

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Proses identifikasi dilakukan untuk mendeteksi terhadap ketidakhomogenan atau anomali pada objek uji. Berbagai metode identifikasi telah dikembangkan mulai dari metode yang bersifat destruktif maupun non-destruktif. Dalam menjaga kondisi dan kualitas objek uji diperlukan metode identifikasi yang bersifat non-destruktif. Metode ini digunakan untuk mendeteksi terhadap anomali yang tidak terlihat secara langsung. Metode identifikasi yang bersifat non-destruktif sering disebut dengan *Non-Destructive Testing* (NDT).

Metode elektromagnetik merupakan salah satu metode identifikasi NDT yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi untuk mendeteksi anomali pada bahan konduktor maupun dielektrik [1]. Dengan menggunakan metode elektromagnetik diharapkan proses identifikasi terhadap anomali dapat dideteksi secara optimal. Dalam melakukan proses identifikasi diperlukan adanya parameter fisis yang berupa sifat mekanik, kelistrikan dan kemagnetan, serta termal. Sifat fisis inilah yang digunakan sebagai penentuan parameter fisis dalam proses identifikasi.

Proses identifikasi dilakukan dengan memberikan energi stimulus atau eksitasi berdasarkan besaran fisis yang dimiliki objek uji sehingga akan muncul besaran fisis lain dari hasil pengamatan. Berdasarkan sifat kelistrikan dan kemagnetannya besaran fisis hasil pengamatan tersebut merupakan distribusi resistivitas objek uji. Untuk memetakan distribusi resistivitas dilakukan dengan teknik pencitraan. Teknik pencitraan terhadap distribusi dari sifat besaran fisis objek uji dikenal dengan tomografi. Metode tomografi tergolong baru dan banyak dikembangkan saat ini adalah *Electrical Impedance Tomography* (EIT).

Metode EIT menerapkan arus listrik konstan pada permukaan bidang batas tepi objek uji sehingga menghasilkan distribusi potensial yang mencerminkan distribusi resistivitas [2]. Metode EIT dibedakan berdasarkan penerapan energi stimulus atau eksitasi terhadap objek uji. Metode injeksi arus listrik terhadap objek uji secara kontak langsung dikenal dengan *Applied Current Electrical Impedance Tomography* (ACEIT). Sedangkan metode induksi medan magnet yang tidak

kontak langsung terhadap objek uji dikenal dengan *Induced Current Electrical Impedance Tomography* (ICEIT). Metode ICEIT dilakukan untuk mengatasi persoalan sensitivitas terhadap perubahan distribusi resistivitas pada tengah objek uji. Namun persoalan terpenting pada metode ICEIT adalah ketidakhomogenan medan magnet penginduksi. Oleh karena itu diperlukan kesesuaian penggunaan parameter fisis sistem induksi medan magnet, yaitu dengan melakukan variasi terhadap frekuensi eksitasi, arus listrik eksitasi, jumlah lilitan koil penginduksi, jumlah induksi, pola konfigurasi koil penginduksi, bentuk koil penginduksi, jarak induksi, bentuk objek uji, letak elektroda potensial, metode pengukuran potensial, maupun metode rekonstruksi. Pada Tabel 1.1. menunjukkan beberapa penelitian metode ICEIT yang pernah dilakukan [1].

Tabel 1.1. Perbandingan Beberapa Penelitian Metode ICEIT

	Sheffield University (Purvis)	New York University (Gencer)	Tel-Aviv University (Zlochiever)	Ecole Polytechnique de Montreal (Tanguay)	Institut Teknologi Bandung
Jumlah Induksi	3	6	3	8	1,3,5,8,9,16
Bentuk Koil	Sirkular	Sirkular	Sirkular	Sirkular	Rektangular
Bentuk Objek	Sirkular	Sirkular	Sirkular	Sirkular	Rektangular
Jumlah Elektroda	16	16	32	16	16
Frekuensi Eksitasi (KHz)	50	50	47	50	1,10,50,100

Pada Tabel 1.1. dapat dilihat bahwa bentuk koil dan bentuk objek uji yang banyak digunakan dalam penelitian sebelumnya adalah sirkular. Dalam beberapa metode ACEIT, rotasi injeksi arus listrik pada objek uji sirkular hanya menghasilkan satu pola distribusi potensial yang sama. Sedangkan pada objek uji rektangular dapat menghasilkan pola distribusi potensial yang berbeda sehingga jumlah data yang dihasilkan beragam untuk mengatasi persoalan *ill-posed*. Berdasarkan hipotesis, dengan menggabungkan bentuk koil dan bentuk objek uji rektangular diharapkan persoalan ketidakhomogenan medan magnet penginduksi dapat diatasi. Sehingga penelitian ini menitikberatkan pada penentuan kelayakan parameter fisis sistem induksi medan magnet metode ICEIT dalam skala laboratorium. Sehingga proses identifikasi terhadap kondisi objek uji dapat dilakukan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Terdapat beberapa hal yang menjadi fokus masalah penelitian dalam penentuan kelayakan parameter fisis sistem induksi medan magnet metode ICEIT. Berikut rumusan masalah dalam penelitian meliputi:

1. Sistem induksi medan magnet dilakukan dengan injeksi arus listrik konstan pada koil penginduksi yang diprediksi dapat menjangkau seluruh penampang permukaan objek uji yang jauh dari bidang batas. Induksi medan magnet dengan menggunakan bahan non-feromagnetik dihadapkan pada persoalan kecilnya arus induksi yang terjadi pada bahan tersebut. Sehingga mengakibatkan ketidakhomogenan medan magnet penginduksi. Bagaimana dalam menentukan kelayakan besaran parameter fisis sistem induksi medan magnet metode ICEIT agar perubahan potensial *boundary* yang dihasilkan masih dapat diamati dengan alat ukur skala laboratorium?
2. Penggunaan bentuk koil rektanguler dan bentuk objek uji rektanguler diharapkan dapat memberikan kehomogenan yang lebih baik. Bagaimana dalam menentukan konfigurasi koil penginduksi pada sistem induksi medan magnet metode ICEIT agar menghasilkan data potensial *boundary* hasil pengukuran yang layak untuk divalidasi dengan data potensial *boundary* hasil simulasi?
3. Besarnya nilai *error* data potensial *boundary* hasil pengukuran yang masih dilakukan secara manual. Oleh karena itu terdapat perbedaan nilai antara data potensial *boundary* hasil pengukuran dengan data potensial *boundary* hasil simulasi. Bagaimana dalam meminimalkan perbedaan *range* waktu yang digunakan dalam proses pengukuran data potensial *boundary* yang masih dilakukan secara manual?
4. Objek uji yang digunakan dalam penelitian adalah tanah yang telah dikondisikan dengan karakterisasi tertentu. Sehingga diperlukan nilai resistivitas tanah yang relatif kecil agar data potensial *boundary* hasil pengukuran dapat layak terukur dalam skala laboratorium. Bagaimana dalam mengatasi persoalan nilai resistivitas objek uji yang relatif besar?
5. Pemodelan objek uji dalam penelitian telah dikondisikan dengan karakterisasi tertentu yang diasumsikan dalam kondisi homogen dan anomali. Apakah ada

perbedaan nilai antara data potensial *boundary* hasil pengukuran objek uji dalam kondisi homogen dan anomali sehingga dapat digunakan untuk proses identifikasi?

### 1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka penelitian ini difokuskan pada kelayakan perancangan pemodelan sistem induksi medan magnet metode ICEIT. Berikut batasan masalah dalam penelitian meliputi:

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan parameter fisis sumber arus listrik berupa energi stimulus atau eksitasi yang berasal dari perangkat sumber arus listrik konstan yang tersedia di laboratorium. Nilai frekuensi yang digunakan adalah 1 KHz, 10 KHz, dan 100 KHz. Sedangkan nilai sumber arus listrik konstan yang digunakan dengan *range* amplitudo antara 0 – 3,7 *mApp*.
2. Penelitian dilakukan dengan menggunakan parameter fisis sistem induksi medan magnet berupa lilitan koil penginduksi. Diameter koil penginduksi yang digunakan adalah 0,5 *mm*, jumlah lilitan koil penginduksi yang digunakan adalah 300 lilitan dan 600 lilitan, dan jarak induksi adalah 1 *cm* dengan posisi koil penginduksi tepat berada di atas objek uji.
3. Penelitian dilakukan dengan menggunakan pemodelan sistem induksi medan magnet hanya berlaku pada sifat bahan non-feromagnetik.
4. Penelitian dilakukan dengan menggunakan parameter fisis objek uji (*phantom*) yang berlaku terhadap spesifikasi jenis dan dimensi objek uji yang digunakan. Pemodelan objek uji berupa tanah yang telah dikondisikan dengan karakterisasi tertentu. Ukuran penampang objek uji yang digunakan dalam penelitian adalah 12 x 12 *cm*. Penelitian dilakukan dengan mengasumsikan objek uji hanya memiliki sifat fisis kelistrikan dan belum mempertimbangkan sifat kemagnetan bahan.
5. Pemodelan objek uji diasumsikan dalam kondisi homogen dan anomali. Kondisi homogen dapat diasumsikan bahwa nilai resistivitas objek uji dianggap sama pada setiap titik. Sedangkan kondisi anomali dapat diasumsikan bahwa nilai resistivitas objek uji dianggap berbeda pada setiap titik. Anomali yang digunakan sebagai pembeda dalam penelitian berupa

balok kayu. Ukuran penampang balok kayu yang digunakan dalam penelitian adalah  $2 \times 2 \text{ cm}$ .

6. Pemodelan sistem induksi medan magnet dengan jarak induksi antara koil penginduksi dengan objek uji telah ditetapkan dengan jarak induksi  $1 \text{ cm}$ . Dengan jarak induksi medan magnet yang relatif kecil diharapkan dapat mengatasi persoalan ketidakhomogenan medan magnet penginduksi.
7. Penelitian ini tidak membahas tentang analisis rasio dimensi pemodelan koil penginduksi dan objek uji yang digunakan. Sehingga penentuan bentuk koil penginduksi rektanguler dan bentuk objek uji rektanguler dengan dimensi yang sama dipilih dalam penelitian ini.
8. Penelitian ini menggunakan 9 pola posisi konfigurasi koil penginduksi yang telah ditetapkan.
9. Parameter fisis sistem induksi medan magnet metode ICEIT yang digunakan untuk proses identifikasi adalah besaran listrik berupa resistivitas listrik. Oleh karena itu objek uji yang digunakan telah dikondisikan dengan karakteristik tertentu dan diasumsikan tidak memiliki hambatan konduktif maupun kapasitif.
10. Penelitian ini menggunakan metode pengukuran relatif. Proses pengukuran data potensial *boundary* masih dilakukan secara manual pada 16 titik *probe* elektroda potensial batas objek uji. Metode sistem koleksi data potensial *boundary* dilakukan dengan cara pengukuran berpasangan antar *probe* elektroda bersebelahan. Rotasi pengukuran data potensial *boundary* dengan arah berlawanan jarum jam terhadap objek uji.
11. Validasi pengukuran dengan menggunakan alat ukur multimeter FLUKE 87 V dengan tingkat resolusi dan presisi tertentu yang telah terkalibrasi. Sedangkan validasi data hasil pengukuran dilakukan dengan perbandingan data hasil simulasi MATLAB.
12. Proses perancangan model dan eksperimen pengujian sistem induksi medan magnet metode ICEIT dilakukan di Laboratorium Riset NDT (*Non-Destructive Testing*) Fakultas Teknik Elektro, Telkom University.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian yang harus dicapai adalah menentukan kelayakan parameter fisis sistem induksi medan magnet dengan metode ICEIT pada bahan non-feromagnetik melalui sistem koleksi data potensial yang menghasilkan citra rekonstruksi tomografi.

Sedangkan sasaran penelitian yang mendukung tujuan penelitian ini meliputi:

1. Mendapatkan perancangan model sistem induksi medan magnet metode ICEIT berdasarkan penentuan parameter fisis dengan baik dan benar.
2. Mendapatkan kelayakan penentuan parameter fisis sistem induksi medan magnet metode ICEIT berdasarkan hasil eksperimen pengujian yang dilakukan dalam penelitian.
3. Mendapatkan pola posisi konfigurasi koil penginduksi yang berdimensi sama dengan bentuk objek uji dalam penelitian.
4. Mendapatkan data potensial *boundary* hasil pengukuran sistem induksi medan magnet metode ICEIT pada kondisi objek uji homogen dan anomali.
5. Mendapatkan perbedaan nilai data potensial *boundary* hasil pengukuran sistem induksi medan magnet metode ICEIT pada kondisi objek uji homogen dan anomali sehingga proses identifikasi terhadap kondisi objek uji dapat dilakukan.
6. Mendapatkan kesamaan pola grafik data potensial *boundary* hasil simulasi dengan data potensial *boundary* hasil pengukuran sistem induksi medan magnet metode ICEIT. Sehingga proses rekonstruksi citra tomografi dapat dilakukan.
7. Mendapatkan citra rekonstruksi tomografi untuk proses identifikasi terhadap kondisi objek uji sehingga mempermudah dalam menentukan posisi anomali yang terjadi pada objek uji.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Berdasarkan tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini maka manfaat penelitian yang dapat diperoleh dalam penelitian ini adalah mempermudah dalam perancangan model pembuatan instrumen koleksi data sistem induksi medan magnet metode ICEIT secara otomatis dan dalam bentuk yang lebih sederhana. Dengan menggunakan parameter fisis sistem induksi medan magnet metode ICEIT

yang telah ditetapkan dalam penelitian ini dapat memungkinkan untuk melakukan pengembangan metode identifikasi tomografi secara komersial.

## **1.6. Metodologi Penelitian**

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan penelitian, diantaranya sebagai berikut:

### **1. Studi Literatur**

Pada tahap awal penelitian dilakukan studi literatur yaitu dengan melakukan studi pembelajaran untuk memahami teori-teori pendukung yang menyangkut pengkajian beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan identifikasi objek uji dengan menggunakan metode tomografi induksi medan magnet. Sehingga dapat dengan mudah dalam menentukan perancangan model sistem induksi medan magnet metode ICEIT sebagai modal utama dalam kontribusi dari penelitian ini.

### **2. Perancangan Model dan Realisasi Sistem**

Pada tahap ini perancangan model sistem induksi medan magnet metode ICEIT dilakukan dengan menerapkan perancangan model sistem induksi medan magnet berdasarkan pengkajian dari beberapa penelitian EIT sebelumnya. Hanya saja parameter fisis sistem induksi medan magnet yang digunakan dalam penelitian ini dibuat berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya berdasarkan hipotesis yang telah ditentukan. Realisasi sistem induksi medan magnet metode ICEIT dilakukan dengan implementasi pembuatan model eksperimen berdasarkan perancangan model yang sudah ditentukan.

### **3. Eksperimen Pengujian Sistem**

Eksperimen pengujian sistem induksi medan magnet metode ICEIT dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

1. Melakukan eksperimen pembuatan *sample* dan karakterisasi pengkondisian objek uji sehingga objek uji yang digunakan dapat diasumsikan dalam kondisi homogen dan anomali.
2. Melakukan eksperimen pengujian *grounding* sistem sehingga objek uji dianggap tidak menyimpan arus induksi.

3. Melakukan eksperimen pengujian sistem pengukuran resistivitas tanah metode konfigurasi *Wenner* Alfa.
4. Melakukan eksperimen pengujian sistem pengukuran resistivitas kayu metode konfigurasi *Wenner* Alfa.
5. Melakukan eksperimen pengujian sistem induksi medan magnet metode ICEIT dengan objek uji yang diasumsikan dalam kondisi homogen dan anomali berdasarkan parameter fisis sistem induksi medan magnet yang telah ditentukan, sehingga diperoleh data potensial *boundary* hasil pengukuran pada bidang batas tepi objek uji menggunakan alat ukur multimeter dengan tingkat resolusi dan presisi tertentu.
6. Analisis dan Kesimpulan  
Analisis berdasarkan pada tahapan eksperimen yang telah dilakukan. Proses identifikasi dilakukan dengan validasi data perbandingan data potensial *boundary* hasil simulasi MATLAB dengan data potensial *boundary* hasil pengukuran sistem induksi medan magnet metode ICEIT. Kesimpulan penelitian ini berdasarkan pada hasil analisis dan studi literatur yang telah dilakukan.
7. Penulisan Laporan Penelitian  
Hasil eksperimen pengujian sistem induksi medan magnet metode ICEIT telah didokumentasikan dan ditulis dalam bentuk laporan tugas akhir atau skripsi.

### **1.7. Sistematika Penulisan Tugas Akhir**

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 bab. Pada masing-masing bab terdiri dari sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN, pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB 2 LANDASAN TEORI, pada bab ini membahas tentang teori-teori pendukung penelitian yang berkaitan dengan studi eksperimental kelayakan sistem induksi medan magnet metode ICEIT yang meliputi Perkembangan Metode Identifikasi NDT, Perkembangan Metode EIT, Metode ACEIT,

Metode ICEIT, Sumber Arus Listrik Konstan, Sifat Bahan Non-Feromagnetik, Metode Sistem Pengukuran Resistivitas Tanah, Korosifitas Tanah, dan Karakteristik Elemen Sistem Pengukuran.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN, pada bab ini membahas tentang alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, simulasi sistem induksi medan magnet dengan *software* Vizimag 3.18., perancangan model sistem pengukuran resistivitas tanah dan kayu metode konfigurasi *Wenner* Alfa, perancangan model sistem induksi medan magnet metode ICEIT, pembuatan *sample* dan karakterisasi pengkondisian objek uji, eksperimen pengujian *grounding* sistem, eksperimen pengujian sistem pengukuran resistivitas metode konfigurasi *Wenner* Alfa, eksperimen pengujian sistem induksi medan magnet metode ICEIT.

BAB 4 HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISIS DATA, pada bab ini membahas tentang hasil eksperimen pengujian sistem induksi medan magnet metode ICEIT dan pembahasan berdasarkan hasil analisis secara keseluruhan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN, pada bab ini membahas tentang kesimpulan dalam penelitian tugas akhir yang diperoleh dari hasil analisis dan pembahasan, serta yang dapat dilakukan untuk pengembangan metode identifikasi pada penelitian selanjutnya.