

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai Metodologi Penelitian skripsi yang berupa metode simulasi serta pengambilan data dengan sensor yang telah kami buat. Simulasi pemodelan desain sensor dibuat dalam tiga dimensi setelah itu dicari distribusi sensitivitas medan listrik. Pengambilan data menggunakan sensor yang telah kami buat, selanjutnya diolah dalam data acquisition system (DAS) dan kemudian direkonstruksi di dalam computer sampai terbentuknya citra.

3.1 Simulasi Pemodelan Sistem ECVT

Desain sensor tiga dimensi Sistem ECVT akan sangat menentukan citra yang dihasilkan. Karena setiap desain memiliki distribusi sensitivitas yang berbeda-beda tergantung pada model yang dibuat. Selanjutnya dalam bagian ini diteliti untuk didapatkan desain sensor tiga dimensi ECVT yang optimal. Tentunya dengan batasan komponen yang mendukung. Pemodelan melalui simulasi untuk mencari desain sensor yang optimal merupakan suatu hal yang *simple*, efisien dan ekonomis dibandingkan dengan percobaan sesungguhnya. Karena dengan simulasi maka akan sangat mudah dalam perubahan berbagai model yang diinginkan serta menghemat waktu dibandingkan dengan membuat secara langsung. Namun demikian model sensor yang telah disimulasikan tetap dibuat untuk memperlihatkan korelasi sensitivitas dari masing-masing model dengan citra yang dihasilkan untuk tiap-tiap model.

Pemodelan simulasi desain sensor tiga dimensi ECVT menggunakan persamaan fisika untuk memprediksikan hasil dari suatu eksperimen. Penggunaan software pada simulasi, akan memungkinkan kemudahan dalam perubahan berbagai parameter yang mampu merubah hasil sesuai dengan yang diinginkan.

Proses pada tahap simulasi ini mencakup pada pembuatan sensitivitas matriks,. Pembuatan desain sensor serta data set sensitivitas matriks simulasi 3 dimensi dan konputasi medan listrik dikerjakan pada program comsol. Program tersebut juga dapat untuk menyelesaikan kasus persamaan diferensial parsial (*Partial Differential Equation* - PDE) dari sistem perambatan medan listrik di

dalam suatu medium. Untuk memulai suatu simulasi maka perlu diketahui pula landasan teori atau bentuk persamaan diferensial yang akan digunakan, untuk itu akan diterangkan berkenaan dengan penelusuran sistem persamaan yang akan digunakan dalam simulasi.

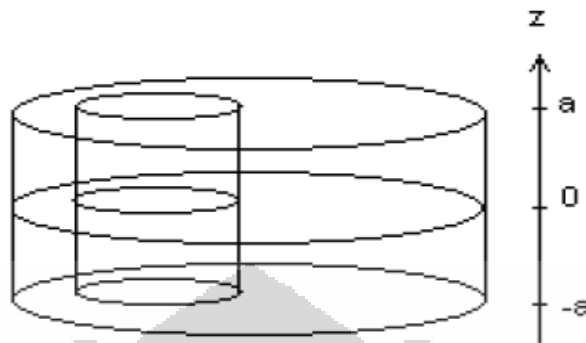
3.1.1 Deskripsi Sistem

Sistem yang dirancang untuk tujuan mengetahui distribusi medan listrik untuk tiap-tiap model. Setiap model terdiri dari beberapa sensor, satu sensor diaktifkan dan sensor lain floating (tidak diberi apa-apa). Sehingga didapat distribusi medan listrik untuk sensor yang pertama, dan demikian seterusnya bergantian dengan sensor berikutnya sampai pada jumlah sensor yang ada. Masing-masing distribusi medan listrik dari tiap-tiap sensor dikalikan dengan sensor pasangannya untuk mendapatkan sensitivitas suatu sensor pasangan misalnya sensor nomor satu dengan sensor nomor dua, lalu sensor nomor satu dengan sensor nomor tiga, demikian seterusnya hingga didapat jumlah sensitivitas sebanyak $N(N-1)/2$ yaitu 28 macam. Ini untuk model pertama. Untuk model berikutnya berlaku seperti demikian. Sensitivitas ini kemudian direkonstruksi dan dicari korelasi sensitivitas dengan citra yang dihasilkan. Untuk mendapatkan desain model dengan sensitivitas yang optimal.

Penggunaan metode elemen-hingga mengharuskan pemahaman dari berbagai parameter fisika suatu kasus, dalam penelitian ini digunakan persamaan poisson untuk mendapatkan solusi dari kasus ini. Persamaan ini menjadi dasar dari pemodelan.

3.1.1.1 Persamaan Poissons

Pada bagian ini kami akan mempertimbangkan kasus khusus dari distribusi permitivitas konstan disepanjang z-poros dalam tiga dimensi dengan domain ketinggian $2a$ (gambar 3.1).



Gambar 3.1 Sebuah domain 3D dengan ketinggian $2a$

Distribusi fungsi potensial $\varphi(x, y, z)$ yang simetri. Expansi fourier dari potensial diberikan oleh persamaan kosinus (Ider dkk 1990) adalah sebagai berikut:

$$\varphi(x, y, z) = \sum_{k=0}^{\infty} V_k(x, y, z) \cos\left(\frac{k\pi}{a}z\right) \quad (3.1)$$

dimana $V_k(x, y, z)$ merupakan potensial tiga dimensi. Substitusi persamaan (3.1) ke dalam persamaan umum tiga dimensi sehingga dihasilkan persamaan diferensial sebagian (PDEs) sebagai berikut:

$$\nabla \cdot \varepsilon \nabla V_k - \varepsilon \left(\frac{k\pi}{a}\right)^2 V_k = 0 \quad (3.2)$$

Persamaan yang menggambarkan perambatan medan listrik dalam suatu medium di atas merupakan persamaan diferensial partial orde dua.

Persamaan poisson untuk solusi kasus ini adalah:

$$\nabla \cdot \varepsilon(x, y, z) \nabla \varphi(x, y, z) = \rho \quad (3.1)$$

Dimana dalam kasus ini ρ bernilai nol karena medium merupakan dielectric, dan permitivitas ε bernilai satu karena isi medium merupakan udara.

3.1.2 Desain Sensor 3D

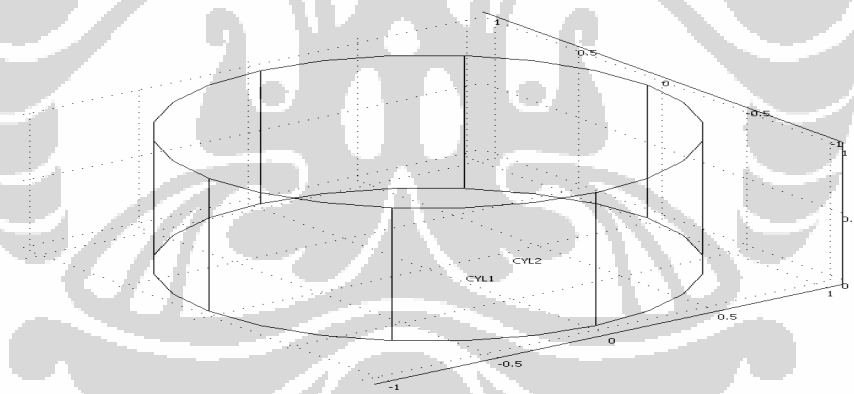
Pemodelan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*). Metode numerik ini akan menghitung medan listrik yang dihasilkan oleh sistem. Metode FEM merupakan sebuah teknik yang cukup mapan dalam dunia komputasi untuk area media yang kompleks dan

heterogen. Pemodelan akan berdasarkan pada solusi persamaan – persamaan diferensial tersebut.

Pada sistem ini di hitung secara komputasi sebuah distribusi medan listrik dari masing-masing model yang di buat. Model dari medium yang disimulasikan adalah 3 dimensi. Dalam Simulasi 3 dimensi ini, dibuat berbagai macam desain sensor dengan parameter standart 8 elektroda. Selanjutnya variasi dalam riset ini dibuat berupa tingkatan sensor, letak posisi sensor dan model sensor. Sensor pada simulasi 3 dimensi dibuat dengan aplikasi mode elektrostatik pada folder Elektromagnetik. Setelah itu buat konstruksi awal berupa silinder berjari-jari 1 meter dan tinggi total 1 meter (dalam hal ini ukuran tidak menjadi masalah karena akan dinormalisasi dalam range 0-1). Silinder yang dibuat telah memiliki boundary yang akan dijadikan sebagai sensor.

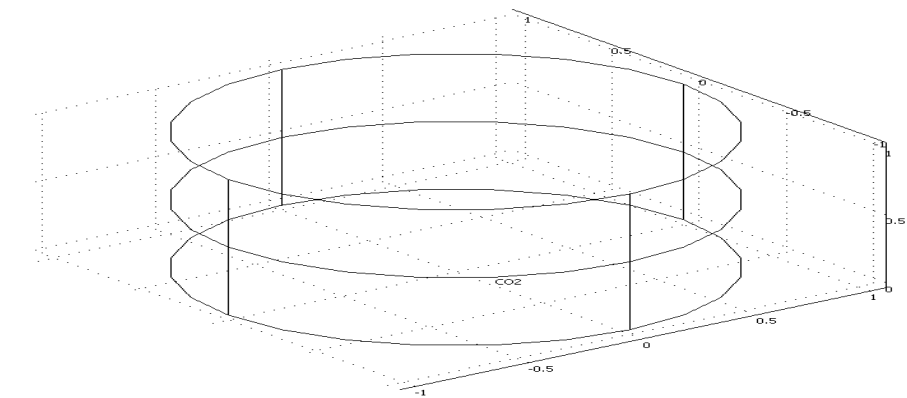
Model-model desain sensor ECVT dengan 8 elektroda

1. Model delapan sensor persegi satu tingkat



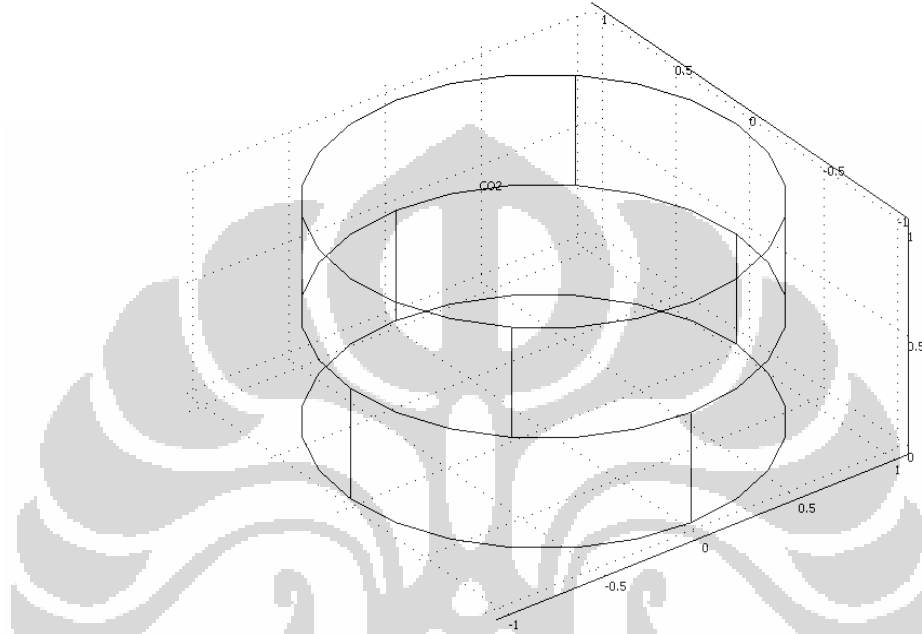
Gambar 3.2 Model delapan sensor persegi satu tingkat

2. Model delapan sensor persegi dua tingkat



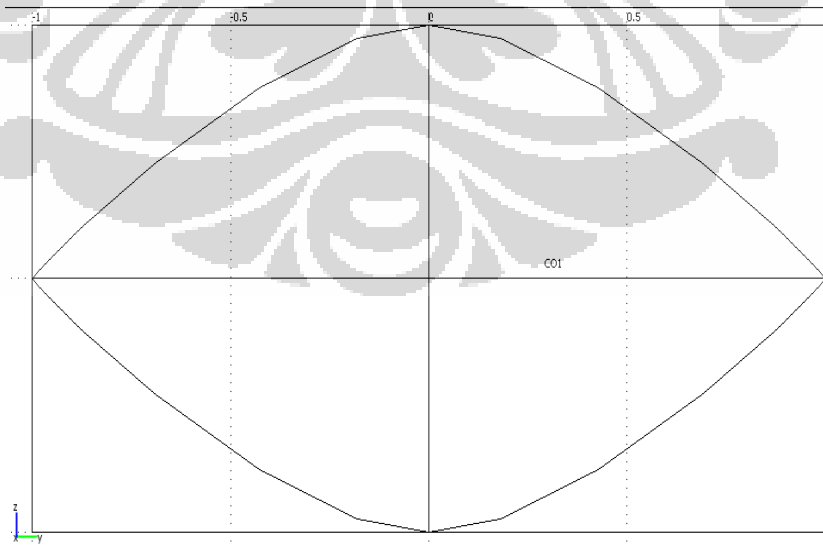
Gambar 3.3 Model delapan sensor persegi dua tingkat

3. Model delapan sensor persegi dua tingkat dengan tingkat kedua diputar 45 derajat



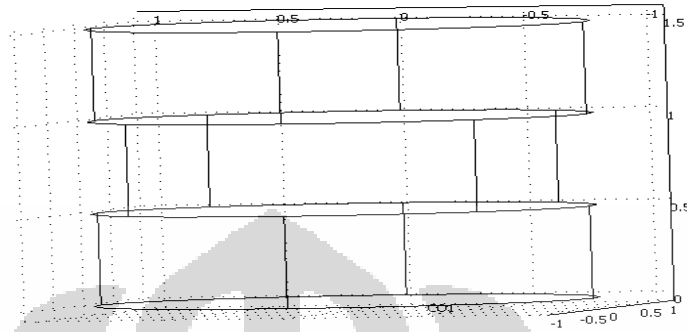
Gambar 3.4 Model 8 sensor persegi dua tingkat dengan tingkat kedua diputar 45 derajat

4. Model delapan sensor segitiga dua tingkat.



Gambar 3.5 Model delapan sensor segitiga dua tingkat

5. Model 12 sensor segitiga tiga tingkat diputar 45 derajat.



Gambar 3.6 Model 12 sensor tiga tingkat diputar 45 derajat

3.1.2.1 Parameter Subdomain

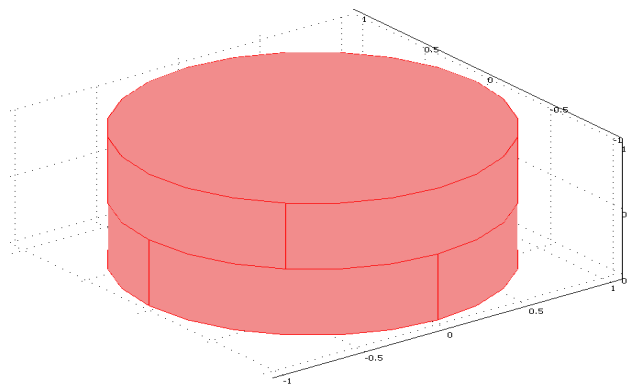
Parameter subdomain menjelaskan mengenai karakteristik fisika pada domain utama model. Domain utama model ini dibagi kedalam beberapa subdomain. Pada subdomain dapat diatur dengan nilai yang berbeda-beda dengan beberapa tipe sebagai berikut :

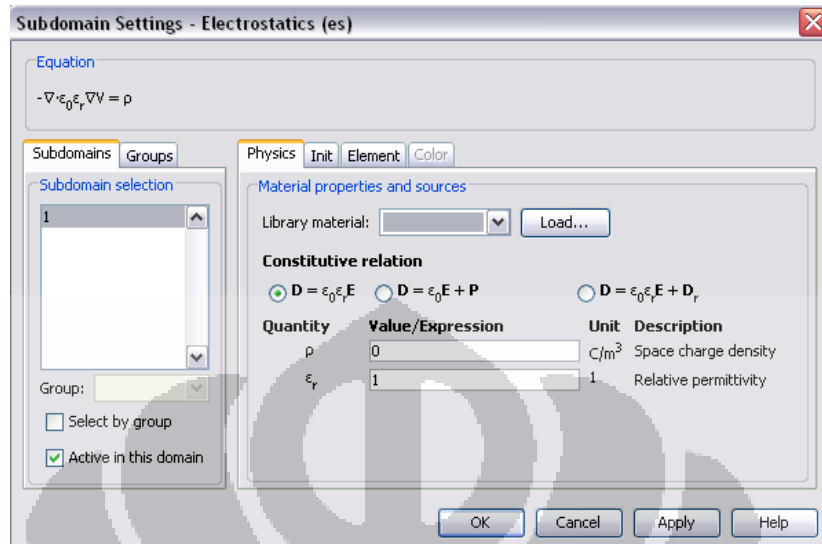
- Koefisien : mendefinisikan persamaan diferensial parsial pada subdomain.
- Karakteristik material : mendefinisikan kasus fisika pada subdomain.

Persamaan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah ini adalah persamaan poisson. Persamaan *subdomain* pada medium adalah sbb

$$-\nabla \cdot \epsilon_0 \epsilon_r \nabla V = \rho$$

Nilai ϵ_r pada persamaan di atas merupakan permitivitas pada medium sensor yang berupa udara dan bernilai 1. ρ merupakan *space charge density* yang bernilai nol karena medium berupa dielektrik. Ketentuan ini berlaku untuk semua jenis sensor yang dibuat.

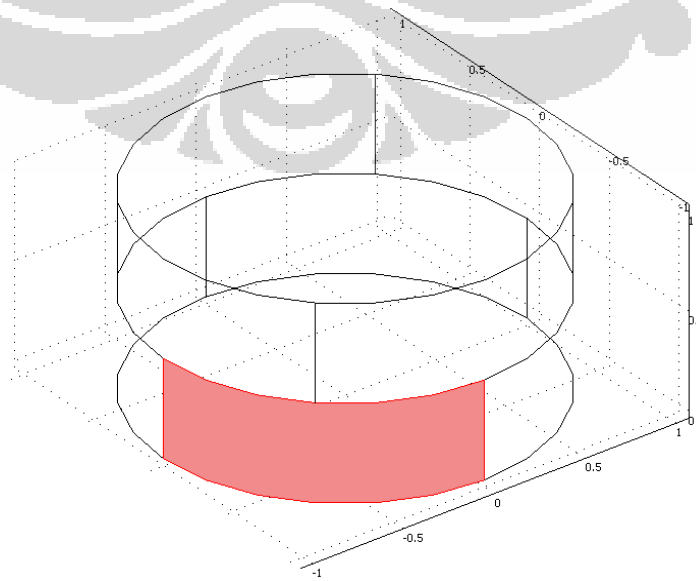


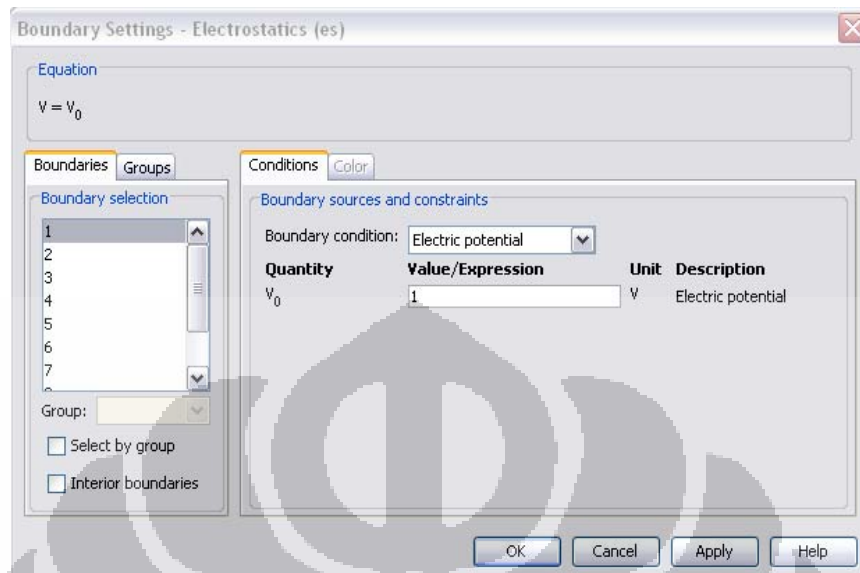


Gambar 3.7 Label nomor subdomain (atas), tampilan jendela pengaturan *Subdomain* (bawah)

3.1.2.2 Parameter Boundary Condition

Syarat batas yang ditentukan pada saat pemodelan menentukan kondisi yang menghubungkan geometri model dengan sekelilingnya. Electroda yang aktif diberi nilai elektrostatis sama dengan satu sedangkan elektroda yang lain di *floating* atau di *ground*. Untuk tutup dan alas tabung diberi kondisi *zero charge/symmetry*. Dengan demikian tutup atas dan alas tabung dianggap tidak ada.



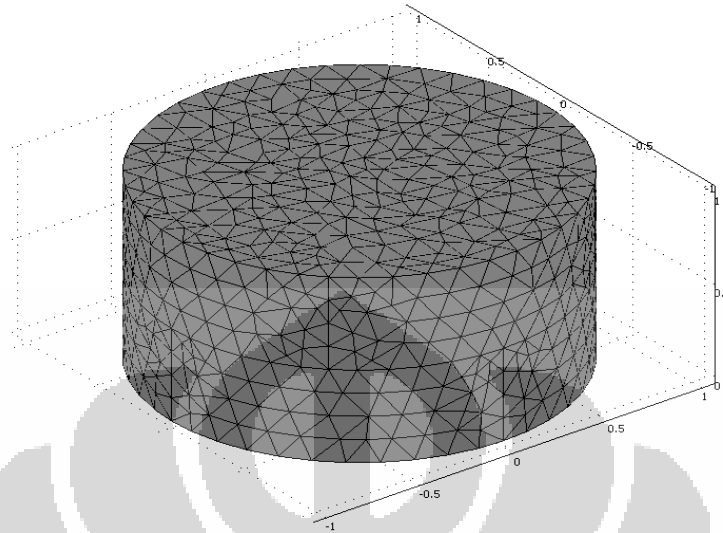


Gambar 3.8 Boundaries pada geometri model (atas), Tampilan jendela pengaturan *Boundary Conditions* (bawah)

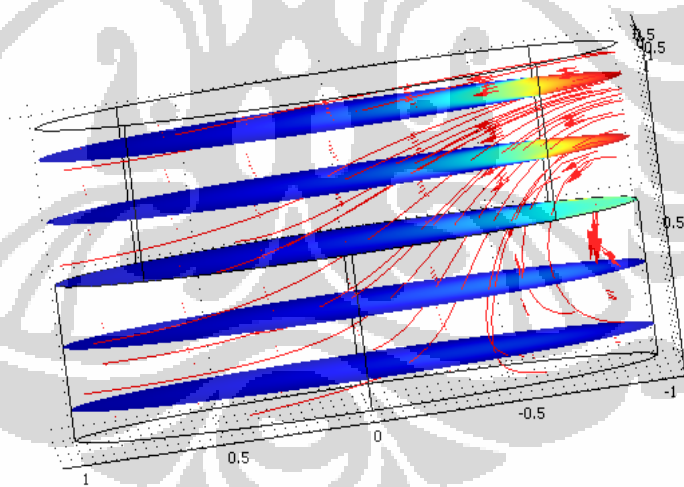
3.1.2.3 Parameter Mesh

Mesh merupakan bagian dari model geometri yang terdiri dari unit-unit kecil dengan bentuk yang sederhana (*triangular* atau *quadrilateral*). Ukurannya dapat diatur sekecil apapun sesuai dengan kemampuan tingkat komputasi dari Komputer yang digunakan. Mesh merupakan suatu metode bagian dari Metode Elemen-hingga untuk menyelesaikan suatu kasus dimana domain kasus akan dibagi kedalam beberapa bagian kecil (*mesh*).

Agar solusi lebih akurat maka parameter mesh dirubah menjadi *finer* pada opsi *mapped mesh parameter*. Karena semakin kecil ukuran meshnya, semakin akurat solusi yang didapat. Penentuan ini dibatasi pada kemampuan komputer saat penelitian.



Gambar 3.9 Geometri yang telah di-*mesh*



Gambar 3.10 Geometri yang telah di *solve*

3.1.3 Sensitivitas Matrik

Sensitivitas matriks didapat melalui beberapa tahap, setelah desain sensor selesai, lalu menentukan parameter boundary. Kemudian dilakukan proses meshing lalu di solve. Lalu dari hasil distribusi medan listrik yang didapat, diperoleh nilai medan listrik yang kemudian diekspor ke dalam MATLAB. Data koordinat tersebut kemudian diproses kedalam script pengolahan sensitivitas matriks.

Sensitivitas matrik merupakan perkalian distribusi medan listrik sensor satu dengan sensor sekitarnya. Sehingga di dapatkan pengukuran secara berpasangan sejumlah $N(N-1)/2$. Dengan demikian dari 8 sensor maka terdapat 28 pengukuran berpasang pada sensor.

Kemudian setelah mendapatkan distribusi map sebanyak 28, dilakukan proses normalisasi. Normalisasi adalah mengubah suatu relasi yang memiliki masalah tertentu ke dalam dua relasi atau lebih yang tidak memiliki masalah.

3.1.4 Rekonstruksi

Setelah hasil sensitivitas matriks didapat, maka proses selanjutnya adalah menggunakan nilai sensitivitas tersebut kedalam proses rekonstruksi citra yang dikerjakan dalam software MATLAB 2007b.

3.2 Instrumen Sistem ECVT



Gambar 3.11 Instrumen ECVT

Instrumen ECVT terdiri dari tiga bagian yaitu

1. Sensor ECVT yang berfungsi untuk mengambil data pengukuran kapasitans. Sensor ini dibuat dari bahan tembaga.
2. Data acquisition system (DAS), berfungsi untuk memproses data yang didapat dari pengukuran sensor.
3. Komputer yang berfungsi untuk mengolah data untuk direkonstruksi.

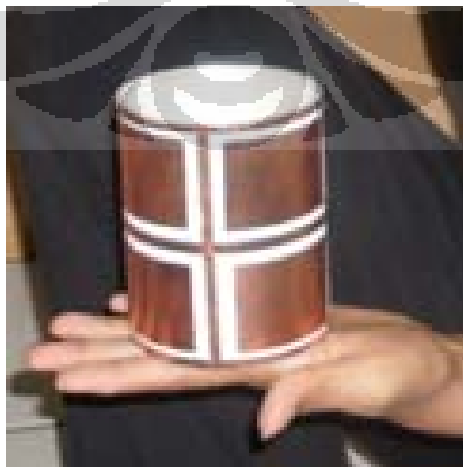
Dalam riset ini telah dibuat 4 macam model sensor yaitu

1. Model 8 sensor persegi satu tingkat



Gambar 3.12 Model 8 sensor persegi satu tingkat

2. Model 8 sensor dua tingkat



Gambar 3.13 model delapan sensor persegi dua tingkat

3. Model 8 sensor dua tingkat dengan tingkat kedua diputar 45 derajat terhadap sumbu z



Gambar 3.14 model 8 sensor persegi dua tingkat dengan tingkat kedua diputar 45 derajat

4. Model 8 sensor segitiga dua tingkat



Gambar 3.15 model delapan sensor segitiga dua tingkat