiap titik.