OPTIMASI PARAMETER KOIL UNTUK MENINGKATKAN KUAT MEDAN MAGNET PADA SUMBER MEDAN MAGNET BERBASIS SOLENOIDA

COIL PARAMETER OPTIMIZATION FOR INCREASING MAGNETIC FIELD ON SOLENOID BASED MAGNETIC FIELD SOURCE

Annisa Fardhani Bahalwan[1], Dudi Darmawan[2], Asep Suhendi[3]

[1,2,3]Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
[1]bahalwanannisa@gmail.com, [2]dudiddw@telkomuniveristy.co.id, [3]suhendi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan sumber medan magnet menggunakan berbagai metode merupakan bagian dari *non-destructive testing* (NDT). NDT adalah suatu pengujian material tanpa merusak dan dilakukan pada jangka waktu tertentu untuk menemukan kesalahan sistem jika tidak sesuai dengan standar mutu. Pada penelitian ini dilakukan optimasi parameter koil untuk meningkatkan kuat medan magnet pada sumber medan magnet berbasis solenoida. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan variasi jumlah layer serta penggunaan dengan dan tanpa ferrit yang diukur pada sumbu x, y dan z. Hasil kuat medan magnet optimal yang didapatkan pada masing masing kawat dibandingkan dengan lilitan pada konfigurasi dengan tujuan agar koil solenoida menghasilkan kuat medan magnet yang homogen pada keadaan temperatur normal. Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil terbaik yaitu 1034 Gauss dengan konfigurasi jumlah lilitan 900, jumlah layer 20 dan menggunakan inti ferrit di sumbu x. Dengan demikian, kondisi tersebut merupakan hasil terbaik pada pengujian menggunakan metode NDT untuk optimalisasi parameter koil.

Kata Kunci : Sumber Medan Magnet Solenoida, Pengaruh Konfigurasi Koil dalam Kuat Medan Magnet.

Abstract

The use of magnetic field sources using various methods as part of non-destructive testing (NDT). NDT is a test of material without damage and carried out for a certain period of time to find a system error if it is not in accordance with quality standards. In this research, coil parameter optimization is carried out to increase the strength of magnetic fields in solenoid-based magnetic field sources. Tests are carried out by varying the number of layers and using with and without ferrite measured on the x, y and z axes. The results of the optimal magnetic field obtained on each wire are compared with the coil in the configuration in order for the solenoid coil to produce a homogeneous magnetic field strength under normal temperature conditions. The results of the tests that have been done, the best results are obtained 1034 Gauss with a configuration of 900 coils, 20 layers and using ferrite core on the x-axis. Thus, this condition is the best result in testing using the NDT method to optimize coil parameters.

Keywords*: Solenoid Magnetic Field Source, Effect of Coil Configuration in Strong Magnetic Fields.*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi, penelitian ilmiah tentang sumber medan magnet terus dilakukan demi menunjang berbagai kebutuhan manusia. Dengan menulusuri lebih lanjut mengenai perancangan sumber medan magnet dan mempelajari interaksi serta karakteristik yang dihasilkan oleh medan magnet, dapat dimanfaatkan untuk aplikasi pemanfaatan sumber medan magnet [1]. Seperti berbagai metode yang merupakan bagian dari *non-destructive testing* (NDT). NDT adalah pengujian atau inspeksi terhadap suatu benda untuk mengetahui adanya cacat, retak tanpa merusak komponen, atau material benda uji tersebut [2]. Pengujian tersebut diaplikasikan sebagai "*quality control*" seperti produk maupun proses metalurgi, komponen pembangkit tenaga listrik konvensional dan pembangkit listrik tenaga uap [3]. Beberapa metode pengujian tersebut diantaranya *Magnetic Inductance Tomography* (MIT), *Eddy Current Testing* (ECT), S*uperconducting Quantum Interference Device* (SQUID), dan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) [4].

Pada penelitian [5], mengenai "Perancangan Sumber Medan Magnet Variabel Untuk Pengaplikasian Tomografi Induksi Medan Magnet" menunjukkan perancangan sumber medan magnet dengan input yang diberikan berupa kuat medan magnet yang diinginkan dan jarak sumber medan magnet terhadap objek. Hasil pengukuran kuat medan magnet paling besar yaitu 372 Gauss dengan spesifikasi jumlah lilitan $N = 600$, panjang koil 5 cm, dan jumlah layer 12 yang diberikan arus yang bervariasi dari 0-1 A. Akan tetapi nilai kuat medan magnet yang dihasilkan masih relatif rendah jika digunakan dalam penerapan pemanfaatan sumber medan magnet.

Pada penelitian ini dilakukan optimasi parameter koil untuk peningkatan kuat medan magnet berbasis solenoida. Ada beberapa hal yang telah dilakukan pada perancangan suatu rangkaian elektromagnetik yaitu koil dan inti (*core*). Untuk koil, yang perlu diperhatikan adalah diameter, panjang lilitan koil, jumlah lilitan kawat dan inti [6]. Sehingga

dilakukan pengukuran pada jumlah lilitan terhadap pengaruh perubahan jumlah layer, jarak dan arus masukan pada setiap koil. Setelah itu dibandingkan kuat medan magnet optimal tersebut pada lilitan dengan konfigurasi dan bentuk yang sama tetapi diameter kawat berbeda. Dengan tujuan agar koil solenoida menghasilkan kuat medan magnet yang homogen pada jarak yang sama terhadap objek dan keadaan temperatur normal.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan diteliti dalam Tugas Akhir ini adalah "bagaimana cara mengoptimasi parameter koil untuk meningkatkan kuat medan magnet pada koil solenoida?"

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah meningkatkan kuat medan magnet pada sumber medan magnet berbasis solenoida.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh objek-objek berikut :

1. Optimasi parameter koil solenoida yaitu mencakup diameter kawat dan koil, panjang koil, jumlah lilitan, jumlah layer, kuat arus dan inti magnet.
2. Variasi jumlah layer sebanyak 9, 10, 12, 15 dan 20 dengan jumlah lilitan yang sama yaitu 900.
3. Membandingkan lilitan dengan konfigurasi koil antara jumlah layer 20, jumlah lilitan 900 dan diameter 0.8 mm dengan jumlah layer 13, jumlah lilitan 234 dan diameter 1.2 mm.
4. Inti koil solenoida menggunakan bahan ferromagnetik seperti ferrit dengan diameter 1 mm.
5. Menggunakan DC *Power Supply* PS-305D sebagai sumber arus dan *Magnetic Meter* MG-3002 sebagi alat ukur medan magnet.
6. Perubahan temperatur pada koil digunakan sebagai dampak dari perubahan arus dalam penerapan lilitan pada suatu alat.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan demi tercapainya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Pustaka
   Metode ini bertujuan untuk memahami dan membantu referensi penulis dalam meningkatkan kuat medan magnet berbasis koil solenoida. Referensi yang digunakan adalah buku teori terkait, jurnal, paper dan *datasheet* pada medan magnet solenoida.
2. Diskusi
   Penulis melakukan diskusi terkait medan magnet berbasis koil solenoida ke pihak-pihak yang memiliki pengetahuan lebih tentang elektromagnetik dan pengambilan data serta perancangan desain alat.
3. Eksperimen Langsung
   Metode ini dilakukan dengan perancangan alat dan pengambilan data langsung terkait meningkatkan kuat medan magnet berbasis koil solenoida.
4. Evaluasi dan Analisis
   Penulis mengevaluasi dan menganalisis hasil data yang diambil dalam meningkatkan kuat medan magnet berbasis koil solenoida dari data yang didapat.
5. Pembuatan Laporan Tugas Akhir
   Setelah dilakukan pengambilan data dan analisis, penulis melanjutkan tahapan penelitian dengan melaporkan hasil dari penelitian.

2. Dasar Teori

2.1 Medan Magnet

Medan magnet terdiri dari garis-garis fluks imajiner yang berasal dari partikel bermuatan listrik yang bergerak atau berputar [10]. Medan magnet terjadi karena adanya interaksi dalam muatan, dengan berpindahnya proton dan elektron yang diakibatkan gaya coloumb yang terjadi karena gaya fundamental dengan gravitasi. Garis-garis gaya magnet tidak pernah saling berpotongan dan selalu keluar dari kutub utara magnet kemudian masuk ke kutub selatan magnet [11]. Untuk menentukan kekuatan medan magnet ditunjukkan oleh kerapatan garis-garis gaya magnet.

2.2 Medan Magnet Disekitar Arus Listrik

Hans Christian Oesterd pada tahun 1820 melakukan percobaan untuk menghetahui adanya medan magnet yang diberi aliran arus listrik dengan meletakkan jarum kompas dibawah kawat penghantar. Menurut Hans, "*Jika sebuah magnet jarum (kompas kecil) didekatkan pada suatu penghantar yang berarus listrik, magnet jarum akan menyimpang*" [6]. Simpangan jarum kompas tergantung arah arus pada kawat dan letaknya. Dari percobaan tersebut, dapat disimpulkan bahwa sebuah kawat penghantar dapat menghasilkan efek-efek kemagnetan. Dan arah penyimpangan kutub utara magnet jarum sesuai dengan arah ibu jari tangan kanan dan arah arus listrik pada kawat sesuai dengan arah jari-jari lainnya [14].

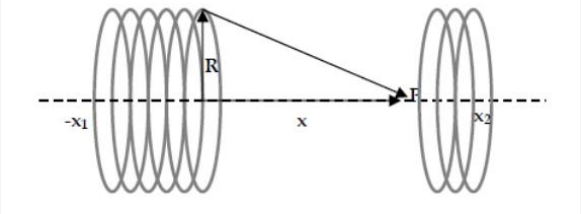
2.3 Kuat Medan Magnet pada Solenoida

Jika sebuah kawat berbentuk lingkaran dengan jari-jari yang dipusatkan pada titik tertentu dan dialiri arus listrik maka akan menghasilkan medan magnet atau induksi magnetik. Saat jumlah lilitan kawat berbentuk lingkaran tersebut ditambah dan digabungkan (loop arus melingkar) itulah yang dimaksud dengan solenoida. Medan magnet yang ditimbulkan pada solenoida akan lebih kuat dibandingkan dengan medan magnet pada kawat [9].

Untuk kuat medan magnet solenoida dibagian pusat yang dihasilkan oleh jumlah lilitan N diberikan [16].

$$\mathcal{B} = \frac{\mu_0 i\, N}{\ell} \tag{2.1}$$

Untuk kuat medan magnet pada bagian ujung koil berdasarkan gambar 2.3. Solenoida dengan panjang L yang terdiri dari N buah lilitan, maka jumlah lilitan persatuan panjang n adalah $n = {}^{N}/_{L}$, jika dijumlahkan seluruh lilitan sebanyak ndx, harus dilakukan integrasi untuk seluruh dx dari x_1 ke x_2 [9].



Gambar 1. Medan magnet dalam suatu solenoida

Pemberian inti pada solenoida akan memperbesar nilai medan magnet yang dihasilkan dan memenuhi persamaan: [9].

$$\mathcal{B} = \frac{\mu_0 i\, \mathrm{N}}{2\ell} \tag{2.2}$$

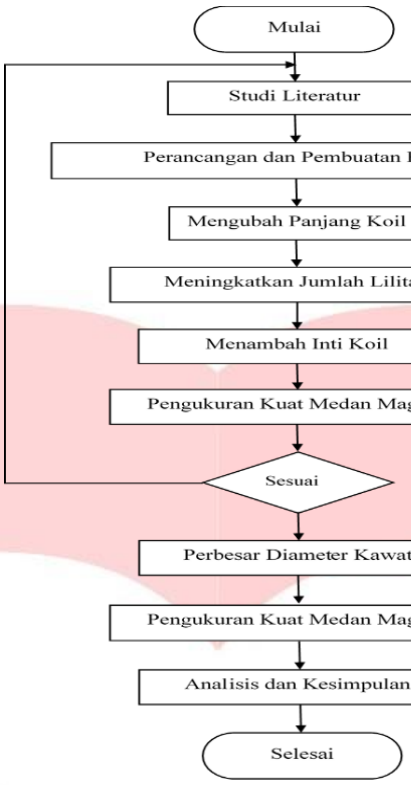
Keterangan:

- B = Kuat medan magnet [T atau Wb/m^2],
- μ_0 = Permabilitas bahan [T.m/A atau Wb/A.m],
- N = Jumlah lilitan solenoida,
- ℓ = Panjang solenoida [m],
- I = Arus yang mengalir pada solenoida [A].

3. Pembahasan

3.1. Tahapan Peneitian

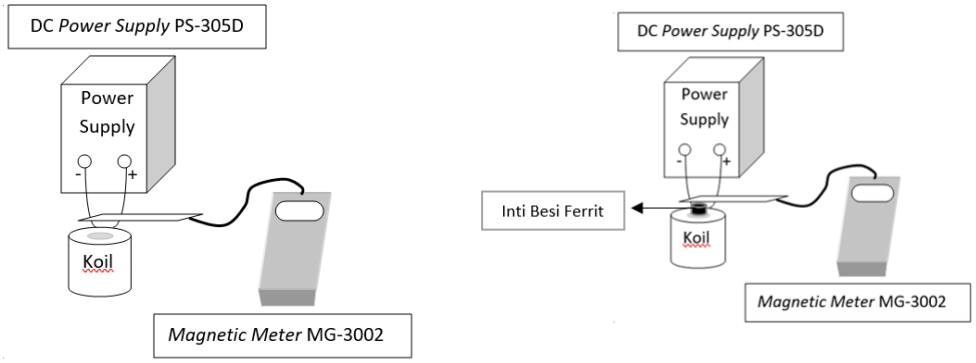
Secara umum proses penelitian sistem dalam Tugas Akhir ini, terdiri dari beberapa bagian yaitu studi literatur, perancangan dan pembuatan koil, optimalisasi parameter koil, pengukuran medan magnet dan analisis data. Gambar 2. menunjukan *flowchart* mengenai penelitian yang dilakukan



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.2. Skema Pengukuran

Skema pengukuran kuat medan magnet dilakukan pada dua tahap yaitu pengukuran tanpa ferrit dan pengukuran menggunakan ferrit. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan kuat medan magnet yang paling maksimal.



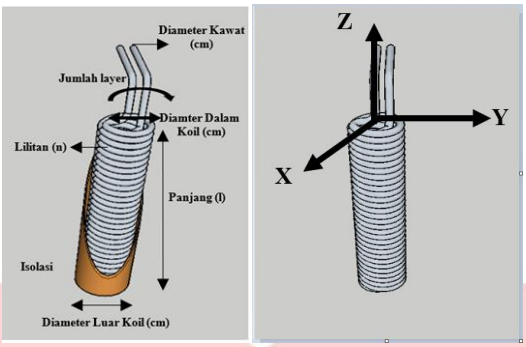
(a) (b)

Gambar 3. (a) Pengukuran Tanpa Ferrit, (b) Pengukuran Menggunakan Ferrit

Koil tersebut diukur dengan mendekatkan sensor hall Magnetic Meter MG-3002 pada bagian pusat lilitan solenoida dengan jarak 0-2 cm dan variasi 0.5 cm pada setiap sumbu x, y, dan z. Setelah itu diperoleh nilai medan magnet sebagai acuan yang terlihat pada LCD Magnetic Meter. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali dan diolah untuk diambil rata-ratanya agar data yang diambil cukup akurat.

3.3 Perancangan dan Pembuatan Koil

Untuk mengoptimasi kuat medan magnet dari sebuah koil solenoida maka dibutuhkan modifikasi pada beberapa faktor dalam perancangan dan pembuatan koil, yaitu meningkatan jumlah lilitan, memperbesar diameter, menambah panjang koil dan menambah inti koil solenoida.



(a) (b)

Gambar 4. (a) Parameter Koil, (b) Spesifikasi Koil

Terdapat tiga arah sumbu magnet pada setiap konfigurasi alat yaitu sumbu X, Sumbu Y, dan Sumbu Z. Hal tersebut dikarenakan bumi mempunyai dua kutub yang sering disebut sebagai *Geomagnetical poles* / kutub *dipole* dan terdiri dari "kutub utara geomagnetik" dan "kutub selatan geomagnetik". Prinsip metode magnetic tersebut diilustrasikan pada objek berbentuk kubus, lalu komponen tersebut berpatokan dengan prinsip metode magnetic untuk sumbu x (utara geografis), sumbu y (timur geografis) dan sumbu z berperan sebagai arah kedalaman.

3.4 Konfigurasi Alat

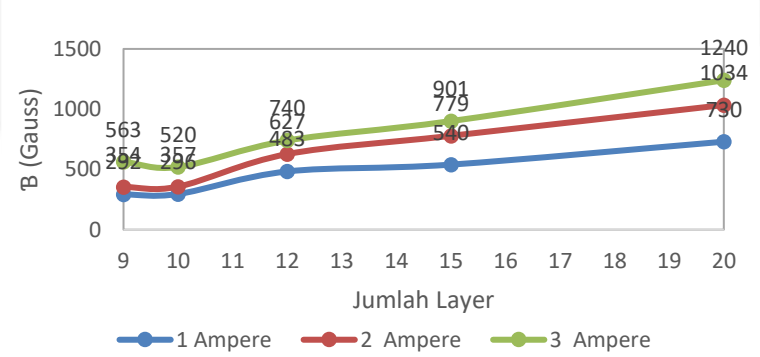
Berikut ini pada Tabel 1 merupakan konfigurasi koil.

Tabel 1. Konfigurasi Koil

Jumlah Layer	Diameter Kawat (cm)	Diameter Dalam Koil (cm)	Diameter Luar Koil (cm)	N	N/Layer	L (cm)
9	0.8	1.5	3.4	900	100	9.3
10	0.8	1.5	3.6	900	90	8.3
12	0.8	1.5	2.8	900	75	7
15	0.8	1.5	5	900	65	5.5
20	0.8	1.5	5.5	900	45	4

3.5 Pengujian Koil Terhadap Perubahan Jumlah Layer

Pada gambar 5. merupakan hasil grafik nilai rata-rata medan magnet dengan inti ferrit paling optimal terhadap pengaruh banyaknya jumlah layer pada sumbu x.



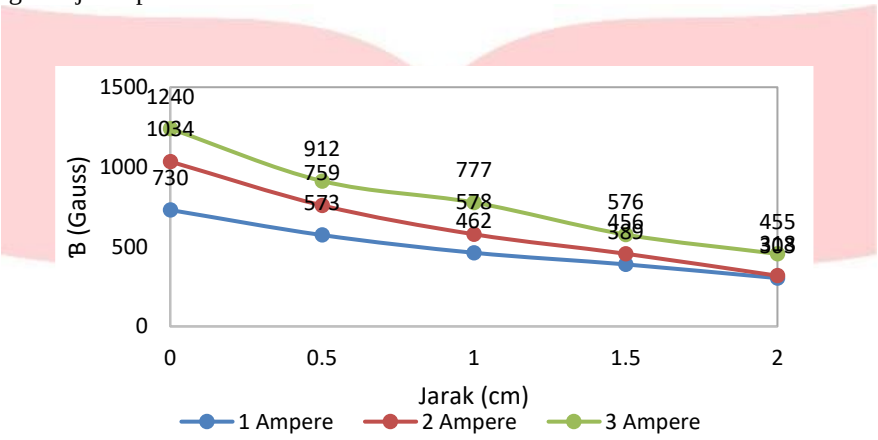
Gambar 5. Grafik Besar Kuat Medan Magnet dengan Inti Ferrit di Sumbu X terhadap Variasi Jumlah Layer pada Jarak 0 cm.

Besar kuat medan magnet yang paling optimal terdapat pada jarak 0 cm dan menghasilkan medan magnet maksimum yaitu 1240 Gauss pada jumlah layer 20 dengan arus masukan 3 Ampere, tegangan masukan 11.4 Volt dan keterangan suhu panas. Sedangkan kuat medan magnet minimimum yaitu 292 Gauss pada jumlah layer 9 dengan arus masukan 1 Ampere, dan tegangan masukan 3.1 Volt.

Dapat disimpulkan bahwa semakin besar jumlah layer maka semakin besar kuat medan magnet yang terukur dan sebaliknya semakin kecil jumlah layer maka semakin kecil juga kuat medan magnet yang terukur. Hal tersebut terjadi karena luas lingkaran koil membesar seiring dengan penambahan jumlah layer. Sehingga menyebabkan lilitan semakin panjang untuk mempermudah aliran arus dan menghasilkan kuat medan magnet yang cukup tinggi.

3.6 Pengujian Koil Terhadap Perubahan Jarak

Pada gambar 6. merupakan hasil grafik nilai rata-rata medan magnet paling optimal dengan Inti ferrit terhadap pengaruh jarak pada sumbu x.



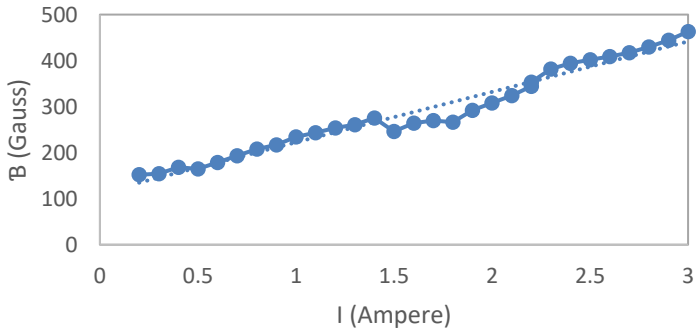
Gambar 6. Grafik Besar Kuat Medan Magnet dengan Inti Ferrit di Sumbu X terhadap Variasi Jarak pada N 900 / 45 Lilitan

Besar kuat medan magnet yang paling optimal dengan konfigurasi koil yaitu jumlah layer 20. Menghasilkan medan magnet maksimum yang terdapat pada jarak 0 cm yaitu 1240 Gauss dengan arus masukan 3 Ampere, dan tegangan masukan 11.5 Volt. Sedangkan kuat medan magnet minimimum terdapat pada jarak 2 cm yaitu 303 Gauss dengan arus masukan 1 Ampere, dan tegangan masukan 4.5 Volt.

Respon sensitivitas sensor efek hall pada kuat medan magnet merupakan perbedaan rasio dari perubahan sinyal keluaran terhadap perubahan sinyal masukan. Sensor ini berfungsi untuk mengalirkan arus listrik yang sebanding dengan densitas medan magnet. Kuat medan magnet yang mengenai sensor, nilainya akan bergantung pada jarak antara sumber magnet dengan sensor efek hall. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin dekat jarak sumber medan magnet terhadap sensor maka semakin besar kuat medan magnet yang terukur dan sebaliknya semakin jauh jarak sumber medan magnet terhadap sensor maka semakin kecil kuat medan magnet yang terukur. Dengan demikian posisi dan jarak berpengaruh dalam menghasilkan kuat medan magnet.

3.7 Pengujian Koil Terhadap Perubahan Arus Masukan

Pada gambar 7. merupakan hasil grafik dari nilai rata-rata medan magnet paling optimal dengan menggunakan inti ferrit untuk melihat pengaruh arus masukan yang bervariasi.



Gambar 7. Grafik Besar Kuat Medan Magnet dengan Inti Ferrit di Sumbu X terhadap Variasi Arus Masukan

Besar kuat medan magnet terhadap pengaruh arus pada konfigurasi koil dengan jumlah layer 20 dan jarak 0 cm di sumbu X. Menghasilkan medan magnet maksimum yaitu 1264 Gauss yang terdapat pada jarak 0 cm dengan arus masukan 3 Ampere, tegangan masukan 11.6 Volt dan keterangan suhu panas. Sedangkan

kuat medan magnet minimimum yaitu 329 Gauss dengan arus masukan 0.2 Ampere, dan tegangan masukan 3.7 Volt.

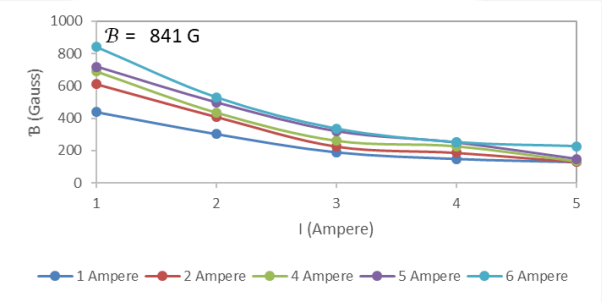
Arus merupakan suatu pergeseran muatan-muatan, semakin banyak jumlah muatan yang mengalir dalam satuan waktu maka semakin bertambah kuat medan magnet. Hal tersebut terjadi berdasarkan persamaan (2.3), terlihat bahwa semakin besar arus masukan maka semakin besar kuat medan magnet yang dihasilkan. Pada bagian arus masukan tertentu memungkinkan terjadinya nonlinearitas karena adanya kejenuhan magnetik. Pada saat kerapatan medan magnet meningkat maka mulai menjadi jenuh. Sehingga permaebilitas magnet mulai berkurang. Fluks tergantung dari rangkaian magnet pada celah udara.

3.8 Pengukuran Koil Terhadap Peningkatan Diameter Kawat

Pada pengujian sebelumnya didapatkan hasil kuat medan magnet optimal dengan konfigurasi koil yaitu jumlah layer 20, jumlah lilitan 900, panjang 4 cm, diameter kawat 0.8 cm, dan diameter luar koil 5.5 cm. Kemudian dibuat koil dengan ukuran dan bentuk yang sama (panjang koil, diameter luar dan dalam koil). Pada tabel 2 terlihat spesifikasi koil tersebut.

Tabel 2. Konfigurasi Koil

Diameter Kawat	Jumlah Layer	N / Layer	N	R (ohm)	L (mH)	Keterangan
1.25	13	18	234	0.86	2.1	Tanpa Ferrit
				1.03	5.96	Berbahan Ferrit



Gambar 8. Grafik Besar Kuat Medan Magnet dengan Inti Ferrit di Sumbu X terhadap Variasi Arus Masukan

Pada grafik tersebut didapatkan besar kuat medan magnet maksimum yaitu 841 Gauss pada jarak 0 cm dengan arus masukan 5 Ampere, dan tegangan masukan 3,6 volt. Untuk medan magnet minimum yaitu 129 Gauss pada jarak 2 cm dengan arus masukan 1 Ampere, dan tegangan masukan 0.8 Volt.

3.9 Kuat Medan Magnet Optimal

Pada penelitan sebelumnya [5], telah dihasilkan kuat medan magnet maksimum yaitu 372 Gauss pada spesifikasi koil dengan panjang 5 cm, jumlah lilitan 600 dan jumlah layer 12 dan arus masukan 0 - 1 Ampere dan diukur pada jarak 0 cm.

Pada penelitian ini, setelah dibandingkan berdasarkan pengukuran terhadap perubahan jarak dan perubahan arus masukan dihasilkan kuat medan magnet optimal yaitu 1264 Gauss pada konfigurasi koil dengan jumlah layer 20 dan jarak 0 cm di sumbu x.

Kemudian dibuat kembali koil sebagai perbandingan dengan memperbesar luas lingkaran kawat $A = \pi d$ tetapi ukuran, konfigurasi, dan bentuk (panjang koil, diameter luar dan dalam koil) sama. Dengan cara memperbesar diameter kawat dan juga meningkatkan jumlah arus yang masuk. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan kuat medan magnet yang optimal dan dapat diterapkan pada alat yang menggunakan metode NDT. Akan tetapi kuat medan magnet maksimum yang dihasilkan hanya mencapai 841 Gauss dengan arus masukan 5 Ampere, dan tegangan masukan 3,6 volt.

Sehingga dapat disimpulkan bahwan kuat medan magnet terbaik dengan nilai 1034 Gauss pada konfigurasi koil dengan jumlah layer 20, arus masukan 2 Ampere, tegangan masukan 7.5 Volt, dan menggunakan inti ferrit yang diukur pada jarak 0 cm di sumbu x. Karena pada lilitan tersebut memiliki keadaan temperatur normal sehingga dapat diterapkan pada alat seperti *magnetic inductance tomography* dan

eddy current testing dengan $\mathcal{B}$ = 64 – 15000 G.

4. Kesimpulan

1. Pada penelitian ini telah dilakukan optimasi parameter koil dengan pengukuran dan perbandingan terhadap perubahan pada jumlah layer, jarak dan arus masukan untuk menghasilkan kuat medan magnet yang optimal.
2. Untuk mendapatkan kuat medan magnet yang dapat diterapkan pada alat dengan metode NDT. Dibuat kembali koil dengan memperbesar luas lingkaran kawat tetapi ukuran, konfigurasi, dan bentuk (panjang koil, diameter luar dan dalam koil) sama. Yaitu dengan cara memperbesar diameter kawat untuk meningkatkan jumlah arus yang masuk.
3. Kuat medan magnet terbaik dengan 1034 Gauss pada konfigurasi koil dengan jumlah layer 20, arus masukan 2 Ampere, tegangan masukan 7.5 Volt, menggunakan inti ferrit dan diukur pada jarak 0 cm di sumbu x. Karena lilitan tersebut memiliki keadaan temperatur normal sehingga dapat diterapkan pada alat tertentu dengan metode NDT.
4. Kuat medan magnet paling optimal dihasilkan pada konfigurasi koil terhadap perubahan arus masukan, jumlah layer dan jarak. Semakin besar perubahan arus masukan dan jumlah layer maka semakin besar kuat medan. Semakin kecil jarak maka semakin besar kuat medan magnet yang terukur.

Daftar Pustaka

[1] K. Kartikasari, A. Aminudin, and N. D. Ardi, “Rancang Bangun Sumber Medan Magnetik Dinamik Untuk Identifikasi Anomali Magnetik Lapisan Tanah,” vol. 3, no. 1, p. 9, 2015.

[2] Rizal Syaiful, Nisa’ Roisatun, Muhtadin, and BagusHarianto Muhammad, “Modul I NDT (Non Destructive Test).” Jun-2015.

[3] Jendi Julius, “Pengujian Non Destructive Test,” 04-Feb-2012. .

[4] H. A. Yuwono, “Kajian Listrik Magnet Dalam Bidang Kemagnetan Dan Elektrostatik Di Dalam Bahan,” p. 14.

[5] Fira Fauziah Hammur, “Perancangan Sumber Medan Magnet Variabel Untuk Pengaplikasian Tomografi Induksi Medan Magnet.” Teknik Fisika, Universitas Telkom, Bandung, Desember-2017.

[6] J. Yuda Mindara, L. Kin Men, S. Setianto, and S. Hidayat, “Model Pencekram Beban Pintar Metoda Elektromagnetik,” *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, vol. 1, no. 1, pp. 24–36, Feb. 2017.

[7] Ningsih and Eka Setya, “Magnet Jenis Magnet dan Peruntukannya Dalam Pembelajaran.” 01-Mar-2018.