

DESAIN PEMBUATAN DAN UJI COBA KUMPARAN HELMHOLTZ BERBENTUK LINGKARAN

Ginisa Ardiyani*, Erwin, Salomo

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia
**ginisa.ardiyani@yahoo.com*

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 $7.156 \times 10^{-5} \text{T}$ and $5.907 \times 10^{-5} \text{T}$ 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 $5.241 \times 10^{-5} \text{T}$ and $6.208 \times 10^{-5} \text{T}$ 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

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang rancang bangun dan analisis kumparan Helmholtz yang dibuat dengan diameter 13 cm dan jumlah lilitan yang bervariasi yaitu 50, 100, 150, 200 dan 250 lilitan. Besarnya nilai medan magnetik yang ditimbulkan oleh kumparan ini diukur menggunakan probe magnetik *pasco* PS-2162 sebagai fungsi arus, jarak dan jumlah lilitan. Kemudian kumparan ini nilai medan magnetiknya dibandingkan dengan kumparan Helmholtz standar. Nilai maksimum medan magnetik yang dihasilkan pada pusat kumparan. Untuk arus sebesar 2 A, maka medan magnetik untuk kumparan standar dan yang dibuat adalah masing-masing sebesar $7.156 \times 10^{-5} \text{T}$ dan $5.907 \times 10^{-5} \text{T}$. Ketika jumlah lilitan dan arus dinaikkan nilainya maka medan magnetik semakin besar, untuk kumparan dengan jumlah lilitan 50 dan 250 yang dialiri arus sebesar 1.0 A menghasilkan medan magnetik masing-masing sebesar $5.241 \times 10^{-5} \text{T}$ dan $6.208 \times 10^{-5} \text{T}$. 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

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

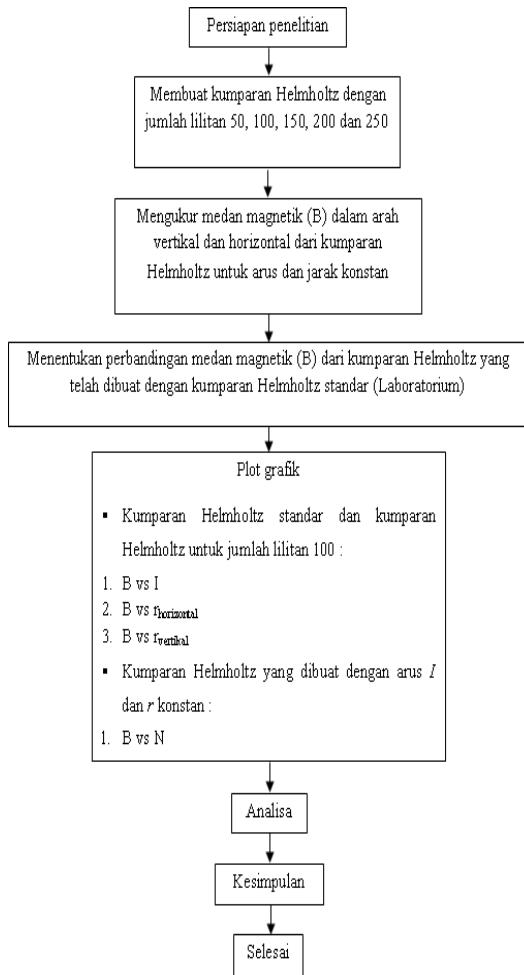
kumparan Helmholtz ini berbanding lurus dengan arus yang mengalir dan jumlah lilitan, dan berbanding terbalik terhadap jarak antara kedua kumparan tersebut (Reitz, 1993). Dalam tugas akhir ini dirancang dan dibuat sepasang kumparan Helmholtz dengan memvariasikan jumlah lilitan dan arus yang digunakan, dan selanjutnya dibandingkan hasilnya dengan kumparan Helmholtz standar.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sensor Magnetik PS-2162 sebagai alat ukur besarnya medan magnetik dalam dua arah yaitu arah aksial dan radial. Probe magnetik PS-2162 ini dapat mengukur hingga 1000 Gauss atau 0.1 Tesla dengan ketelitian 0.1 Gauss. Kabel penghubung sebagai penghubung rangkaian ke power supply sebagai sumber tegangan dan multimeter sebagai alat ukur arus. Laptop sebagai penyimpan data dan pengolah data dengan menggunakan software Data Studio, Software Data Studio berfungsi untuk merekam nilai medan magnetik dari probe magnetik Pasco. Software ini berfungsi untuk merekam nilai medan magnetik dari probe magnetik Pasco. Satuan medan magnetik dari software ini dapat dipilih antara Gauss dan Tesla, penyangga sensor sebagai untuk meletakkan sensor, penggaris untuk menugukur jarak probe ke kumparan, kawat kuningan sebagai bahan

penghantar dan pipa paralon sebagai tempat penggulung kawat.

Diagram Alir penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir 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

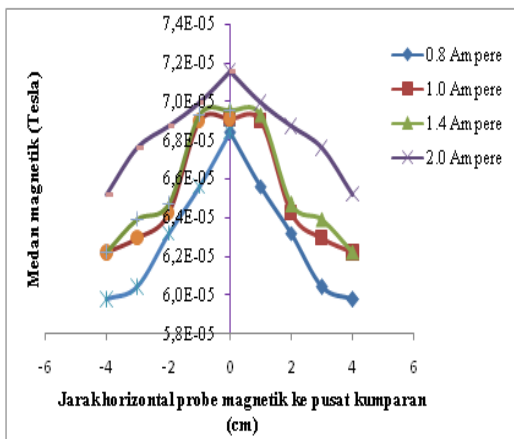
power supply untuk kumparan Helmholtz, atur besarnya arus pada power supply untuk nilai paling rendah. Catat tegangan dan arus yang dihasilkan, kemudian catat besarnya medan magnetik pada sumbu x dan y dengan menggunakan probe magnetik PS-2162.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian kumparan Helmholtz standar dan kumparan Helmholtz yang dibuat dengan mengukur medan magnetik sebagai fungsi arus, lilitan dan jarak pengukuran dalam arah horizontal dan vertikal. Satu set kumparan Helmholtz dibuat dengan jumlah lilitan dan ukuran kawat yang sama, sedangkan kumparan Helmholtz yang lainnya dibuat dengan jumlah lilitan yang berbeda-beda yaitu 50, 100, 150, 200 dan 250 lilitan. Kumparan Helmholtz standar dijadikan sebagai kumparan standar dan satu set kumparan Helmholtz untuk jumlah lilitan 100 dibuat dengan dimensi yang hampir sama dengan kumparan standar.

a. Hasil Pengukuran Medan Magnetik Pada Kumparan Helmholtz Standar

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.

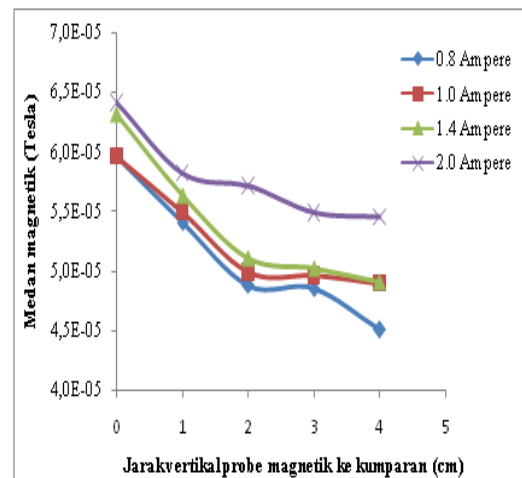


Gambar 2. Hubungan medan magnetik terhadap jarak pada arah horizontal

Gambar 2 dapat dijelaskan 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 6.845×10^{-5} Tesla, ketika arus diperbesar 2.0 Ampere, maka menghasilkan medan magnetik yaitu 7.156×10^{-5} Tesla. Nilai medan magnetik yang diperoleh dalam penelitian ini sedikit lebih kecil dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu yaitu 13.48×10^{-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.

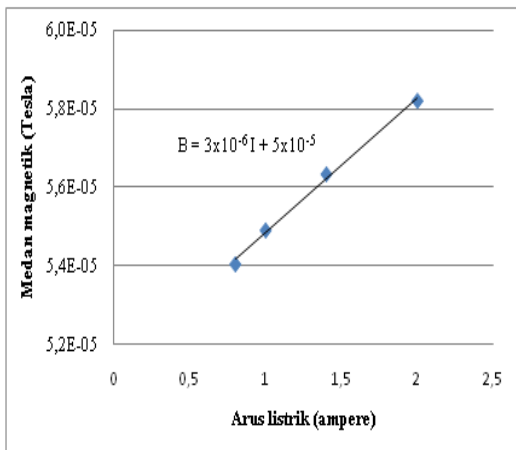
Gambar 3 grafik hubungan antara medan magnetik dengan jarak dalam arah vertikal (menjauhi kumparan) dari

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

Hubungan medan magnetik terhadap jarak dapat dilihat pada Gambar 3 yang menjelaskan nilai medan magnetik semakin kecil seiring dengan pertambahan jarak dari pusat lingkaran (menjauhi kumparan). Besarnya medan magnetik dengan arus 0.8 Ampere pada pusat lingkaran (dianggap nol) menghasilkan 5.962×10^{-5} Tesla, ketika jarak semakin jauh 4 cm medan magnetik yang dihasilkan semakin kecil yaitu 4.503×10^{-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 grafik hubungan antara arus dan medan magnetik pada jarak 1 cm.



Gambar 4. Hubungan medan magnetik terhadap arus listrik yang digunakan untuk jarak 1 cm

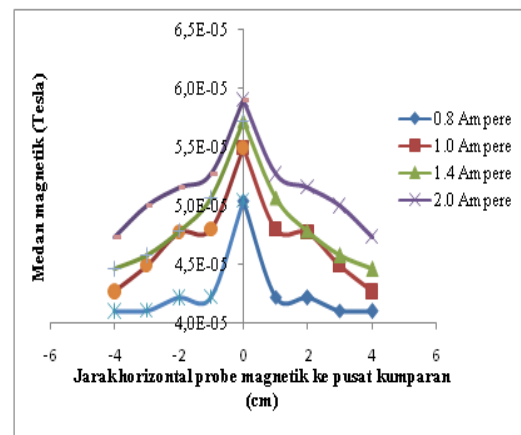
Gambar 4 menjelaskan hubungan arus listrik dan medan magnetik adalah linier, semakin besar arus yang diberikan pada kumparan, maka semakin besar medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan melalui hubungan $B = 3 \times 10^{-6} I + 5 \times 10^{-5}$, dengan kemiringan 3×10^{-6} . Kumparan yang diberikan arus 0.8 Ampere pada jarak 1 cm menghasilkan medan magnetik 5.405×10^{-5} Tesla, ketika arus diperbesar 2.0 Ampere maka menghasilkan medan magnetik 5.820×10^{-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.

b. Hasil Pengukuran Medan Magnetik Pada Satu Set Kumparan Helmholtz untuk Jumlah Lilitan 100

Satu Set kumparan Helmholtz yang dibuat dengan jumlah lilitan 100 memiliki diameter 13 cm dengan jarak kedua kumparan tersebut adalah 4 cm. Medan Magnetik kumparan Helmholtz

yang dibuat diukur pada jarak yang divariasikan yaitu nol (tepat di pusat lingkaran), 1, 2, 3 dan 4 cm dan arus yang digunakan divariasikan yaitu 0.8, 1.0, 1.4 dan 2.0 Ampere.

Gambar 5 grafik hubungan medan magnetik dari kumparan Helmholtz 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.

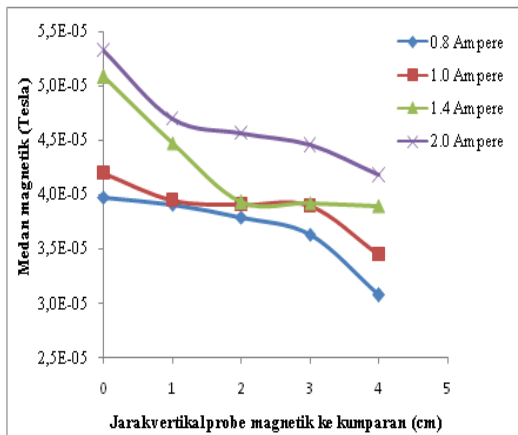


Gambar 5. Hubungan medan magnetik terhadap jarak pada arah horizontal untuk jumlah lilitan 100

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 5.041×10^{-5} Tesla, ketika arus diperbesar menjadi 2.0 Ampere maka kumparan tersebut menghasilkan medan magnetik sebesar 5.907×10^{-5} Tesla. Medan magnetik sebagai fungsi jarak memiliki nilai maksimum pada jarak 1 cm yang lebih dekat dengan pusat lingkaran yaitu 4.218×10^{-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 hubungan medan magnetik terhadap jarak pada arah vertikal dari pusat lingkaran untuk jumlah lilitan 100.



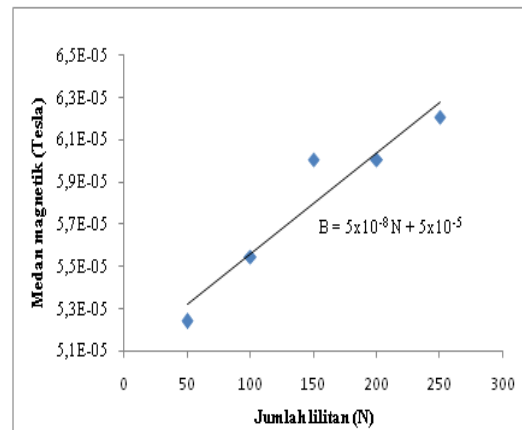
Gambar 6. Hubungan medan magnetik terhadap jarak pada arah vertikal dari pusat lingkaran untuk jumlah lilitan 100

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 3.977×10^{-5} Tesla, ketika jarak semakin jauh 4 cm medan magnetik yang dihasilkan semakin kecil yaitu 3.074×10^{-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.

c. Hasil Pengukuran Medan Magnetik pada Kumparan Hemholtz dengan Jumlah Lilitan yang Bervariasi

Kumparan Helmholtz dengan jumlah lilitan bervariasi diukur dengan jarak dan arus konstan. 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

Hubungan medan magnetik terhadap jumlah lilitan dapat dilihat pada Gambar 7 yang menjelaskan nilai medan magnetik bertambah karena bertambahnya jumlah lilitan pada kumparan. Besarnya medan magnetik dengan jumlah lilitan 50 pada pusat lingkaran (dianggap nol) menghasilkan 5.241×10^{-5} Tesla, ketika ditambah jumlah lilitan menjadi 250 maka medan

magnetik yang dihasilkan semakin besar yaitu 6.208×10^{-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.

Kumparan Helmholtz standar diperoleh dari pengukuran jumlah lilitan dan arus. Semakin besar arus yang diberikan, maka semakin besar medan magnetik yang dihasilkan. Medan magnetik sebagai fungsi jumlah lilitan berpengaruh terhadap kuat medan magnetik yang dihasilkan, semakin banyak jumlah lilitan maka medan magnetik semakin besar. Pertambahan ini dikarenakan dari garis-garis gaya magnetik yang melingkar. Besarnya medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan nilainya bervariasi untuk jarak yang bervariasi, semakin jauh jarak pengukuran dari sumber magnet maka semakin kecil medan magnetik yang dihasilkan. Keadaan ini dikarenakan berpengaruh pada daerah tersebut.

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 7.156×10^{-5} Tesla dan untuk kumparan Helmholtz yang dibuat diperoleh nilai 5.907×10^{-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 5.041×10^{-5} Tesla dan untuk arus 2.0 Ampere diperoleh nilai 5.907×10^{-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 3.906×10^{-5} Tesla dan ketika jarak ditambah menjadi 4 cm nilai medan magnetik menjadi kecil yaitu 3.074×10^{-5} Tesla.
4. Nilai medan magnetik untuk kumparan dengan jumlah lilitan 50 sebesar 5.241×10^{-5} Tesla dan ketika jumlah lilitan ditambah menjadi 250 lilitan medan magnetik yang dihasilkan yaitu 6.208×10^{-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.

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

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*