

Komparasi Nilai Beda Tegangan Pada *Multicoil* dan *Singlecoil* Pada Pengujian Kandungan Logam Dalam Tanah Dengan Metode Induksi Medan Magnet

Comparison of Different Voltage Values in Multicoils and Singlecoil in Testing Metal Content in Soil with Medan Induction Magnet Method

Muhammad Fikri Abdurrasyidi¹, Dudi Darmawan², Rahmat A.S.³

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

¹fikri563@gmail.com, ²dudidw@gmail.com, ³awaludinsalam@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Metode tak merusak atau biasa disebut dengan *Non Destructive Testing* adalah metode yang memungkinkan kita untuk menganalisa suatu alat, bahan, atau sistem tanpa harus merusak kegunaan alat tersebut kedepannya. Kegunaan dalam metode tak merusak ini bisa diterapkan dalam bidang eksplorasi, yaitu mampu mengetahui kandungan material, maupun posisi kandungan material. Tomografi merupakan salah satu teknik dari *Non Destructive Testing* bekerja dengan cara mengalirkan arus elektrik bolak balik (AC) melalui elektroda – elektroda yang terpasang disekitar objek tersebut, dan mengukur potensial elektrik antar elektrodanya. Salah satu jenis tomografi adalah *Induced Current Electrical Impedance Tomography* (ICEIT). ICEIT merupakan turunan dari metode *Electrical Impedance Tomography* (EIT) yang berprinsip pada Arus Eddy. Pada prinsipnya, sistem ICEIT memanfaatkan induksi arus bolak balik dengan frekuensi yang telah ditentukan pada sebuah kumparan (koil) kemudian akan menimbulkan medan magnet di sekitar kumparan tersebut. Medan magnet berinteraksi dengan objek kemudian interaksi tersebut dapat dilihat dengan mengukur beda tegangan pada ujung batas tepi objek. Pada penelitian ini dibuat sistem ICEIT yang terdiri dari rangkaian koil dan phantom (wadah objek). Rangkaian *multicoil* mempunyai 9 buah lilitan kawat tembaga dengan inti kayu berbentuk balok dan *singlecoil* mempunyai spesifikasi sama dengan ukuran yang lebih besar dari *multicoil*. Pada *multicoil* diperlukan untuk mencari nilai induktansi antar koil yang seragam pada standar deviasinya dan juga range nilai jarak antar koil dan diameter koil harus sesuai dengan dimensi objek dan arraynya. Hasil eksperimen yang sudah dikerjakan, sistem ICEIT mampu menghasilkan pola distribusi nilai beda tegangan yang berbeda pada objek dengan 2 kondisi yaitu saat objek homogen (tanah laterit) dan objek beranomali (tanah laterit dan serbuk besi) pada pengujian *multicoil* dan *singlecoil*. Seluruh data beda tegangan pada pasangan elektroda diakuisisi dengan menggunakan sistem akuisisi otomatis dengan jeda waktu antar induksi adalah 10 detik. *Singlecoil* menghasilkan tegangan yang optimal dibanding koil jamak dengan beda tegangan tertinggi sebesar 0.613 (mV) dengan ΔV homogen dan anomali sebesar 0.363 (mV). Sedangkan *multicoil* menghasilkan beda tegangan tertinggi sebesar 0.497 (mV) dengan ΔV homogen dan anomali sebesar 0.248 (mV). Konfigurasi elektroda secara *adjacent* dan *opposite* mengeluarkan tegangan yang cenderung sama dengan selisih tegangan antara *adjacent* dan *opposite* sebesar 0.012 (mV).

Kata kunci : *Non-Destructive Testing*, ICEIT, Beda tegangan, *Singlecoil*, *Multicoil*, Konfigurasi sistem koil

Abstract

Non-destructive method or commonly called Non-Destructive Testing is a method that allows us to analyze a device, material, or system without having to damage the usefulness of the tool in the future. The pressure in this non-destructive method can be applied in the exploration field, which is able to find out the material content, as well as the position of the material content. Tomography is one of the techniques of Non-Destructive Testing works by drain a round electric (AC) current through electrodes that are mounted around the object, and measuring the electrical potential between the electrodes. One type of tomography is Induced Current Electrical Impedance Tomography (ICEIT). ICEIT is a derivative of the Electrical Impedance Tomography (EIT) method which is based on Eddy Flow. In principle, the ICEIT system utilizes an alternating current induction with a predetermined frequency on a coil (coil) which then creates a magnetic field around the coil. The magnetic field interacts with the object and then the interaction can be seen by measuring the voltage difference at the edge boundary of the object. In this study an ICEIT system was made consisting of a series of coils and phantoms (object containers). The multicoil circuit has 9 pieces of copper wire with a wooden core in the shape of a beam and singlecoil having the same specifications as a larger size than multicoil. In multicoil it is necessary to find inductance values between coils that are uniform in their standard deviations and also the range of values between the coils and the diameter of the coil must match the dimensions of the object and the array. The results of experiments that have been done, the ICEIT system is able to produce patterns of distribution of different stress values in objects with two conditions, namely when homogeneous objects (laterite soils) and anomalous objects (laterite soils and iron powder) in multicoil and singlecoil tests. All voltage difference data on the electrode pair was acquired using an automatic acquisition system with a time delay between inductions of 10 seconds. Singlecoil produces optimal voltage compared to multiple coils with the highest voltage difference of 0.613 (mV) with homogeneous danV and anomaly of 0.363 (mV). Whereas multicoil produces the highest voltage difference of 0.497 (mV) with homogeneous danV and anomaly of 0.248 (mV). The adjacent and opposite electrode configurations produce a voltage which tends to be the same as the difference in voltage between adjacent and opposite of 0.012 (mV).

Keywords: *Non-Destructive Testing, ICEIT, Voltage difference, Singlecoil, multicoils, Coil system configuration*

1. Pendahuluan

Pengujian tak merusak atau yang dikenal dengan *Non destructive Testing* (NDT) merupakan teknik analisis yang digunakan dalam industri sains dan teknologi untuk mengevaluasi sifat material. Mencakup berbagai metode pengujian dan aplikasi pada proses identifikasi. Digunakan untuk memeriksa suatu bagian, bahan atau sistem tanpa merusak kegunaan masa depannya. Istilah ini diterapkan untuk penyelidikan integritas material, diagnose medis dan identifikasi proses keamanan dalam negeri tidak termasuk, walaupun keduanya digunakan bersamaan [1]. Teknik analisis ini bisa digunakan untuk keperluan identifikasi pada bidang tertentu, seperti di bidang eksplorasi. Pada bidang eksplorasi ini, proses identifikasi digunakan untuk mengetahui ada tidaknya kandungan suatu material, jumlah kandungan material, maupun posisi kandungan material dalam suatu objek.

Banyak metode dari NDT yang dapat digunakan untuk keperluan identifikasi, salah satunya, *Induced Current Electrical Impedance Tomography* (ICEIT). Metode ini bertujuan untuk merekonstruksi distribusi konduktivitas internal objek. Pemetaan objek dilakukan berdasarkan data beda potensial yang diukur antara elektroda-elektroda yang terpasang pada objek ketika arus listrik

diinduksikan ke dalam objek tersebut melalui medan magnet [2]. Penginduksian sendiri dilakukan menggunakan koil yang menginduksikan medan magnet secara bergantian.

Penelitian yang dilakukan oleh Nabil tahun 2018 mengenai penggunaan koil dengan memakai metoda induksi magnet ini sebelumnya sudah dilakukan [3]. Pada penelitian tersebut, penggunaan koil telah dilakukan dengan mencoba berbagai konfigurasi koil penginduksiannya. Hasil dari penelitian tersebut adalah mendapatkan distribusi medan magnet penginduksian yang homogen. Maka solusinya adalah membuat *singlecoil*. Pada penelitian ini diusulkan solusi berupa perbandingan antara induksi menggunakan beberapa koil (*multicoil*) dengan *singlecoil*. Dengan konfigurasi yang bervariasi ini, parameter yang ditinjau adalah jarak serta diameter antar koil ketika konfigurasi koilnya berjumlah 9 (3x3) dan *singlecoil* yang ditempatkan satu titik. Dengan metode ini, sejumlah data akan diperoleh pada masing – masing kombinasi titik penginduksian koil tersebut. Kombinasi titik ini akan menjadi metode efektif *multicoil* dan *singlecoil* dengan variasi konfigurasi terhadap data yang ingin diperoleh.

Dengan demikian, Target penelitian ini adalah mendapatkan rancangan sistem yang optimal antara *multicoil* dan *singlecoil* untuk mengidentifikasi kandungan logam dalam tanah.

2. Tinjauan Pustaka dan Metodologi

2.1 Tomografi

Tomografi adalah teknik untuk memperoleh citra penampang objek tanpa harus merusak melalui pengambilan data eksternal. Beberapa teknik tomografi telah dikembangkan berdasarkan luminisens yang digunakan, misalnya elektrik, akustik, optik, sinar-X, dan lain-lain. Tomografi elektrik dapat menghasilkan citra dengan kontras yang tinggi, namun resolusi spasialnya rendah [4]. Teknik ini bekerja dengan cara menginjeksikan arus elektrik bolak-balik melalui elektroda yang terpasang pada permukaan objek dan mengukur potensial elektrik antar elektrodanya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2, Berdasarkan data arus elektrik yang diketahui dan potensial elektrik yang diukur, rekonstruksi dilakukan sehingga diperoleh distribusi konduktivitas internal objek

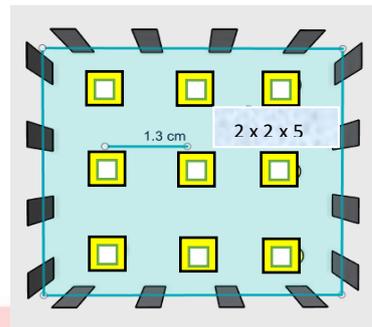
2.2 ICEIT

Induced Current Electrical Impedance Tomography (ICEIT) adalah salah satu teknik pemeriksaan yang bersifat non destruktif. Artinya, ICEIT memungkinkan dilakukannya pengukuran tanpa merusak objek yang diukur [2]. Teknik ini merekonstruksi distribusi konduktivitas internal objek. Rekonstruksi ini dilakukan dengan cara memetakan distribusi konduktivitas internal dari objek. Karena itu perlu dilakukan pengukuran beda potensial pada tepi objek ketika terdapat arus listrik pada objek tersebut. Arus listrik pada objek dihasilkan dari medan magnet yang diinduksikan dari sebuah kumparan berarus. Untuk dapat menghasilkan pemetaan yang baik, maka induksi harus dilakukan pada beberapa bagian pada objek. Oleh sebab itu kumparan harus diposisikan di beberapa tempat saat pengukuran secara presisi. Pemetaan dilakukan berdasarkan data beda potensial yang diukur antara elektroda-elektroda yang terpasang pada objek ketika arus listrik diinduksikan ke dalam objek tersebut melalui medan magnet.

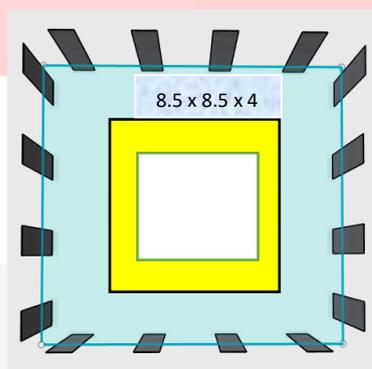
Perancangan setelah rangkaian koil adalah phantom. Phantom adalah istilah untuk wadah objek yang memiliki batang elektroda di ujung tepi wadahnya. Dalam sistem ICEIT batang elektroda berfungsi sebagai *receiver* yang kemudian akan digunakan sebagai media pengukuran tegangan dari objek yang berada di dalam phantom.

2.3 Geometri dan pengukuran sensor

Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah koil solenoid. Jumlah koil yang akan digunakan adalah 9 buah dengan desain koil 3x3 dan koil besar yang ditempatkan pada satu titik penginduksian. *Multicoil* disusun 3 buah per baris menyesuaikan dengan bentuk wadah yang rectangular seperti pada gambar 3.4. Dan juga pada konfigurasi *singlecoil*. Ada juga Potongan PCB dalam hal ini disebut dengan elektroda, yang berfungsi untuk membaca tegangan seperti pada gambar 3.3 dan gambar 3.4.



Gambar 3.3 Ilustrasi wadah dan koil pada konfigurasi *multicoil*



Gambar 3.4.1 Ilustrasi wadah dan koil pada konfigurasi *singlecoil*

2.4 Pengaturan Pengambilan Data Sistem

Setelah mendapatkan nilai frekuensi dan arus yang paling optimal, pengaturan selanjutnya adalah pengaturan pengambilan data sistem. Frekuensi dan arus dibuat tetap sesuai dengan hasil pengaturan frekuensi dan arus. Posisi jarak antara koil dan objek juga dibuat tetap sesuai dengan pengaturan sebelumnya. Setelah itu untuk mengambil data sistem dilakukan variasi aktivasi koil atau koil yang diinduksi. Percobaan yang akan dilakukan adalah 4 kali, yang pertama adalah dengan cara mengaktifkan 9 koil lalu dilakukan pengukuran tegangan dengan metode *adjacent* dan *opposite*. Percobaan kedua dengan mengaktifkan 2 koil bersebelahan secara bergantian dan berkelanjutan pada akuisisi data yaitu koil 1-2, 2-3, 4-5, 5-6, 7-8, 8-9, 9-10, 10-11, 11-12, 12-1, seperti pada gambar 3.8. untuk *opposite* sama seperti *adjacent*, hanya saja koil yang diaktifkan bersebrangan.

3. Pembahasan

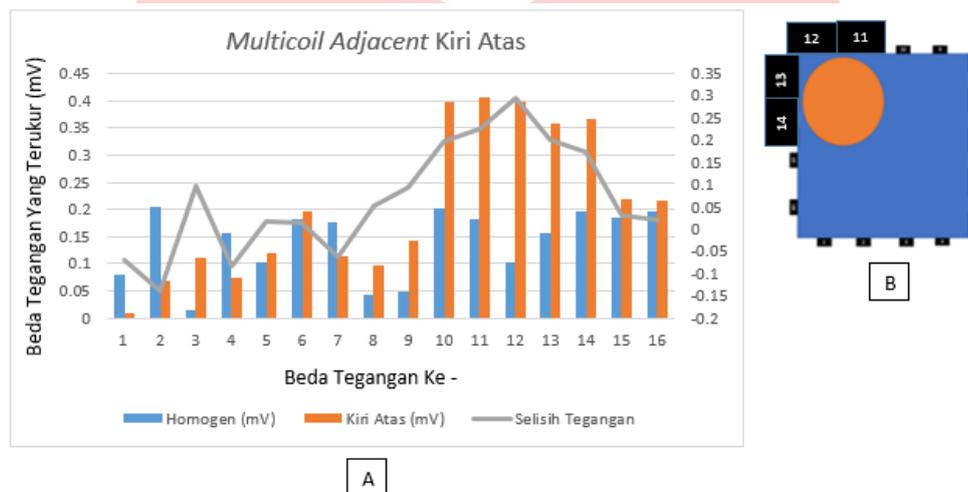
3.1 Pengaruh posisi anomali

Pada penelitian ini, *multicoil* dan *singlecoil* mempunyai 5 posisi yang berbeda namun antara *multicoil* dan *singlecoil* menggunakan posisi perbedaan yang sama. 5 posisi yang dipakai pada metode penelitian ini adalah tengah, kanan atas, kiri atas, kanan bawah, dan kiri bawah.

3.1.1 Pengaruh posisi anomali multikoil

Multicoil dan *singlecoil* mempunyai konfigurasi dan nilai induktansi koil yang berbeda, *multicoil* mempunyai 9 koil yang disusun dengan konfigurasi 3x3 dan *singlecoil* yang terletak paling dekat dengan elektroda. seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, ada 5 posisi yang digunakan pada penelitian ini, dan terbukti setiap posisi mempunyai data tegangan yang berbeda beda, posisi

kanan atas dan kiri atas mempunyai tegangan dan selisih tegangan yang berbeda, posisi kanan bawah dan kiri bawah pun mempunyai tegangan dan selisih tegangan yang berbeda juga. Pada gambar 4.1 A menunjukkan adanya perubahan grafik yang drastis pada beda tegangan 10, 11, 12, 13, dan 14 data beda tegangan pada grafik mengartikan pasangan elektroda, misal pada beda tegangan 1 dengan metoda *adjacent* merupakan pasangan elektroda 1 – 2 dan juga selanjutnya. Berlaku pada beda tegangan secara *opposite* hanya saja pasangannya yang berbeda. Gambar 4.1 B merupakan skematik phantom dengan anomali yang berada di kiri atas dan elektroda – elektroda terdekatnya, yaitu elektroda 11, 12, 13, 14. Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, nilai selisih tegangan pada elektroda terdekatnya menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan elektroda lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan anomali dapat ditunjukkan melalui nilai selisih tegangan disekitarnya.

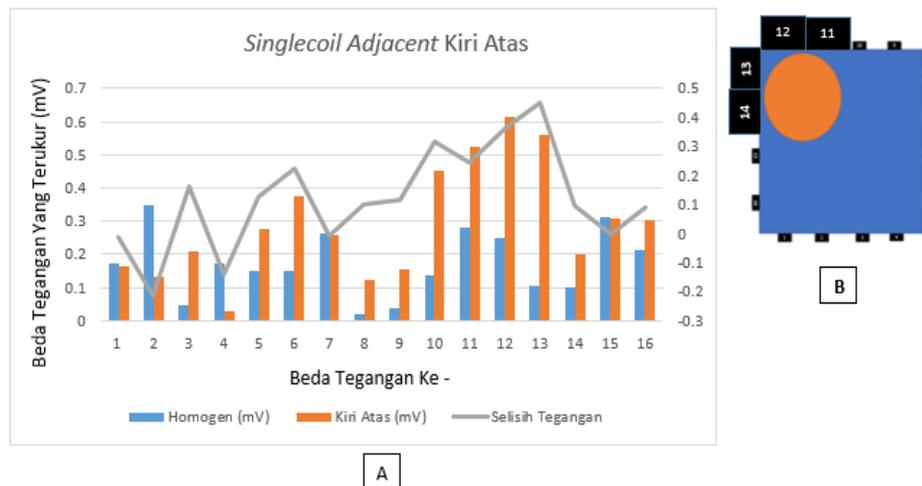


Gambar 4.1 grafik tegangan multikoil adjacent kiri atas

Pada grafik, beda tegangan 10, 11, 12, 13, dan 14 menunjukkan perbedaan beda tegangan diantara beda tegangan lainnya, karena pada daerah tersebut terdapat elektroda elektroda terdekat yang mengidentifikasi anomali tersebut.

3.1.2 Pengaruh posisi anomali singlecoil

Pada penelitian pengaruh posisi anomali *singlecoil* ini masih menggunakan metode posisi kiri atas, tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh *singlecoil* terhadap tegangan yang dihasilkan dibandingkan dengan *multicoil*. Pada gambar 4.2 A jika dibandingkan dengan grafik *multicoil*, *singlecoil* menunjukkan tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan yang dihasilkan oleh *multicoil*.



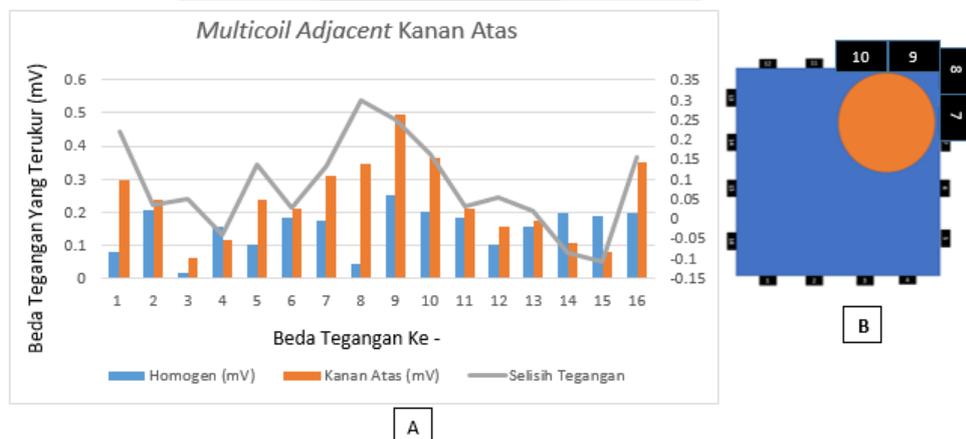
Gambar 4.2 grafik tegangan singlekoil adjacent kiri atas

Data tegangan elektoda mulai naik secara signifikan mulai dari beda tegangan 9 , 10, 11, 12, 13. Hal ini menunjukkan adanya anomali yang terbaca dengan baik disekitar elektroda – elektroda tersebut, jika dibandingkan dengan beda tegangan yang lain akan sangat berbeda dibandingkan beda tegangan yang disebutkan, gambar 4.3 A adalah percobaan *singlecoil* yang diletakkan diatas penampang phantom, ukuran dan diameter besar yang mendekati elektroda – elektroda yang terpasang di penampang phantom, *singlecoil* lebih sensitif dalam membaca tegangan dibandingkan *multicoil*. Tegangan terbesar pada percobaan *singlecoil* adalah pada beda tegangan 12 yaitu sebesar 0.613 (mV) dengan selisih tegangan homogen dan anomalnya sebesar 0.363 (mV). Pada gambar 4.2 B merupakan skematik phantom dengan anomali yang berada di kiri atas dan elektroda – elektroda terdekatnya, yaitu elektroda 11, 12, 13, 14.

3.2 Korelasi posisi anomali terhadap kurva

3.2.1 Posisi multikoil kanan atas

Anomali yang diletakkan pada kanan atas penampang phantom menunjukkan perbedaan dibandingkan anomali yang diletakkan di kiri atas. gambar 4.5 A menunjukkan, posisi penempatan anomali sangat berpengaruh terhadap elektroda – elektroda yang terpasang di sekeliling wadah phantom, Posisi anomali kanan atas terhadap kurva berkorelasi terhadap perubahan yang terjadi dalam grafik, pada beda tegangan 10, 11, 12, 13, terjadi perubahan signifikan yang terjadi pada grafik *multicoil* yang beranomali di kanan atas



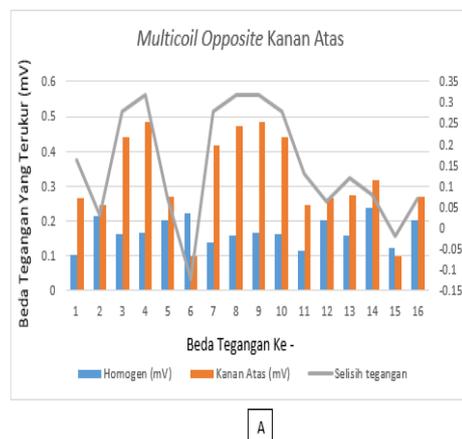
Gambar 4.5 Multikoil adjacent kanan atas

Pada grafik diatas, Korelasi antara posisi anomali terhadap perubahan grafik sangat berpengaruh, mulai dari beda tegangan 7, grafik menunjukkan adanya perubahan tegangan elektroda yang disertai dengan kenaikan pada grafik. Gambar 4.5 B merupakan skematik phantom dengan anomali yang berada di kanan atas dan elektroda – elektroda terdekatnya, yaitu elektroda 7, 8, 9, 10. Hal ini tidak hanya berlaku pada posisi kanan atas saja, perubahan - perubahan yang terjadi pada grafik karena ada korelasi terhadap perubahan tegangan yang terjadi secara signifikan pada daerah elektroda – elektroda tertentu. Pada *singlecoil adjacent* kanan atas juga menunjukkan hal yang sama seperti pada gambar 4.4 A dan *singlecoil* selalu menunjukkan hasil tegangan elektroda yang lebih tinggi dibandingkan dengan *multicoil*.

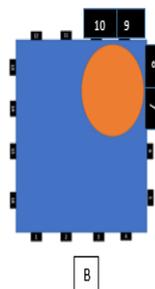
3.3 Pengaruh opposite terhadap perubahan data

3.3.1 Perubahan multikoil opposite kanan atas

Jika pada metode *adjacent*, pada akuisisi data kita mengatur posisi pengukuran elektroda secara mengurut, seperti elektroda 1 – 2, 2 – 3, 3 – 4, 4 – 5, 5 – 6, 6 – 7, 7 – 8, 8 – 9, 9 – 10, 10 – 11, 11 – 12, dan 12 – 1 antara elektroda 1 dengan lainnya yang berurutan bisa saling mempengaruhi. Untuk menginputan elektroda pada akuisisi data tidaklah berurutan seperti halnya *adjacent*. Penginputan posisi elektroda pada metode *opposite* dilakukan bersebrangan antara elektroda 1 dan lainnya, pasangan elektroda *opposite* adalah 1 – 12, 2 – 11, 3 – 10, 4 – 9, 5 – 16, 6 – 15, 7 – 14, 8 – 13, 9 – 4, 10 – 3, 11 – 2, 12 – 1, 13 – 8, 14 – 7, 15 – 6, 16 – 5. Posisi ini adalah posisi *multicoil* yang letaknya bersebrangan, bisa dikatakan pasangan elektroda pada metode *opposite* ini adalah bersebrangan. Pada gambar 4.5 A perubahan tegangan elektroda mengacak tidak seperti metode *adjacent*. Dan pada gambar 4.6 A adalah contoh penampang phantom dengan objek yang diletakkan di kanan atas.



A



B



Gambar 4.6 multikoil opposite kanan atas

Gambar 4.7 penampang dengan objek

Selisih tegangan didapatkan dari hasil pengukuran beda tegangan beranomali dikurangi dengan hasil beda tegangan homogen. Kesimpulan pada gambar 4.5 A dan 4.6 A adalah, tegangan yang dihasilkan oleh metode *adjacent* dan *opposite* cenderung sama, Hanya saja posisi elektroda antara *adjacent* dan *opposite* berbeda. Hal ini yang menyebabkan tegangan di elektroda *opposite* pada grafik mengacak. Pada gambar 4.6 A merupakan skematik phantom dengan anomali yang berada di kanan atas dan elektroda – elektroda terdekatnya, yaitu elektroda 7, 8, 9, 10. Untuk *opposite*, letak elektroda sama seperti *adjacent* hanya saja pada saat penginputan elektroda – elektroda pada akuisisi data, menginput elektroda yang saling bersebrangan. Untuk objek yang terbaca di sekitar elektroda – elektroda, metode *opposite* membaca adanya beda tegangan yang naik di sekitar elektroda tersebut namun karena posisi penginputan elektroda yang bersebrangan, menyebabkan grafik yang mempunyai kenaikan beda tegangan menjadi acak.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan dengan sistem ICEIT yang dibuat dan dianalisis, didapat kesimpulan bahwa hasil pengukuran beda tegangan optimal antara *multicoil* dan *singlecoil* diperoleh 3 kesimpulan:

1. Nilai induktansi yang seragam dengan standar deviasi pada setiap koil diperoleh dengan menyamakan parameter untuk semua koil, yaitu jumlah lilitan, Panjang koil, dan diameter koil.
2. Rancangan yang optimal mengidentifikasi anomali antara *multicoil* dengan *singlecoil* adalah rancangan *singlecoil*. Hal ini terjadi karena bentuk *singlecoil* yang besar dekat dengan elektroda – elektroda yang terpasang disekeliling penampang phantom menjadikan *singlecoil* lebih sensitif mengidentifikasi anomali di dalam tanah. Tegangan yang paling tinggi dihasilkan *singlecoil* sebesar 0.613 (mV) dengan ΔV homogen dan anomali sebesar 0.363 (mV), sedangkan *multicoil* sebesar 0.497 (mV) dengan ΔV homogen dan anomali sebesar 0.248 (mV).
3. Hasil beda tegangan yang diambil menggunakan metode pengambilan data secara *opposite* maupun *adjacent* hampir sama, metode *opposite* menggunakan pasangan elektroda yang dipasangkan secara bersebrangan antara koil 1 dan lainnya sedangkan *adjacent* menggunakan pasangan elektroda yang bersebelahan, dengan selisih beda tegangan anomali antara *opposite* dan *adjacent* sebesar 0.012 (mV)

Daftar Pustaka:

- [1] Lüthfi. Thomas, 2013, “Non Destructive Evaluation Methods”
- [2] Putra. Adityo Sandhy, 2015, “Perancangan Dan Realisasi Alat Penggerak Koil Untuk Automasi Induced-Current Electrical Impedance Tomography” e-Proceeding of Engineering, Vol.2 (3), pp.7330-7336.
- [3] Amri. M. Nabil Ainul, 2018, “Perancangan Multikoil Pada Sistem Induksi Medan Magnet”
- [4] Ain. Khusnul, 2012, “Peningkatan Kualitas Citra Rekonstruksi Melalui Kombinasi Citra Tomografi Elektrik Dan Akustik”
- [5] Brauer. Hartmut, 2014, “Defect Detection in Conducting Materials Using Eddy Current Testing Techniques” Vol. 11, No. 4
- [6] B. Sasi, B.P.C. Rao, T. Jayakumar, and Baldev Raj, 2009, “Development of Eddy Current Test Procedure for Non-destructive Detection of Fatigue Cracks and Corrosion in Rivets of Air-intake Structures” Vol. 59, No. 2 pp. 106-112
- [7] Alexander, Charles, Sadiku, Matthew, 2012, “Fundamentals of Electric Circuits (Third Edition).”
- [8] Anonim. *Electromagnetism and formation of magnetic fields*. Engineering Toolbox.
- [9] Amir. Balqis. Anastasya Nutmila, 2019, “Studi karakterisasi system Induced Current Electrical Impedance Tomography (ICEIT) pada distribusi serbuk besi dalam tanah”