

STUDI EKSPERIMENTAL DAN ANALISIS TEGANGAN KOIL *RECEIVER* PADA BAHAN FERROMAGNETIK DAN NON-FERROMAGNETIK DENGAN SISTEM INDUKSI MAGNET

EXPERIMENTAL STUDY AND ANALYSIS OF COIL RECEIVER VOLTAGE IN FERROMAGNETIC AND NON-FERROMAGNETIC MATERIALS WITH MAGNETIC INDUCTION SYSTEM

Fadhurrahman Syauiq¹, Dudi Darmawan², Indra Wahyudhin Fathona³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

syauqifadhurrahman@gmail.com¹, dudidw@gmail.com², indrafathonah@gmail.com³

Abstrak

Telah dilakukan pengujian induksi medan magnet dengan menggunakan 8 koil dan objek ditengah, dimana terdapat 1 koil sebagai *transmitter* dan ke-7 koil lainnya sebagai koil *receiver*. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi ada atau tidak adanya objek, mendeteksi jenis bahan objek, dan mendeteksi bentuk objek berdasarkan nilai tegangan pada koil *receiver* (koil penerima). Nilai tegangan yang dihasilkan karena adanya induksi dari koil *transmitter* yang menimbulkan medan magnet yang berubah-ubah sehingga terjadi gaya gerak listrik (ggl) induksi pada koil *receiver*. Pengujian ini menggunakan koil dengan diameter kawat 0.8 mm, jumlah lilitan sebanyak 50 dan panjang lilitan sebesar 48 mm. Dengan tegangan induksi sebesar 15 Vpp dan frekuensi kerja sebesar 2 MHz serta jarak antar koil sebesar 10 cm. Pada pengujian ini, bahwa nilai tegangan *receiver* dapat mendeteksi ditengah rangkaian terdapat objek atau tidak. Jika konfigurasi 8 koil tidak diletakkan objek, menghasilkan nilai tegangan < 1.1 V. Sedangkan, jika diberikan objek menghasilkan nilai tegangan sebesar ± 1.3 V. Selain itu, dapat mendeteksi bahan objek dengan melihat perbedaan nilai tegangan *receiver*. Pada bahan non-ferromagnetik menghasilkan nilai tegangan sekunder yang lebih besar (± 1.5 V). Perbedaan nilai tegangan pada material besi dan aluminium pada percobaan tidak terlalu besar yaitu $\pm 0.001-0.01$. Namun, pada penelitian ini tidak dapat mendeteksi bentuk dari objek yang diuji, dikarenakan pengujian ini tidak sampai tahap tomografi. Akan tetapi, dari hasil tegangan pada koil *receiver* yang diuji akan digunakan sebagai dasar untuk ke tahap tomografi.

Kata Kunci: Koil, Induksi Magnet, Nilai Tegangan Koil *Receiver*

Abstract

Induction of magnetic field testing has been carried out using 8 coils and objects in the middle, where there is 1 coil as a transmitter and the other 7 coil as receiver coil. This research aims to detect the presence or absence of an object, detect the material type of the object, and detect the shape of the object based on the value of the voltage on the receiving coil (receiver coil). The value of the voltage generated due to the induction of the transmitter coil which causes a magnetic field that changes so that the induced electromotive force (emf) on the reciver coil. This test uses a coil with a wire diameter of 0.8 mm, a total of 50 turns and a length of turns of 48 mm. With an induction voltage of 15 Vpp and a working frequency of 2 MHz and a distance between coils of 10 cm. In this test, that the receiver's voltage value can detect whether or not there is an object in the middle of the range, if an 8 coil configuration is no object (air) between the coil, the receiver's voltage value is < 1.1 V whereas if there are objects between the coils the receiver's voltage value ± 1.3 V. In addition, it can detect material objects by looking at the difference in receiver voltage values. Non-Ferromagnetic materials produce higher receiver voltage values (± 1.5 V). The difference in stress values between iron and aluminum material in the experiment is not too large, that is $\pm 0.001-0.01$. However, in this test can't detect the shape of the object, because this test does not reach the tomography. The result of receiver voltage will be used as a basic for tomography steps.

Keywords: Coil, Magnetic Induction, Coil Receiver Voltage Value.

1. Pendahuluan

Pada industri penerbangan, alat yang dapat mengetahui keadaan atau kondisi suatu material tanpa merusak material tersebut sangat diperlukan. Khususnya pada *inspector* mesin bagasi, untuk memeriksa material ataupun benda dalam kondisi baik maupun cacat. Dalam kemajuan teknologi, seseorang dituntut untuk dapat melakukan sesuatu yang memiliki tujuan untuk memudahkan pekerjaan.

Metode yang dapat dilakukan untuk mengetahui kondisi suatu material tanpa harus merusak material tersebut salah satunya yaitu metode *non-destructive testing* (NDT). Salah satu metode NDT untuk mengetahui kondisi suatu objek yang melalui pemetaan distribusi resistivitas menggunakan metode tomografi[1]. Pada metode tomografi dilakukan penelitian yang dapat mengetahui kondisi atau objek suatu material dengan koil sebagai detektor utama.

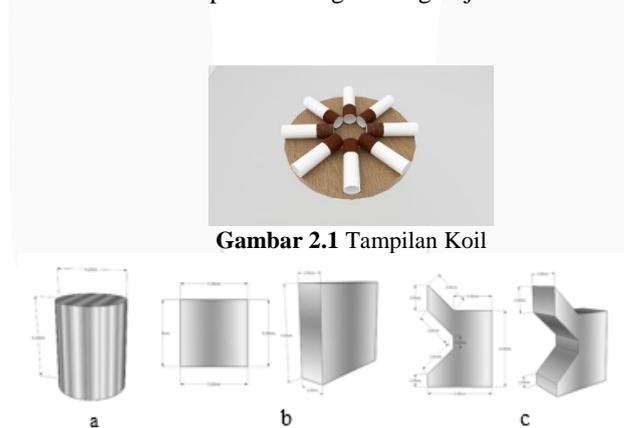
Untuk mendeteksi kondisi objek selain menggunakan metode tomografi juga bisa dilihat dari Arus Eddy yang terjadi karena ada interaksi antara sumber medan magnet dengan objek yang diuji [2]. Dimana metode pengujian Arus Eddy ini menggunakan perubahan arus listrik pada material dengan sifat konduktif yang dihubungkan dengan medan magnet dari sumber induksi. Arus Eddy akan terbaca ketika kondisi objek terdeteksi, sehingga dapat menyebabkan terjadi perubahan pada magnet yang memberikan induksi[2].

Terdapat 2 penelitian sebelumnya yang telah dilakukan. Penelitian pertama dilakukan oleh (M. N. Puji, 2015) dengan judul Perancangan Sistem *Volumetric Magnetik Induction Tomography* Menggunakan 8 Koil Pemancar dan 8 Koil Penerima, dimana hasil penelitiannya sudah sampai tomografi (pencitraan) namun hasil pencitraannya belum jelas. Pada penelitian yang kedua didasari dari penelitian pertama, yang dilakukan oleh (Dian Arum N, 2018) dengan judul Studi Kelayakan Sistem Induksi Medan Magnet Menggunakan *Single Tranceiver* pada Bahan Ferromagnetik dan non-Ferromagnetik. Hasil konfigurasi tersebut dapat menentukan jenis bahan yang diuji.

Berdasarkan 2 penelitian sebelumnya, penulis menggunakan konfigurasi koil yang dilakukan oleh saudara Dian. Untuk melakukan penelitian dengan tujuan menentukan bentuk objek, jenis bahan, dan mendeteksi ada atau tidak ada objek. Ketiga tujuan tersebut, ingin dianalisis pola yang dihasilkan berdasarkan nilai tegangan pada koil *receiver*. Secara khusus pada tujuan menentukan bentuk objek, tidak sampai pada tahap tomografi (pencitraan). Pada penelitian ini, penulis menggunakan konfigurasi 8 koil dengan posisi diletakkan diatas wadah yang berbentuk lingkaran dengan posisi melingkar.

2. Metodologi

Pengujian ini menggunakan koil dengan diameter kawat 0.8 mm, jumlah lilitan sebanyak 50 dan panjang lilitan sebesar 48 mm. Dengan tegangan induksi sebesar 15 Vpp dan frekuensi kerja sebesar 2 MHz. dan jarak antar koil *transmitter* dengan koil *receiver* sejauh 10 cm. Objek yang digunakan pada pengujian ini yaitu silinder, balok dan irregular dengan material besi dan aluminium pada masing-masing objek.



Gambar 2.1 Tampilan Koil

Gambar 2.2 Spesifikasi dan bentuk objek (a) silinder, (b) balok, (c) irregular

Dilakukan konfigurasi koil dengan menguji nilai induktansi dan resistansi pada masing-masing koil bertujuan untuk mengetahui parameter sensor koil yang identik. Dimana, sensor koil identik ini dibutuhkan untuk pengembangan sistem planar induksi medan magnet ke arah pencitraan. Sedangkan untuk penelitian yang dilakukan penulis hanya sampai menentukan pola terhadap objek.

Setelah dilakukan konfigurasi koil, maka akan mengetahui koil yang sesuai dengan hipotesa dan baru dimulai untuk melakukan pengujian pada data utama. Yang dimaksud dengan data utama yaitu, terdapat 8 koil dengan 1 koil diberi induksi (sumber arus AC) atau dapat dikatakan sebagai koil pemancar (*transmitter*) dan ke-7 koilnya sebagai koil penerima (*receiver*). Pengujian data utama, koil *transmitter* dilakukan secara bergilir atau pada koil 1 diinduksi, selanjutnya koil 2, koil 3 dan seterusnya. Pengujian ini dilakukan dengan *function generator*, osiloskop dan koper akusisi data.

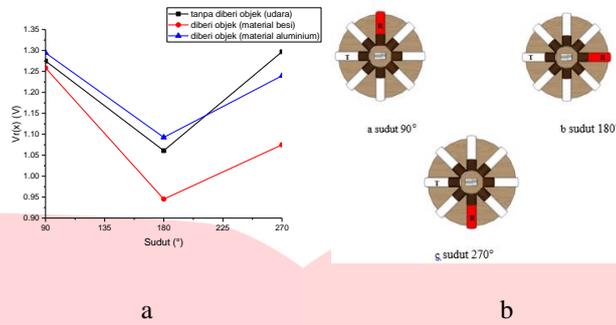
3. Hasil

Pada penelitian, dilakukan beberapa studi kasus karakteristik koil yaitu karakteristik koil terhadap jarak antara *Transmitter* dan *Receiver*, karakteristik koil pada posisi atau sudut antara *Transmitter* dan *Receiver*, dan karakteristik koil terhadap penambahan koil. Hal tersebut, bertujuan untuk mengetahui karakteristik koil, bahwa jarak, sudut dan penambahan koil sangat mempengaruhi nilai tegangan *receiver* yang dihasilkan.

3.1 Karakteristik koil terhadap jarak

Pada pengujian ini menggunakan jarak antara koil *transmitter* dengan koil *receiver* yaitu sebesar 7 cm, 8 cm dan 10 cm. dan menggunakan frekuensi kerja sebesar 2 MHz serta tegangan induksi sebesar 15 Vpp dengan variasi diberikan objek dan tidak diberi objek (udara). Semakin jauh jarak antara koil *Transmitter* dengan koil *Receiver* menghasilkan nilai tegangan sekunder yang lebih kecil yaitu sebesar 0.795 V dikarenakan garis gaya magnet yang mengenai ujung kumparan koil *receiver* dengan jarak lebih serta membutuhkan energi untuk mentransfer arus yang kuat. Semakin jauh jarak energi yang disalurkan akan melemah dan menghasilkan nilai tegangan pada koil *receiver* rendah.

3.2 Karakteristik koil terhadap sudut

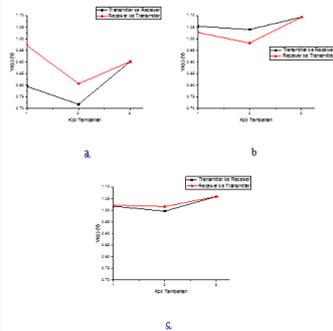


Gambar 3.2 (a) grafik karakteristik koil terhadap sudut, (b) gambar peletakkan sudut antara koil

Bahwa semakin dekat posisi koil *receiver* dengan koil *transmitter* maka tegangan yang dihasilkan lebih besar. Dari gambar tersebut, posisi koil *receiver* yang diletakkan 90° dan 270° dari koil *transmitter* memiliki nilai tegangan sekunder ±1.3 V dibandingkan dengan posisi koil *receiver* 180° dari koil *transmitter*. Dikarenakan, pada posisi yang sejajar dengan permukaan (180°) nilai fluks yang dihasilkan kecil sehingga mengakibatkan nilai tegangan sekunder pada koil *receiver* lebih kecil.

3.3 Karakteristik koil terhadap penambahan koil

a. penambahan koil dari transmitter ke receiver dan penambahan koil dari receiver ke transmitter



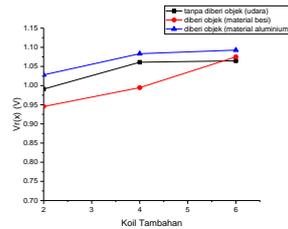
Gambar 3.3 (a) tanpa objek (udara), (b) dengan objek material besi, (c) dengan objek material aluminium

Penambahan koil yang diletakkan dari koil *transmitter* ke koil *receiver* dan penambahan koil yang diletakkan dari koil *receiver* ke koil *transmitter* pada masing-masing material memiliki perbedaan nilai tegangan yaitu,

- a. Pada udara udara memiliki perbedaan tegangan *Receiver* sebesar 0.089 – 0.175
- b. Pada material besi perbedaan tegangan *Receiver* sebesar 0.027-0.059
- c. Pada material aluminium perbedaan tegangan *Receiver* sebesar 0.004-0.02

Nilai tegangan *Receiver* lebih besar pada penambahan koil yang diletakkan dari koil *transmitter* ke koil *receiver*. Dikarenakan pada koil tambahan juga memberikan induksi diri untuk koil *receiver*, jika diletakkan dekat dengan koil *transmitter* yang terdapat sumber arus maka koil tambahan akan memberikan penambahan medan magnet yang menginduksi koil *receiver* sehingga menghasilkan nilai tegangan.

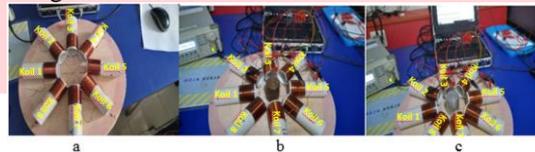
b. penambahan koil yang mengapit koil receiver



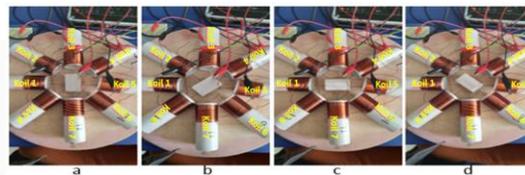
Gambar 3.4 Gambar grafik penambahan koil yang diletakkan mengapit koil receiver dengan material besi berbeda (udara, besi dan aluminium)

Bahwa semakin banyak diletakkan koil tambahan maka menghasilkan nilai tegangan sekunder atau nilai tegangan pada koil receiver sebesar ±1.1V. Dari hasil penambahan koil yang diletakkan dekat koil transmitter maupun koil receiver menghasilkan nilai tegangan yang besar dan semakin banyak koil tambahan yang diletakkan maka nilai tegangan sekunder yang dihasilkan juga meningkat.

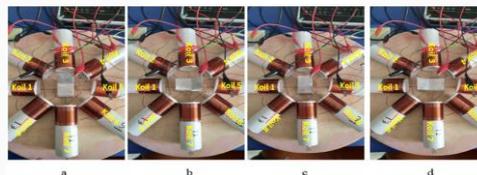
Dari penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan 8 koil, dimana 1 koil yang diberi induksi (sumber arus) dan ke-7 koil lainnya sebagai koil penerima (receiver). Pada penelitian ini juga dilakukan dengan meletakkan objek (silinder, balok dan irregular) ditengah koil serta memvariasikan posisi dari objek tersebut. Adapun variasi posisi dari objek dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.5 (a) Gambar tanpa objek (udara), (b) Gambar dengan objek Silinder Besi, (c) Gambar dengan objek Silinder Aluminium



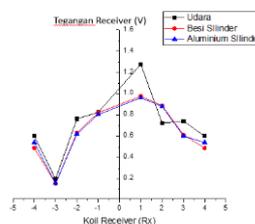
Gambar 3.6 (a) objek balok posisi 1 (b) objek balok posisi 2 (c) objek balok posisi 3 (d) objek balok posisi 4



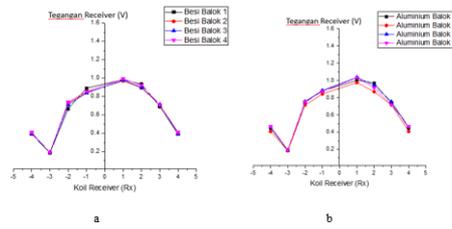
Gambar 3.7 (a) objek irregular posisi 1 (b) objek irregular posisi 2 (c) objek irregular posisi 3 (d) objek irregular posisi 4
Hasil penelitian data utama, diambil beberapa sampel dikarenakan pada penelitian ini untuk melihat pola koil apakah dapat mendeteksi terdapat objek ditengah koil, jenis bahan dari objek dan bentuk objek tersebut. Dari hasil data utama, koil atau sensor hanya dapat mendeteksi jenis bahan dan letak objek ditengah koil. Dapat dilihat pada sampel koil berikut, adapun sampel koil yang digunakan (diinduksi) yaitu koil 1 dan koil 7.

3.4 Koil 1 diinduksi

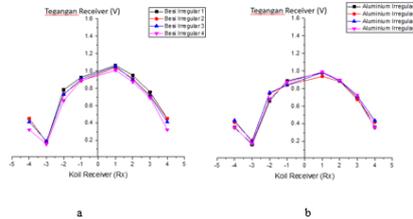
Pada koil 1 yang diberi induksi, maka koil 2-8 merupakan koil penerima (receiver), pada pengujian ini diletakkan objek ditengah koil dengan posisi yang berbeda-beda untuk objek balok dan irregular. Dimana koil yang diberi induksi (koil transmitter) dimisalkan dengan koil 0. Maka dari itu, koil 1 yang diberi induksi maka koil 1 merupakan koil 0 dan koil 2 - koil 5 merupakan koil 1 - koil 4, sedangkan koil 6 – koil 8 merupakan koil -3 – koil -1 dan koil 5 juga merupakan koil -4. Dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar 3.8 Gambar Grafik koil 1 diinduksi dengan variasi objek udara dan silinder



Gambar 3.9 (a) Grafik balok pada koil 1 diinduksi dengan material besi, (b) Grafik balok pada koil 1 diinduksi dengan material aluminium



Gambar 3.10 (a) Grafik pada objek Irregular dengan material besi, (b) Grafik pada objek Irregular dengan material aluminium

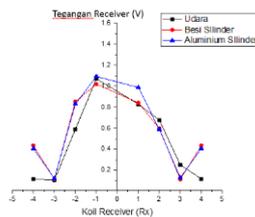
Keterangan pada grafik:

- Besi/Aluminium Balok/Irregular 1 : merupakan posisi objek balok yang dapat dilihat pada **Gambar 3.5 (a)** dan posisi objek irregular yang dapat dilihat pada **Gambar 3.6 (a)**
- Besi/Aluminium Balok/Irregular 2 : merupakan posisi objek balok yang dapat dilihat pada **Gambar 3.5 (b)** dan posisi objek irregular yang dapat dilihat pada **Gambar 3.6 (b)**
- Besi/Aluminium Balok/Irregular 3 : merupakan posisi objek balok yang dapat dilihat pada **Gambar 3.5 (c)** dan posisi objek irregular yang dapat dilihat pada **Gambar 3.6 (c)**
- Besi/Aluminium Balok/Irregular 4 : merupakan posisi objek balok yang dapat dilihat pada **Gambar 3.5 (d)** dan posisi objek irregular yang dapat dilihat pada **Gambar 3.6 (d)**

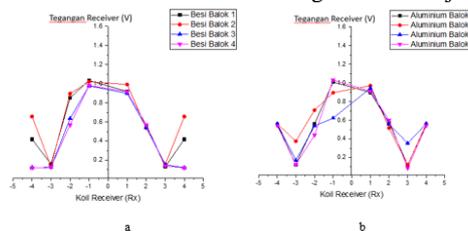
Pada **Gambar 3.8** dapat dilihat bahwa, nilai tegangan receiver pada udara lebih besar ($V_r \pm 1.3V$), dikarenakan udara memiliki nilai permeabilitas relative ≈ 1 , sedangkan nilai permeabilitas relative besi lebih besar dari 1 dan aluminium lebih besar sedikit dari 1, maka sinyal tegangan induksi yang diterima jauh lebih besar ketika diantara konfigurasi 8 koil tidak diletakkan objek. Pada **Gambar 3.9** dan **Gambar 3.10** material aluminium menghasilkan nilai tegangan sekunder yang lebih tinggi ($V_r \pm 1.1V$) dibandingkan dengan material besi. Hal ini dikarenakan, pada bahan *non-ferromagnetic* akan menguatkan sinyal, sehingga menghasilkan nilai tegangan sekunder yang lebih besar. Dibandingkan dengan bahan *ferromagnetic* yang melemahkan sinyal.

3.5 Koil 7 diinduksi

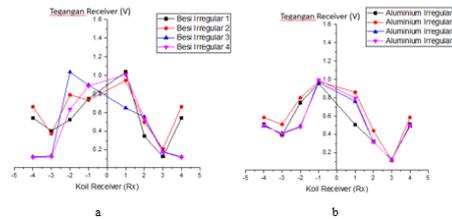
Pada koil 7 yang diberi induksi, maka koil 1-6, dan koil 8 merupakan koil penerima (*receiver*), pada pengujian ini diletakkan objek ditengah koil dengan posisi yang berbeda-beda untuk objek balok dan irregular. Dimana koil yang diberi induksi (koil *transmitter*) dimisalkan dengan koil 0. Maka dari itu, koil 7 yang diberi induksi maka koil 7 merupakan koil 0 dan koil 8 - koil 3 merupakan koil 1 - koil 4, sedangkan koil 4 - koil 6 merupakan koil -3 - koil -1 dan koil 3 juga merupakan koil -4. Dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar 3.17 Gambar Grafik koil 7 diinduksi dengan variasi objek udara dan silinder



Gambar 3.18 (a) Grafik balok pada koil 7 diinduksi dengan material besi, (b) Grafik balok pada koil 7 diinduksi dengan material aluminium



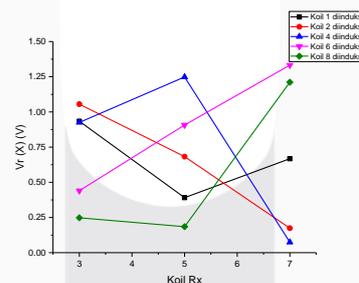
Gambar 3.19 (a) Grafik pada objek Irregular dengan material besi, (b) Grafik pada objek Irregular dengan material aluminium

Keterangan pada grafik:

- Besi/Aluminium Balok/Irregular 1 : merupakan posisi objek balok yang dapat dilihat pada **Gambar 3.5 (a)** dan posisi objek irregular yang dapat dilihat pada **Gambar 3.6 (a)**
- Besi/Aluminium Balok/Irregular 2 : merupakan posisi objek balok yang dapat dilihat pada **Gambar 3.5 (b)** dan posisi objek irregular yang dapat dilihat pada **Gambar 3.6 (b)**
- Besi/Aluminium Balok/Irregular 3 : merupakan posisi objek balok yang dapat dilihat pada **Gambar 3.5 (c)** dan posisi objek irregular yang dapat dilihat pada **Gambar 3.6 (c)**
- Besi/Aluminium Balok/Irregular 4 : merupakan posisi objek balok yang dapat dilihat pada **Gambar 3.5 (d)** dan posisi objek irregular yang dapat dilihat pada **Gambar 3.6 (d)**

Pada **Gambar 3.17** dapat dilihat bahwa, jika diletakkan objek ditengah koil *eddy current* yang dihasilkan pada objek akan mempengaruhi nilai tegangan sekunder. Pada **Gambar 3.18** koil 7 sebagai koil *transmitter* (koil pemancar), dimana koil 1-6 dan koil 8 merupakan koil *receiver*. Hasil dari koil 7 yang diberi induksi, dimana nilai tegangan pada koil 6 dan koil 8 jauh lebih besar yaitu ± 1.1 V dan ± 1.0 V dibandingkan dengan nilai tegangan dikoil 1-5. Dikarenakan, pada koil 6 dan 8 memiliki jarak yang lebih dekat dengan koil *transmitter* (mengapit) sehingga fluks yang dipancarkan akan lebih mudah diterima oleh koil *receiver* dan menghasilkan nilai tegangan *receiver* (sekunder). Koil yang berhadapan dengan bidang objek yang lebih kecil menghasilkan tegangan sekunder yang kecil. **Gambar 3.19** dapat dilihat bahwa, pada material besi dan aluminium pada posisi 1 yang memiliki luas penampang objek lebih kecil dari koil *transmitter* akan tetapi pada bagian luas penampang yang mengarah ke koil *receiver* lebih besar, maka fluks yang diterima koil *receiver* lebih besar yang menghasilkan nilai tegangan sekunder yang besar ($V_r \pm 1.05V$).

Pada pengujian ini tidak dapat mendeteksi bentuk objek yang diuji, dikarenakan pengujian koil tidak sampai tahap pencitraan. Akan tetapi, dapat diambil sampel yang dapat dilihat pada grafik berikut. Dimana objek yang dijadikan sampel yaitu balok besi dan melihat nilai tegangan *receiver* pada koil 3, koil 5 dan koil 7, dikarenakan objek yang menghadap ke koil tersebut memiliki bidang (luas) yang lebih besar dibandingkan dengan koil yang lain.



Gambar 3.20 Grafik sampel untuk melihat bentuk objek yang diuji

Pada **Gambar 3.20** dapat dilihat bahwa nilai tegangan *receiver* pada bidang objek dengan luas yang besar menghasilkan nilai tegangan yang besar. Karena fluks yang diinduksikan diterima koil *receiver* semakin besar. Akan tetapi, dikarenakan pengujian ini tidak sampai dengan pencitraan sehingga dari koil tersebut tidak dapat mendeteksi bentuk objek yang diuji. Sehingga hanya dapat mendeteksi ada atau tidaknya objek diantara koil dan bahan objek yang diuji.

4. Analisis

Koil *transmitter* yang diberikan sumber arus AC menghasilkan fluks, sehingga pada koil *receiver* menghasilkan nilai tegangan sekunder. Dari pengujian yang telah dilakukan menggunakan 8 koil dengan peletakkan koilnya secara rapat, menghasilkan nilai tegangan sekunder yang besar jika posisi koil penerima lebih dekat dengan koil pemancar. Dikarenakan fluks yang diterima pada koil *receiver* jauh lebih mudah diterima atau dapat dilihat menggunakan kaidah tangan kanan, karena arah medan magnet dapat menembus tegak lurus pada permukaan[6].

Pada pengujian ini juga terjadi arus timbal balik, dimana fluks pada koil penerima (*receiver*) yang terinduksi dari arus pemancar. Ketika satu koil diberi induksi yang menghasilkan fluks dan ke-7 koil sebagai penerima juga terinduksi dan menghasilkan perubahan arus lainnya. Bahan atau material pada objek juga mempengaruhi nilai tegangan sekunder, dimana material ferromagnetik menghasilkan nilai tegangan sekunder yang kecil karena

memiliki nilai permeabilitas yang lebih besar ($\mu_r \gg 1$) dibandingkan dengan bahan non-ferromagnetik sehingga dapat melemahkan sinyal. Dengan melihat nilai tegangan *receiver* bahwa, pada pengujian ini koil dapat mendeteksi apakah terdapat benda diantara koil. Hal tersebut dapat dilihat, jika diantara koil tidak terdapat benda (udara) maka nilai tegangan *receiver* ± 1.3 V sedangkan jika diantara koil terdapat benda maka nilai tegangan *receiver* < nilai tegangan *receiver* tanpa objek (udara). Dikarenakan nilai permeabilitas relative udara ≈ 1 .

Selain dapat mendeteksi objek, dari nilai tegangan *receiver* pada pengujian juga dapat mendeteksi jenis bahan dari objek yang diuji. Dimana untuk bahan ferromagnetik memiliki nilai tegangan *receiver* yang rendah dibandingkan dengan bahan non-ferromagnetik, dikarenakan bahan ferromagnetik merupakan bahan dengan konduktivitas sehingga akan melemahkan sinyal yang diberikan dari koil *transmitter*. Perbedaan nilai tegangan pada material besi dan aluminium pada percobaan tidak terlalu besar yaitu $\pm 0.001-0.01$.

5. Kesimpulan

Dari pengujian sistem koil yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Sistem koil dengan konfigurasi 8 koil, dilihat dari nilai tegangan pada koil *receiver* dapat mendeteksi ada atau tidak adanya objek. Jika konfigurasi 8 koil tidak diletakkan objek, menghasilkan nilai tegangan < 1.1 V. Sedangkan, jika ditengah konfigurasi 8 koil diberikan objek, menghasilkan nilai tegangan sebesar ± 1.3 V.
2. Sistem koil dengan konfigurasi 8 koil, dilihat dari nilai tegangan pada koil *receiver* dapat mendeteksi bahan dari objek yang diletakkan ditengah koil. Objek dengan variasi bahan yang non-ferromagnetik (nilai konduktifnya kecil) menghasilkan nilai tegangan sekunder yang lebih besar (± 1.5 V). Dikarenakan pada bahan non-ferromagnetik akan menguatkan sinyal, sehingga menghasilkan nilai tegangan sekunder yang lebih besar. Dibandingkan dengan bahan ferromagnetik yang melemahkan sinyal.
3. Sistem koil dengan konfigurasi 8 koil, dilihat dari nilai tegangan pada koil *receiver* tidak dapat mendeteksi bentuk objek yang diuji, dikarenakan pengujian ini tidak sampai tahap tomografi. Akan tetapi, dari hasil tegangan pada koil *receiver* yang diuji dapat digunakan sebagai dasar untuk ke tahap tomografi.

6. Referensi

- [1] D. A. Novitasari, "STUDI KELAYAKAN SISTEM INDUKSI MEDAN MAGNET MENGGUNAKAN SINGLE TRANCEIVER PADA BAHAN FERROMAGNETIK DAN NON- FERROMAGNETIK," *Telkom Univ.*, 2018.
- [2] H.-Y. Wei and A. J. Wilkinson, "Design of a Sensor Coil and Measurement Electronics for Magnetic Induction Tomography," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 60, pp. 3853–3859, Dec. 2011.
- [3] M. N. Puji, "Perancangan Sistem Volumetric Magnetic Induction Tomography Menggunakan 8 Koil Pemancar dan 8 Koil Penerima," *Univ. Indones. Depok*, 2015.
- [4] Z. Zakaria *et al.*, "Advancements in Transmitters and Sensors for Biological Tissue Imaging in Magnetic Induction Tomography," *Open Acces Sens.*, vol. 12, May 2012.
- [5] M. L, "Magnetic Induction Tomography for Non-Destructive Evaluation and Process Tomography," *Univ. Bath*, 2014.
- [6] "Chapter 11. Inductance and Magnetic Energy," in *Inductance and Magnetic Energy.pdf*, .
- [7] A. Korjnevsky, V. Cherepenin, and S. Sapetsky, "Magnetic Induction Tomography: experimental realization," *Physiol. Meas.*, vol. 21(1):89, 2000.
- [8] D. Darmawan, *Diktat Kuliah Fisika II*. Institut Teknologi Bandung, 2010.
- [9] M. Lu and M. Soleimani, "Magnetic Induction Tomography Methods and Application a Review.," *Meas. Sci. Technol.*, vol. 28, p. 7, 2017.
- [10] A. J. Peyton *et al.*, "Development of Electromagnetic tomography (EMT) for industrial Applications. Part 1: Sensor Design and Instrumentation," *Departement Electr. Eng. Electron. Lanc. Univ.*, Apr. 1999.