

BAB III METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian memberikan gambaran urutan langkah-langkah yang dilaksanakan untuk mencapai tujuan penyusunan penelitian. Adapun urutan langkah-langkah penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Dalam studi literatur ini mempelajari tentang:

1. Teori dasar tentang voltmeter elektrostatik tegangan tinggi.
2. Parameter-parameter yang terdapat pada voltmeter elektrostatik tegangan tinggi.
3. Rancang-bangun voltmeter elektrostatik tegangan tinggi.

3.2 Data

Data dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diambil dari pengukuran pada pengujian langsung di laboratorium. Data primer dalam penelitian ini adalah sumber tegangan AC, gaya elektrostatik, luas permukaan elektroda, jarak sela dan pemantulan cahaya.

Untuk data sekunder diperoleh dari data standar yang diambil dari buku referensi, jurnal, skripsi dan internet yaitu data faktor efisiensi elektroda dan permitivitas udara.

3.3 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yang pertama adalah memilih bentuk elektroda yang menghasilkan medan homogen dan mencari luas permukaan elektroda yang akan digunakan dalam voltmeter elektrostatik tegangan tinggi ini. Kedua adalah mencari besar gaya elektrostatik yang dihasilkan dengan berbagai jarak sela untuk mencari jarak sela yang efektif. Ketiga adalah mencari konstanta pegas yang akan digunakan. Keempat adalah menganalisis pergeseran yang terjadi pada elektroda yang ditanahkan dan menghitung besar pergeserannya serta menghitung simpangan yang terjadi pada cermin. Kelima adalah menguji alat

untuk diambil data simpangan yang terjadi pada cermin dan menganalisa besar kesalahan yang terjadi pada alat.

3.4 Perancangan dan Pembuatan

Dalam perancangan dan pembuatan voltmeter elektrostatik tegangan tinggi ini, hal-hal yang perlu dilakukan adalah:

3.4.1 Orientasi Bahan

Perancangan voltmeter elektrostatik tegangan tinggi dilakukan dengan menggunakan bahan logam pada elektroda serta bagian mekanik lainnya. Bagian reflektornya menggunakan cermin datar. Sedangkan pada bagian isolator dan rumah (*chasing*) menggunakan bahan akrilik. Bahan-bahan yang digunakan adalah bahan yang mudah didapatkan di pasaran.

3.4.2 Pemilihan Bentuk Elektroda

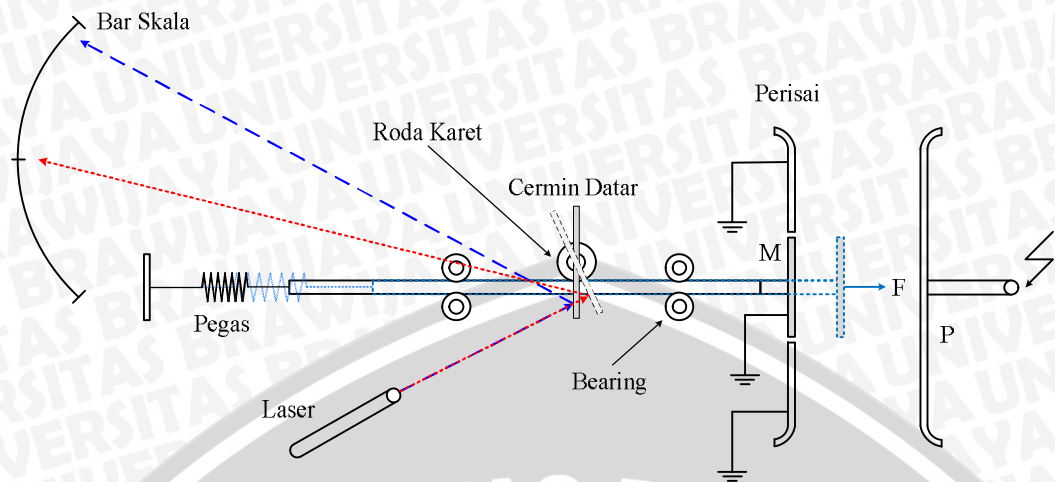
Bentuk elektroda yang digunakan adalah elektroda yang menghasilkan distribusi medan listriknya homogen. Menurut Schwaiger, bentuk geometris dari susunan elektroda yang menghasilkan distribusi medan listrik yang homogen adalah piring-piring (susunan plat sejajar) dan bola-bola. Maka digunakan elektroda piring-piring (susunan plat sejajar) dalam voltmeter elektrostatik tegangan tinggi ini.

3.4.3 Rentang Ukur Alat

Rentang ukur yang digunakan antara 0 – 100 kV, ini dikarenakan pada laboratorium tegangan tinggi yang ada di Fakultas Teknik Jurusan Elektro Universitas Brawijaya mempunyai trafo uji 100 kV. Maka, ditentukan rentang ukur mulai dari 0 kV hingga 100 kV. Selanjutnya, rentang ukur ini yang akan digunakan pada rancang-bangun voltmeter elektrostatik ini.

3.4.4 Perencanaan Bentuk Voltmeter Elektrostatik Tegangan Tinggi

Voltmeter elektrostatik tegangan tinggi yang direncanakan sebagai alat ukur tegangan efektif yang mempunyai rentang ukur 0 – 100 kV. Gambar 3.1 menunjukkan bentuk voltmeter elektrostatik tegangan tinggi 100 kV yang direncanakan serta cara kerjanya.



Gambar 3.1 Voltmeter yang Direncanakan.

Gambar 3.1 menjelaskan bahwa ketika elektroda plat (M) bekerja gaya elektrostatis, elektroda plat (M) akan bergerak secara horizontal yang terhubung dengan sebuah poros tempat cermin berada yang keduanya dihubungkan dengan sebuah batang besi sehingga pada reflektor cermin datar bergerak secara rotasi kemudian membentuk sebuah sudut θ . Sehingga terjadi simpangan sinar laser yang dipantulkan oleh reflektor cermin datar yang kemudian sinar laser tersebut menunjuk ke bar skala. Pegas berfungsi untuk menahan jarak pergeseran agar tidak melebihi batas pergeseran yang diijinkan dan mengembalikan posisi elektroda plat (M) pada keadaan semula ketika sumber dimatikan (keadaan sebelum elektroda P diberi tegangan). Perisai pada elektroda digunakan untuk membuang medan yang tidak homogen sebagai akibat dari efek pinggir elektroda sehingga hanya medan yang relatif homogen saja yang diambil yaitu yang berada di pusat elektroda.

3.4.4.1 Hubungan Gaya Elektrostatis dengan Pegas

Hubungan antara gaya elektrostatis dengan pegas yaitu gaya elektrostatis yang dihasilkan adalah gaya yang diberikan kepada pegas. Berdasarkan Pers. (2-26), bila diinginkan untuk tegangan $U = 100$ kV, besarnya pergerakan Δx adalah 5 mm, maka konstanta pegas yang perlukan menggunakan perhitungan Pers. (3-1).

$$-K_p = \frac{\bar{F}}{\Delta x} \tag{3-1}$$

dengan:

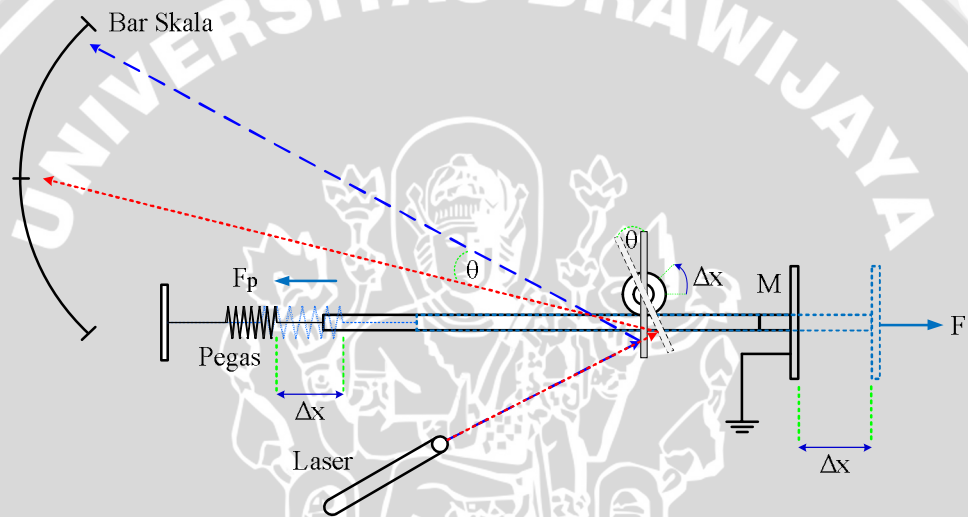
K_p : konstanta pegas,

\bar{F} : gaya elektrostatis, dan

Δx : total jarak pergeseran.

Berdasarkan K_p yang sudah dihitung, dapat ditentukan besar simpangan sudut θ dengan Pers. (3-2) yang selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan simpangan terbesar pada skala.

$$\theta = \cos^{-1} \frac{\Delta x}{L} \quad (3-2)$$



Gambar 3.2 Hubungan antara Gaya Elektrostatis dengan Pegas

3.5 Pengujian

Pengujian dilakukan di laboratorium tegangan tinggi Fakultas Teknik Jurusan Elektro Universitas Brawijaya. Rangkaian pengujian yang digunakan untuk membuat penskalaan pada voltmeter elektrostatis tegangan tinggi 100 kV.

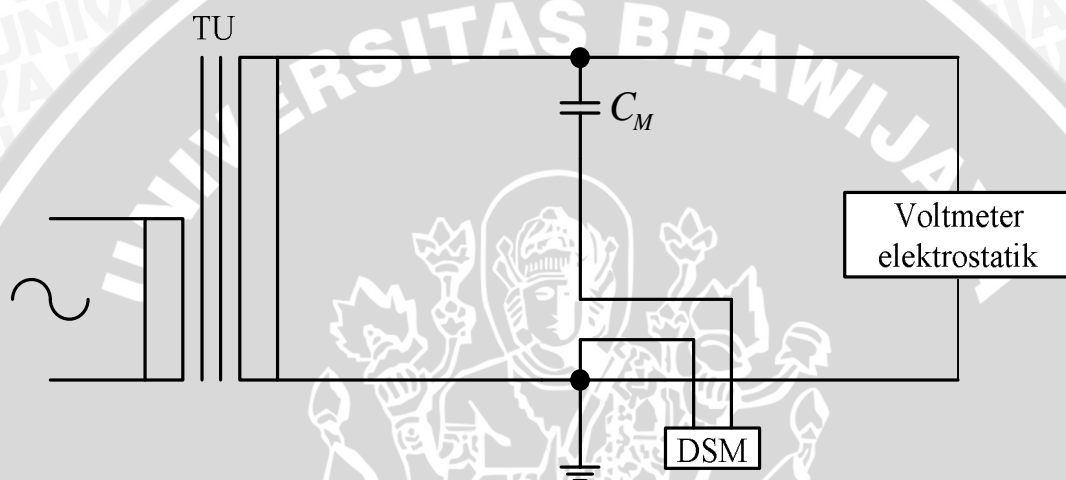
3.5.1 Penskalaan

Pada distribusi medan listrik yang seragam dengan kekuatan dielektrik udara standar sebesar 30 kV/cm, secara teoritis dalam jarak sela 1 cm akan terjadi tembus (*breakdown*) pada tegangan 30 kV. Sehingga, bila jarak sela $s = 1$ cm, maka rentang ukurnya < 30 kV. Maka akan dibuat dua penskalaan yaitu:

1. Skala untuk 0 – 20 kV digunakan jarak sela minimal 1,5 cm.
2. Skala untuk 21 – 100 kV digunakan jarak sela minimal 4 cm.

3.5.2 Rangkaian Pengujian

Rangkaian pengujian yang digunakan untuk membuat bar skala adalah rangkaian pengukuran tegangan bolak-balik (sumber: Kind, 1993: 116). Susunan rangkaian pengukuran tegangan bolak-balik, yaitu; trafo uji 100 kV disusun secara paralel dengan objek uji. Sedangkan alat ukur DSM (alat ukur tegangan tinggi AC) dipasang seri dengan kapasitor C_M , yang kemudian disusun secara paralel dengan trafo uji dan objek uji. Trafo uji 1 fasa 3 belitan 220V/100kV yang berfungsi untuk menaikkan tegangan pada belitan sisi sekunder.



Gambar 3.3 Rangkaian Pengujian

Sumber: Kind, 1993: 116

Prosedur pengujian sebagai berikut:

- Objek uji yang digunakan adalah voltmeter elektrostatis.
- Rangkaian percobaan yang digunakan adalah rangkaian pengukuran tegangan bolak-balik dengan kapasitor $C_M = 100$ pF dan trafo uji adalah trafo tegangan tinggi 220V/100kV, 3 belitan serta DSM untuk mengukur tegangan tinggi.
- Elektroda yang digunakan adalah elektroda plat sejajar yang salah satunya bisa bergerak.
- Jarak sela S pada elektroda plat sejajar yang diterapkan adalah minimal 1,5 cm (untuk 0 – 20 kV) dan 4 cm (untuk 21 – 100 kV).
- Pengujian pertama untuk tegangan 0 - 20 kV menggunakan jarak sela S dengan jarak minimal 1,5 cm.

- f. Pengujian kedua untuk tegangan 21 – 100 kV menggunakan jarak sela S dengan jarak minimal 4 cm.

Langkah-langkah pengujian meliputi:

1. Elektroda diset pada jarak sela yang telah ditentukan.
2. Menaikkan tegangan pemuatan (DSM) mulai 0 kV sampai harga tertentu sehingga mencapai tegangan yang diinginkan (tegangan diset kelipatan 10 kV).
3. Mengamati pergeseran elektroda (Plat M).
4. Mengamati simpangan pantulan sinar laser pada bar skala lalu memberi tanda pada bar skala sesuai simpangan sinar laser.
5. Mencatat jarak pergeseran yang sinar laser pada bar skala.
6. Mengulangi langkah-langkah 1 – 5 dengan ketentuan jarak sela 0 – 20 kV (untuk jarak sela 1,5 cm) dan 21 – 100 kV (untuk jarak sela 4 cm).

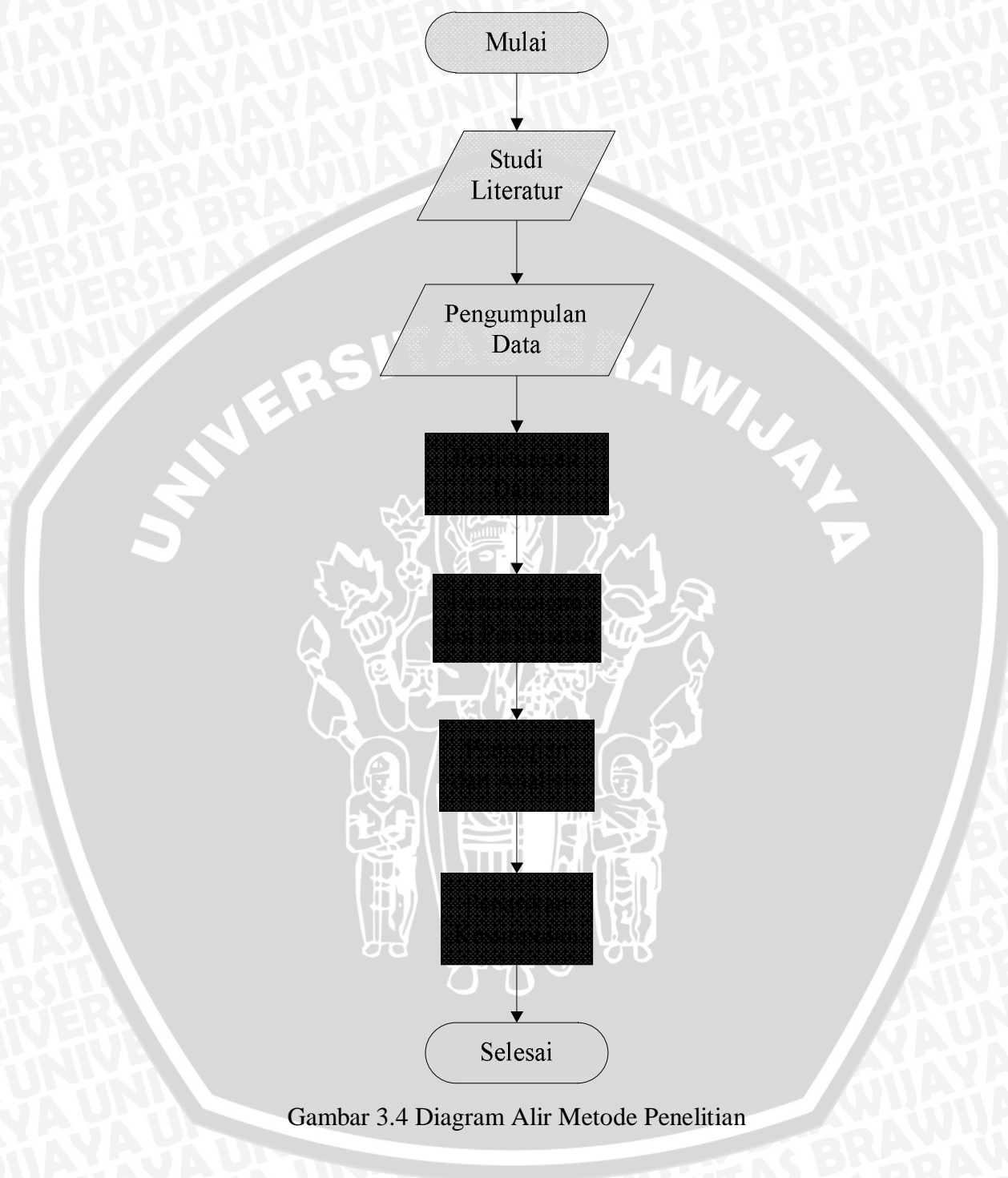
3.5.3 Analisis

Setelah dilakukan pengujian didapatkan data-data berupa pergeseran sinar laser pada bar skala yang kemudian akan dibuat bar skala yang baru yang merupakan bar skala untuk voltmeter elektrostatik tegangan tinggi 100 kV ini.

3.6 Penarikan Kesimpulan

Dari pengujian alat dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat langsung dilakukan pengambilan kesimpulan sehingga dapat mengetahui rancang-bangun voltmeter elektrostatik untuk pengukuran nilai efektif tegangan tinggi AC 100 kV serta cara kerjanya.

Gambar 3.4 berikut ini memperlihatkan diagram alir penelitian.



Gambar 3.4 Diagram Alir Metode Penelitian