

**IDENTIFIKASI ANOMALI PADA TANAH DENGAN METODE INDUKSI MEDAN MAGNET
MENGUNAKAN SISTEM MULTIKOIL BERBENTUK PERSEGI
ANOMALY IDENTIFICATION IN SOIL WITH MAGNETIC INDUCTION METHOD USING
RECTANGULAR MULTICOIL SHAPED SYSTEM**

Yudhi Michael S.¹, Dudi Darmawan², Rahmat Awaludin S.³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹michaelyud20@gmail.com, ²dudidw@gmail.com, ³awaludinsalam@gmail.com

Seiring dari berkembangnya teknologi, metode pengujian tidak merusak sering digunakan dalam berbagai pengujian, karena metode pengujian tidak merusak merupakan pengujian tanpa merusak objek secara langsung. Banyak perancangan alat yang menunjang metode pengujian tidak merusak ini, salah satunya perancangan alat yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini. Perancangan alat berupa sistem multikoil ini akan mengidentifikasi sebuah anomali yang dalam kasus ini merupakan sebuah pelat tembaga yang terdapat pada tanah. Kemudian akan didapatkan beberapa data berupa Gaya gerak listrik (ggl). Sistem multikoil dapat beroperasi dengan optimal pada frekuensi 100 kHz dilihat dari pola persebaran nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi yang dihasilkan. Proses identifikasi dilakukan dengan meninjau dari dua kondisi yaitu pada saat anomali terletak dibawah koil pemancar dan saat anomali terletak dibawah koil penerima terdekat dari koil pemancar. Standar deviasi persebaran nilai selisih gaya gerak listrik (ggl) induksi untuk kondisi anomali terletak dibawah koil pemancar yang terletak di sudut dan pusat dari konfigurasi multikoil menghasilkan nilai standar deviasi yang bernilai rendah dan akan meningkat apabila anomali dipindahkan posisinya menjadi dibawah koil penerima terdekat. Untuk koil pemancar yang berada di pusat multikoil, standar deviasi yang dihasilkan pada kondisi anomali dibawah koil pemancar bernilai rendah dan akan meningkat apabila anomali dipindahkan posisinya menjadi dibawah koil penerima terdekat.

Kata kunci : Pengujian tidak merusak, Anomali, Tanah, gaya gerak listrik (ggl), Standar Deviasi.

As technology develops, the Non-Destructive Testing method is often used in various tests, because the Non-Destructive Testing method is a test without directly damaging the object. Many design tools that support the Non-Destructive Testing method, one of which is the design of the tools carried out in this final project. The design of the tool in the form of a multicoil system will identify an anomaly which in this case is a copper plate found in the soil. Then some data will be obtained in the form of electromotive force (emf). The multicoil system can operate optimally at a frequency of 100Hz, judging from the distribution pattern of the induced electromotive force (emf) produced. The identification process is carried out by reviewing two conditions, the first condition is when the anomaly is located under the transmitter coil and the second condition is when the anomaly is located under the closest receiver coil from the transmitter coil. The standard deviation of the distribution of induced electromotive force (emf) values for conditions when anomaly located below the transmitter coil at the corner and center of the multicoil configuration results in a low value standard deviation and increases when the anomaly is moved to the nearest receiver coil. For the transmitter coil located in the multicoil center, the standard deviation generated under anomalous conditions under the transmitter coil is low and will increase if the anomaly is moved to its position under the closest receiver coil.

Keywords: Non-Destructive Testing, Anomaly, Soil, electromotive force (emf), Standard Deviation.

1. Pendahuluan

Pengujian tak merusak atau yang dikenal dengan *Non-destructive Testing* merupakan sekelompok besar teknik analisis yang digunakan dalam industri sains dan teknologi. Pengujian tak merusak tersebut digunakan untuk mengevaluasi sifat material, komponen atau sistem tanpa menyebabkan kerusakan[1]. Sering kali teknik analisis ini digunakan untuk keperluan-keperluan identifikasi pada bidang tertentu, seperti di bidang eksplorasi. Pada bidang eksplorasi, proses identifikasi digunakan untuk mengetahui ada tidaknya kandungan suatu material, jumlah kandungan material, maupun posisi kandungan material dalam suatu objek.

Metode pengujian tidak merusak memiliki banyak cabang yang disesuaikan dengan jenis objek yang diuji. yang dapat digunakan untuk keperluan identifikasi, diantaranya adalah metode induksi magnet dan injeksi elektrik. Metode induksi magnet adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan oleh peneliti[2]. Kelebihan dari metode ini adalah karena proses identifikasi dan pengambilan data yang dapat dilakukan secara bersamaan, memerlukan biaya yang relatif rendah, portabel, serta aman karena tidak menggunakan gelombang

elektromagnetik[3].

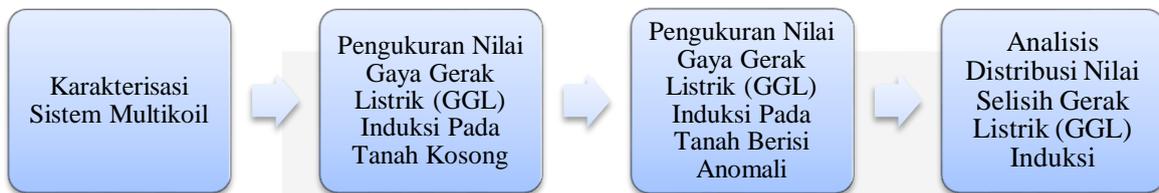
Penelitian mengenai penggunaan koil berbentuk persegi pada metode induksi magnet ini sebelumnya sudah dilakukan[4]. Pada penelitian tersebut dilakukan induksi secara serial menggunakan satu koil berbentuk persegi. Hasil dari penelitian tersebut adalah didapatkannya distribusi medan magnet induksi yang homogen. Namun dikarenakan penginduksian dilakukan dengan menggunakan satu koil, maka mengharuskan dilakukannya pengukuran berulang kali dengan melakukan pergeseran konfigurasi koil. Cara tersebut relatif tidak efisien dikarenakan cakupan area penginduksian yang terlalu sempit mengingat metode pengambilan data yang menginginkan banyak data untuk sejumlah pengujian di banyak titik.

Pada penelitian ini diusulkan solusi berupa penginduksian menggunakan sistem multikoil. Sistem multikoil tersebut menggunakan koil berbentuk persegi dengan konfigurasi yang bervariasi berupa matriks koil *array* 3x3. Dikarenakan area cakupan induksi medan magnet meluas, maka akan didapatkan data yang lebih banyak dalam satu kali penginduksian. Dengan metode ini, maka pengujian akan lebih stabil karena tidak perlu melakukan perubahan konfigurasi. Lalu lebih efektif karena akan mengurangi waktu dalam pengujian maupun pengkoleksian data.

Dengan demikian, harapan dari penelitian lanjutan ini adalah didapatkannya metode pengujian yang stabil dan efektif untuk mengidentifikasi suatu anomali pada tanah dengan menganalisis pola persebaran selisih gaya gerak listrik (ggl). Pengujian dilakukan dengan sistem multikoil berbentuk matriks *array* 3x3 dengan koil berbentuk persegi pada sebuah anomali yang terdapat pada objek tanah. Dengan memperhatikan parameter masing – masing koil berupa nilai induktansi yang bernilai seragam, dan juga parameter sistem multikoil yaitu jarak antar koil. Metode tersebut diharapkan mempersingkat waktu pengujian dan memaksimalkan kualitas data hasil identifikasi anomali.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Skema Penelitian

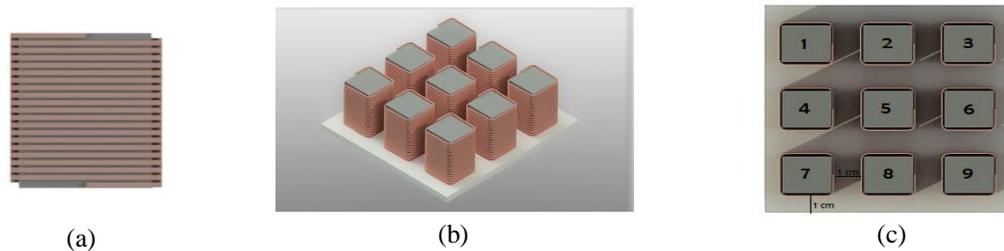


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Pengujian diawali dengan melakukan karakterisasi pada koil. pada proses ini dilakukan pengukuran induktansi, pengukuran medan magnet dan pengukuran nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi pada objek kosong. Semua proses tersebut bertujuan untuk memastikan koil dapat melakukan induksi medan magnet. Apabila koil tersebut sudah terkarakterisasi, selanjutnya dilakukan pengukuran nilai gaya gerak listrik (ggl) pada tanah kosong . Proses ini bertujuan untuk melihat respon dari koil apabila diletakkan di dekat suatu objek lainnya yang dalam kasus ini merupakan tanah laterit yang ditempatkan didalam sebuah wadah yang mengandung bahan plastik. Proses ini juga bertujuan sebagai pembanding untuk proses selanjutnya yaitu pengukuran nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi pada tanah berisi anomali. Anomali yang dimaksud pada penelitian ini merupakan suatu inkonsistensi dari kandungan yang terdapat pada tanah. Sebuah pelat tembaga berdimensi 3x3 cm dengan ketebalan 0,2 mm ditempatkan pada tanah sebagai anomali yang akan dilihat pengaruhnya pada nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi yang terukur. Nilai gaya gerak listrik (ggl) yang dihasilkan dari kedua pengukuran terakhir akan dianalisis pada proses terakhir yaitu proses analisis distribusi nilai selisih gaya gerak listrik (ggl) induksi. Pada proses ini nilai selisih dari kedua pengukuran nilai gaya gerak listrik (ggl) akan di analisis dan hasil analisis tersebut digunakan untuk mengidentifikasi apakah ada suatu anomali didalam tanah tersebut.

2,2 Konfigurasi Sistem Multikoil

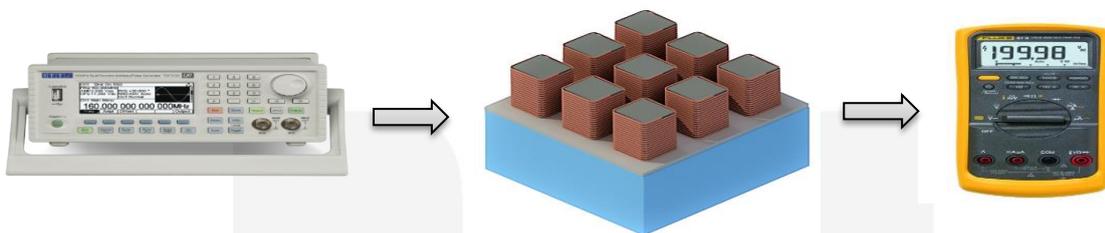
Koil yang digunakan merupakan koil tembaga dengan ketebalan 0,8 mm dengan dimensi alas koil merupakan persegi dengan panjang sisi 2,25 cm dan memiliki tinggi 4 cm yang bentuk rancangannya menyerupai gambar 3.3. Masing-masing koil memiliki jumlah lilitan yang sama yaitu 120 lilitan dan dengan harapan memiliki nilai induktansi yang mendekati sama.



Gambar 2 Konfigurasi koil (a); konfigurasi sistem multikoil (b); penomoran pada sistem multikoil (c)

Pada penelitian ini koil yang akan digunakan untuk proses induksi akan dibagi menjadi 2 berdasarkan peran dari koil tersebut yaitu sebagai pemancar dan penerima seperti pada Gambar 3.5. Gambar tersebut menunjukkan urutan penomoran pada koil. Fungsi penomoran ini adalah sebagai tanda agar lebih mudah dalam penyebutannya untuk koil jika dia bertindak sebagai pemancar atau penerima. Sebagai contoh adalah pengambilan data yang pertama, koil bernomor 1 bertindak sebagai pemancar dan ke delapan koil lainnya sebagai penerima. Untuk pengambilan data berikutnya, koil bernomor 2 akan bertindak sebagai pemancar dan yang lainnya sebagai penerima. Pengujian tersebut akan terus dilakukan satu per satu hingga koil 9 bertindak sebagai pemancar.

2.3 Skema Pengukuran



Gambar 3 Skema pengukuran nilai Gaya Gerak Listrik (GGL) induksi

Sumber arus listrik bolak-balik (AC) dihasilkan oleh *function generator*, kemudian dialirkan menuju koil pemancar agar koil dapat melakukan proses induksi medan magnet terhadap objek, lalu dilakukan pengukuran nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi pada setiap koil penerima menggunakan multimeter.

3. Pembahasan

3.1 Pengukuran Nilai Gaya Gerak Listrik Pada Objek Kosong

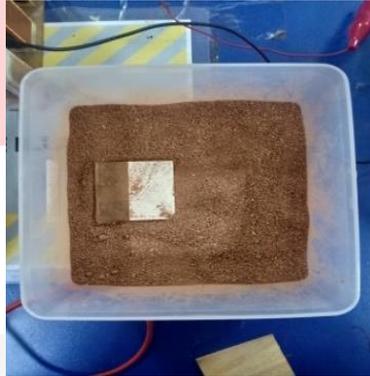
Pengukuran nilai Gaya Gerak Listrik (GGL) Induksi pada koil penerima pada objek kosong dilakukan sebagai nilai awal sebelum dilakukan pengukuran pada tanah. Data hasil pengukuran nilai gaya gerak listrik (ggl) Induksi tanpa objek menunjukkan nilai gaya gerak listrik (ggl) yang dihasilkan dari fluks magnetik koil pemancar yang langsung menembus dan menginduksi koil penerima tanpa ada pengaruh gangguan dari fluks magnetik lainnya. Data hasil pengukuran tanpa objek nantinya akan dibandingkan dengan data hasil pengukuran gaya gerak listrik (ggl) Induksi pada tanah tanpa anomali. Pengujian dilakukan dengan tegangan input berasal dari *function generator* sebesar 20 Vpp pada 8 frekuensi. 25 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 150 kHz, 200 kHz, 214 kHz, 225 kHz, 250 kHz, 300 kHz. Dengan menempatkan pemancar dan penerima secara bergantian, sebagai contoh koil 1 digunakan sebagai pemancar maka 8 koil sisanya berfungsi sebagai penerima. gaya gerak listrik (ggl) Induksi diukur pada koil penerima menggunakan multimeter tipe Fluke 87-V.



Gambar 4 Pengukuran gaya gerak listrik (ggl) induksi pada objek kosong

3,2 Pengukuran Gaya Gerak Listrik (GGL) Induksi Pada Tanah Berisi Pelat Tembaga

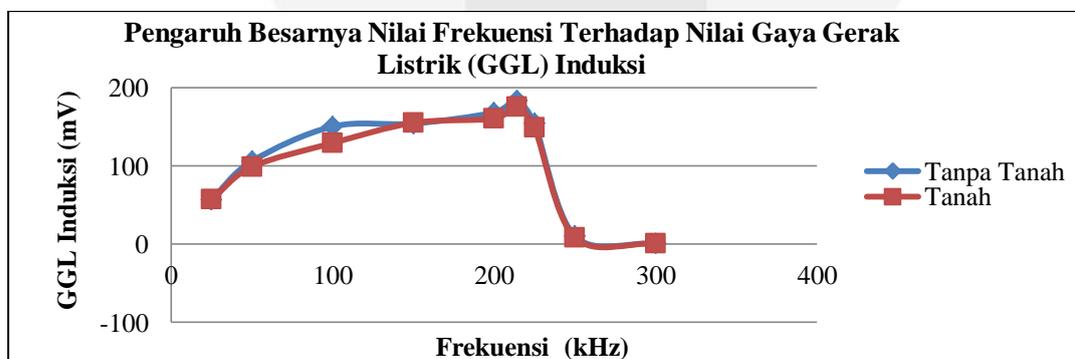
Pengukuran gaya gerak listrik (ggl) induksi pada tanah berisi anomali pelat tembaga berukuran 3x3 cm dengan ketebalan 2 mm seperti pada gambar 4.6. Pengukuran dilakukan hanya pada frekuensi optimal yang sudah ditetapkan saja, yaitu pada frekuensi 100 kHz. Pengukuran dilakukan dengan cara yang sama dengan pengujian pada objek kosong yaitu dengan menempatkan pemancar dan penerima secara bergantian gaya gerak listrik (ggl) induksi diukur pada koil penerima menggunakan multimeter tipe Fluke. Pengukuran pada pelat tembaga dilakukan dengan menempatkan pelat tembaga di 4 titik berbeda yang mewakili setiap titik pengujian. Yaitu posisi sejajar dibawah koil 1, 2, 3 dan 5 dengan kedalaman 0,75 cm.



Gambar 5 Peletakkan anomali pada tanah

3,4 Penentuan Nilai Frekuensi Optimal Pengukuran

Penentuan frekuensi optimal pengukuran dilihat dari pola persebaran tegangan induksi pada koil penerima yang dihasilkan oleh pemancar. Dapat dilihat nilai dari GGL yang diperoleh terus meningkat pada frekuensi 25 kHz hingga 214 kHz. Setelah frekuensi 214 kHz nilai GGL mengalami penurunan hingga mencapai nilai mendekati 0 pada frekuensi 300 kHz. namun pada frekuensi 214 kHz hanya koil penerima yang posisinya bersebelahan dengan koil pemancar yang memiliki nilai gaya gerak listrik (ggl) yang besar. Apabila posisinya tidak bersebelahan maupun diagonal dari koil pemancar maka nilainya akan sangat kecil hingga mendekati nilai 0. Namun pada frekuensi 100 kHz menunjukkan hasil pengukuran yang merata dan nilainya dapat terukur baik saat posisi koil penerimanya bersebelahan maupun berseberangan diagonal dengan koil pemancar.



Gambar 6 Grafik pengaruh perubahan frekuensi terhadap nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi pada koil penerima terdekat

3.4 Analisis Distribusi Selisih Gaya Gerak Listrik (GGL) Berdasarkan Posisi Anomali Secara Kualitatif

Metode ini dilakukan dengan cara memperhatikan hasil dari data pengukuran pada tanah sebelum adanya anomali dan sesudah adanya anomali. Lalu selisih dari hasil 2 pengukuran tersebut adalah sebagai acuan untuk menentukan adanya anomali atau tidak pada tanah tersebut.

Ada 2 kondisi yang digunakan untuk dapat mengidentifikasi ada atau tidaknya anomali pada objek tanah tersebut. kondisi yang pertama adalah anomali ditempatkan tepat dibawah koil pemancar, lalu dibaca nilai

gaya gerak listrik (ggl) induksi pada koil penerima. Lalu kondisi kedua adalah menempatkan anomali di tepat dibawah koil penerima yang posisinya paling dekat dari koil pemancar.

Tabel 1 Daftar grafik persebaran gaya gerak listrik (ggl) pada frekuensi 100 kHz.

No.	Persebaran nilai selisih Gaya Gerak Listrik (GGL) Saat Anomali dibawah Koil pemancar (mV)	Standar Deviasi	No.	Persebaran nilai selisih Gaya Gerak Listrik (GGL) Saat Anomali dibawah Koil Penerima terdekat (mV)	Standar Deviasi
1.		5,4	2.		8,1
3.		2,05	4.		6,2

Dapat dilihat pada gambar 1 di tabel 1, pada saat koil 1 bertindak sebagai pemancar dan anomali terletak dibawah koil 1, nilai selisih gaya gerak listrik (ggl) induksi yang paling besar dihasilkan pada koil penerima yang jaraknya paling dekat dengan koil 1 yaitu koil 2, 4 dan 5. Ketiga koil penerima tersebut mengalami perubahan sebesar 13,5 mV, 2,6 mV dan 7,2 mV. Pada gambar 2 dimana koil pemancar merupakan koil 1 dan anomali diletakkan dibawah koil 2 dapat dilihat bahwa terdapat nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi yang besarnya 18,1 mV terukur pada koil penerima 2. Hal itu dikarenakan anomali ditempatkan tepat di koil penerima terdekat dari koil pemancar. Hal tersebut juga mempengaruhi koil 5 yang juga mengalami perubahan nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi yang cukup besar yaitu 8,8 mV. Lalu diikuti dengan koil 4 yang jaraknya dekat dengan koil pemancar memiliki perubahan nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi sebesar 1,8 mV. Koil penerima lainnya dapat dinyatakan tidak mengalami perubahan apapun dikarenakan jaraknya yang terlalu jauh dari koil pemancar.

Pada gambar 3 di tabel 1 terdapat pengaruh posisi anomali saat diletakkan dibawah koil 3 pada nilai selisih gaya gerak listrik (ggl) induksi yang dihasilkan di koil penerima di sekitarnya. Dapat dilihat pada koil penerima terdekat dari koil 2, 5 dan 6 menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan koil lain yang berada di sekitarnya yaitu sebesar 5,1 mV, 8,1 mV dan 4,3 mV. Lalu diikuti oleh koil 9 yang juga menghasilkan nilai perubahan gaya gerak listrik (ggl) induksi yang sedikit lebih tinggi daripada koil lainnya yaitu sebesar 1 mV. Dikarenakan yang jaraknya lebih jauh ke koil pemancar. Koil penerima lainnya dapat dinyatakan tidak mengalami perubahan apapun karena jaraknya yang terlalu jauh dari koil pemancar. Pada gambar 4 di tabel 3 dimana koil pemancar merupakan koil 3 dan anomali diletakkan dibawah koil 2 dapat dilihat bahwa terdapat nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi yang paling besar yaitu 13,5 mV terukur pada koil penerima 2. Anomali yang diletakkan pada koil 2 menyebabkan adanya perubahan nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi yang lebih besar dibanding koil lain. Koil lain yang mengalami perubahan adalah koil 5, 6 dan 9 yang mengalami perubahan sebesar 0,9 mV dan 4,2 mV dan 2,4 mV.

Tabel 2 Daftar grafik persebaran gaya gerak listrik (ggl) Induksi pada frekuensi 100 kHz (lanjutan)

No.	Persebaran nilai selisih Gaya Gerak Listrik (GGL) Saat Anomali dibawah Koil pemancar (mV)	Standar Deviasi	No.	Persebaran nilai selisih Gaya Gerak Listrik (GGL) Saat Anomali dibawah Koil Penerima terdekat (mV)	Standar Deviasi
1.		2,05	2.		3,59
			3.		5,22
			4.		3,73
5.		2,07	6.		5,6

Gambar 1 pada tabel 2 menunjukkan pengaruh nilai selisih Gaya Gerak Listrik (GGL) induksi apabila koil diletakkan dibawah koil 2 yang berada di sisi tengah atas pada konfigurasi multikoil. Dapat dilihat pada gambar 1 bahwa nilai koil penerima terdekat dari koil 2 yang bertindak sebagai pemancar yaitu koil 1, 3, 4, 5 dan 6 mengalami peningkatan nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi yang besar dan lebih merata yaitu 13 mV, 17,1 mV, 15,6 mV, 12,3 mV, 15,9 mV. Beda halnya dengan koil 6, 7 dan 8 yang tidak menghasilkan perubahan yang relatif kecil dikarenakan letaknya yang jauh dari koil pemancar. Pada gambar 2 di tabel 2 dimana koil pemancar merupakan koil 2 dan anomali diletakkan dibawah koil 1 dapat dilihat bahwa terdapat nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi yang paling besar yaitu 16,7 mV terukur pada koil penerima 1. Akibat

dari koil pemancar yaitu koil 2 letaknya berada di antara koil 1, 3 dan 5, maka koil penerima 1, 3, 4, 5 dan 6 lah yang mengalami perubahan nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi lebih besar daripada koil lain. Nilai perubahan gaya gerak listrik (ggl) induksi yang dihasilkan pada masing-masing koil tersebut ialah 16,7 mV, 11,1 mV, 7,7 mV, 9,1 mV dan 13,6 mV. Koil penerima lainnya dapat dinyatakan tidak mengalami perubahan apapun dikarenakan jaraknya yang terlalu jauh dari koil pemancar. Pada gambar 3 tabel 2 dimana koil pemancar merupakan koil 2 dan anomali diletakkan dibawah koil 3 dapat dilihat bahwa terdapat nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi yang paling besar yaitu 20,7 mV terukur pada koil penerima 3. Akibat dari koil pemancar yaitu koil 2 letaknya berada di antara koil 1, 3 dan 5, maka koil penerima 1, 3, 4, 5 dan 6 lah yang mengalami perubahan nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi lebih besar daripada koil lain. Nilai perubahan gaya gerak listrik (ggl) induksi yang dihasilkan pada masing-masing koil tersebut ialah 8,9 mV, 20,7 mV, 7,3 mV, 11,4 mV dan 10,8 mV. Koil penerima lainnya dapat dinyatakan tidak mengalami perubahan apapun dikarenakan jaraknya yang terlalu jauh dari koil pemancar. Pada gambar 4 tabel 3 dimana koil pemancar merupakan koil 2 dan anomali diletakkan dibawah koil 5 dapat dilihat bahwa terdapat nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi yang terukur pada koil penerima 2 adalah 18,1 mV. Nilai tersebut dinyatakan cukup kecil dibandingkan koil penerima lain di sekitar koil 5. Akibat dari koil pemancar yaitu koil 2 letaknya berada di antara koil 1, 3 dan 5, maka koil penerima 1, 3, 4, 5 dan 6 lah yang mengalami perubahan nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi lebih besar daripada koil lain. Nilai perubahan Gaya Gerak Listrik (GGL) induksi yang dihasilkan pada masing-masing koil tersebut ialah 9,1 mV, 15,1 mV, 13,1 mV, 18,1 mV dan 9,8 mV. Koil penerima lainnya dapat dinyatakan tidak mengalami perubahan apapun dikarenakan jaraknya yang terlalu jauh dari koil pemancar.

Pada Gambar 5 di tabel 2 terdapat persebaran nilai selisih gaya gerak listrik (ggl) saat anomali diletakkan dibawah koil pemancar yaitu koil 5 yang terletak di pusat dari konfigurasi multikoil. Koil penerima disekitarnya menunjukkan perubahan nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi yang besar. Koil penerima 1 hingga 4 menghasilkan nilai 9 mV, 5,1 mV, 6,4 mV dan 6,2 mV. Koil penerima 6 hingga 9 menghasilkan nilai 6,4 mV, 5,8 mV dan 7,2 mV dan 1,7 mV. Pada gambar 6 di tabel 2 dimana koil pemancar merupakan koil 5 dan anomali diletakkan dibawah koil 2 dapat dilihat bahwa terdapat nilai gaya gerak listrik (ggl) induksi yang terukur pada koil penerima 2 adalah 7 mV. Nilai tersebut dinyatakan cukup kecil apabila dibandingkan dengan koil lain di sekitarnya yaitu koil 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 dan 9. Akibat dari koil pemancar yaitu koil 5 letaknya berada di pusat konfigurasi multikoil. Maka koil penerima 1 hingga 9 mengalami nilai perubahan gaya gerak listrik (ggl) induksi yang nilainya hamper merata di setiap titik. Nilai perubahan Gaya Gerak Listrik (GGL) induksi yang dihasilkan pada masing-masing koil tersebut ialah 21,3 mV, 7 mV, 14,4 mV, 6 mV dan 4,7 mV, 14,7 mV, 5,5 mV dan 11,2 mV. Koil penerima lainnya dapat dinyatakan tidak mengalami perubahan apapun dikarenakan jaraknya yang terlalu jauh dari koil pemancar

3.4 Analisis Distribusi Selisih Gaya Gerak Listrik (GGL) Berdasarkan Posisinya Anomali Secara Kuantitatif

Analisis Distribusi Selisih gaya gerak listrik (ggl) secara kuantitatif dilakukan dengan menggunakan parameter standar deviasi sebagai acuan. Metode Analisis Standar Deviasi Selisih gaya gerak listrik (ggl) dilakukan dengan menganalisis nilai standar deviasi selisih gaya gerak listrik (ggl) pada koil yang berada di sekitar koil pemancar. Sebagai contoh apabila koil 1 digunakan sebagai koil pemancar maka koil yang diperhatikan dan dianalisis nilai standar deviasinya adalah koil 2, 4 dan 5 karena koil tersebut berada di sekitar koil 1. Metode tersebut dilakukan pada koil 1, 2, 3 dan 5.

Tabel 3 Data Standar Deviasi Selisih gaya gerak listrik (ggl) Pada Seluruh Koil Penerima Disekeliling Koil Pemancar

Kondisi Koil Transmitter	Standar Deviasi Anomali di Transmitter	Standar Deviasi Anomali di Koil Penerima Terdekat		
Sudut (Koil 1)	5,4	8,1		
Sudut (Koil 3)	2,05	6,2		
Sisi Tengah (Koil 2)	2,05	Koil 1	Koil 3	Koil 5
		3,59	5,22	3,73
Tengah (Koil 5)	2,07	5,6		

Tabel 3 menunjukkan daftar persebaran nilai gaya gerak listrik (ggl) yang terjadi pada masing-masing koil penerima yang mengelilingi koil pemancar saat kondisi anomali diletakkan dibawah koil pemancar dan saat anomali diletakkan dibawah koil penerima terdekat yang ditunjukkan melalui nilai standar deviasi. Dapat dilihat dari tabel tersebut nilai standar deviasi pada saat koil 1 berperan sebagai koil pemancar dan anomali

berada dibawah koil pemancar menghasilkan nilai standar deviasi 5,4. Saat anomali dipindahkan ke koil penerima terdekat yaitu koil 2, nilai standar deviasi gaya gerak listrik (ggl) induksinya mengalami kenaikan hingga 8,1. Hal tersebut juga terjadi pada koil 3 yang nilai standar deviasinya mengalami kenaikan dari 2,05 menjadi 6,2. Begitu pula pada koil 5 yang letaknya di pusat konfigurasi mengalami kenaikan dari 2,07 menjadi 5,6. Pada saat koil 2 berperan sebagai pemancar, nilai standar deviasi yang dihasilkan saat anomali diletakkan dibawah koil pemancar ialah 2,05. Saat anomali dipindahkan ke koil penerima 1, nilai standar deviasi yang dihasilkan mengalami peningkatan hingga 3,59. Saat anomali dipindahkan ke koil penerima 3 nilai standar deviasi juga mengalami penurunan hingga 5,22. Begitu pula saat dipindahkan ke koil penerima 5, standar deviasi menghasilkan nilai 3,73.

Dapat dilihat dari data tersebut bahwa pada koil 1, 3, 5 mengalami pola penurunan nilai standar deviasi yang sama apabila anomali dipindahkan ke koil penerima terdekat. Koil 2 menunjukkan pola yang sama dengan koil 1, 3 dan 5 pada saat anomali dipindahkan ke koil penerima 1. Artinya nilai standar deviasi mungkin dapat dijadikan sebuah acuan untuk menentukan adanya anomali pada tanah tersebut. Apabila didalam tanah tersebut terdapat suatu anomali, maka akan ditandai dengan adanya perubahan nilai standar deviasi yang dihasilkan. Tetapi untuk menentukan ada atau tidaknya anomali dalam tanah harus memperhatikan koil mana yang dijadikan sebagai pemancar. Apabila koil yang berada di sudut konfigurasi multikoil seperti koil 1 dan 3 maka nilai standar deviasi yang dihasilkan akan bernilai rendah apabila anomali berada dibawah koil pemancar, lalu akan bernilai tinggi apabila anomali berada di koil penerima terdekat. Sama halnya apabila koil yang berperan sebagai transmitter adalah koil yang berada di pusat konfigurasi multikoil seperti koil 5 maka nilai standar deviasi yang dihasilkan akan bernilai rendah apabila anomali berada dibawah koil pemancar, lalu akan bernilai tinggi apabila anomali terletak di koil penerima terdekat. Nilai *threshold* dari kenaikan standar deviasi yang dihasilkan pada kondisi dimana koil yang berada di sudut dan pusat dari konfigurasi menjadi koil pemancar adalah 5,5. Apabila nilai dari standar deviasi pengukuran pada kondisi tersebut kurang dari 5,5 maka dapat diasumsikan bahwa anomali berada dibawah koil transmitter. Apabila nilai standar deviasinya lebih dari 5,5 maka dapat diasumsikan bahwa anomali berada pada koil penerima terdekat. Namun terdapat sedikit perbedaan pada kondisi dimana koil 2 bertindak sebagai koil pemancar. Nilai *threshold* untuk kondisi dimana koil 2 bertindak sebagai pemancar adalah 3. Artinya apabila nilai standar deviasi pengukuran pada kondisi tersebut kurang dari 3 maka dapat diasumsikan bahwa anomali terletak dibawah koil pemancar. Apabila nilai standar deviasinya melebihi nilai 3 maka dapat diasumsikan bahwa anomali terletak diluar dari koil pemancar atau berada dibawah koil penerima terdekat.

Kesimpulan

Berikut kesimpulan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan.

1. Identifikasi posisi anomali yang berada pada kondisi dibawah koil pemancar atau dibawah koil penerima lain dilakukan melalui 2 pendekatan. Kedua pendekatan tersebut adalah pendekatan secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif dilakukan dengan memperhatikan karakteristik nilai gaya gerak listrik (ggl) pada koil penerima apabila anomali dipindahkan dari posisi awal dibawah koil pemancar ke posisi dibawah koil penerima terdekat. Pendekatan kuantitatif menggunakan standar deviasi sebagai acuan untuk menentukan posisi anomali berada dibawah koil pemancar atau dibawah koil penerima lain.
2. Nilai *threshold* dari perubahan standar deviasi selisih gaya gerak listrik (ggl) pada kondisi koil pemancar berada di sudut dan di pusat konfigurasi multikoil adalah 5,5. Sedangkan untuk kondisi koil pemancar berada di sisi tengah dari konfigurasi multikoil nilai *threshold* dari perubahan standar deviasi gaya gerak listrik (ggl) adalah 3.

Daftar Pustaka:

- [1] Ayob, N.M.N; Rahiman, M.H.F; Zulkarnay, Z, Initial Development of Magnetic Induction Tomography, UTM Press, Universitas Teknologi Malaysia
- [2] Mansora, S.B; Zulkarnay, Z; Balkhisb, I; Magnetic Induction Tomography: A Brief Review, UTM Press, Universitas Teknologi Malaysia
- [3] Ainun, A.N (2018), Perancangan Sistem Multikoil Pada Induksi Medan Magnet, Tugas Akhir
- [4] Darmawan, D. (2015), Study of Induced Current Electrical Impedance Tomography Configuration on 2 Dimensional Rectangular Object, Proc. The 7th ICOPIA International Conference on Physics and Its Applications, vol 1.
- [5] Darmawan, D. (2014), Boundary Potential Distribution in Rectangular Object Based on Data Collection System, Proc. The 3rd International Conference on Theoretical and Applied Physics (ICTAP 2013)