

PERUBAHAN KUAT MEDAN MAGNET SEBAGAI FUNGSI JUMLAH LILITAN PADA KUMPARAN HELMHOLTZ

Salomo, Erwin, Ginisa Ardiyani

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru

*) email: sraya_01@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang rancang bangun dan analisis kumparan Helmholtz yang dibuat dengan diameter 13 cm dan jumlah lilitan yang bervariasi yaitu dari : 50, 100, 150, 200 dan 250 lilitan. Medan magnetik yang ditimbulkan oleh kumparan ini diukur menggunakan probe magnetik *pasco* PS-2162 sebagai fungsi arus, jarak dan jumlah lilitan. Nilai maksimum medan magnetik yang dihasilkan pada pusat kumparan Helmholtz standar dengan arus sebesar 2 A adalah sebesar 7.156×10^{-5} T sedangkan untuk kumparan Helmholtz yang dibuat adalah 5.907×10^{-5} T. Kenaikan jumlah lilitan dan kuat arus mengakibatkan medan magnetik juga semakin besar, untuk kumparan dengan jumlah lilitan 50 dan 250 yang dialiri arus sebesar 1.0 A menghasilkan medan magnetik masing-masing sebesar 5.241×10^{-5} T dan 6.208×10^{-5} T. Pertambahan ini sesuai dengan yang diharapkan dimana medan magnetik nilainya berbanding lurus dengan arus (I) dan jumlah lilitan (N). Nilai medan magnetik menurun ketika jarak semakin jauh dari pusat kumparan dalam arah horizontal dan vertikal.

Kata kunci: medan magnetik, kumparan Helmholtz, jumlah lilitan dan probe magnetik
Pasco PS-2162

ABSTRACT

Design and study of Helmholtz coils have been carried out. The coils diameter was designed of about 13 cm and number of turns of 50, 100, 150, 200 and 250. Magnetic field that produced by those coils was measured using *pasco* magnetic probe PS-2162 as a function of an applied current, distances and number of turns. As comparison, then the magnetic field produced by these coils had been compared to the standard one. Maximum value of magnetic field was obtained at the center of the coil. For an applied current of 2 A, then the magnetic field at the center of the coils either standard one or the designed one was 7.156×10^{-5} T and 5.907×10^{-5} T respectively. The value of magnetic field increases as number of turns and current are increased, for the coils with number of turns of 50 and 250 that carrying current of 1.0 A produced a magnetic field of 5.241×10^{-5} T and 6.208×10^{-5} T respectively. This is due to the direct relationship between current (I) and number of turns (N) against magnetic field as expected. The value of magnetic field decreases as moving away from the center of coil either in horizontal or vertical direction.

Keywords: magnetic field, Helmholtz coil, number of turns and Pasco magnetic
probe PS-2162

PENDAHULUAN

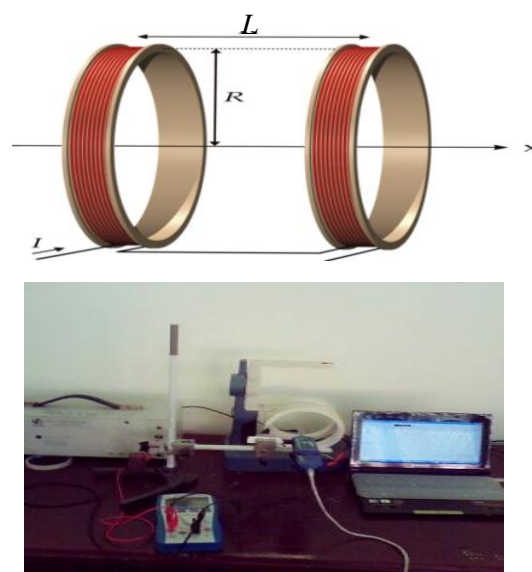
Kumparan Helmholtz adalah dua buah kumparan yang dihubungkan secara seri dan dialiri arus listrik yang dapat menghasilkan medan magnetik. Medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan ini adalah kecil dalam orde milli Tesla (mT). Medan magnetik yang diketahui kekuatannya dan bersifat uniform merupakan besaran yang penting dalam kemagnetan, karena dapat digunakan dalam beberapa peralatan seperti untuk mengkalibrasi alat ukur yang menggunakan medan magnetik (De Malo et. al., 2009), peralatan alat ukur yang menggunakan medan magnetik yang bekerja dalam frekuensi rendah seperti bioelektromagnetik (Cvetkovic dan Cosic., 2007). Peneliti lainnya telah mendesain kumparan Helmholtz untuk menghasilkan kerapatan fluks magnetik yang homogen dalam penampang pipa aliran untuk mendapatkan nilai aliran fluks yang memiliki akurasi tinggi (Wang et. al., 2008). Penggunaan dari kumparan ini adalah untuk mengukur komponen horizontal dari medan magnetik bumi, menentukan nilai perbandingan antara muatan elektron dengan massa elektron atau e/m dengan menggunakan tabung elektron.

Kumparan Helmholtz ini terdiri dari dua kumparan yang memiliki jari-jari yang sama dan terpisah dengan jarak tertentu, kedua komponen kumparan ini dalam arah sejajar dari dua sumbu kumparan. Kuat medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan Helmholtz ini berbanding lurus dengan arus yang mengalir dan jumlah lilitan, dan berbanding terbalik terhadap jarak antara kedua kumparan tersebut (Reitz, 1993). Dalam penelitian ini dirancang dan dibuat sepasang

kumparan Helmholtz dengan memvariasikan jumlah lilitan dan arus yang digunakan, dan selanjutnya dibandingkan hasilnya dengan kumparan Helmholtz standar.

METODOLOGI PENELITIAN

Rangkaian penelitian ditampilkan pada Gambar 1

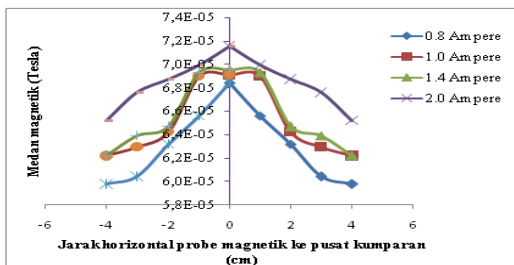


Gambar 1 Rangkaian alat penelitian

Langkah untuk mengukur induksi magnetik yang ditimbulkan oleh kumparan Helmholtz yaitu pasang kedudukan kumparan Helmholtz. kemudian kumparan Helmholtz dihubungkan secara seri agar memperoleh medan magnetik yang homogen dan hubungkan juga dengan multimeter dan power supply. Arah arus kedua kutub kumparan Helmholtz sama, tidak boleh berlawanan. Nyalakan power supply untuk kumparan Helmholtz, atur besarnya arus pada power supply untuk nilai paling rendah. Catat tegangan dan arus yang dihasilkan, kemudian catat besarnya medan magnetik pada sumbu x dan y dengan menggunakan probe magnetik PS-2162.

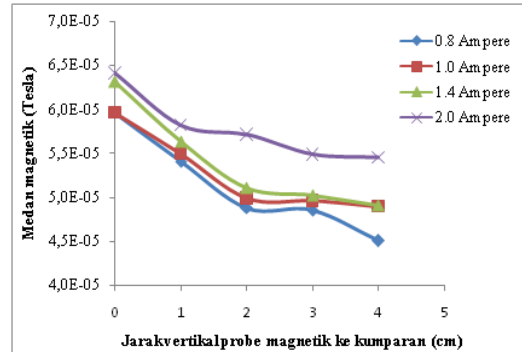
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 menunjukkan grafik hubungan antara medan magnetik dengan jarak pada arah horizontal untuk kumparan Helmholtz standar dengan memvariasikan nilai arus yang digunakan yaitu 0,8; 1,0; 1,4 dan 2,0 Ampere, terlihat bahwa nilai maksimum dari medan magnetik berada pada posisi dipusat kumparan. Semakin jauh dari pusat lingkaran, maka nilai medan magnetik semakin kecil. Kuat arus sangat berpengaruh terhadap besarnya medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan. Semakin besar arus yang diberikan pada kumparan, maka semakin besar medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan. Kumparan yang diberikan arus 0,8 Ampere pada pusat lingkaran menghasilkan medan magnetik $6,845 \times 10^{-5}$ Tesla, ketika arus diperbesar 2,0 Ampere, maka menghasilkan medan magnetik yaitu $7,156 \times 10^{-5}$ Tesla. Nilai medan magnetik yang diperoleh dalam penelitian ini sedikit lebih kecil dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu yaitu $13,48 \times 10^{-5}$ Tesla (David and Ronald., 1994). Adanya perbedaan antara hasil penelitian ini dengan penelitian David diduga disebabkan oleh adanya faktor geometri dan kerapatan dari gulungan yang digunakan.



Gambar 2. Hubungan medan magnetik terhadap jarak pada arah horizontal

Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara medan magnetik dengan jarak dalam arah vertikal (menjauhi kumparan) dari pusat lingkaran dengan arus yaitu 0,8; 1,0; 1,4 dan 2,0 Ampere.

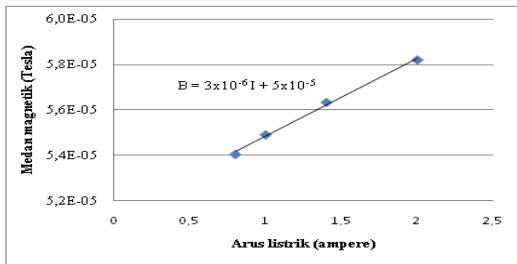


Gambar 3. Hubungan medan magnetik terhadap jarak pada arah vertikal dari Pusat lingkaran

Besarnya medan magnetik dengan arus 0,8 Ampere pada pusat lingkaran (dianggap nol) menghasilkan $5,962 \times 10^{-5}$ Tesla, ketika jarak semakin jauh 4 cm medan magnetik yang dihasilkan semakin kecil yaitu $4,503 \times 10^{-5}$ Tesla. Penurunan nilai ini sesuai dengan yang diharapkan yaitu semakin jauh dari sumber medan magnetik, maka nilai medan magnetiknya semakin kecil. Kuat arus memberi pengaruh yang cukup signifikan terhadap besarnya medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan.

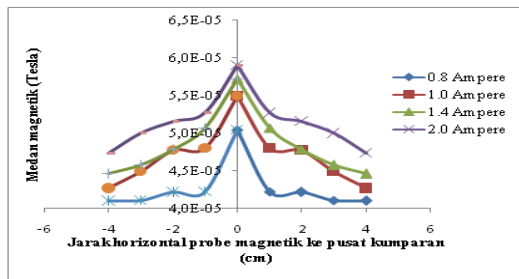
Gambar 4 memperlihatkan bahwa hubungan antara arus dan medan magnetik adalah linear, semakin besar arus yang diberikan pada kumparan, maka semakin besar medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan melalui hubungan $B = 3 \times 10^{-6} I + 5 \times 10^{-5}$, dengan kemiringan 3×10^{-6} . Kumparan yang diberikan arus 0,8 Ampere pada jarak 1 cm menghasilkan medan magnetik $5,405 \times 10^{-5}$ Tesla, ketika arus diperbesar 2,0 Ampere maka menghasilkan medan

magnetik $5,820 \times 10^{-5}$ Tesla. Pertambahan nilai medan magnetik dengan memperbesar arus adalah sesuai dengan yang diharapkan yaitu medan magnetik berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang diberikan.



Gambar 4. Hubungan medan magnetik terhadap arus listrik

Gambar 5 memperlihatkan hubungan medan magnetik dari kumparan Helmholtz yang dibuat dengan jumlah lilitan 100 sebagai fungsi jarak pada arah horizontal dan vertikal dengan memvariasikan arus 0,8; 1,0; 1,4 dan 2,0 Ampere.

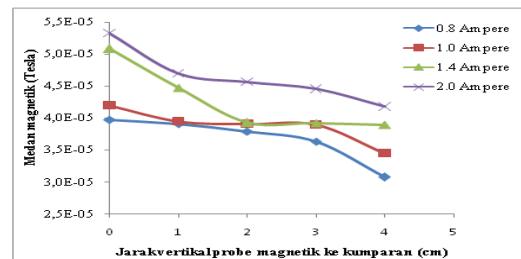


Gambar 5. Hubungan medan magnetik terhadap jarak pada arah horizontal

Sama karakteristiknya dengan Gambar 2 diatas dimana medan magnetik pada kumparan Helmholtz yang dibuat memiliki nilai maksimum di pusat kumparan. Semakin jauh dari pusat lingkaran maka nilai medan magnetik semakin kecil dan sesuai dengan yang diharapkan, dimana dipusat lingkaran memiliki fluks magnetik paling rapat yang berasal dari

seluruh bagian dari kumparan. Nilai medan magnetik akan semakin mengecil ketika jarak menjauhi pusat lingkaran dalam arah horizontal seperti pada Gambar 5. Penurunan ini disebabkan oleh semakin kecilnya kontribusi fluks dari bagian yang menghasilkan medan magnetik pada kumparan tersebut. Besarnya medan magnetik pada pusat lingkaran dengan arus 0,8 Ampere menghasilkan medan magnetik sebesar $5,041 \times 10^{-5}$ Tesla, ketika arus diperbesar menjadi 2,0 Ampere maka kumparan tersebut menghasilkan medan magnetik sebesar $5,907 \times 10^{-5}$ Tesla. Medan magnetik sebagai fungsi jarak memiliki nilai maksimum pada jarak 1 cm yang lebih dekat dengan pusat lingkaran yaitu $4,218 \times 10^{-5}$ Tesla dengan arus 0,8 Ampere, dan ketika jarak semakin jauh 4 cm medan magnetik yang dihasilkan semakin kecil yaitu $4,100 \times 10^{-5}$ Tesla.

Gambar 6 memperlihatkan hubungan medan magnetik terhadap jarak pada arah vertikal dari pusat lingkaran untuk jumlah lilitan 100.

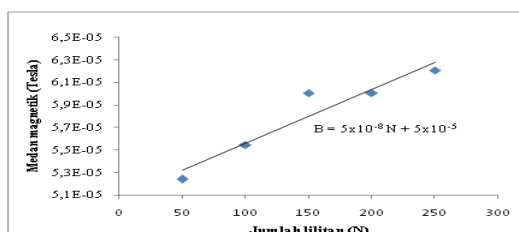


Gambar 6. Hubungan medan magnetik terhadap jarak pada arah vertikal dari pusat lingkaran

Gambar 6 menjelaskan bahwa semakin besar jarak dari pusat kumparan, maka medan magnetik semakin kecil. Besarnya medan magnetik dengan arus 0,8 Ampere pada pusat lingkaran menghasilkan $3,977 \times 10^{-5}$ Tesla, ketika jarak semakin jauh 4 cm

medan magnetik yang dihasilkan semakin kecil yaitu $3,074 \times 10^{-5}$ Tesla. Nilai medan magnetik secara signifikan dipengaruhi oleh besarnya arus yang digunakan. Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai medan magnetik semakin besar seiring dengan penambahan arus.

Gambar 7 menampilkan grafik hubungan medan magnetik dengan jumlah lilitan. Medan magnetik diukur pada jarak tertentu, dalam penelitian ini diambil pada posisi di pusat lingkaran (dianggap nol). Sementara arus diberikan pada kumparan ini sebesar 1,0 Ampere.



Gambar 7. Hubungan medan magnetik terhadap jumlah lilitan

Terlihat bahwa medan magnetik bertambah karena bertambahnya jumlah lilitan pada kumparan. Besarnya medan magnetik dengan jumlah lilitan 50 pada pusat lingkaran (dianggap nol) menghasilkan $5,241 \times 10^{-5}$ Tesla, ketika ditambah jumlah lilitan menjadi 250 maka medan magnetik yang dihasilkan semakin besar yaitu $6,208 \times 10^{-5}$ Tesla. Jumlah lilitan sangat berpengaruh terhadap besarnya medan magnetik yang dihasilkan. Hubungan antara jumlah lilitan dan medan magnetik adalah linier yaitu $B = 5 \times 10^{-8} N + 5 \times 10^{-5}$, dimana N adalah jumlah lilitan dan I adalah arus listrik yang digunakan. Gambar 4 dan 7 dapat dilihat bahwa medan magnetik lebih cepat mengalami pertambahan sebagai fungsi arus dibandingkan dengan fungsi lilitan.

Pertambahan ini ditunjukkan oleh nilai slope (kemiringan) dari kedua grafik tersebut untuk ukuran diameter kumparan yang hampir sama.

Pengukuran kumparan Helmholtz yang dibuat sama dengan cara pengukuran kumparan Helmholtz standar yang dapat diperoleh dari jumlah lilitan dan arus yang diberikan. Medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan Helmholtz standar lebih besar dari kumparan Helmholtz yang dibuat. Besarnya nilai medan magnetik yang dihasilkan ini dikarenakan jumlah lilitan kumparan Helmholtz standar lebih banyak dibandingkan dengan satu set kumparan Helmholtz yang dibuat serta kerapatan dari gulungan kawat lebih besar. Besarnya nilai medan magnetik dari kumparan standar sesuai dengan yang diharapkan, semakin besar jumlah gulungan semakin besar medan magnetik yang dihasilkan. Gambar 5 dan 6 dapat dilihat semakin besar arus yang diberikan maka medan magnetik yang dihasilkan semakin besar. Besarnya medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan nilainya bergantung pada jarak, semakin besar jarak pengukuran dari sumber magnet (kumparan) maka semakin kecil medan magnetik yang dihasilkan.

KESIMPULAN

1. Nilai medan magnetik untuk kumparan Helmholtz standar yang diukur dalam arah horizontal sebesar $7,156 \times 10^{-5}$ Tesla dan untuk kumparan Helmholtz yang dibuat diperoleh nilai $5,907 \times 10^{-5}$ Tesla. Medan magnetik untuk kumparan Helmholtz standar lebih besar dibandingkan dengan kumparan Helmholtz yang dibuat untuk dimensi kumparan yang hampir

sama. Besarnya nilai medan magnetik untuk kumparan standar disebabkan oleh tingginya nilai kerapatan dari gulungan pada kumparan tersebut dibandingkan dengan kumparan Helmholtz yang dibuat.

2. Nilai medan magnetik semakin besar dengan bertambahnya arus listrik yang digunakan. Pertambahan ini sesuai dengan yang diharapkan dimana medan magnetik berbanding lurus dengan arus listrik. Besarnya nilai medan magnetik kumparan Helmholtz yang dibuat pada pusat lingkaran dengan arus 0,8 Ampere yaitu $5,041 \times 10^{-5}$ Tesla dan untuk arus 2,0 Ampere diperoleh nilai $5,907 \times 10^{-5}$ Tesla.
3. Medan magnetik menurun nilainya ketika diukur dalam arah vertikal (menjauhi kumparan) dari pusat lingkaran. Penurunan nilai ini disebabkan karena medan magnetik berbanding terbalik dengan jarak. Nilai medan magnetik untuk kumparan Helmholtz yang dibuat dengan jarak 1 cm yang diberi arus 0,8 Ampere yaitu $3,906 \times 10^{-5}$ Tesla dan ketika jarak ditambah menjadi 4 cm nilai medan magnetik menjadi kecil yaitu $3,074 \times 10^{-5}$ Tesla.
4. Nilai medan magnetik untuk kumparan dengan jumlah lilitan 50 sebesar $5,241 \times 10^{-5}$ Tesla dan ketika jumlah lilitan ditambah menjadi 250 lilitan medan magnetik yang dihasilkan yaitu $6,208 \times 10^{-5}$ Tesla. Besarnya medan magnetik bergantung pada jumlah lilitan, semakin banyak jumlah lilitan suatu kumparan maka semakin besar nilai medan magnetik yang dihasilkan. Pertambahan nilai medan magnetik yang disebabkan oleh pertambahan

jumlah gulungan lebih kecil dibandingkan dengan pertambahannya terhadap perubahan arus listrik yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- De Malo, C. F, Araujo, R. L, Ardjomand, L. M, Ramos Quoirin, N. S, Ikeda, M and Costa, A. A. 2009. *Calibration of Magnetic Field Meters at 60 Hz using a Helmholtz Coil: Constructive Aspects and Calculation of Associated Uncertainties, Measurement*, Vol.42, Pages 1330-1334.
- Cvetkovic, D and Cosic, I. 2007. *Modelling and design of extremely Low Frequency Uniform Magnetic Field Exposure Apparatus for in vivo Bioelectromagnetic studies, Conference of IEEE EMBS*, pdf. Lyon: France
- David, J. D and Ronald, J. C. 1994. *The Calculation and Measurement of Helmholtz Coil Fields*, pdf. Army Research Laboratory. Hal 15
- J Wang, Tian G. Y, Simm, A and Lucas, G. P. 2008. *Simulation of Magnetic Field Distribution of Excitation Coil for E M Flow Meter and its Validation using Magnetic Camera*. 17th World Conference on Nondestructive Testing: Shagai China.
- Reitz, J. R. 1993. "Foundation Of Electromagnetic Theory", Addison-wesley publishing company: New York. Hal 201-202