

STUDI PENGARUH POSISI PENGINDUKSIAN PADA DETEKSI LOGAM BESI DALAM TANAH MENGGUNAKAN SISTEM ICEIT MULTIKOIL MELALUI ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN

STUDY OF THE EFFECT OF INDUCTION POSITION FOR DETECTION OF IRON METAL IN SOIL USING MULTICOIL ICEIT SYSTEM THROUGH VOLTAGE DISTRIBUTION ANALYSIS

Ilham Pranata Putra¹, Dudi Darmawan², Iwan Cony Setiadi³

^{1,2} Universitas Telkom, Bandung

³Institut Teknologi Sepuluh Noverber, Surabaya

¹ilhampranataputra14@student.telkomuniversity.ac.id, ²dudidw@telkomuniversity.ac.id,

³iwancony.setiadi@its.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengusulkan pendekatan analisis data beda tegangan pada sistem ICEIT yang memiliki sembilan pola multikoil aktif untuk meningkatkan akurasi identifikasi anomali dalam tanah. Penelitian ini membantu dalam menganalisa perubahan distribusi tegangan saat adanya anomali pada objek. Perubahan yang terjadi ini dapat dijadikan indikator validitas pengukuran yang dapat dibandingkan dengan hasil simulasi perhitungan secara teoritis. Pengambilan data beda tegangan pada sistem ICEIT ini menggunakan metode *Adjacent* yang mengukur beda tegangan pada pasangan elektroda bersebelahan dengan menginduksi masing-masing kesembilan pola multikoil aktif. Pengukuran beda tegangan setiap pasangan elektroda yang bersebelahan diukur secara otomatis menggunakan alat akuisi data. Penelitian dilakukan dengan melakukan eksperimen variasi frekuensi dan variasi amplitudo pada function generator yang diinduksikan melalui kesembilan pola multikoil menggunakan alat akuisi data dengan inti pipa PVC sebagai transmitter koil kemudian diterima oleh 16 pasang elektroda bersebelahan yang berada di sekitar objek yang menghasilkan data beda tegangan saat kondisi objek homogen dan objek beranomali. Hal ini dilakukan untuk mengamati pengaruh perubahan distribusi tegangan dengan posisi multikoil yang lebih banyak dari penelitian sebelumnya. Hasilnya didapatkan adanya perbedaan dan perubahan pola distribusi tegangan melalui grafik beda potensial pada saat kondisi homogen maupun beranomali dengan rentang data beda tegangan -1914 mV hingga 2241 mV. Parameter fisis ideal sistem dengan frekuensi sumber $f = 5$ MHz, amplitudo = 20 Vpp dan rentang nilai induktansi koil 76 μ H – 86 μ H. Dengan adanya perubahan distribusi beda potensial ini maka rekonstruksi citranya bisa memberikan hasil yg baik.

Kata kunci : anomali, beda tegangan, ICEIT, multikoil

Abstract

This paper proposes an approach to analysis of voltage difference data on the ICEIT system which has nine active multicoil patterns to improve the accuracy of identification of anomalies in the soil. The main contribution of this research is helps in analyzing changes in the stress distribution when there is an anomaly in the object. This change can be used as an indicator of the validity of the measurement that can be compared with the results of the theoretical calculation simulation. The data retrieval of the voltage difference in the ICEIT system uses the *Adjacent* method which measures the voltage difference on a pair of adjacent electrodes by inducing each of the nine active multicoil patterns. The measurement of the voltage difference for each pair of adjacent electrodes is measured automatically using a data acquisition tool. The research was carried out by experimenting with frequency variations and amplitude variations on the function generator induced through the nine multicoil patterns using a data acquisition tool with a PVC pipe core as a coil transmitter and then received by 16 pairs of adjacent electrodes around the object that produce voltage difference data when the object condition homogeneous and anomalous objects. This is

done to observe the effect of changes in the voltage distribution with more multicoil positions than previous studies. The result is that there are differences and changes in the pattern of voltage distribution through the potential difference graph when conditions are homogeneous or anomalous with a voltage difference data range of -1914 mV to 2241 mV. The ideal physical parameters of the system with source frequency $f = 5$ MHz, amplitude = 20 Vpp and coil inductance value range $76 \mu\text{H} - 86 \mu\text{H}$. With the change in the distribution of this potential difference, the next image reconstruction can give good results.

Keywords: anomaly, ICEIT, multicoils, potential difference

1. Pendahuluan

Kata tomografi berasal dari bahasa Yunani "*tomos*" yang berarti sepotong, irisan atau bagian, sehingga tomografi adalah teknik pencitraan (menggambar) untuk membuat grafik bagian demi bagian [1]. *Electrical Impedance Tomography* (EIT) adalah metode pengukuran yang menggunakan konsep pencitraan yang sering digunakan di dunia industri dan dunia biomedis. Dibandingkan dengan teknologi tomografi *X-Ray* ataupun teknologi tomografi dengan menggunakan prinsip emisi positron, EIT jauh lebih murah, jauh lebih kecil, jauh lebih sederhana, dan tidak akan menimbulkan bahaya [2-3]. Contoh penggunaan tomografi yang lainnya adalah pencitraan air garam dalam aliran multifase dan pencitraan stroke serebral [4]. Terdapat dua metode dalam EIT dalam menentukan distribusi resistivitas objek yaitu dengan cara injeksi arus (ACEIT) atau dengan induksi arus (ICEIT). *Induced Current Electrical Impedance Tomography* (ICEIT) merupakan salah satu metode EIT yang prinsipnya sama dengan *Eddy Current* yaitu induksi arus bolak-balik dengan frekuensi tertentu pada sebuah kumparan (koil) kemudian membangkitkan medan magnet di sekitar kumparan [5]. Pemetaan dilakukan berdasarkan data beda potensial yang diukur antara elektroda-elektroda yang dipasang pada di sekeliling phantom dengan variabel kombinasi posisi multikoil yang aktif [6].

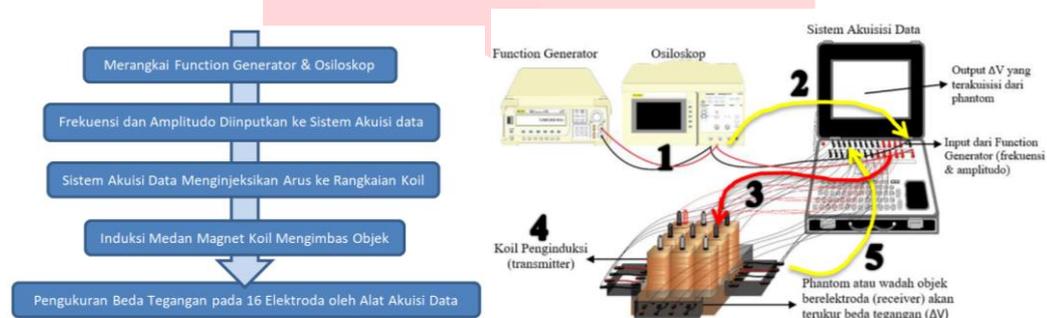
Pada penelitian sebelumnya, metode tomografi yang dilakukan adalah metode MIS (*Magnetic Induction Spectroscopy*) adalah salah satu metode spektroskopi, menggunakan prinsip induksi elektromagnetik untuk mengukur sifat listrik pasif (PEP) seperti konduktivitas listrik (σ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju kenaikan tegangan sekunder rendah untuk 5 lilitan meningkat dengan bertambahnya jumlah lilitan sekunder [7]. Penelitian sebelumnya relatif tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada data beda tegangan yang diambil di setiap pasangan elektroda pada single koil dan multikoil saat kondisi homogen ataupun beranomali. Lilitan koil kurang rapi dengan ketidakrapatan antara lilitan yang satu dengan yang lain dan terlihat masih adanya jarak diantara kedua lilitan pada masing-masing koil. Pengaturan penempatan multikoil antara koil yang satu dan yang lainnya terlalu dekat, sehingga menimbulkan *mutual induction* pada koil yang berdekatan dan ketidakakuratan penginduksian pada koil yang terinduksi [8].

Pada penelitian ini, akan dilakukan pengaruh penginduksian sistem ICEIT multikoil pada objek homogen berupa tanah laterit dengan anomali serbuk besi untuk mengetahui dan menganalisa pola distribusi tegangan dari beberapa posisi induksi multikoil. Penelitian ini menggunakan sembilan pola multikoil berbeda yang diinduksi dengan meletakkan anomali di tengah phantom yang merupakan pengembangan dari variasi posisi induksi penelitian [9]. Sehingga diharapkan pada posisi penginduksian yang berbeda akan menghasilkan pola distribusi beda tegangan yang dapat memprediksi posisi dan bentuk dari anomali [10]. Hal ini berkaitan dengan penelitian sebelumnya [4] yang menunjukkan perubahan posisi koil akan meningkatkan kemampuan deteksi anomali pada sistem ICEIT. Parameter fisis didapatkan dengan cara eksperimen variasi frekuensi dan amplitudo yang diinduksikan melalui sembilan koil sebagai transmitter sesuai dengan ilustrasi pada Gambar 1. Kemudian diterima oleh keenambelas elektroda yang berada di sekitar objek sebagai penerima. Penelitian ini menggunakan *adjacent method* yang mengukur beda tegangan pada pasangan elektroda yang bersebelahan. Sehingga, metode *Adjacent* lebih unggul untuk deteksi objek pada bagian tepi phantom [11].

Setelah itu, pengambilan data sistem ICEIT dengan mengimplementasikan parameter fisis beda tegangan yang telah diperoleh saat objek homogen dan objek beranomali. Kemudian dilakukan plot data beda tegangan, diamati pola distribusinya dan menganalisis distribusi tegangan yang diterima masing-masing elektroda. Pada tomografi data hasil akuisisi yang berfungsi sebagai informasi untuk pencitraan, kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Matlab hingga menjadi citra objek. Penelitian ini hanya sampai langkah pertama pada metode tomografi yaitu pengambilan data proyeksi dalam skala lab dan tidak dilakukan pencitraan. Setelah penelitian yang dilakukan, didapat hasil kesembilan coil sebagai sistem induksi mampu menginduksi dengan rentang induktansi $76 \mu\text{H} - 86 \mu\text{H}$. Pada pola induksi multikoil, didapat pola distribusi tegangan berbeda-beda. Walaupun memiliki pola beda tegangan yang berbeda pada masing-masing induksi pola multikoil, kombinasi pola induksi multikoil tidak berpengaruh terhadap penentuan posisi anomali.

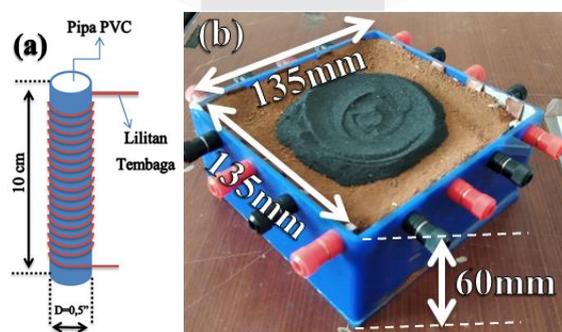
2. Metodologi Pengukuran Tegangan Sistem ICEIT

Pada penelitian ini tahapan tomografi yang dilakukan hanya sampai tahap pertama yaitu pengukuran beda tegangan dengan menggunakan alat akuisi data pada pasangan elektroda bersebelahan di sekitar phantom. Sehingga data beda tegangan yang didapatkan alat akuisi data akan diolah sedemikian rupa untuk membedakan beda tegangan yg didapat pada pasangan elektroda bersebelahan saat homogen maupun saat beranomali seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema Umum Eksperimen Sistem ICEIT dan Ilustrasi Eksperimen Sistem ICEIT [4]

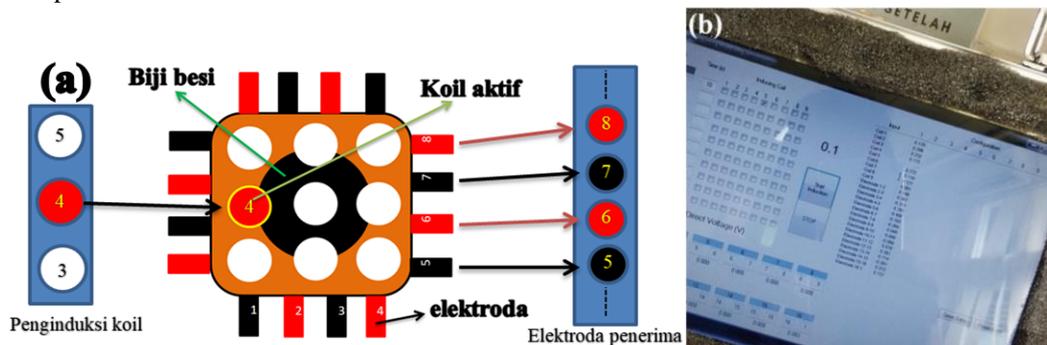
Penelitian dimulai dengan perancangan sistem induksi dan phantom. Kesembilan coil akan dibuat dari bahan pipa PVC berukuran 12,7mm dengan panjang pipa 100mm. Semua coil dililit dengan kawat tembaga berdiameter 0,5mm sebanyak 180 lilitan seperti Gambar 2.a. Perancangan setelah merangkai rangkaian koil adalah perancangan phantom. Phantom yang digunakan menggunakan ukuran panjang dan lebar 135mm serta tinggi phantom 6cm sesuai dengan Gambar 2.b. Setelah perancangan sistem ICEIT, dilakukan eksperimen pengukuran fisis pada kesembilan coil. Pengukuran fisis kesembilan coil menggunakan LCR meter menggunakan variasi frekuensi didapat data induktansi koil dan resistansi koil dalam satuan μH dan Ω .



Gambar 2 (a) perancangan koil dan (b) perancangan phantom

Penelitian ini menggunakan *adjacent method* yang mengukur beda tegangan pada pasangan elektroda yang bersebelahan [4]. Masing-masing elektroda pada sekitar phantom akan dihubungkan

dengan alat akuisi data sesuai dengan urutan nomornya pada phantom dan alat akuisi data sesuai dengan Gambar 3.a. Sehingga phantom yang terimbas akan menghasilkan beda tegangan yang terdapat di pasangan elektroda yang bersebelahan. Beda tegangan pada masing-masing elektroda bersebelahan akan terbaca otomatis di alat akuisi data pada Gambar 3.b akan diolah menggunakan software pengolah angka dan dibandingkan pola kesembilan multikoil terhadap objek homogen maupun anomali.



Gambar 3 (a) Ilustrasi pengukuran tegangan sistem ICEIT dan (b) data pengukuran tegangan otomatis oleh alat akuisi data

3. Pembahasan

3.1 Karakterisasi Sistem ICEIT

3.1.1 Karakterisasi Parameter Sistem Induksi ICEIT

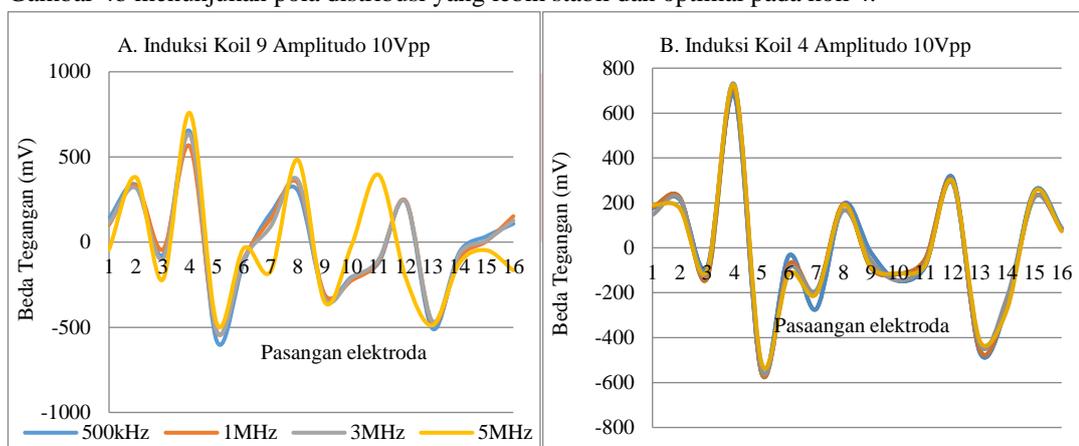
Karakterisasi parameter sistem induksi ICEIT pada eksperimen ini dilakukan dengan beberapa variabel sesuai dengan parameter fisis yang ingin diketahui. Sistem induksi ICEIT yang dimaksud adalah rangkaian koil induksi. Rangkaian koil terdiri atas sembilan buah koil yang masing-masing koil terdiri atas 180 lilitan menggunakan kawat tembaga berukuran diameter 0,5 milimeter. Parameter fisis yang akan diukur dan diketahui adalah frekuensi (Hz), amplitudo (mV), resistansi (Ω) dan induktansi (μH). Alat untuk mengambil data induktansi koil menggunakan LCR merek Sanwa tipe LCR-700 dengan variasi frekuensi 100Hz, 120Hz, 1kHz, 10kHz dan 100kHz. Berdasarkan hasil pengukuran LCR meter yang ditunjukkan oleh Tabel 1, rentang induktansi koil perangkat sistem ICEIT antara 76 μH hingga 86 μH dan rentang resistansi antara 1,327 Ω hingga 1,440 Ω .

Tabel 1 data induktansi dan resistansi pada masing-masing koil

| koil | Induktansi (μH) | | | | | Resistansi (Ω) |
|------|------------------------------|-------|------|-------|--------|-------------------------|
| | 100Hz | 120Hz | 1kHz | 10Khz | 100Khz | |
| 1 | 78 | 79 | 79 | 79 | 78 | 1,345 |
| 2 | 86 | 85 | 85 | 85 | 85 | 1,440 |
| 3 | 79 | 80 | 79 | 79 | 79 | 1,349 |
| 4 | 76 | 76 | 77 | 77 | 76 | 1,332 |
| 5 | 78 | 79 | 79 | 79 | 78 | 1,354 |
| 6 | 79 | 80 | 80 | 80 | 80 | 1,347 |
| 7 | 82 | 83 | 83 | 82 | 82 | 1,368 |
| 8 | 82 | 82 | 83 | 83 | 82 | 1,367 |
| 9 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 1,327 |

3.1.2. Parameter Fisis Sumber Arus pada Sistem Induksi ICEIT

Setelah dilakukan eksperimen pada kesembilan koil dan sistem ICEIT terhadap objek homogen menggunakan variasi frekuensi dan amplitudo yang telah dipilih, didapatkan distribusi nilai beda tegangan. Pada Gambar 4a tampak garis warna orange yang mewakili hasil induksi koil 9 dengan frekuensi 5MHz memiliki perbedaan pola distribusi nilai beda tegangan. Hasil induksi koil 9 menunjukkan nilai ΔV ke-6 hasil induksi dengan frekuensi 500kHz adalah -117mV, kemudian berubah secara signifikan menjadi -98mV saat frekuensi 1MHz, -98mV saat frekuensi 3Mhz dan menjadi -35mV saat frekuensi 5Mhz. Nilai tersebut jauh lebih besar dibandingkan dengan hasil induksi frekuensi lainnya. Apabila ditelaah kembali, perubahan yang signifikan hanya terjadi pada hasil koil 9 saja. Pada Gambar 4b yang merupakan grafik distribusi beda tegangan hasil induksi koil 4 pada amplitudo 10Vpp dengan variasi frekuensi 500kHz, 1MHz, 3MHz dan 5MHz menunjukkan tidak terjadi lagi nilai beda tegangan yang signifikan walaupun dengan rentang frekuensi 500kHz hingga 5MHz dan rentang amplitudo dari 10Vpp hingga 20Vpp. Grafik pada Gambar 4b menunjukkan pola distribusi yang lebih stabil dan optimal pada koil 4.

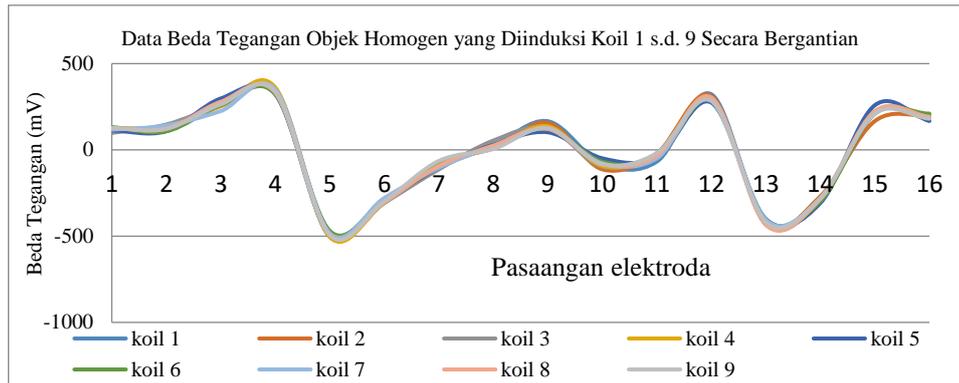


Gambar 4(a) Adanya ketidakstabilan dan ketidakteraturan pola grafik beda tegangan pada masing-masing frekuensi input pada nilai beda tegangan hasil induksi koil 9, 4(b) Kestabilan dan keteraturan pola grafik beda tegangan pada masing-masing frekuensi input pada salah satu koil sampel (koil 4)

3.2. Implementasi Parameter Fisis Sistem Induksi ICEIT dan Konfigurasi Sistem Akuisi pada Objek Homogen Beranomali

3.2.1. Pola Distribusi Beda Tegangan pada Objek Homogen

Parameter sistem induksi yang digunakan adalah frekuensi sumber 5Mhz dan amplitudo 20Vpp. Konfigurasi waktu induksi sistem akuisi telah ditentukan sebelumnya yaitu 10 detik, induksi koil 1 hingga koil 9 secara bergantian dan mode pengukuran beda tegangan tetap *adjacent*. Hasil pengukuran beda tegangan pada objek homogen menggunakan parameter fisis sistem induksi yang telah didapat ditunjukkan oleh Gambar 5.



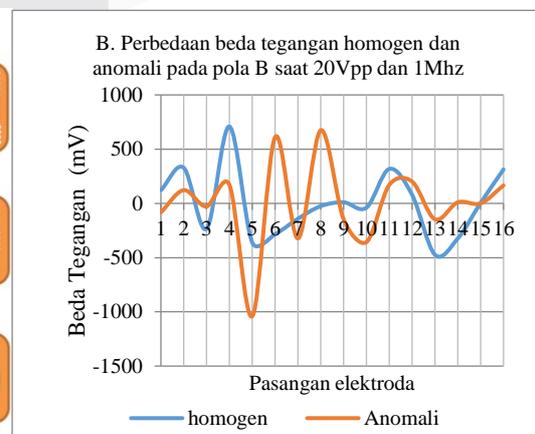
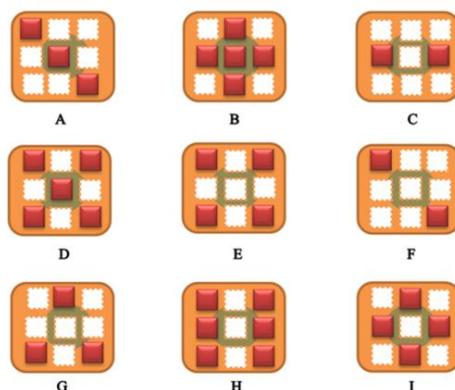
Gambar 5 Grafik Beda Tegangan Objek Homogen dengan Frekuensi 5MHz dan Amplitudo 20Vpp yang menunjukkan pola yang relatif stabil pada setiap koil yang diinduksi

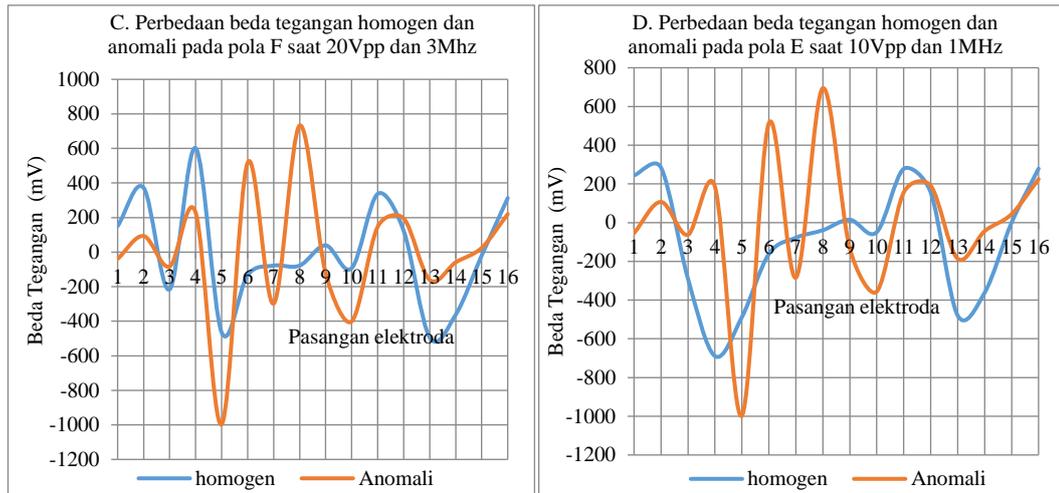
3.2.2. Perbandingan Pola Distribusi Beda Tegangan pada Objek Homogen dan Beranomali

Hasil induksi pada masing-masing kesembilan multikoil pada gambar 6.a menunjukkan adanya perbedaan pola distribusi beda tegangan pada phantom homogen dan phantom beranomali. pada perubahan pola induksi. Pada perubahan pola distribusi yang ditunjukkan oleh gambar 6.b hingga gambar 6.d dapat diamati bahwa dalam kondisi homogen dan beranomali, beda tegangan setiap pasangan elektroda cenderung sama dalam rentang nilai -689mV sampai 709 mV. Ketika diberi anomali, pada beberapa pasangan elektroda terjadi perubahan yang signifikan. Misalnya, beda tegangan pasangan elektroda 6 dan 7 atau ΔV ke-6 saat homogen berubah dari -284 mV, -220mV dan -162 menjadi 611 mV, 533mV dan 513mV pada kondisi anomali pola B, F dan E. Apabila diamati, pasangan elektroda yang berada dekat dengan anomali mengalami perubahan beda tegangan jika dibandingkan dengan hasil beda tegangan pada pasangan elektroda yang jaraknya lebih jauh dengan anomali.

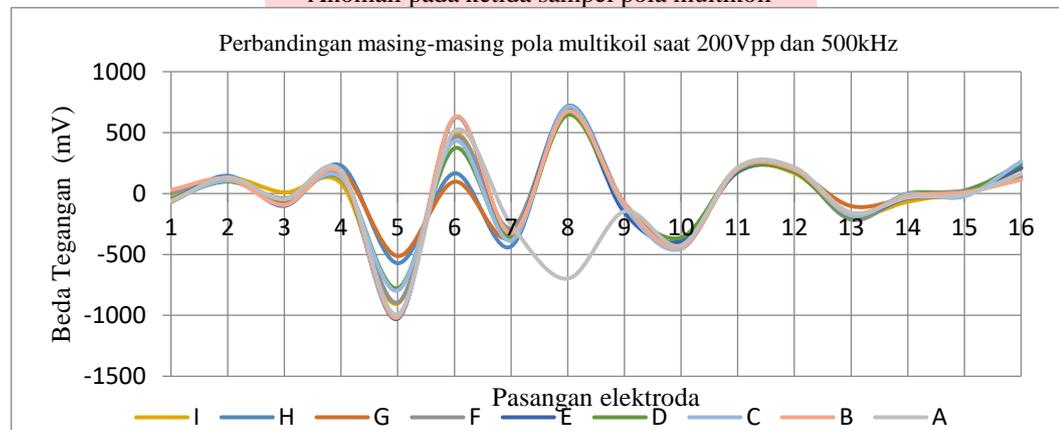
Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [4] nilai beda tegangan pada masing-masing pasangan elektroda relatif sama pada beda tegangan antara koil yang terdekat dengan anomali dan terjauh dari anomali. jika merujuk pada penelitian tersebut seharusnya nilai beda tegangan pada masing-masing pola multikoil menunjukkan nilai yang sama atau pola yang sama. Jika merujuk pada penelitian tersebut seharusnya terdapat persamaan pola yang signifikan antara hasil induksi koil yang paling dekat dan koil terjauh dari objek. Hasil yang didapat dari eksperimen pada penelitian ini, nilai beda tegangan antar masing-masing multikoil menunjukkan hasil yang berbeda seperti yang ditunjukkan gambar 7. Perbedaan pola distribusi beda tegangan hasil induksi tiap masing-masing pola multi koil kemungkinan terjadi karena perbedaan medan magnet yang terimbas dihasilkan pada masing-masing pola multikoil. Mengingat jarak antar koil 2cm hingga 6cm.

A. Pola posisi multikoil





Gambar 6 Gambar Pola posisi multikoil serta Grafik Perbandingan Sistem ICEIT saat Homogen & Anomali pada ketida sampel pola multikoil



Gambar 7 Perbandingan masing-masing pola multikoil yang diinduksi

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dibuat dan dianalisis, didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Implementasi dari parameter fisis yang *feasible* untuk sistem ICEIT yang dibuat yaitu saat frekuensi = 5 MHz dan amplitudo = 20Vpp. Kesembilan koil sebagai sistem induksi mampu menginduksi dengan rentang induktansi 76 μ H – 86 μ H.
2. Pada masing-masing pola induksi multikoil, didapat pola distribusi tegangan berbeda-beda dengan rentang data beda tegangan yang terukur -1914 mV hingga 2241 mV. Walaupun memiliki pola beda tegangan yang berbeda pada masing-masing induksi pola multikoil, kombinasi pola induksi multikoil tidak berpengaruh terhadap penentuan posisi anomali.

REFERENSI

- [1] Dr. Warsito, M. (2005). Review: Komputasi Tomografi dan Aplikasinya dalam Proses Industri. Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi.
- [2] Setiadi, I. C. (n.d.). Desain Sumber Arus untuk Electrical Impedance Tomography (EIT). Jurnal Arus Elektro Indonesia, 27-33.
- [3] Widagdo, G., Wijaya, S. K., & Prajitno, P. (2019). Design of Magnetic Induction Tomography System Using 12 Transmitter and Receiver Coils. : AIP Conference Proceedings 2168.

- [4] Xiang, J., Zhang, M., Dong, Y., & Li, Y. (2016). Design of a Magnetic Induction Tomography System by Gradiometer Coils for Conductive Fluid Imaging. Preparation of Papers for IEEE TRANSACTIONS and JOURNALS.
- [5] Indraswari, Y. P. (2015). Studi Penentuan Konfigurasi Sistem Induksi pada Induced Current Impedance Tomography (ICEIT). e-Proceeding of Engineering : Vol.2, 531
- [6] Putra, A. S. (2015). Perancangan dan Realisasi Alat Penggerak Koil untuk Automasi ICEIT . e-Proceeding of Engineering, 7330.
- [7] Bera, T. K., & Maiti, T. (2020). Design and Development of a Low-Cost Magnetic Induction Spectroscopy (MIS) Instrumentation. Journal of Physics: Conference Series.
- [8] Amir, A. L. (2019). Characterization Study of Induced Current Electrical Impedance Tomography (ICEIT) on Iron Powder Distribution in Soil. e-Proceeding of Engineering, 5410 - 5420.
- [9] Darmawan, D., Kurniadi, D., Sudirham, J. S., & Suyatman. (2014). Study of Induced Current Electrical Impedance Tomography Configuration . 7th International Conference on Physics and Its Applications.
- [10] Warsito, A., & Haning, A. E. (2018). Komparasi Solusi Kasus Fluks Magnetik di Sekitar Kawat Berarus Listrik dengan Metode Analitik dan Komputasi. Ilmu Dasar Vol. 19 No. 1, 23 - 28.
- [11] Harikumar, R., Prabu, R., & Raghavan, S. (2013). Electrical Impedance Tomography (EIT) and Its Medical Applications: A Review. International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE), 193 - 198.