

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3. 1. Waktu dan Tempat Penelitian**

##### **3. 1. 1. Waktu penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus sampai dengan bulan Desember 1998.

##### **3. 1. 2. Tempat penelitian**

Penelitian telah dilakukan di Laboratorium Fisika Atom dan Nuklir dan Laboratorium Fisika Zat Padat Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro Semarang.

#### **3. 2. Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3. 2. 1. Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut,

- a. Prototipe yang dibuat.
- b. Penyedia daya tegangan tinggi dc 6000 V
- c. Penyedia tegangan dc 20 V
- d. Multimeter
- e. Neraca
- f. Mikroskop
- g. Jangka sorong

h. Tacho Hi Tester

### 3.2.2. Bahan

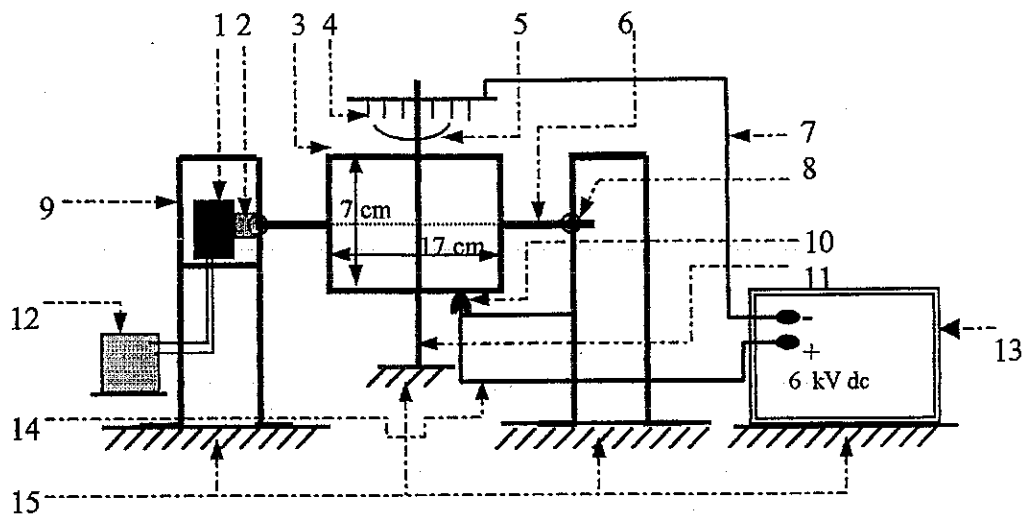
Bahan yang digunakan sebagai material adalah material non-konduktor, yaitu bahan isolator pada kabel atau pembungkus kabel yang dipotong kecil-kecil.

## 3.3. Deskripsi Prototipe Sistem Pengendap

### 3.3.1. Sketsa sistem pengendap

Sistem pengendap material merupakan rangkaian peralatan yang memanfaatkan plasma lucutan pijar korona sebagai sumber ion. Bagian utama sistem pengendap material adalah dua elektroda dengan konfigurasi geometri titik-bidang. Elektroda titik yang digunakan adalah jarum, sedang elektroda bidang adalah silinder yang dapat berputar (untuk jari-jari silinder yang jauh lebih besar dari jarak antar elektroda permukaan silinder dapat dianggap sebagai bidang).

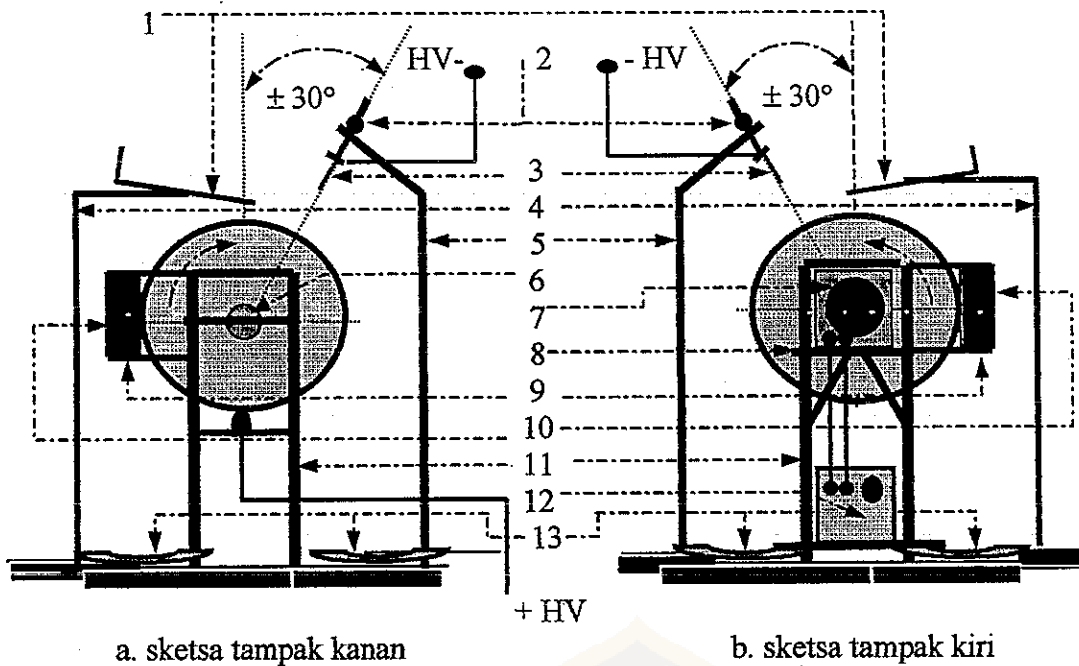
Secara ringkas sistem kerja pengendap material adalah sebagai berikut. Plasma lucutan pijar korona sebagai sumber ion dibangkitkan dengan memberi tegangan pada elektroda. Elektroda titik (jarum) merupakan elektroda negatif. Ion negatif yang dihasilkan dari lucutan pijar korona dalam perjalanannya menuju anoda akan menumbuk material dan terdeposisi sehingga menjadikan material bermuatan listrik, maka material akan terendap (tertempel) pada silinder (anoda). Ilustrasi sketsa prototipe sistem pengendap material ditunjukkan pada gambar 3.1 dan 3.2.



Gambar 3.1. Sketsa prototipe sistem pengendap tampak depan

Keterangan :

- |   |  |
|---|--|
| 1. Motor  | 10. Inti karbon  |
| 2. Isolator   | 11. Penyangga jarum                                      |
| 3. Silinder (anoda)                                     | 12. Penyedia tegangan dc sebagai sumber daya motor       |
| 4. Jarum (katoda)                                       | 13. Penyedia daya tegangan tinggi dc 6kV                 |
| 5. Tempat material                                      | 14. Kabel penghubung polaritas positif penyedia tegangan |
| 6. Poros silinder                                       | 15. Alas   |
| 7. Kabel penghubung polaritas negatif penyedia tegangan |  |
| 8. Laker  |  |
| 9. Penyangga silinder, sikat, inti karbon dan motor     |  |



**Gambar 3.2.** Sketsa tampak samping

Keterangan :

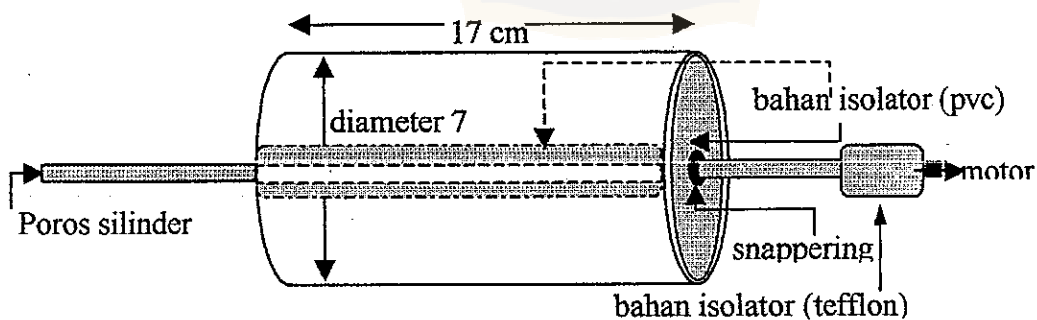
- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1. Tempat material                  | 10. Sikat pembersih (material yang terendap pada silinder)  |
| 2. Sekrup pengatur jarum            | 11. Penyangga silinder, motor, inti karbon, sikat pembersih |
| 3. Jarum                            | 12. Penyedia tegangan dc 20 V sebagai sumber daya motor     |
| 4. Penyangga tempat material        | 13. Tempat material yang jatuh                              |
| 5. Penyangga jarum                  |   |
| 6. Laker silinder                   |   |
| 7. Motor pemutar silinder           |   |
| 8. Penyangga motor pemutar silinder |   |
| 9. Penyangga sikat                  |   |

### 3.3.2. Komponen-komponen utama sistem pengendap material

#### A. silinder

Selimut silinder adalah pelat tembaga yang dibuat berbentuk silinder dengan diameter 7 cm, panjang silinder 17 cm. Tembaga memiliki konduktivitas  $5,8 \times 10^7$  mho-meter<sup>-1</sup> (Kraus, 1991). Silinder ditutup dengan bahan isolator dari pelat polyvinyl chlorida yang dibentuk lingkaran sesuai dengan ujung silinder. Pada temperatur 25° C, polyvinyl chlorida memiliki resistivitas  $10^{15}$  ohm-meter (Kraus, 1991). Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi adanya imbas listrik yang muncul dari selimut silinder (anoda) terhadap poros silinder.

Poros silinder berupa batangan baja yang berhubungan dengan motor melalui bahan isolator dari teflon. Teflon memiliki resistivitas sebesar  $10^{15}$  ohm-meter pada temperatur 25° C (Kraus, 1991). Pada poros silinder, antara poros dengan tutup silinder diberi *snapping* supaya silinder tidak bergeser pada waktu berputar. Bahan isolator juga diberikan pada poros di dalam silinder untuk mengantisipasi imbas listrik yang muncul dari selimut silinder terhadap poros di dalam silinder. Hal ini ditunjukkan dalam gambar 3.3.

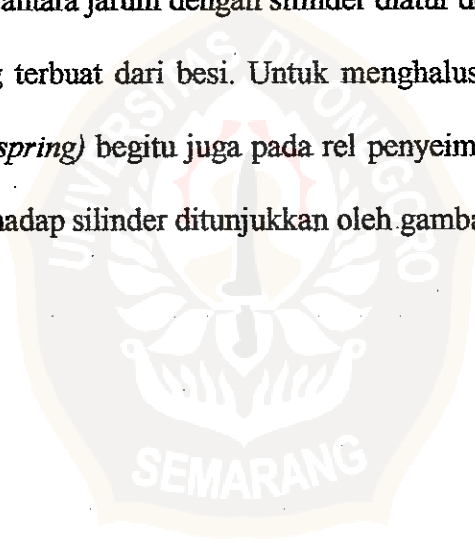


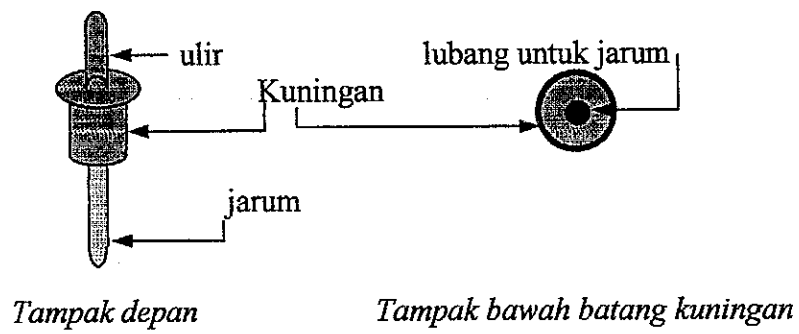
Gambar 3.3. Sketsa silinder

## B. Jarum

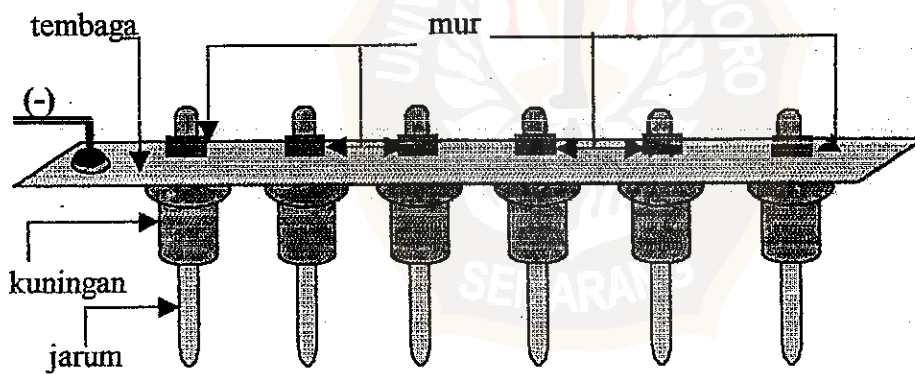
Bahan dari jarum adalah stainless steel yang berfungsi sebagai katoda. Banyaknya jarum yang digunakan adalah tiga belas buah dengan jarak antar jarum  $\pm 1$  cm. Jarum dimasukkan dalam batangan kuningan yang berbentuk silinder dengan satu ujung untuk tempat jarum dan ujung lainnya dibuat ulir untuk dihubungkan dengan pelat tembaga dengan disekrup. Jarum ditempatkan secara paralel terhadap pelat tembaga. Hal ini ditunjukkan pada gambar 3.4 dan 3.5.

Pelat tembaga dibungkus dengan bahan isolator dari polyninyl chlorida untuk mengantisipasi imbas listrik yang muncul dari pelat tembaga terhadap daerah di luar jarum. Jarak antara jarum dengan silinder diatur dengan sekrup serta dua rel penyeimbang yang terbuat dari besi. Untuk menghaluskan gerak sekrup, pada sekrup diberi pegas (*spring*) begitu juga pada rel penyeimbang. Sketsa letak jarum dan posisi jarum terhadap silinder ditunjukkan oleh gambar 3.6.

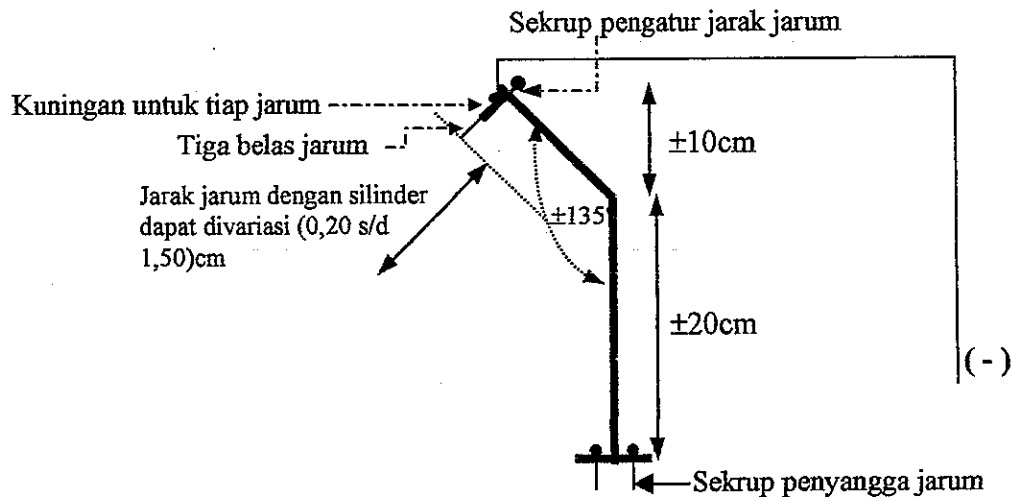




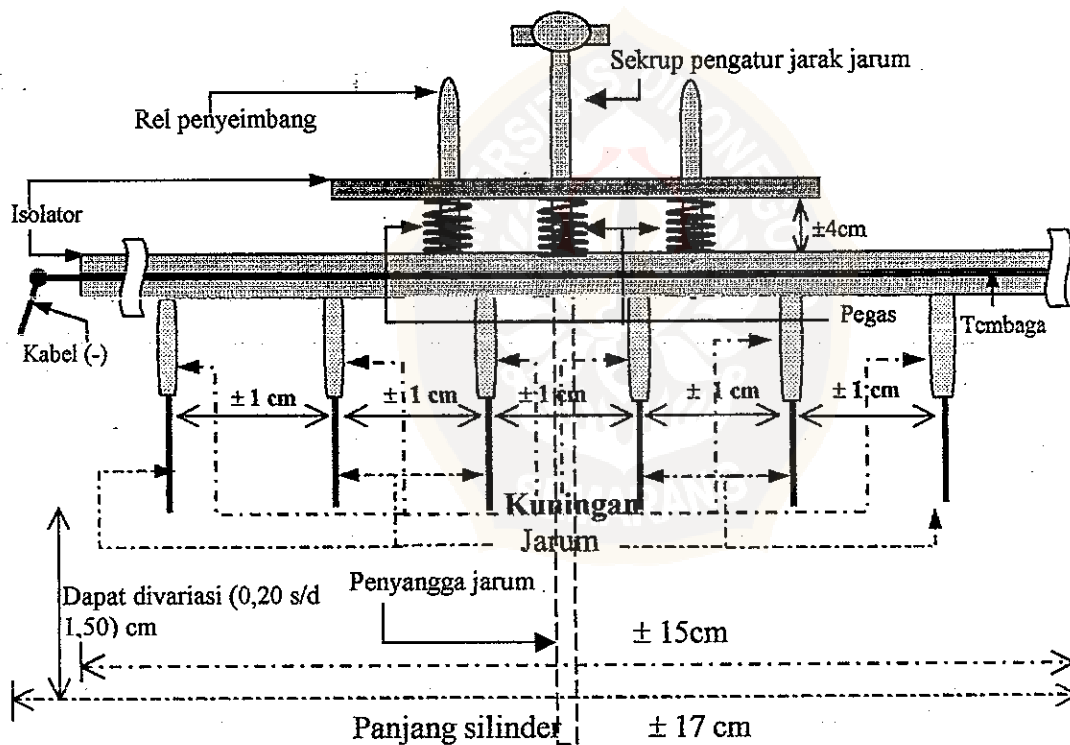
**Gambar 3.4.** Ilustrasi jarum dan kuningan



**Gambar 3.5.** Ilustrasi penempatan enam buah jarum (dalam batang kuningan) pada pelat tembaga



a. Sketsa tampak samping posisi jarum terhadap silinder



b. Sketsa letak jarum

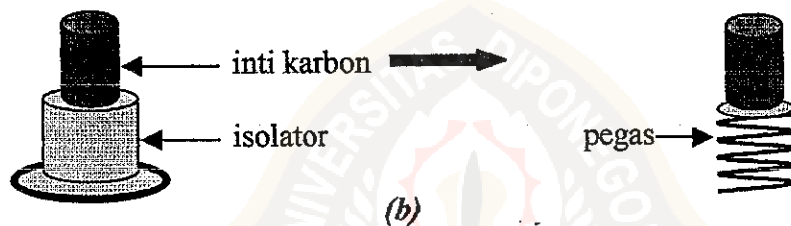
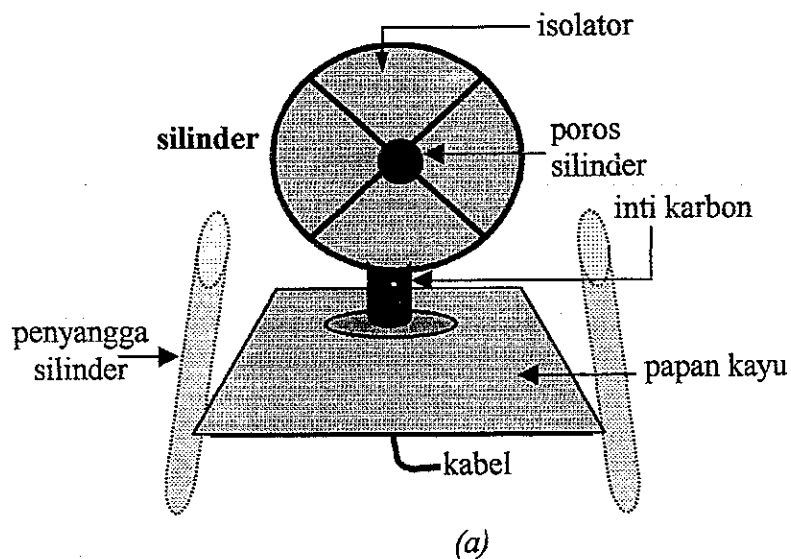
**Gambar 3.6.** Sketsa tampak samping dan letak/posisi jarum terhadap silinder



### C. Inti karbon

Konektor yang digunakan untuk menghubungkan polaritas positif penyedia tegangan pada silinder sebagai anoda adalah inti karbon. Inti karbon diperoleh dari batu baterai dan merupakan bahan konduktor. Bahan karbon memiliki konduktivitas  $3 \times 10^4$  mho-meter<sup>-1</sup> (Kraus, 1991). Inti karbon diberi pegas (*spring*) supaya tetap menempel pada selimut silinder. Pegas dibungkus dengan isolator (teflon) untuk mengantisipasi imbas listrik yang muncul dari pegas. Pegas terbuat dari bahan aluminium yang memiliki konduktivitas  $3,5 \times 10^7$  mho-meter<sup>-1</sup> (Kraus, 1991).

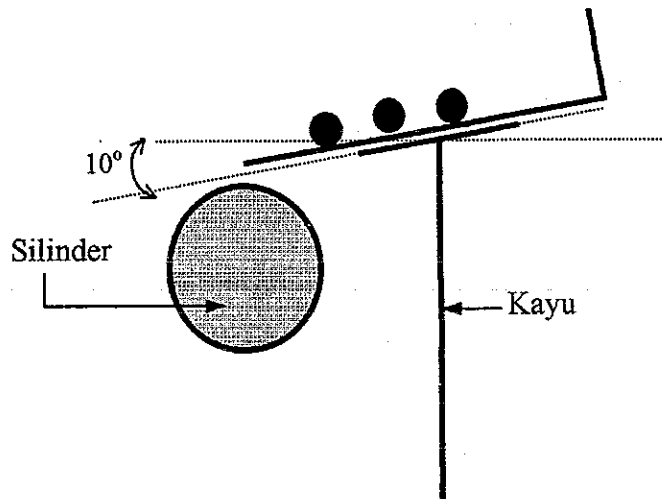
Digunakannya inti karbon sebagai konektor dikarenakan gesekan antara inti karbon yang diam dengan selimut silinder yang berputar supaya tidak mengurangi ketebalan selimut silinder. Selain itu yang berkurang karena gesekan antara inti karbon dengan selimut silinder adalah inti karbon sehingga apabila inti karbon habis dapat diganti dengan mudah. Sketsa letak inti karbon ditunjukkan gambar 3.7.



**Gambar 3.7.** (a) Sketsa letak inti karbon terhadap silinder; (b) Sketsa inti karbon

#### D. Tempat material

Tempat material terbuat dari plastik yang dibuat dengan kemiringan sebesar sepuluh derajat terhadap horisontal, dan ujung tempat bahan campuran berada setengah sentimeter dari atas silinder. Bahan polimer memiliki resistivitas yang tinggi, misalnya polyethylene resistivitasnya  $10^{15}$  ohm-meter (Kraus, 1991). Tempat material diberi penyangga dari kayu. Hal ini ditunjukkan pada gambar 3.8.



Gambar 3.8. Sketsa tempat material

### 3. 4. Deskripsi Alat dalam Prototipe Sistem Pengendap Material

#### 3. 4. 1. Penyedia daya

##### A. Penyedia daya tegangan tinggi dc 6 kV

Pelucutan pijar korona diawali dengan pemberian tegangan tinggi pada elektroda, yaitu jarum sebagai katoda dan silinder sebagai anoda. Tegangan diberikan dari tegangan rendah sampai tinggi sehingga dihasilkan lucutan pijar korona yang merupakan sumber ion. Lucutan pijar korona ditunjukkan dengan suatu fenomena berupa pijaran cahaya tampak, selain itu juga terdapat sinar ultraviolet di sekitar ujung jarum (Kraus, 1991). Dalam penelitian ini terlihat pijaran berwarna biru.

Pemberian tegangan pada elektroda untuk menghasilkan lucutan pijar korona, digunakan penyedia daya tegangan tinggi dc 6 kV. Penyedia daya

tegangan tinggi yang digunakan adalah produksi Philips Harris, Shenstone England dengan nomer seri W78J40.

#### B. Penyedia tegangan rendah dc

Untuk menjalankan motor yang berfungsi untuk memutar silinder diperlukan sumber daya. Sumber daya yang digunakan adalah penyedia tegangan dc 20 V produksi Leybold Didactic GMBH Germany dengan nomer seri 52239.

### 3. 4. 2. Alat-alat penunjang yang lain

#### A. Jangka sorong

Jangka sorong yang digunakan produksi Mitutoyo dengan nomer kode 530-104 memiliki ketelitian 0,05 mm. Jangka sorong tersebut berfungsi untuk mengukur jarak antara jarum dengan silinder.

#### B. Tacho HiTester

Tacho Hi Tester berfungsi untuk mengukur frekuensi putaran silinder tiap menit. Tacho Hi Tester yang digunakan produksi Hoki dengan type 3402 memiliki ketelitian sebesar 0,1 rpm.

#### C. Neraca

Neraca yang digunakan berfungsi untuk menentukan massa material sebelum dan sesudah dilakukan pengendapan. Neraca yang digunakan produksi Ohaus dengan nomer seri 2.729.439 memiliki ketelitian 0,1 g serta memiliki kapasitas penimbangan 2610 g.

#### D. Mikroskop

Mikroskop berfungsi untuk mengukur diameter material yang terendap pada silinder serta diameter ujung jarum. Mikroskop yang digunakan produksi Philip Harris (International) Ltd dengan nomer seri 78EI3954.

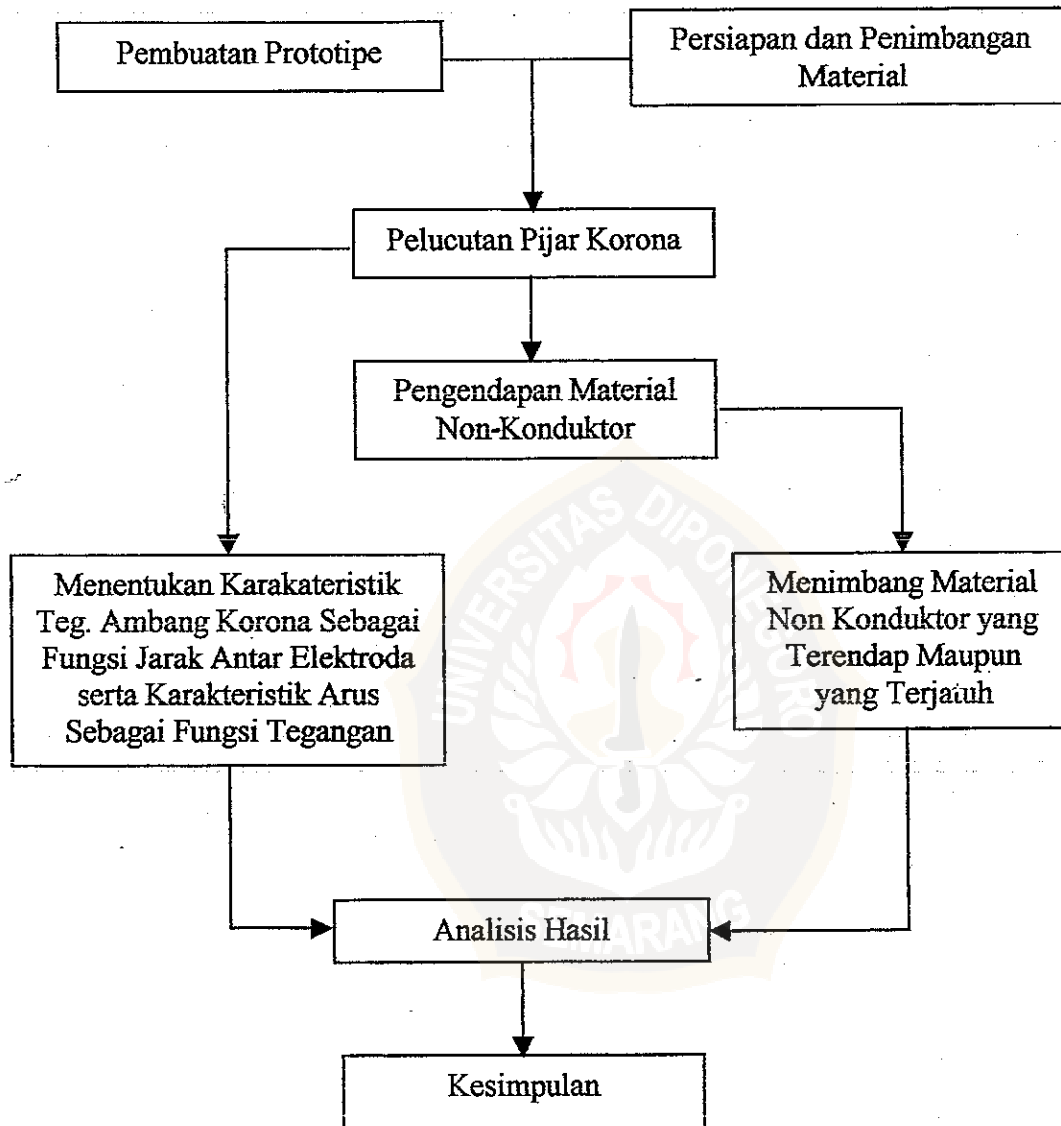
#### E. Multitester

Multitester berfungsi untuk mengukur besarnya tegangan penyedia daya dc 20 V yang diberikan pada motor untuk menjalankan motor. Disamping itu multiteseter digunakan untuk mengukur arus sebagai fungsi tegangan. Multitester yang digunakan GDM-391 nomer seri 30400004, buatan Taiwan.



### 3. 5. Tahap Penelitian

Tahapan penelitian secara skematis dapat disajikan dalam diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Diagram alir penelitian

### 3. 5. 1. Persiapan

Tahap persiapan pada penelitian adalah membuat prototipe sistem pengendap seperti ilustrasi sketsa prototipe pada gambar 3.1. Polaritas negatif penyedia daya tegangan tinggi 6 kV dihubungkan dengan jarum melalui konektor (pelat tembaga) dan polaritas positif penyedia daya dihubungkan pada konektor silinder (inti karbon). Penyedia tegangan dc 20 V dihubungkan dengan motor sebagai sumber daya untuk menjalankan (mengaktifkan) motor. Motor berfungsi untuk memutar silinder.

Menimbang material sebelum dilakukan pengendapan untuk mengetahui massa material. Massa material yang sudah diketahui besarnya ditempatkan pada tempat material prototipe sistem pengendap.

### 3. 5. 2. Pengendapan material

Pengendapan material dilakukan setelah kondisi peralatan, material, dan perlengkapan yang lain sudah siap. Motor dijalankan untuk memutar silinder sampai putaran silinder konstan. Tegangan penyedia daya dinaikkan sampai diperoleh lucutan pijar korona sebagai sumber ion. Besarnya tegangan pada saat munculnya korona tersebut merupakan tegangan ambang lucutan pijar korona (Berg, 1995). Pada pelucutan pijar korona, dibuat karakteristik tegangan ambang korona sebagai fungsi jarak antara jarum dengan silinder serta karakteristik arus sebagai fungsi tegangan.

Material ditempatkan dengan pelan-pelan pada permukaan silinder setelah diperoleh lucutan pijar korona dan putaran silinder dalam keadaan konstan.

Pengendapan material dilakukan dengan bermacam variasi, yaitu variasi jarak antara jarum dengan silinder dan tegangan elektroda (korona).

Pengendapan material selesai setelah material yang ditempatkan pada permukaan silinder sudah habis dari tempat material sistem. Setiap berakhirnya pengendapan material, dilakukan lagi penimbangan terhadap material baik material yang terendap pada silinder maupun material yang terjatuh atau belum terendap. Disamping itu mengukur diameter material yang terendap untuk diperoleh diameter material rata-rata.

### 3. 6. Variabel dan data

Data yang diperoleh dalam pengendapan material adalah tegangan ( $V$ ), frekuensi putaran silinder ( $\nu$ ), jarak antara jarum dengan silinder ( $d$ ), dan massa material ( $M$ ). Selain itu pada pelucutan pijar korona diperoleh data karakteristik tegangan ambang korona ( $V_{korona}$ ) sebagai fungsi jarak antara jarum dengan silinder ( $d$ ) serta karakteristik arus ( $I$ ) sebagai fungsi tegangan ( $V$ ), sehingga dari data karakteristik yang terakhir dapat ditentukan mobilitas ion.

Untuk mengetahui hasil unjuk kerja prototipe sistem pengendap material, variabel-variabel fisis yang diamati adalah tegangan ( $V$ ), jarak antara jarum dengan silinder ( $d$ ), serta frekuensi putaran silinder ( $\nu$ ).



### 3.7. Analisis

Analisis terhadap data yang diperoleh pada penelitian meliputi grafik hubungan jarak antara jarum dengan silinder terhadap tegangan ambang korona, perhitungan persentase pengendapan material, dan mobilitas ion. Data karakteristik tegangan ambang korona sebagai fungsi jarak antara jarum dengan silinder dapat dilihat pada lampiran A.

#### 3.7.1. Persentase pengendapan

Besarnya persentase pengendapan ditentukan dengan persamaan berikut,

$$\text{Persentase Pengendapan} = \frac{M_2}{M_1} \times 100\% \quad (3.1)$$

dengan  $M_1$  adalah massa material sebelum pengendapan

$M_2$  adalah massa material yang terendap.

Dari pengukuran diameter material dapat ditentukan diameter material rata-rata yang mampu terendap pada silinder. Data diameter material selengkapnya dapat dilihat pada lampiran B. Untuk data diameter ujung jarum diberikan pada lampiran F.

#### 3.7.2. Mobilitas ion

Perhitungan untuk menentukan mobilitas ion dilakukan pada jarak antara jarum dengan silinder ( $d$ ) sebesar 0,300 cm; 0,500 cm dan 0,700 cm dengan permitivitas ruang hampa  $\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12}$  F/m. Dari data arus sebagai fungsi tegangan yang diperoleh dapat ditentukan nilai mobilitas ion rata-rata. Untuk perhitungan mobilitas ion digunakan persamaan 2.2. Data selengkapnya dapat dilihat dalam lampiran C.