

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang dan Masalah

Untuk pengukuran kuat medan listrik dan kuat medan magnet di bawah konduktor transmisi maupun Gardu Induk dibutuhkan alat ukur yang sangat mahal. Alat yang digunakan untuk mengukur kuat medan listrik dan kuat medan magnet di bawah konduktor bertegangan adalah *electromagnetic field meter* (EMF). EMF dapat mengukur kuat medan listrik dan kuat medan magnet karena memanfaatkan tegangan dan arus induksi dari konduktor. EMF didalamnya terdiri dari plat kapasitor dan lilitan dengan *coil*. Dengan harga yang sangat mahal tersebut dapat diatasi dengan penggunaan alat ukur yang sangat sederhana yaitu alat bantu ukur tegangan dan arus induksi. Alat ukur ini didesain mampu mengukur tegangan dan arus induksi pada saluran transmisi. Alat ukur ini terlebih dahulu akan dikalibrasi dengan menggunakan alat ukur kuat medan listrik dan kuat medan magnet yaitu *electromagnetic field meter*. Dengan kalibrasi akan didapatkan persamaan empiris yang dapat digunakan untuk menghitung kuat medan listrik dan kuat medan magnet dibawah konduktor bertegangan.

Induksi elektromagnetik pada saluran transmisi adalah gejala timbulnya arus listrik pada suatu penghantar karena pengaruh medan magnet yang berubah,

sehingga semua benda logam yang ada disekitar saluran akan bertegangan. Disamping makin besarnya arus yang mengalir pada *line* yang mempengaruhi besar tegangan dan arus induksi juga dipengaruhi oleh *clearance* (jarak) antara kabel penghantar ke benda logam yang diantarai udara (*airgap*) atau *creepage distance* (jarak rambat) jika antara penghantar ke benda logam diantarai isolator.<sup>1</sup>

Arus induksi terjadi jika adanya perubahan medan magnet pada saluran transmisi. Arus induksi yang timbul disebabkan oleh karena adanya tegangan yaitu tegangan induksi. Tegangan dan arus induksi pada saluran transmisi dapat diukur dengan menggunakan alat bantu ukur untuk arus dan tegangan induksi yang berupa plat kapasitor dan induktor.<sup>2</sup>

Dalam pengukuran tegangan induksi dibutuhkan suatu alat yang dapat menangkap tegangan induksi tersebut. Alat ukur tegangan induksi yang didesain dalam penelitian ini adalah sama prinsip kerjanya dengan kapasitor keping sejajar. Dalam alat ini menggunakan dua buah plat tembaga yang berbentuk lingkaran dengan diameter yang berbeda yaitu plat atas dengan diameter 20 cm dan plat bawah dengan diameter 30 cm. Diameter tersebut mampu lebih baik mengukur tegangan induksi, karena pada penelitian Juswan Alexander (2003), diameter hanya dibuat 17 cm untuk plat atas dan 19 cm untuk plat bawah dan pada saat diuji pada saluran transmisi hanya dapat mengukur dengan titik andongan terendah pada saluran transmisi 150 kV. Permukaan dibuat lebih lebar karena pada perhitungan yang telah ditetapkan yaitu semakin lebar permukaan plat maka

---

<sup>1</sup> Hanafy M. Ismail. 2007. *Effect of Oil Pipelines Existing in an HVTL Corridor on the Electric-Field Distribution*. Transactions On Power Delivery, Vol. 22, No. 4. IEEE

<sup>2</sup> Djuhana, Dede. 2004. *Induksi elektromagnetik*. Departemen Fisika FMIPA-UI. Jakarta.

semakin besar beda potensial antara keduanya. Diameter dibuat berbeda juga karena disekitar medan listrik pada saluran transmisi terdapat titik-titik equipotensial. Beda potensial antara kedua titik equipotensial inilah yang akan diukur dengan menggunakan voltmeter. Permukaan bawah plat dibuat lebih lebar agar dapat menangkap tegangan dengan jarak yang lebih jauh dengan konduktor transmisi.

Untuk pengukuran arus induksi digunakan sebuah inti isolator yang mempunyai diameter 12 cm yang dililit dengan kawat email (diameter 0,11 mm), dengan jumlah lilitan sebanyak 500 lilitan. Ini dilakukan karena pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Juswan Alexander (2003) dengan menggunakan kawat email diameter 0,1 mm untuk membentuk lilitan berdiameter 10 cm tidak dapat mengukur arus induksi pada saluran transmisi. Penggunaan luas penampang yang besar dan panjang induktor yang besar diharapkan dapat mengukur arus induksi pada konduktor gardu induk maupun saluran transmisi karena sesuai persamaan yang di sudah ditetapkan.<sup>3</sup>

Tegangan induksi dan arus induksi yang diukur menentukan besar kuat medan listrik dan kuat medan magnet. Kuat medan listrik dan kuat medan magnet yang terukur merupakan variabel tergantung sedangkan tegangan dan arus induksi yang terukur merupakan variabel bebas. Dalam penelitian ini tegangan dan arus induksi merupakan hasil pengukuran tegangan dengan alat kapasitor keping sejajar dan hasil pengukuran arus dengan alat induktor, sedangkan kuat medan listrik dan

---

<sup>3</sup> Juswan, Alexander. 2003. *Studi Perhitungan Kuat medan listrik dan kuat medan magnet Di Bawah Jaringan 150 kV*. Digital Collections Petra Christian University Library. Surabaya.

kuat medan magnet merupakan hasil pengukuran dari alat ukur EMF. Untuk mencari koorelasi antara variabel bebas dan variabel tergantung digunakan metode regresi linear.

Analisis regresi sebagai kajian terhadap hubungan satu variabel yang disebut sebagai variabel yang diterangkan (*the explained variabel*) dengan satu atau dua variabel yang menerangkan (*the explanatory*). Variabel pertama disebut juga sebagai variabel tergantung dan variabel kedua disebut juga sebagai variabel bebas. Penggunaan regresi linear juga dikarenakan terdapat hubungan linier antara variabel bebas (X) dan variabel tergantung (Y).<sup>4</sup>

Dengan penggunaan alat ukur tegangan dan arus induksi dapat diberikan suatu persamaan empiris yang dapat digunakan untuk menghitung kuat medan listrik dan kuat medan magnet di bawah konduktor transmisi maupun gardu induk. Jadi, untuk menghitung kuat medan listrik dan medan dapat menggunakan alat ukur tegangan dan arus induksi yang telah dibuat. Pada pengkalibrasian akan dilakukan di Gardu Induk Teluk Betung (Lampung).

## **B. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Membuat alat bantu ukur tegangan dan arus induksi.
2. Melakukan kalibrasi alat bantu ukur untuk tegangan dan arus induksi di konduktor GI Teluk Betung dengan *electromagnetic field meter*.

---

<sup>4</sup> Gujarati, Damodar. 2006. *Dasar-Dasar Ekonometrika*. Jakarta: Erlangga.

3. Mendapatkan persamaan empiris kuat medan listrik dan kuat medan magnet dengan membandingkan tegangan dan arus yang terukur dengan kuat medan listrik dan kuat medan magnet yang terukur dengan *electromagnetic field meter* menggunakan metode regresi.
4. Menghitung *standard error* dari alat bantu ukur arus dan tegangan induksi.

### C. Kerangka Teoritis

Induksi elektromagnetik pada saluran transmisi adalah gejala timbulnya arus listrik pada suatu penghantar karena pengaruh medan magnet yang berubah, sehingga semua benda logam yang ada disekitar saluran akan bertegangan. Disamping makin besarnya arus yang mengalir pada *line* yang mempengaruhi besar tegangan induksi juga dipengaruhi oleh *clearance* (jarak) antara kabel penghantar ke benda logam yang diantarai udara (*airgap*) atau *creepage distance* (jarak rambat) jika antara penghantar ke benda logam diantarai isolator.<sup>5</sup>

Medan listrik yang timbul karena ada tegangan yang mengalir. Semakin besar tegangan maka semakin besar medan listriknya. Maka dapat disimpulkan bahwa medan listrik adalah fungsi dari tegangan, yang didefinisikan  $E = f(V)$ . Tiap partikel listrik menimbulkan suatu medan gaya listrik. Dan apabila partikel-partikel listrik bergerak sepanjang suatu konduktor, maka akan timbul gerakan garis-garis gaya listrik. Garis yang timbul di sepanjang permukaan medan listrik disebut garis ekuipotensial. Beda potensial dari kedua garis dapat diukur dengan menggunakan rangkaian plat kapasitor.

---

<sup>5</sup> *Migas Indonesia Online, Induktif Kopling dan Kopling Kapasitive*. 20 Februari 2008.  
<http://www.migasindonesia.com/index.php?module=article&sub=article&act=view&id=3457>

Medan magnet adalah suatu medan yang dibentuk dengan menggerakkan muatan listrik (arus listrik). Pada percobaan Faraday dengan menggunakan magnet batang dan lilitan yang berbentuk solenoida, ketika magnet digerakan maka jarum galvanometer yang dihubungkan ke ujung kedua lilitan akan bergerak. Hal ini dikarenakan laju perubahan medan magnet akan menimbulkan arus induksi. Benda yang mendapat induksi medan magnet dari listrik bolak-balik juga akan mengalirkan listrik dan menimbulkan tegangan antara kedua ujungnya, prinsip ini digunakan pada transformator. Dapat disimpulkan bahwa medan magnet merupakan fungsi dari arus listrik,  $H = f(I)$ . Induksi dari medan magnet dapat diukur dengan menggunakan lilitan yang berbentuk induktor. Dari pengukuran ini akan didapatkan arus induksi.<sup>6</sup>

#### **D. Hipotesis**

Hipotesa dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Prinsip alat bantu ukur tegangan induksi sesuai dengan prinsip garis equipotensial, dimana pada di sekitar medan listrik terdapat titik-titik dengan potensial yang sama. Letak titik-titik tersebut tergantung dari bentuk benda. Untuk logam lingkaran, titik-titik dengan potensial sama, atau titik-titik equipotensial, terletak pada permukaan lingkaran dan permukaan tersebut disebut permukaan equipotensial. Tegangan induksi atau beda potensial diukur dari dua buah permukaan lingkaran yang

---

<sup>6</sup> Juswan, Alexander. 2003. *Studi Perhitungan Kuat medan listrik dan kuat medan magnet Di Bawah Jaringan 150 kV*. Digital Collections Petra Christian University Library. Surabaya.

memiliki diameter berbeda. Sehingga alat ukur yang dibuat mampu mengukur tegangan induksi dari konduktor gardu induk.

2. Alat ukur buatan untuk medan magnet dapat mengukur arus yang diinduksikan oleh konduktor gardu induk. Ini sesuai dengan percobaan Faraday, dimana saat magnet digerakan disekitar lilitan maka jarum galvanometer akan bergerak. Laju perubahan medan magnet ini akan menimbulkan arus yang dinamakan arus induksi.
3. Dengan mendapatkan nilai tegangan dan arus induksi, maka dapat meramalkan nilai kuat medan listrik dan kuat medan magnet dengan menggunakan persamaan empiris yang dibuat dengan menggunakan metode regresi.