

ANALISA PENGARUH INTI KOIL TERHADAP MEDAN MAGNETIK DAN MUATAN PADA KAPASITOR DALAM RANGKAIAN SERI LC

Sri Wahyuni^{*}, Erwin, Salomo

Jurusen Fisika

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia**

***sriwahyuni7737@gmail.com**

ABSTRACT

Magnetic field that produced by coils changes its value significantly when the coil core made from air replaced by ferromagnetic (Fe), paramagnetic (Cu) and diamagnetic (Al) materials. In this research the value of magnetic field was measured as a function of coil's turns (N), applied current (I) and the distance from the center of the coil as the coil's core changed from air to Fe, Cu and Al. Number of turns of the coils was varied namely 50, 100, and 150 with the length of 4.2 cm and diameter of 3.2 cm. Next, the coil and a capacitor were connected with a series circuit in which the value of the capacitance of the capacitor was $4700 \mu F$. Magnetic field that produced by the coils were measured using *Pasco magnetic probe PS-2162*. While the voltage were measured using volt meter. From the result of the research it was found that the average value of magnetic field ($N = 50$ turns) for constant current of (2A) increased by 127% and 13.59 % when the core coil (air) was replaced by iron and copper respectively. While for aluminum, the value of the magnetic field was reduced by 45.56 % from air core. Theoretically, the value of charges on the capacitor and current flow in the circuit as a function of time oscillated in the form of sinusoidal. The charges on the capacitor at $t=0$ had its maximum value that was 9.4×10^{-4} Coulomb, The current in the circuit reached its maximum value that was 5.08 Ampere at $t = 10$ s.

Keywords: coil, magnetic field, core coils, capacitors, magnetic probe Pasco
PS-2162

ABSTRAK

Nilai medan magnetik yang dihasilkan oleh koil akan berubah secara signifikan apabila inti koil yang terdiri dari udara diganti dengan bahan ferromagnetik, para magnetik atau diamagnetik. Dalam penelitian ini telah dilakukan pengukuran nilai medan magnet dari koil dimana inti dari koil tersebut berupa udara, Besi (Fe), Tembaga (Cu) dan Alumunium (Al) sebagai fungsi jumlah lilitan (N), arus listrik (I) dan jarak dari pusat koil. Jumlah lilitan koil yang digunakan adalah 50, 100, dan 150 dengan panjang koil 4.2 cm dan diameter 3.2 cm. Selanjutnya koil dan kapasitor dirangkai secara seri dimana kapasitansi dari kapasitor yang digunakan adalah $4700 \mu F$. Medan magnet yang ditimbulkan oleh koil diukur menggunakan probe magnetik Pasco PS-2162. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa nilai rata-rata medan magnetik dari koil ($N=50$ lilitan) untuk arus tetap (2A) meningkat sebesar 127 % ketika inti koil (udara) diganti dengan besi. Nilai ini bertambah sebesar 13.59% dengan slope yang kecil untuk tembaga.

Besarnya medan magnetik dari koil dengan inti Alumunium berkurang sebesar 45.56%. Secara teoritis besarnya muatan yang terdapat pada kapasitor dan arus yang mengalir pada rangkaian sebagai fungsi waktu mengalami osilasi secara sinusoida. Muatan akan bernilai maksimum pada saat $t = 0$ detik yaitu 9.4×10^{-4} Coulomb dan arus akan bernilai maksimum saat $t = 10$ detik yaitu sebesar 5.08 Ampere.

Kata kunci : koil, medan magnet, inti koil, kapasitor, probe magnetik Pasco PS-2162

PENDAHULUAN

Rangkaian LC merupakan rangkaian sederhana terdiri dari induktor dan kapasitor yang dihubungkan secara seri. Fungsi utama dari induktor dalam rangkaian ini adalah sebagai penyimpan energi. Energi tersebut disimpan dalam bentuk medan magnetik internal. Besarnya medan yang ditimbulkan tidak hanya bergantung pada material yang digunakan serta bentuk dari koil tersebut tetapi juga bergantung pada besarnya tegangan pada induktor dan arus yang mengalir melalui induktor tersebut. (Young and Freedman, 2002).

Rangkaian yang didalamnya terdapat induktor dan dihubungkan dengan sumber listrik maka induktor tersebut akan menimbulkan gaya gerak listrik (ggl). Gaya gerak listrik yang ditimbulkan sebanding dengan nilai perubahan arus listrik yang mengalir melalui induktor tersebut. Gaya gerak listrik terinduksi yang ditimbulkan oleh induktor dapat ditentukan dengan menggunakan hukum Lenz yaitu ggl induksi dan arus memiliki arah sedemikian rupa sehingga melawan muatan yang menghasilkan ggl dan arus induksi tersebut (Tipler, 1996).

Muatan akan habis ketika arus mengalir, kemudian arus dihambat oleh induktor dan energi yang mempertahankan arus akan digunakan dari medan magnetik dalam induktor. Selanjutnya arus akan memulai

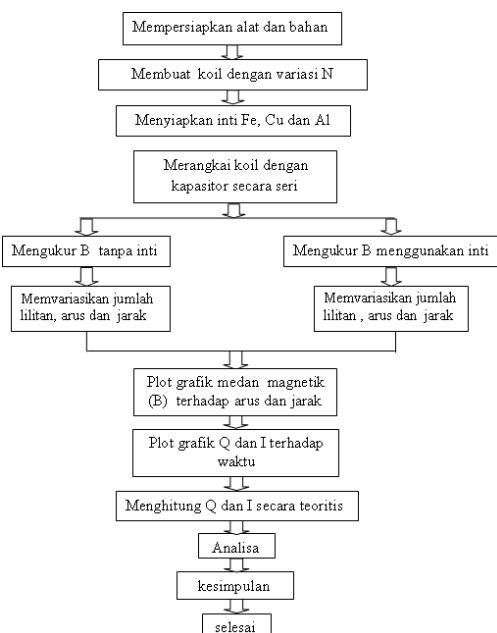
mengisi kapasitor dengan polaritas yang berlawanan, pada waktu yang sama seluruh energi yang tersimpan dalam medan magnetik akan digunakan untuk mengisi kapasitor sampai penuh melalui polaritas yang berlawanan. Setelah itu arus mulai mengalir dalam arah yang berlawanan dan mempertahankan siklus tersebut.

Penelitian ini akan menentukan besarnya nilai medan magnetik pada sebuah koil, kemudian dipelajari pengaruh inti koil berupa Besi (Fe), Tembaga (Cu) dan Alumunium (Al) sebagai fungsi arus dan jarak, serta menghitung besar muatan dan arus pada rangkaian seri LC.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan besar perubahan medan magnetik pada koil tanpa inti dan dengan menggunakan inti seperti Besi (Fe), Tembaga (Cu) dan Alumunium (Al) terhadap besar medanmagnetik sebagai fungsi arus dan jarak, serta muatan dan arus yang mengalir pada rangkaian seri pada LC.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini



Gambar 1. Diagram Alir

Penelitian ini dilakukan dengan membuat kumparan berbentuk solenoid dengan variasi jumlah lilitan. Besarnya medan magnetik pada koil diukur dengan menggunakan Probe magnetik Pasco PS-2162 sebagai fungsi jarak dan arus dengan menggunakan inti dan tanpa inti. Nilai medan magnetik yang diukur diplot dalam bentuk grafik, kemudian menghitung besarnya muatan dan arus yang mengalir pada rangkaian secara teoritis.

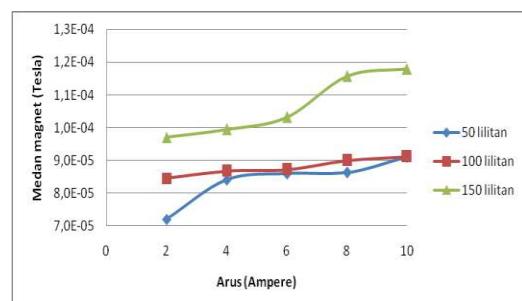
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa data medan magnetik yang diukur dengan menggunakan probe magnetik PS-2162 melalui variasi arus dan jarak pada koil dengan jumlah lilitan yang berbeda beda yaitu 50, 100 dan 150 lilitan, sedangkan inti koil terdiri dari Besi (Fe), Tembaga (Cu) dan Aluminium (Al), serta perhitungan besarnya nilai muatan yang terdapat pada kapasitor

dan arus yang mengalir pada rangkaian seri LC.

a. Hasil Pengukuran Medan Magnetik Sebagai fungsi Arus

Koil yang digunakan dalam penelitian ini adalah koil dengan jumlah lilitan 50, 100,dan 150 lilitan. Masing-masing koil diukur medan magnetiknya dengan memvariasikan arus yaitu 2,4,6,8 dan 10 Ampere tanpa inti seperti ditampilkan pada Gambar 2 berikut ini



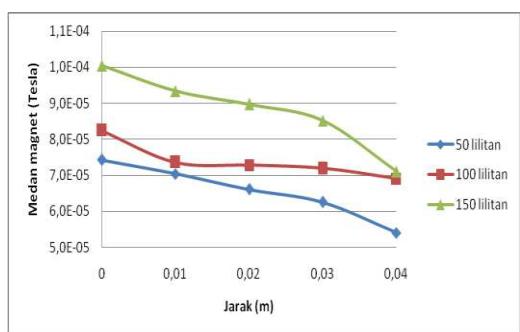
Gambar 2. Grafik hubungan fungsi arus terhadap kuat medan magnetik

Gambar 2 menampilkan grafik hubungan antara arus terhadap besar medan magnetik rata-rata dari koil dengan jumlah lilitan 50, 100, dan 150. Dari Gambar 2 tersebut dapat dilihat dengan jelas bahwa secara umum medan magnetik yang dihasilkan oleh koil bertambah nilainya seiring dengan penambahan arus yaitu 2, 4, 6, 8 dan 10 Ampere. Jumlah lilitan dari koil secara signifikan mempengaruhi nilai medan magnetik. Nilai medan magnetik bertambah besar ketika jumlah lilitan bertambah. Pertambahan nilai medan magnetik yang disebabkan oleh peningkatan jumlah lilitan sesuai dengan yang diharapkan karena medan magnetik berbanding lurus dengan jumlah lilitan (N). Lebih jauh lagi

bahwa pertambahan nilai medan magnetik ketika arus dinaikkan khususnya untuk koil dengan lilitan 100, mengalami perubahan nilai medan magnetik yang cukup berbeda, tidak seperti pada dua koil lainnya yaitu 50 dan 150 lilitan. Perbedaan kenaikan nilai medan magnetik pada koil 50 dan 150 lilitan ini diduga karena pengaruh medan magnetik luar ketika pengambilan data serta kerapian gulungan pada koil.

b. Hasil Pengukuran Medan Magnetik Sebagai Fungsi Jarak

Koil dengan jumlah lilitan 50 diberi arus masukan 2 Ampere dan diukur medan magnetiknya dengan sensor PS-2162. Medan magnetik yang dihasilkan oleh koil ini diukur pada jarak yang bervariasi yaitu pada titik 0 (tepat ditengah koil), 2, 3, dan 4 cm dari tengah koil. Besarnya medan magnetik rata-rata ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan fungsi jarak terhadap kuat medan magnetik

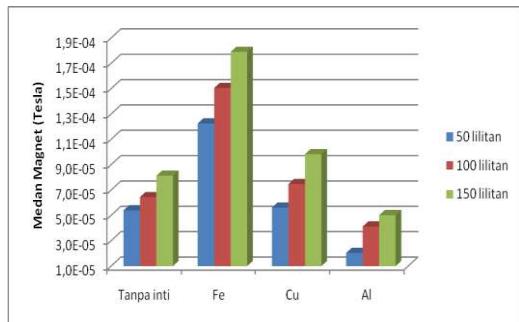
Gambar 3 menjelaskan bahwa secara umum nilai medan magnetik mengalami penurunan dengan bertambahnya jarak dari koil. Untuk koil dengan jumlah lilitan 50 dan 100 memberikan nilai kecenderungan yang

hampir sama, namun grafik untuk koil dengan lilitan 150 memberikan nilai kecenderungan yang berbeda. Lebih jauh lagi dapat dilihat dari gambar bahwa nilai medan magnetik dipengaruhi oleh jumlah lilitan. Dimana nilai medan magnetic rata-rata untuk koil dengan jumlah lilitan 150 ditengah solenoida adalah 1.0×10^{-4} Tesla nilai ini jauh lebih besar dibandingkan dengan medan magnetik yang dihasilkan oleh koil dengan jumlah lilitan 50 yaitu 7.4×10^{-5} Tesla. Jumlah lilitan pada koil ternyata berpengaruh terhadap kuat medan magnet yang dihasilkan koil, semakin banyak jumlah lilitan pada koil maka medan magnet yang dihasilkan oleh koil tersebut semakin besar. Pertambahan ini dikarenakan garis-garis gaya magnet pada koil merupakan gabungan dari garis-garis gaya medan magnet dari kawat melingkar. Besarnya medan magnet yang dihasilkan koil nilainya bervariasi untuk jarak yang bervariasi, semakin jauh jarak pengukuran dari sumber magnet maka semakin kecil medan yang terukur. Keadaan ini dikarenakan semakin jauh jarak pengukuran dari sumber magnetik maka akan semakin kecil medan yang berpengaruh pada daerah tersebut (Ningsih, 2012).

c. Hasil Pengukuran Medan Magnetik Pada Koil Tanpa Inti Dan Menggunakan Inti

Koil yang digunakan dalam penelitian ini adalah 50, 100, dan 150 lilitan. Koil ini dihubungkan arus yang besarnya 2 Ampere dengan jarak konstan yaitu 0 (tengah solenoida). Langkah pertama yang dilakukan adalah pengukuran besarnya medan

magnetik tanpa inti, kemudian lakukan pengukuran medan dengan menggunakan inti Fe, Al, dan Cu. Besarnya medan magnetik rata-rata hasil pengukuran ditampilkan pada Gambar 4.



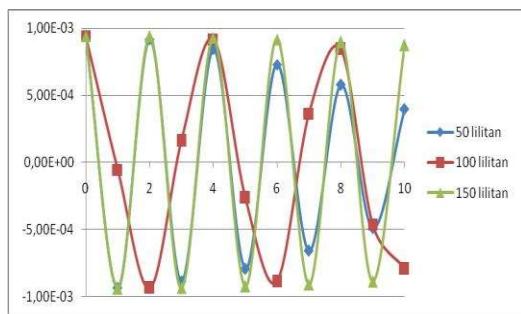
Gambar 4. Grafik pengaruh penambahan inti (Fe, Cu dan Al) terhadap medan magnetik pada koil dengan jumlah lilitan 50, 100 dan 150

Gambar 4 merupakan grafik nilai medan magnetik untuk koil dengan inti yang berbeda yaitu udara (tanpa inti), Besi (Fe), Tembaga (Cu) dan Alumunium (Al). Grafik 4 menjelaskan bahwa koil tanpa inti dengan jumlah lilitan 50 memiliki nilai medan magnetik sebesar 5.39×10^{-5} Tesla, ketika koil tersebut diberi inti Besi (Fe) nilai medan magnetiknya menjadi sangat besar yaitu 2×10^{-4} Tesla. Secara umum nilai medan magnetik naik secara signifikan ketika inti koil dengan lilitan 50,100 dan 150 diganti dengan Besi (Fe) maka kenaikan rata-rata dari medan magnetik adalah sebesar 127 %. Koil yang menggunakan inti Tembaga (Cu) maka nilai medan magnetik rata-rata naik sebesar 13.59 %. Ketika intinya diganti dengan Alumunium (Al) maka nilai medan magnetik rata-rata berkurang sebesar 45.56%. Perbedaan ini disebabkan ini oleh medan magnetik dari koil dengan inti Fe memiliki nilai yang besar dibanding koil tanpa inti.

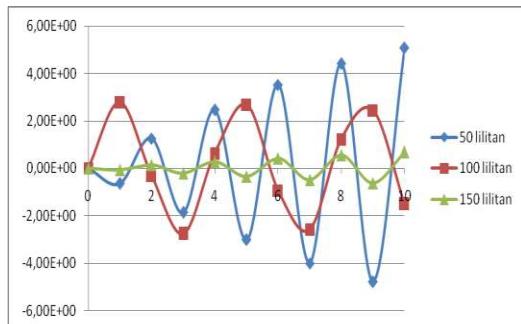
Koil dengan medan magnet yang besar akan menimbulkan gaya gerak listrik induksi yang besar dan menyebabkan laju perubahan arus terhadap waktu lebih lambat sehingga tegangan induktor dengan inti Fe sangat besar dan relatif tetap dari tegangan masukan. Koil dengan inti Cu memiliki induktansi yang lebih kecil dibandingkan koil tanpa inti, nilai induktansi koil yang kecil menyebabkan laju perubahan arus yang lebih cepat sehingga tegangan induktornya akan turun secara cepat dan nilainya lebih kecil dibanding koil tanpa inti. Kenaikan nilai medan magnetik yang besar ketika inti diganti dari udara menjadi besi disebabkan oleh sifat dari besi yaitu merupakan bahan ferromagnetik dimana didalamnya terdapat daerah-daerah kecil yang magnetisasinya maksimum atau dinamakan dengan domain magnetik. Ketika bahan ini diberi medan magnetik luar maka seluruh spin momen dari elektron dalam domain-domain akan menyamakan spinnya dengan medan magnetik luar (medan magnetik dari koil) sehingga medan magnetik total yang diukur merupakan penjumlahan dari medan magnetik koil dan medan magnetik ferromagnetik. Demikian juga untuk bahan paramagnetik dimana bahan ini tidak memiliki domain dan memiliki magnetisasi (jumlah momen atom dibagi volume) yang kecil sehingga ketika bahan ini dimasukan kedalam koil sebagai pengganti udara maka kenaikan medan magnetiknya relatif tidak sebesar ferromagnetik. Namun untuk bahan diamagnetik seperti Alumunium (Al) yang apabila dimasukkan kedalam koil maka medan magnetik totalnya bernilai negatif.

d. Muatan dan arus listrik dalam rangkaian sebagai fungsi waktu

Besarnya muatan dalam kapasitor dan arus dalam rangkaian seri LC dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.30) dan (2.31). Hasil dari perhitungan muatan dan arus dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6 berikut ini menampilkan grafik hasil perhitungan muatan dan arus listrik terhadap fungsi waktu pada koil 50, 100 dan 150 lilitan



Gambar 5. Grafik muatan (Q) sebagai fungsi waktudalam rangkaian LC pada koil 50, 100 dan 150 lilitan



Gambar 6. Grafik arus (I) sebagai fungsi waktu dalam rangkaian LC pada koil 50,100 dan 150 lilitan

Gambar 5 dan 6 diatas menampilkan nilai muatan (Q) yang terdapat dalam kapasitor dan arus (I) yang mengalir dalam rangkaian sebagai fungsi waktu, dengan jumlah lilitan (N) yang digunakan adalah 50, 100 dan 150

lilitan. Banyaknya jumlah lilitan dari koil tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan amplitudo dari osilasi muatan. Namun jumlah lilitan ini memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap amplitudo dari arus yang mengalir dalam rangkaian. Gambar 5 dapat dilihat dengan jelas bahwa besarnya nilai muatan dalam kapasitor berosilasi secara sinusoida sebagai fungsi waktu. Muatan akan bernilai maksimum pada saat $t = 0$ detik yaitu sebesar 9.4×10^{-4} C, untuk jumlah lilitan = 50, 100 dan 150 lilitan. Sebaliknya muatan bernilai minimum pada $t = 1$ detik untuk jumlah lilitan = 50 lilitan yaitu sebesar -9.34×10^{-4} C, jumlah lilitan = 100 lilitan yaitu sebesar -5.34×10^{-5} C sedangkan pada jumlah lilitan = 150 lilitan menjadi -9.39×10^{-4} C. Nilai ini sesuai dengan yang diharapkan karena besarnya muatan yang terdapat pada rangkaian sebagai fungsi waktu mengalami osilasi secara sinusoida seiring dengan pertambahan amplitudonya. Gambar 6 menjelaskan bahwa arus yang terdapat pada rangkaian bernilai 0 pada saat $t = 0$ detik untuk jumlah lilitan = 50, 100 dan 150 lilitan, sedangkan pada $t = 4$ detik untuk jumlah lilitan = 50 lilitan besarnya arus yang mengalir sebesar 2.46 Ampere, sedangkan pada jumlah lilitan = 100 arusnya sebesar 0.631 Ampere dan untuk jumlah lilitan = 150 lilitan arus yang terdapat pada rangkaian semakin kecil yaitu sebesar 0.282 Ampere, perubahan ini disebabkan oleh besarnya perubahan frekwensi sudut (ω) dan jumlah lilitan, semakin banyak jumlah lilitan maka amplitudonya semakin kecil. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu (Soumya, 2009)

dimana keduanya memiliki karakteristik yang hampir sama.

KESIMPULAN

Penelitian mengenai pengaruh inti pada sebuah koil terhadap tegangan induktor dan kapasitor pada rangkaian seri LC dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya medan magnetik rata-rata pada koil akan bertambah besar seiring dengan penambahan arus serta jumlah lilitan yang digunakan, semakin besar arus yang diberikan maka besarnya nilai medan magnetik yang dihasilkan akan semakin besar pula. Besarnya medan magnetik pada koil 50 lilitan saat diberi arus 2 Ampere adalah 7.19×10^{-5} Tesla, pada saat koil diganti dengan 100 lilitan medan magnetiknya menjadi 8.6×10^{-5} Tesla, sedangkan pada koil 150 lilitan nilai medan magnetik ratanya menjadi lebih besar yaitu 9.7×10^{-5} Tesla.
2. Besarnya nilai medan magnetik rata-rata pada koil sebagai fungsi jarak dengan penambahan jumlah lilitan dan arus yang digunakan konstan akan mengalami penurunan seiring dengan penambahan jarak, semakin jauh jarak yang digunakan maka medan magnetik yang dihasilkan semakin kecil pula. Nilai medan magnetik bernilai maksimum untuk jumlah lilitan 50 saat jarak ditengah solenoida yaitu 8.24×10^{-5} Tesla, dan bernilai minimum pada jarak 4 cm yaitu sebesar 7.1×10^{-5} Tesla.
3. Nilai medan magnetik rata-rata pada koil dengan variasi inti dan jumlah lilitan paling besar

dihasilkan oleh koil 150 lilitan dengan inti Besi yaitu 1.78×10^{-4} Tesla, sedangkan nilai medan rata-rata paling kecil dihasilkan oleh inti Aluminium pada 50 lilitan yaitu sebesar 2×10^{-5} Tesla.

4. Besarnya muatan pada kapasitor dan arus yang mengalir pada rangkaian akan berosilasi secara sinusoida seiring dengan pertambahan waktu. Muatan akan bernilai maksimum untuk jumlah lilitan 50, 100, dan 150 yaitu pada saat $t = 0$ detik adalah 9.4×10^{-4} coulomb dan arus akan bernilai 0 (nol) pada saat $t = 0$ detik.

DAFTAR PUSTAKA

Young, H.D. dan Freedman, R.A. 2002. *Fisika Universitas (Terjemahan)*. Penerbit Erlangga, Jakarta

Ningsih, Surya. 2012. *Pengaruh Inti Koil Terhadap Tegangan Inductor dan Resistor yang Dirangkai Secara Seri*. Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau. Pekanbaru

Tipler, P.A. 1996. *Fisika Untuk Sains dan Teknik* Jilid 2, Edisi ketiga. Penerbit Erlangga, Jakarta

Gangguli, Soumya Kanti. 2009. *An Alternate Approach to LC – Circuit*. Raman Research Institute, Sadashivanager Bangalore - 560080